

온수(증기) 활용 작물표면 살포 병해충 방제 연구

주정현*/여주시농업기술센터

연구 필요성

유기농 및 친환경농업에서 가장 어려운 병해충 방제를 위해 온수 또는 증기를 작물 표면에 직접 살포하거나, 온수(증기)를 활용하여 간접적으로 식물의 저항성을 유도하여 방제한다는 것이 본 연구의 첫째 목적이다. 둘째로 온수를 혼용하여 농약 사용량을 줄이거나 방제 효과를 높이는 것이 가능한지 확인하고자 했다. 유기 및 친환경 농가에서 쉽게 사용할 수 있도록 다양한 자료를 습득하여 농가에서 시행착오를 줄이고자 하는 마음으로 농가포장 형태에서 현장중심으로 진행하였다. 농가에서 온수 또는 증기를 이용한 일반적인 친환경적인 방제방법으로 토양살균 고압 스팀기를 선충방제에 이용하였으며(이중환 등, 2011), 주로 토양과 상토 소독을 하고 과수원에서는 토양 전염 흰빛날개 무늬병을 방제하는 데 온도 50℃ 물을 활용하고 있다(일본과수연구소, 2010). 또한 구근 및 종묘·종자 전염 방지를 위한 온탕 침지법 활용이 일반화되었다. 특히 새싹 종자 채소를 60℃ 물에 15분간 침지하여 미생물을 제거하는 기술이 보급되어 있다(농촌진흥청, 2011). 또한 작물 재배시 40~50℃ 온수를 살포하면 생리장해와 잘록병을 방지하는 효과가 있다. 작물의 병원체에 대한 저항성을 증가시키는 원인물질로 알려진 살리실산(SA, salicylic acid)은 온수(증기) 열이 작물표면에 접촉할 때 많이 발생한다. 딸기 묘의 경우 정식 전 50℃의 수증기에 10분 또는 48℃의 수증기

* **주정현**: 여주시농업기술센터 가남읍 상담소장. 농업인 현장 애로사항 해결을 위해 노력하고 있다. 친환경농업에서 가장 어려운 병해충 방제를 위해 열수(온수)을 이용한 직접 방제 및 간접적으로 저항성을 유도하는 방제법을 연구했다.

에 30분간 노출시키는 증열처리로 탄저병 및 진딧물, 흰가루병 등을 방지하고 그 밖의 병해충도 억제하였다(일본 큐수 오키나와 농업연구센터, 2006). 오이, 토마토 시설 재배의 경우, 여름에 45℃ 상태로 1시간 정도 놔두면 병해충 방제가 가능하였다(일본 가나가와현 농업연구소, 2006). 딸기 잎에 60℃ 온수를 20초간 뿌리거나, 잎 표면을 50℃ 정도 유지하면 1주일 동안 병해 저항성이 생기고 해충은 열로 방제할 수 있다(일본농업신문 이바라키 농업연구센터). 파프리카를 50℃의 열수에 30초간 침지하고 PP필름으로 포장하면 수확 20일 후에 관행 저온유통 처리구에 비해 경도를 1.8배 향상시킬 수 있고, 상품성 상실률을 3.8배 줄일 수 있다(농촌진흥청, 2010). 또한, 170℃ 고온 증기세척을 이용한 잡초 방제(미국 Heritag Seedling사) 등 열수와 증기를 이용한 방제법이 농업의 각 분야에서 다양하게 이용되고 있다.

본 연구는 온수를 살포하여 성과를 얻고 이에 따른 작물의 스트레스를 회피하고 흰가루병 및 노균병을 예방하는 방법으로 원예연구소에서 2006년 발표한 과산화수소 방제법을 응용하였다. 또한 흰가루병 및 응애, 진딧물 등 미소 곤충을 효과적으로 포살하는 역할을 할 수 있으며, 접착성이 강한 물질인 당류(흑설탕, 물엿)를 온수와 혼합하여 사용하였다.

