

과제구분	기본연구	수행시기		전반기	
연구과제 및 세부과제명		연구분야	수행기간	연구실	책임자
농작물 병해충 친환경 방제법 개발		작물보호	'08~'09	농업기술원 환경농업연구과	김진영
시설고추 흰가루병 방제용 친환경 자재 개발		작물보호	'08~'09	농업기술원 환경농업연구과	김진영
색인용어	고추, 흰가루병, 아인산염, 중탄산나트륨, 방제				

ABSTRACT

Organic materials, inorganic fertilizer salts and compost tea were evaluated to control the powdery mildew caused by *Leveillula taurica* on greenhouse pepper leaves by foliar applications. Control efficacy of phosphoric acid, cooking oil plus yolk mixture(COY) and KHCO₃ plus cooking oil after four applications were 87.3%, 81.8% and 83.6%, respectively. However, chitosan, pyroligneous acid plus brewing vinegar and compost tea for organic agriculture had low effect on powdery mildew of pepper. Mixed applications of sodium bicarbonate, cooking oil and lecithin (SCL) and phosphoric acid, cooking oil and lecithin (PCL) were found to significantly reduced the powdery mildew on capsicum. The control efficacy of SCL and PCL were 75.8% and 79.1%, respectively by three applications. The effect of these treatments for powdery mildew also lasted after 23 days above 65.6%. Phytotoxicity were found on pepper leaves treating with double treatment of COY, potassium carbonate and phosphoric acid. The number of conidia on pepper leaves treating with SCL and PCL was very low by inhibiting the conidial germination. These results suggest that SCL and PCL were promising fungicide alternatives to control the powdery mildew.

Key words : Capsicum, Powdery mildew, Control, Phosphoric acid, Sodium carbonate, Potassium bicarbonate

1. 연구목표

고추는 우리나라에서 가장 생산량이 많고 널리 재배되는 채소중의 하나이다. 국내 시설고추는 대부분 풋고추용으로 재배되고 있고 그 면적은 약 6,060ha정도이며 그 중 경기도 재배면적은 378ha, 생산량은 10,070 M/T에 이른다(농림수산식품부, 2009).

*Leveillula taurica*에 의한 고추 흰가루병은 전 세계적으로 문제시 되고 있는 공기전염 곰팡이 병해로 우리나라에서는 특히 시설하우스 환경에서 피해가 더 심한 병해로 보고되어 있다(차 등, 1980). 일반적으로 발병환경은 일조가 부족하고 일교차가 큰 환절기에 주로 발생하여 잎 표면에 흰가루병 포자가 정착한 후 병이 진전되면 잎이 황색으로 변하고 말라 떨어지게 되어 고추 수량 감소의 주 원인균으로 알려져 있다. 호주에서는 노지재배 *Capsicum* 작물에서 가장 널리 발생하는 병해로서 특히 건조한 퀸스랜드 지방에서 발생이 많고, 병이 진전되면 잎이 떨어진 후 강한 태양에 의한 과실의 일소 피해가 2차적으로 발생한다(Persley, 2002).

최근 친환경재배면적이 증가하면서 천적, 미생물 등 친환경자재를 이용한 병해충 제어에 대한 많은 연구가 이루어 지고 있지만, 시설 고추에 대한 흰가루병의 효과적인 친환경자재의 개발이 시급한 실정에 있다. 주로 외국에서는 무기물을 이용하여 흰가루병과 잿빛곰팡이병을 억제하기 위한 연구가 이루어졌으며(Bombelli 등, 2006; Fallik, 1997; Palmer 등, 1997), 국내에서는 오이, 상추, 가지 등 흰가루병 방제용으로 난황유 등 유기자재를 이용하는 방법이 개발되어 있다(권 등, 2009; 지 등, 2005; 지 등, 2008).

따라서 본 시험은 경기도와 호주 퀸스랜드주와의 국제공동연구 과제로 설정하여 고추 흰가루병을 효과적으로 방제하기 위해 살균제를 대체할 수 있는 친환경자재를 선발하고자 2008년부터 2009년까지 2년간 실시하였다.

2. 재료 및 방법

본 연구는 경기도농업기술원 시험연구용 하우스에서 고추 흰가루병에 효과적인 농자재를 선발하기 위하여 포장검증을 실시하였다. 시설고추 품종은 농가에서 널리 재배되는 '녹광' 품종을 4월 25일에 정식하였고 정식 후 기타관리는 경기도농업기술원 표준재배법을 준수하였으며 시험구 배치는 난괴법 3반복으로 실시하였다.

시험에 사용한 친환경자재는 대부분 유기농에서 주로 이용하는 유기자재인 키토산, 목초액, 양조식초, 난황유 및 퇴비차(compost tea)를 사용하였다(표 1). 또한 무기물 친환경자재로서 역병방제용으로 이용되는 아인산염, 해외에서 흰가루병으로 사용되는 KHCO_3 , NaHCO_3 를 이용하였고 미생물 제제로는 상업용으로 판매되는 미생물농약 (바이봉, *Bacillus* sp.)를 사용하였고, 대조 약제로는 살균제인 테트라코나졸 유타제와 황입상수화제를 사용하였다. 또한 무기물의 첨가제로서 식용유 0.1%와 레시틴 0.05%를 무기물과 믹서기로 유회한 후 물에 희석하여 이용하였다. 각 제제의 처리방법은 표 1에서와 같이 일정 비율로 희석하여 7일간격으로 잎에 골고루 충분히 살포하였고 무처리는 수돗물을 이용하여

친환경자재 살포와 동일하게 처리하였다. 고추흰가루병 발생은 시설하우스 조건에서 자연발생을 유도 하였으며 발병엽을 조사하는 약제 살포 후 병든잎 100잎을 조사하여 발병엽율을 산정하였다. 또한 친환경자재 살포 후 병원균 포자의 억제 정도를 조사하기 위하여 투명테이프(3M)를 이용하여 5mm 직사각형에 부착된 포자밀도와 형태를 현미경하에서 관찰하였다(Homma 등, 1981).

표 1. 시험에 사용한 친환경자재 및 대조약제

구 분	처리내용	희석배수(농도)
유기자재	키토산	1:1,000
	목초액+양조식초	1:100
	난황유	0.5%
	퇴비차(Compost tea)	1:100
무기자재	아인산염(PA)	500ug/ml
	KHCO ₃ (PB)	0.1%
	NaHCO ₃ (SB)	0.2%
	PB+Oil+Lectin	0.1%+0.1%+0.05%
	SB+Oil+Lectin	0.2%+0.1%+0.05%
	PA++Oil+Lectin	0.05%+0.1%+0.05%
미생물	Bacillus sp.	1:600
살균제(대조)	Tetraconazole	1:2,000
	황입상수화제(대조)	0.2%
무처리	수돗물	-

3. 결과 및 고찰

가. 친환경자재 단독 처리 효과(2008년)

고추흰가루병에 대한 친환경자재를 3회 처리 후 방제효과를 조사한 결과 일반적으로 유기농에서 널리 사용하는 유기자재인 키토산의 방제효과는 19.3%, 목초액과 양조식초의 혼합처리효과 13.7%로 방제효과가 낮았다(표 1). 그러나, 식물성기름을 함유한 난황유 처리는 방제효과가 84.6%로 살균제 처리구 98.2%보다는 낮았으나 흰가루병 방제용으로 실용성이 있을 것으로 생각되었다. 무기자재인 아인산염은 87.3%, KHCO₃는 60.9%, KHCO₃와 식물성오일 혼합처리구는 82.7%로 나타나 무기자재의 효과는 대체적으로 단독처리보다는 식물성오일과 혼합하여 처리하는 것이 방제효과의 상승에 더 유리할 것으로 생각되었다(Reuveni 등, 1998). 시중 유통되는 미생물제제는 방제효과가 59.1%로 난황유나 무기자재보다는 방제효과가 낮았다. 친환경자재 4회 처리시에도 방제효과는 3회 처리와 거의 비슷한 효

과를 나타내었으나(표 2), 난황유 처리구에서 잎에 부생균이 발생하여 난황유의 연속적인 살포는 재검토가 필요하다고 생각된다.