온수 활용 병해충 방제 시험

1. 시험 방법

농가에서 원예작물 재배 시 가장 문제가 되는 해충은 진딧물과 응애이며, 병해는 흰가루병이 많이 발생하여 피해를 주고 있다. 따라서 병해충이 자주 발생하는 작목을 선택하였으며 온수(증기)을 이용하여 농가에서 친환경적으로 방제하는 방법을 찾고자 실험하였다.

주키니 호박 생산 농가를 선정하여 2012년 4월 25~26일에 흰가루병 1차 실험을 하고, 2차 실험은 4월 29일 같은 포장에서 실시하였다. 수박은 진딧물 및 응애, 흰가루병이 자주 발생하는 품종인 옐로우 스위트를 4월 30일에 육묘하여 노지는 5월 20일에 정식하였고, 수박하우스 파이프 유인 재배는 6월 12일에 정식하였으며, 포복재배는 6월 17일에 정식하고 과습 피해를 받아 6월 23일에 보식하여 병해충을 유발시키기 위하여 화학적 및 물리적 방제를 하지 않고 방임 재배하였다. 기타 일반 관리는 관행농법에 따라 실시하였다.

수박은 과중, 육묘에서부터 정식 후 수확까지 발생하는 병해충을 온수를 이용하여 방제 실험하는 과정을 사진으로 나타냈으며, 농가에서 상식적으로 관찰할 수 있는 방법으로 조사

하였다.

온수 살포시 살포거리와 외기온도, 물 분자의 크기, 살포 속도 등에 따라 물의 온도가 차이가 크게 나기 때문에 시험에 많은 어려움이 있었다. 외기온도와 살포거리에 따른 살포된 온수를 측정하여 시험에 참조하였다.

〈표 1〉 외기온도 및 살포거리에 따른 분사된 온수 온도변화

(단위: ℃)

외기온도(℃)	살포거리별 분사된 온수 온도(살포 시간 10초)		
	5cm	10cm	15cm
15	52	45	35
20	53	48	38
25	55	50	42

* 참고 80℃ 온수 외기온도와 살포거리 살포시 분사된 온수 온도(10용 분무기시험)

2. 온수 활용 방제

주키니 호박의 흰가루병 방제 시험은 발생 농가 포장에서 3차례 반복실험을 5개 처리구에서 실시하였다.

수박은 3개 포장(터널 유인재배 하우스 포장, 포복형 유인 포장, 노지 포장)을 선정하여 시험하였다.

가. 시험작물 및 대상 병해충

- 주키니 호박: 흰가루병 발생 포장
- 수박: 무농약 재배로 진딧물과 응애를 발생시킨 포장
 - 초기 발생 구역 구분 실시(전면 살포)
 - 피해 심각 진행 구역 실시(전면 살포)

나. 시험 대상 병해충의 특성

(1) 주키니호박 흰가루병

일반적으로 주키니 호박과 박과에서 주로 발생하는 흰가루병은 병원균인 *Sphaerotheca fusca*(Fr.) Blumer에 의해 발생하는 것으로 알려졌다(Shin, 2000)〈그림 1〉. 특히 시설재배의 경우 박과류, 호박, 오이 등은 동절기에 생육 적온보다 낮은 온도에서

발생사례가 많이 발견되며 저온 건조시에 확산 속도가 빠르다. 여름철은 고온 다습 후 건조할 때 흰가루병 발생에 적합하여 방제를 소홀히 할 경우 수확을 하지 못할 정도로 피해가 크다<그림 2>.

<그림 1> 주키니호박 흰가루병



<그림 2> 무방제구에서 큰 피해 발생



흰가루병 방제는 주로 농약(트리아졸계통, 아족시스트로빈, 항생제)을 이용한 화학적 방제를 하고 있으나 약제 저항성균의 출현(O'Brien 등, 1988) 및 농약 잔류에 의한 식품안전 등의 문제로 농약 사용량을 절감하고 최소한의 방제로도 고품질 농산물을 생산할 수 있는 친환경 방제기술인 난황유, 중북기생균 등 생물적 방제 수요가 점차 증가하고 있다(Kim 등, 2006). 농가에서는 바닷물 20%를 혼용 살포하여 오이, 호박 등의 흰가루병을 효과적으로 방제하고 있다.

(2) 수박 포장 내 진딧물 방제

(가) 기주 식물 및 형태

진딧물은 기주 범위가 매우 넓어 시설과 노지 채소 모두에 심하게 발생한다. 특히 오이, 수박, 호박, 멜론 등 박과 작물, 가지, 고추 등 가지과 작물을 비롯한 시설재배 채소와 노지재배 십자화과작물 및 화훼류에 많이 발생한다. 목화 진딧물의 몸길이는 1.4~1.5mm로서 날개가 있는 유시충과 날개가 없는 무시충이 있다. 유시충은 몸의 색깔의 변이가 심하여 봄에는 녹색이나, 여름에는 황색 또는 황갈색, 가을에는 갈색 또는 흑갈색을 띤다. 무시충도 계절에 따라 몸의 색깔의 변이가 심한 데 녹색, 흑록색 또는 검은빛을 띤 개체도

있다.

(나) 생활사

목화 진딧물은 알 형태로 월동하며, 아욱과식물, 무궁화나무, 석류나무 등의 겨울눈이나 표피에서 월동하여 4월 하순경에 우화한다. 애벌레는 단위생식을 하면서 월동하던 기주에서 1~2세대를 지낸 뒤 5월 하순~6월 상순경에 유시충이 출현하며 여름 기주인 채소류나 화훼류 등으로 이동하는데, 이 시기에 시설재배 수박에도 유시충이 날아들어 발생하게 된다. 여름 기주식물을 가해하면서 10여 세대가 경과한 후 10월 상·중순경 다시 겨울 기주로 이동하고 10월 중·하순에 수컷과 암컷이 교미하여 알을 낳는다. 약충 기간은 30℃에서 4.6일, 15℃에서는 11.5일 정도이며 발육 영점온도는 5.0℃이었다. 온도가 높을수록 약충의 사망률이 높아지며, 특히 고온에서 노숙 약충의 사망률이 어린 약충보다 높은 경향을 보인다.

〈표 2〉 진딧물의 변온조건과 생육

온도(℃)	약충 기간(일)	성충 수명(일)	총 산자수(마리)
15	11.5±0.11	16.7±1.12	48.8±3.45
20	6.9±0.1	12.3±0.90	55.4±3.22
25	5.0±0.16	8.5±0.71	37.5±3.82
30	4.6±0.07	7.9±0.60	36.9±2.34

* 변온조건(평균온도 21℃): 성충수명 20.0일, 산자 수 59.6마리

성충 수명은 온도에 따라 다르나 7.9~16.7일 정도로 온도가 높을수록 수명은 단축된다. 산자 수는 평균온도가 21℃인 온실에서 59.6마리로 가장 많다. 진딧물은 주로 식물의 연약한 부위에 기생하는 데 수박에서는 주로 잎에 기생하여 즙액을 빨아 먹음으로써 식물체의 영양분을 탈취하여 초세를 약화시키고 잎이 오그라지거나 말리는 등 변형이 발생한다(그림 3). 또한 진딧물 배설물인 감로를 분비하여 그을음병균이 잘 부착하여 증식함으로써 잎이 검게 되고 광합성이 저해되어 식물체가 연약하게 되거나 과일의 품질을 떨어뜨리고 2차적으로 바이러스를 매개하여 피해를 야기한다(그림 4).

〈그림 3〉 진딧물에 의해 변형된 수박 잎



〈그림 4〉 진딧물 배설물과 감로에 오염된 잎



(다) 화학적 및 생물적 관리방법

진딧물은 번식력이 대단히 강하여 한 두어 마리만 남아있어도 단시일 내에 밀도가 증가하기 때문에 화학적 방제 시 약효가 정확한 진딧물 약제를 사용해야 하며, 같은 약제를 계속 사용하면 저항성 해충이 출현하기 때문에 동일 계통 약제의 연용을 피하고 다른 계통의 약제를 교호 살포하는 것이 좋다. 밀도가 낮을 때 약제 처리 효과가 높으므로 총채벌레와 같은 방법으로 예찰을 실시하여 초기 발생을 확인하는 것이 중요하다. 또한 진딧물의 천적 발생이 많으므로 천적에 해가 적은 농약을 선택하는 것도 중요하다.