표 1. 고추 흰가루병에 대한 친환경자재 방제효과 (조사일 : 2008년 9월 2일)

구 분	처리내용 ^a	발병엽율 (%)				방제가 (%)
		Rep. A	Rep. B	Rep. C	평균 ^c	
유기자재	키토산	54	30	6	30.0bc	19.3
	목초액+양조식초	55	15	25	31.7bc	13.7
	난황유	5	6	6	5.7a	84.6
무기자재	아인산염	6	7	1	4.7a	87.3
	KHCO ₃ (PB)	10	22	11	14.3ab	60.9
	PB+Oil+Lectin	8	5	6	6.3a	82.7
미생물	<i>Bacillus</i> sp.	21	11	13	15.0abc	59.1
살균제(대조)	Tetraconazole ^b	0	2	0	0.7a	98.2
무처리	수돗물	42	19	49	36.7c	-

a 살포 7일 간격 3회 처리 : 8/14, 8/21, 8/28

b 테트라코나졸 유타제(에머넌트) : 고추 흰가루병 대조약제

c DMRT(0.05)

표 2. 고추 흰가루병에 대한 친환경자재 방제효과 (조사일 : 2008년 9월 9일)

구 분	처리내용 ^a	발병엽율 (%)				방제가 (%)
		Rep.A	Rep.B	Rep.C	평균 ^b	
유기자재	키토산	67	21	13	33.7cd	38.8
	목초액+양조식초	47	11	27	28.3bc	48.5
	난황유	7	9	14	10.0abc	81.8
무기자재	아인산염	14	4	3	7.0ab	87.3
	KHCO ₃ (PB)	17	27	18	20.7abc	62.4
	PB+Oil+Lectin	15	6	6	9.0ab	83.6
미생물	<i>Bacillus</i> sp.	38	12	16	22.0abc	60.0
살균제(대조)	Tetraconazole	0	2	0	0.7a	98.8
무처리	수돗물	49	46	70	55.0d	-

a 살포 7일 간격 4회 처리 : 8/14, 8/21, 8/28, 9/4

b DMRT(0.05)

친환경자재 4회 처리 후 방제효과의 지속여부를 조사한 결과 최종약제 처리 12일차인 9월 16일 조사에서 난황유의 방제효과가 42.0%, 19일차인 9월 23일 조사에서 28.9%까지 낮아졌다(표 3, 표 4). 무기물인 아인산염은 12일차에서 69.4%, 19일차에서 31.4%까지 하락하였다. 그러나, 살균제의 지속효과는 최종 조사일까지 99% 이상 지속되어 친환경자재 대비 방제효과가 매우 오랜기간 지속됨을 알 수 있었다.

표 3. 고추 흰가루병에 대한 친환경자재 방제효과 (조사일 : 2008년 9월 16일)

구 분	처리내용 ^a	발병엽율 (%)				방제가 (%)
		Rep. A	Rep. B	Rep. C	평균 ^b	
유기자재	키토산	77	53	42	57.3de	18.9
	목초액+양조식초	77	47	51	58.3de	17.5
	난황유	32	44	47	41.0bcd	42.0
무기자재	아인산염	26	26	13	21.7ab	69.4
	KHCO ₃ (PB)	34	72	36	47.3cde	33.1
	PB+Oil+Lectin	37	20	19	25.3bc	64.2
미생물	<i>Bacillus</i> sp.	59	46	51	52.0de	26.4
살균제(대조)	Tetraconazole	0	0	1	0.3a	99.5
무처리	수돗물	61	65	86	70.7e	-

a 살포 7일 간격 4회 처리 : 8/14, 8/21, 8/28, 9/4

b DMRT(0.05)

표 4. 고추 흰가루병에 대한 친환경자재 방제효과 (조사일 : 2008년 9월 23일)

구 분	처리내용 ^a	발병엽율 (%)				방제가 (%)
		Rep.A	Rep.B	Rep.C	평균 ^b	
유기자재	키토산	87	59	42	62.7bcd	33.8
	목초액+양조식초	88	67	77	77.3de	18.3
	난황유	72	57	73	67.3bcd	28.9
무기자재	아인산염	57	68	70	65.0bcd	31.4
	KHCO ₃ (PB)	68	55	40	54.3bc	42.6
	PB+Oil+Lectin	67	84	74	75.0cde	20.8
미생물	<i>Bacillus</i> sp.	66	40	49	51.7b	45.4
살균제(대조)	Tetraconazole	0	2	0	0.7a	99.3
무처리	수돗물	96	88	100	94.7e	-

a 살포 7일 간격 4회 처리 : 8/14, 8/21, 8/28, 9/4

b DMRT(0.05)

나. 친환경자재 복합 처리 효과(2009년)

표 5. 고추 흰가루병에 대한 친환경 소재 방제 효과 (조사일 : 2009년 7월 21일)

처 리 명 ^a	희석비율	발병엽율(%)				방제가 (%)
		A	B	C	평균 ^d	
NaHCO ₃ +오일+레시틴 ^b	0.2%+0.2%+0.05%	9	15	11	11.7bc	69.1
아인산염 +오일+레시틴	0.1%+0.2%+0.05%	8	5	10	7.7ab	79.7
KHCO ₃ +오일+레시틴	0.1%+0.2%+0.05%	22	20	10	17.3c	54.0
퇴비차(compost tea) ^c	100배	40	35	35	36.7d	-
황입상수화제(대조)	0.2%	15	16	11	14.0bc	62.9
테트라코나졸 유제(대조)	2,000배	3	2	1	2.0a	94.7
무 처 리(지하수)	-	50	35	28	37.7d	-

a 친환경 자재 살포(7일 간격 3회) : 6월 29일, 7월 6일, 7월 13일

b Oil : 식용유(콩기름), 레시틴(Lecithin, 대두인지질, 식품첨가물)

c 퇴비차 : 가축분퇴비 침지여액(100배 희석액)

d DMRT(0.05)

친환경자재의 복합처리 효과를 조사한 결과 NaHCO₃+오일+레시틴 처리구가 69.1%, 아인산염+오일+레시틴 처리구가 79.7%로 방제효과가 양호하였으나, 퇴비차(compost tea) 처리구의 병 방제효과가 없었다(표 5). 대조약제인 황입상수화제는 62.9%, 살균제인 테트라코나졸 유제는 94.7% 이었다. 최종 살포 후 14일차에서도 NaHCO₃+오일+레시틴 처리구는 75.8%, 23일차에서도 65.5%를 나타내었고, 아인산염+오일+레시틴은 14일차에서 79.1%, 23일차에서 72.1%의 안정적인 방제효과를 나타내어 고추 흰가루병 방제용으로 실용성이 있는 것으로 판단되었다(표 6, 표 7). 이와 같이 무기물과 식물성오일, 지방산의 조합은 무기물의 용해도를 높여 작물의 잎에서 결정화 되는 것을 방지하고 유화 역할을 함으로서 작물에서 병원균의 포자발아와 균사를 효과적으로 억제하는 것으로 생각된다(Homma 등, 1981).

표 6. 고추 흰가루병에 대한 친환경 소재 방제 효과 (조사일 : 2009년 7월 27일)

처 리 명	희석비율	발병엽율(%)				방제가 (%)
		A	B	C	평균 ^a	
NaHCO ₃ +오일+레시틴	0.2%+0.2%+0.05%	14	13	10	12.3ab	75.8
아인산염 +오일+레시틴	0.1%+0.2%+0.05%	21	5	6	10.7ab	79.1
KHCO ₃ +오일+레시틴	0.1%+0.2%+0.05%	29	28	9	22.0b	56.9
퇴비차(compost tea)	100배	52	65	59	58.7c	-
황입상수화제(대조)	0.2%	14	13	7	11.3ab	77.8
테트라코나졸 유제(대조)	2,000배	4	4	2	3.3a	93.5
무 처 리(지하수)	-	71	36	46	51.0c	-

a DMRT(0.05)

표 7. 고추 흰가루병에 대한 친환경자재의 약효 지속 효과 (조사일 : 2009년 8월 5일)