생물학적 방제는 진딧물 천적인 콜레마니진디벌, 칠성풀잠자리붙이, 무당벌레, 진디혹파리, 곤충병원성 곰팡이 등이 이용되거나 연구되고 있다. 특히 콜레마니진디벌과 이를 이용한 천적유지 식물 등은 전 세계적으로 널리 이용되고 있으며 국내에서도 실용화되고 있다. 진딧물이 발생하기 전에 투입하면 방제 효과가 높다.

진딧물의 생물학적 방제를 위한 진디벌의 최소 방사량은 1주일 동안 m^2 당 0.15마리이다. 진딧물이 끈끈이 트랩에 잡히기 시작하면 m^2 당 방사량은 0.5~1마리로 늘려야 한다. 밀도가 높아지면 이 천적만으로는 효과가 떨어져 진디혹파리와 함께 사용하는 것이 좋다. 진딧물이 많이 발생하면 무당벌레와 같이 사용하는 것이 좋은데, 30°C 이상에서는 효과가 떨어진다. 이 천적은 여름에는 중북 기생봉이 많이 발생하여 효과가 떨어지며, 성충의 수명과 산란기간이 짧아 계속해서 방사해야 하는 단점이 있다.

(3) 수박 재배 포장 내 응애 방제

(가) 응애 피해 및 생활사

응애류는 성충과 약충이 식물의 조직에서 세포조직을 빨아먹어 피해를 준다. 피해 세포는 황변하고 심하면 작은 백황색 반점이 나타난다<그림 6>. 피해를 본 잎은 엽록소가 파괴되고 광합성을 할 수 없어 식물체는 죽고 만다. 피해가 심하면 식물체를 거미줄로 덮기도 하고, 먹을 것을 찾아 땅으로 내려와 다른 작물로 이동한다.

점박이 응애의 발육은 알, 유충, 제1약충(전약충), 제2약충(후약충), 성충의 5단계가 있다. 알은 둥글고, 지름이 약 0.14mm이다. 산란 장소는 거의 잎 뒷면이다. 발육기간은 기주 식물에 따라 다르나 보통 25℃에서 알 기간은 5일, 약충 기간은 8.6~12.2일, 성충 수명은 18.7~26.3일이다. 여러 차례 발생하며 월동은 휴면 암컷으로 하지만 따뜻한 지방에서는 여름형 암컷 또는 각 발육 태로 월동한다.

월동은 비교적 하부의 잎 뒷면에서 하며 낙엽에서는 월동하지 않는다. 월동기에는 몸 색이 붉은색을 띠며 3월 상순 이후 적갈색으로 변화하고 산란을 시작한다. 고온 건조할 경우에는 약 10일에 1세대를 경과하고 발생 최성기에는 세대가 중첩된다. 주로 성충, 약충은 바람에 의해 이동한다. 발육 시작온도는 9℃ 전후이고, 발육 적온은 20~28℃, 최적 습도는 50~80%로, 25℃에서 알에서 성충까지 10일이 소요되는데 좋은 조건에서는 급속히 개체수가 증가한다. 점박이응애, 차면지응애는 성충이 영양상태가 악화되거나 단일 저온조건에서 휴면하지만 시설내에서는 휴면 없이 연중 활동한다.

<그림 5> 응애 성충



<그림 6> 수박 응애 피해(8월 25일 포장)



* 출처 : 곤충도감

(나) 응애 방제법

- 육묘 관리: 시설 작물에 발생하는 응애의 발생은 시설 내에 있는 것이 발생하는 경우보다 묘에 묻어서 오는 경우가 많다. 묘에서 응애 발생 확인은 쉽지 않으므로 일단 정식하기 전에 살비제를 충분히 살포하여 방제해야 한다. 육묘 면적은 넓지 않기 때문에 본 포에서 방제하는 것보다 쉽고 경제적이다.