처 리 명	희석비율	발병엽율(%)				방제가 (%)
		A	B	C	평균 ^a	
NaHCO ₃ +오일+레시틴	0.2%+0.2%+0.05%	35	7	26	22.7b	65.5
아인산염 +오일+레시틴	0.1%+0.2%+0.05%	36	9	10	18.3ab	72.1
KHCO ₃ +오일+레시틴	0.1%+0.2%+0.05%	37	35	18	30.0b	54.3
퇴비차(compost tea)	100배	81	59	67	69.0c	-
황입상수화제(대조)	0.2%	19	28	31	26.0b	60.4
테트라코나졸 유제(대조)	2,000배	4	3	3	3.3a	94.9
무 처 리(지하수)	-	80	51	66	65.7c	-

a DMRT(0.05)

다. 약해조사

고추 흰가루병 자재의 약해를 조사한 결과 키토산, 목초액, 식초 등 유기자재의 대부분은 약해가 유발되지 않았다(표 8). 그러나 난황유는 0.5% 살포에서는 약해가 없었으나 배량 살포시에는 부생균이 발생하는 문제가 있었다. 또한 0.5% 농도에서도 연속적으로 4회이상 살포시는 작물의 잎에 기름성분

이 축적되어 다소 잎에 얼룩이 생기거나 부생균이 발생하는 약해가 발생하였다. 지 등(2008)은 난황유 제조시 식용유의 농도가 1%이상으로 높거나 2~3일 간격으로 살포하면 작물의 호흡과 생리작용을 방해하여 생장억제나 약해를 발생시킬 수 있다고 하였는데, 본 시험에서도 작물의 생장 속도에 비하여 난황유의 살포 횟수가 많아지면 부가적인 약해의 가능성이 충분하다고 판단되었다. 한편 대부분의 무기물은 기준농도이상에서는 잎에 반점을 일으키는 약해가 발생하였으며 이와 같은 원인은 대부분 시설하우스의 고온조건에서 연약한 잎이 높은 무기물 농도에서 세포가 파괴되는 것으로 추정되었다(Homma 등, 1981). 따라서 친환경자재 중 무기물의 사용은 그 효과가 높지만 반드시 기준농도를 사용하고 식용유와 레시틴을 혼합, 높은 농도의 무기물이 식물의 잎에 잔존하지 않도록 하여 약해를 줄일 수 있는 대책을 마련해야 할 것이다.

표 8. 고추 흰가루병에 대한 친환경 약해 정도

구 분	처리내용	기준농도	약 해 정 도		
			기준량	배 량	증 상
유기자재	키토산	1:1,000	0	0	-
	목초액/식초	1:100	0	0	-
	난황유	0.5%	0	1	부생균
	퇴비차	1:200	0	0	
무기자재	아인산염	500ug/ml	0	1	반점(잎)
	KHCO ₃	0.1%	0	1	반점(잎)
	NaHCO ₃	0.2%	0	0	-
	PB+Oil+Lectin	0.1%	0	0	-
미생물	Bacillus sp.	1:600	0	0	-

라. 친환경자재 처리별 고추 흰가루병 병반의 포자수

투명테이프를 이용하여 친환경 자재 처리별 흰가루병 병반의 포자수를 현미경으로 검정한 결과 방제효과가 저조한 퇴비차 처리구의 포자수가 가장 많았고 친환경자재 중 방제효과가 높았던 NaHCO₃ 및 아인산염 처리구 병반의 포자수가 적어 포자 형성을 억제하는 것으로 추정되었다(그림 1). 현미경 검정에서도 친환경자재인 중탄산나트륨과 아인산염은 무처리구에 대비하여 포자 발아 저해와 균사생장 억제가 관찰되었다(그림 2).