- 포장 위생: 응애는 날개가 없어 시설 내부에 청소를 잘 하여 서식처를 모두 없애고, 외부와 접촉을 차단하면 발생을 막을 수 있다. 포장의 청소는 수확 후 남아 있는 잔재물 제거, 잡초 제거, 비닐 등 불필요한 농자재 제거 등이 있다. 작물이 수확을 완료하면 작물은 죽지만 작물의 앞에서 서식하던 응애는 생존을 위해 월동 태로 들어가거나 잡초로 이동한다. 수확 잔재물, 제거한 잡초 등 응애가 붙어 있을 만한 모든 것은 시설 밖으로 옮겨야 하고, 시설 근처에 방치하면 다시 시설 내로 이동하여 침입할 수 있으므로 논이나 작물 재배를 하지 않는 곳으로 옮겨 놓거나 불에 태워버려야 한다. 그렇게 하기 어려우면 잔재물은 비닐 봉지에 넣고 밀폐시켜 응애를 제거한다. 재배 중에 피해가 발생한 잎은 발견 즉시 제거하는 것이 중요하다.

- 다른 곳으로의 이동 방지: 응애는 기어서 또는 입에 거미줄을 내어 다른 곳으로 이동하고, 작업자나 농기구에 붙어서 이동할 수 있다. 작물을 수확한 후에는 먹이가 없어 잡초 등 다른 곳으로 이동을 하게 된다. 잡초에 있다가 다시 작물을 재배하면 작물로 이동한다. 따라서 수박과 같이 응애가 많이 발생하는 작물을 재배할 때는 수확 후 또는 새 작물을 파종하기 전에 농약을 살포하는 것이 좋다. 작업 중에 응애의 부착을 줄일 수 있는 방법은 옷을 갈아입거나 털어 버려야 하며, 작업 시에는 응애가 발생하지 않는 십자화과 작물이나 응애 발생이 적은 곳에서부터 시작하고 발생이 많은 곳은 나중에 해야 한다.

- 화학적 방제: 응애는 잎 뒷면에 서식하므로 잎 뒷면에 약액이 닿도록 충분히 뿌려야 한다. 농약의 효과가 없어 응애가 잘 죽는 약제는 거의 없고, 충분히 약액을 살포하지 않아서 약을 살포한 후에도 응애가 발생한다. 직접 약액에 접촉하지 않은 응애는 죽지 않고 살아 증식한다. 응애의 피해가 있는 곳에 중점적으로 살포해야 한다. 응애류는 농약에 대한 저항성이 잘 발달하는 해충으로 알려졌다.

농약에 대한 내성을 갖지 않도록 하기 위해서는 첫째, 농약 사용량을 줄여야 한다. 경제적으로 피해가 염려될 때만 농약을 살포함으로써 농약 사용을 줄일 수 있다. 둘째, 농약 선택을 잘해야 한다. 기계유제는 물리적으로 응애를 죽이므로 약제 저항성 발달과 관계없는 약제이다. 그러나 기계유제는 작물에 약해의 위험성이 높아 주의를 해야 한다. 유기합성 살비제는 동일 약제나 동일 계통의 약제를 계속 사용하는 것을 피해야 한다. 응애를 죽이는 효과

뿐만 아니라 다른 해충도 효과가 있는 약제는 계속 사용하면 교차 저항성이 생길 수 있다.

또한 농약 선택 시 고려해야 할 점은 가능한 한 천적을 보호하는 약제를 사용하여 점차 약제 방제 횟수를 줄여나가야 한다. 일반적으로 여러 종류의 해충을 한꺼번에 죽일 수 있는 약제는 천적에도 해로울 가능성이 높다. 유기인계, 피레스로이드계, 카바메이트계 등 농약은 천적에 대한 피해가 크고 키틴합성저해제, 미생물 추출제 등은 피해가 적은 것으로 알려졌다.

- 생물적 방제: 응애류 생물적 방제를 위한 천적으로 많이 이용되는 것은 칠레이리응애이다. 이 종은 칠레가 원산지로 네덜란드에서 1967년부터 유리온실의 오이재배 농가에서 이용하면서 점박이응애 등 식식성 응애의 아주 우수한 천적으로 전 세계적으로 이용하고 있는 천적이다. 이 천적은 유럽에서 토마토, 오이, 단고추에 발생하는 응애 방제에 이용하고 있다. 이 천적의 특성은 다른 어느 천적보다 포식력과 증식력이 우수하다는 점이다. 이 천적은 높은 습도 조건과 비교적 낮은 온도(20℃)에서 효과가 우수한 것으로 알려져 있다. 칠레 이리응애는 온도가 높지 않은 늦가을, 겨울, 초봄에 재배하는 작물의 응애류 방제에도 이용 가능할 것으로 생각된다. 다른 천적 종류는 긴털이리응애, 애꽃노린재류, 흑파리류 등이 있다.

친환경 방제법으로 난황유, 황토유황, 은행잎 등을 사용하여 응애류 예방 및 방지에 이용한다.

(4) 수박 흰가루병(白粉病)

(가) 병증 및 발병요인

수박 흰가루병은 *Sphaerotheca fusca* 자낭문에 속하며 순환물 기생균이다<그림 7>. 잎

<그림 7> 수박 흰가루병



<그림 8> 흰가루병이 발생한 수박포장(9월 3일)



* 출처 : 병해충도감

에 흰가루가 생기며 병원균이 날아간 후 얼룩무늬가 남아 있다. 고온건조한 시기에는 노란 색깔의 약간 볼록한 모양의 병징이 잎에 생기며 주로 아랫잎에서부터 병무늬가 나타나며 윗 잎으로 급히 번진다.

하우스 재배에서는 5월 상순부터 발생하기 시작하며 주로 가을 억제작형의 비가림하우스 재배시 고온 상태에서 과습과 건조가 반복될 때 많이 발생한다. 하우스 상태에서는 분생포자의 상태로 월동하여 다음 해 전염 원이 되며 수박에서 발생하는 흰가루병원균이 오이와 멜론의 흰가루병원균보다 병원성이 강하다.

(나) 방제대책

억제 작형에서 흰가루병을 방제하지 않으면 수확할 수 없으며 한번 발생하면 완전히 방제하는 것은 거의 불가능하므로 발생 초기에 적용약제를 5~7일 간격으로 꾸준히 살포하여야 한다. 또한 흰가루병은 저항성 균이 쉽게 생기므로 다른 계통의 약제를 번갈아가면서 살포해야 한다.

황토유황, 난황유, 탄산수소나트륨, 과산화수소, 대황 추출물, 석회보르도액 등 친환경 자재를 활용하여 방제한다.

3. 시험 자재

가. 농작물

주키니 호박, 수박(엘로 스위트: 당도가 높아 병해충 발생 높음)

나. 포장형태

주키니 호박(시설하우스), 수박(시설하우스 2곳, 노지 포장)

다. 주요 시험기자재

고압 동력분무기(엔진부착 이동식), 배부식 분무기 가열 전자발아기 및 전기 히터봉, 전자식 온도 및 습도측정기(GMK-930), 모터 외 기타 17종

라. 온수 혼용자재(온수와 혼용 처리)