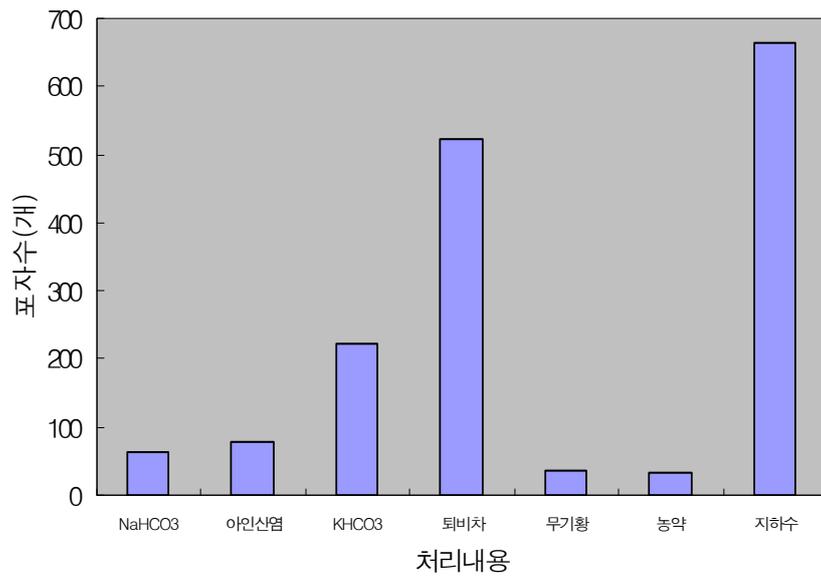


그림 1. 친환경 자재 처리별 고추 흰가루병 병반(5mm)의 포자수

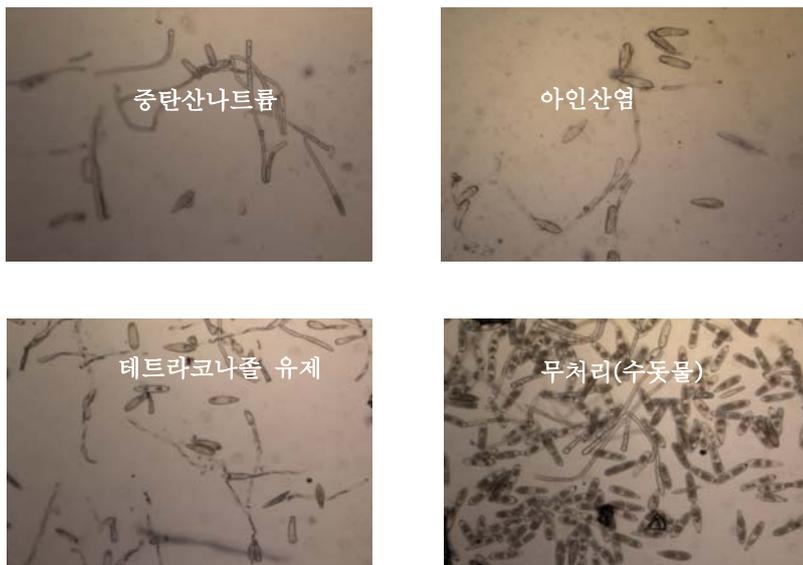


그림 2. 친환경 자재 처리별 고추 흰가루병 병반의 포자 및 균사 형태 (광학현미경 관찰)

4. 적 요

시설고추 흰가루병 방제를 위해 살균제를 대체할 수 있는 친환경자재를 선별하기 위하여 유기자재, 무기물, 퇴비차 등의 흰가루병 방제효과를 시험한 결과는 다음과 같다.