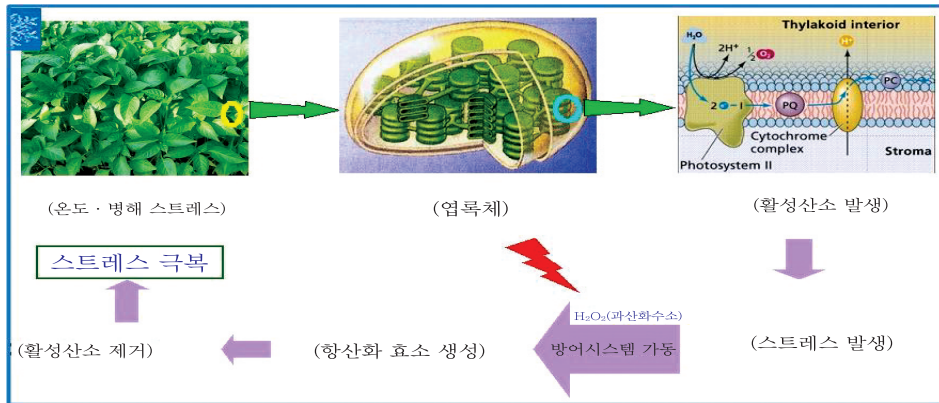
4. 전체 시험 과정

가. 온수 혼용 처리법

(1) 과산화수소 혼합

과산화수소를 이용하여 온수에 의한 스트레스를 낮추도록 과산화수소와 온수를 혼합하여 사용하였다. 일반적으로 과산화수소가 여름철과 겨울철 극한 고·저온으로 인한 시설 내 온도 스트레스를 극복할 수 있는 원리는 다음과 같다.

〈그림 9〉 과산화수소 메커니즘



과산화수소수 처리는 일반적으로 물 1ℓ에 과산화수소 10ml를 희석하여 사용한다. 일반적으로 시판되는 과산화수소의 순도는 30~35% 정도로 5일 간격으로 살포하면 고온 스트레스를 극복하고 흰가루병, 노균병 등 병해에 대한 예방 효과가 있다.(원예기술지원정보 제 05-26호, 원예연구소 2005. 12. 16.)

주키니호박 흰가루병 방제시험에서는 과산화수소수를 200배(온수 50~60℃ 물 20ℓ + 과산화수소(35%) 100ml)로 일반적으로 과산화수소 단독 처리량보다 1/2정도 감량하여 살포하였다.

(2) 당류 및 흑설탕 첨가

물 20ℓ당 흑설탕 10g을 혼용 처리하면 온수에 잘 녹아 분산과 접착의 상호 작용을 유발하여 미소 곤충의 살충 및 산란부화 저지 효과를 얻을 수 있다.

또 시중에서 판매하는 물엿을 물에 100배 희석하여 잎 옆면에 분무해주면 희석액에 진딧물이 붙어서 햇볕에서 마르면서 물리적으로 고사시킬 수 있다.

나. 주키니 호박 실험(4월~5월)

○ 단순 반복 실시: 무처리외 4개월 처리구 10주에 3차례 반복, 물 온도 50℃~60℃ 3차례 반복, 혼용처리 50~60℃ 온수 + 과산화수소 3차례 반복

○ 흰가루병 방제 목적 실시: 고압식 방제기를 이용하여 작물에서 1~2m 정도 떨어져 관행 농약 살포(도보 속도로 살포함)

- 주키니 호박을 11월 10일에 정식한 포장으로 육묘기 묘상에서부터 흰가루병이 발생한 것을 정식하였다. 정식 후 화학적 방제를 3회 실시했으나 환경을 조절하지 못하여 확산된 상태이다.

〈그림 10〉 주키니호박 시험 처리 전



〈그림 11〉시험구 처리 후



(1) 주키니 호박 흰가루병 방제 1차 시험(4월 25일~26일)

○ 시험결과: 일반적으로 흰가루병은 물만 살포해도 방제할 수 있다고 생각하는 농가들이 많이 있다. 그러나 잘 보이지 않으나 더 많은 포자가 흩어져 확산되는 경향이 있다. 1차 처리 시험에서는 각 처리구에서 5단계(매우심, 심, 약, 미약, 무) 기준으로 판단하였다. 온수(증기) 살포 후 흰가루병의 발생이 1주일 정도 저지가 가능하다고 한다. 본 실험에서 관찰한 결과는 다음과 같이 나타났는데, 온도가 60℃ 혼용 처리구에서 가장 효과적으로 나타났다(표 3). 처리 이후 병의 재발생도 온도가 60℃ 혼용구에서 4~5일 늦게 발현되는 경향이 있었다. 저온기에 하우스에서 온도를 유지하기가 곤란하여 동절기에는 방제 효과가 떨어져 일정한 시설 및 기계적 장치가 필요하므로 일반농가에서는 실시하기 어려울 것으로 사료된다.