- 가. 7일간격 4회 처리시 아인산염 87.3%, KHCO_3 와 오일 혼합처리 83.6%, 난황유 81.8%의 방제효과를 보였으나, 유기자재인 키토산 38.8%, 목초액 + 양조식초는 48.5%를 낮은 방제효과를 보였다.
- 나. 친환경 소재의 약효 지속효과는 농약 99.5% 대비 최종 살포일 기준 12일차에서 아인산염 69.4%, KHCO_3 와 오일 혼합처리 64.2%였으며, 19일차에서는 아인산염 31.4%, KHCO_3 와 오일 혼합처리 20.8%로 농약 99.3% 대비 방제효과가 낮았다.
- 다. 고추 흰가루병에 대한 복합처리 효과는 7일간격 3회처리에서 중탄산나트륨+오일+레시틴 69.1%, 아인산염+오일+레시틴 79.7%로서 황입상수화제 62.9%와 비슷하였으나, 대조약제인 살균제 처리 94.7%보다는 낮았다.
- 라. 3회 처리 후 14일차 조사에서 아인산염+오일+레시틴 처리구가 79.1%, 중탄산나트륨+오일+레시틴 처리구가 75.8%로써 살균제인 테트라코나졸 유제 93.5% 보다 조금 낮았다.
- 마. 최종 처리 후 23일차에서도 중탄산나트륨+오일+레시틴 처리구가 65.5%과 아인산염+오일+레시틴 처리구는 72.1%의 방제효과를 나타내어 병원균을 지속적으로 억제하였다.
- 바. 고추에서 약해 조사결과 기준농도 대비 배량처리구에서 난황유는 부생균이 발생하였으며, 아인산염과 KHCO_3 처리구에서 잎에 반점을 나타내었다.
- 사. 단위면적(5mm²)당 고추 흰가루병 병원균의 포자수를 현미경으로 관찰한 결과 친환경자재 처리구가 매우 적어 포자의 발아를 억제하여 실용성이 있는 것으로 판단되었다.

5. 인용문헌

- Bombelli, E. C., and Wright E. R. 2006. Tomato fruit quality conservation during post-harvest by application of potassium bicarbonate and its effect on *Botrytis cinerea*. Cien. Inv. Agr. 33(3):167-172.
- 차재순, 기운계, 조백호, 김기청. 1980. 고추에 발생하는 흰가루병. 한식보호지 19:241-243.
- Fallik, E., Ziv, O., Grinberg, S., Alkalai, S., and Klein, J. D. 1997. Bicarbonate solutions control powdery mildew (*Leveillula taurica*) on sweet red pepper and reduce the development of postharvest fruit rotting. Phytoparasitica 25(1):41-43.
- Homma, Y., Arimoto, Y., and Misato, T. 1981. Effect of sodium bicarbonate on growth stage of cucumber powdery mildew fungus(*Sphaerotheca fuliginea*) in its life cycle. J. Pesticide. Sci. 6:201-209.
- Jee, H. J., Shin, C. K., Ryu, K. Y. and Choi, D. H. 2005. Effects of cooking oils on control

of powdery mildew of cucumber caused by *Sphaerotheca fuliginea*. Plant Pathol. J. 21:415.

지형진, 류경열, 박종호, 최두희, 류갑희, 류재기, 신순선. 2008. 난황유와 공기순환팬의 상추 흰가루병 방제효과 및 생산에 미치는 영향. 식물병연구 14(1):51-56.

권진혁, 심창기, 지형진, 박창석. 2009. 난황유를 이용한 가지과 작물의 흰가루병 방제. 식물병연구 15(1):23-29.

농림수산식품부. 2009. 2008 시설채소 온실현황 및 채소류 생산실적

Palmer, C. L., Horst, R. K., Langhans, R. W. 1997. Use of bicarbonate to inhibit colony growth of *Botrytis cinerea*. Plant Dis.81:1423-1438.

Persley, D. 1994. Diseases of vegetable crops. Department of primary industries.

Reuveni, M., and Reuveni, R. 1998. Foliar applications of mono-potassium phosphate fertilizer inhibit powdery mildew development in nectarine trees. Cab. J. Plant Pathol. 20:253-258.

6. 연구결과 활용제목

○ 시설고추 흰가루병 방제용 친환경자재 중탄산나트륨, 아인산염의 효과('09)

7. 연구원 편성

세부과제	구분	소속	직급	성명	수행업무	참여년도	
						'08	'09
시설고추 흰가루병 방제용 친환경 자재 선발	책임자	농업기술원 환경농업연구과	농업연구사	김진영	세부과제총괄	○	○
	공동연구자	"	농업연구사	이진구	과제수행	○	○
		"	"	홍순성	병 조사	○	○
		"	"	이현주	병원균 검경	○	○
		"	농업연구관	이경중	약해 조사	-	○
		"	"	김성기	종합검토	-	○
퀵스랜드 DPI	연구원 (공동연구)	크리스 아 켈	정보교류	○	○		