〈표 3〉 주키니 호박 흰가루병 방제 1차 시험 결과

구분 처리구	흰가루병 발생 저지 일수							
	0	1	2	3	4	5	6	7
무처리	①②③					-	-	-
온수 50°C			②	①③		-	-	-
온수 60°C				②③	①	-	-	-
50°C+과산화수소200배			①	②③		-	-	-
60°C+과산화수소200배					①③	②	-	-

※ 흰가루병 발생 저지 일수: 처리구 ①②③ 1차 시험 (4월 25일~26일)

○ 시험처리구별 실험과정

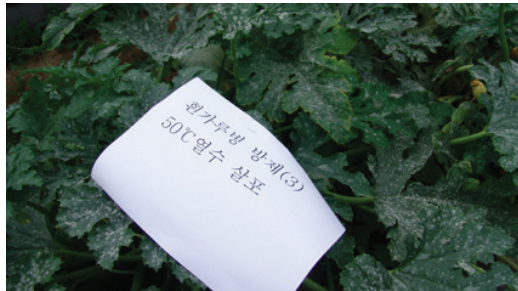
〈그림 12〉 무처리구(흰가루병만 퍼짐)



〈그림 13〉 방제시험 살포



〈그림 14〉 50°C 온수만 살포한 실험구



〈그림 15〉 60°C 온수만 살포한 실험구



〈그림 16〉 물60°C + 과산화수소 처리구



〈그림 17〉 물50°C + 과산화수소 처리구



(2) 주키니 호박 흰가루병 방제 2차 시험(4월 29일)

○ 시험 결과: 흰가루병이 작물체에 발생하여 4월 25일 무 처리구에서는 병반이 많이 퍼진 상태이다. 따라서 4월 29일 무처리구 호박잎이 고사 직전 상태에 이르러 수확 및 생육에 많은 피해를 주었다<그림 18>.

주키니 호박에 발생하는 흰가루병을 방지하기 위한 온수처리 및 혼용처리 2차 시험은 온도가 높은 60℃ 혼용 처리구에서 1차 처리와 마찬가지로 가장 효과적인 방제가를 보였다<표 4>. 1차 실험과 마찬가지로 저온기에서는 정밀한 온도 유지가 어렵고 효과가 낮아 경제적 효율성이 떨어진다. 따라서 육묘기에 묘상에서 응용하거나 소규모 베란다 원예 등 밀폐된 곳에서 사용하면 유용할 것으로 판단된다.

<그림 18> 흰가루병 방제 무처리구



흰가루병 넓게 퍼진 모습(4월 25일)



고사 직전의 호박잎(4월 29일)

<그림 19> 물 60℃ + 과산화 처리구



흰가루병 방제효과가 가장 높았음.

<그림 20> 물50℃ 열수 처리구



〈그림 21〉 물50℃ + 과산화수소 처리구



처리전



처리후

〈표 4〉 주키니 호박 흰가루병 방제 1차 시험 결과

구분 처리구	흰가루병 발생 저지 일수							
	0	1	2	3	4	5	6	7
무처리	①②③					-	-	-
온수 50℃				①②③		-	-	-
온수 60℃				②	①③	-	-	-
50℃+과산화수소 200배				①②③		-	-	-
60℃+과산화수소 200배					①③	②	-	-

※ 4월 29일 처리구 흰가루병 발생 저지 일수 처리구 ①②③

다. 수박 터널유인재배 병해충 방제 시험

○ 시험 목적: 일반적인 작물 중에서 수박 포장이 진딧물과 응애 흰가루병이 가장 많이 발생한다. 수박 옐로스위트 품종의 특징은 소과 종으로 연속 착과가 가능하여 장기간 시설 하우스에서 재배에 적합하여 실험 목적에 적합한 품종이다. 따라서 온수를 중심으로 진딧물 및 응애 흰가루병 방제를 주요 방제요인으로 설정하여 시험하였다.

○ 처리 간격: 병해충 발생 정도에 따라서 4일~15일 간격으로 살포하였다.

○ 분무 속도: 분무기를 고압으로 하여 직접 타격하는 방법을 선택하였다.

- 흰가루병인 경우에는 분무기 노즐을 넓게 살포하는 것을 선택하고 응애 또는 진딧물이 많이 발생하였을 경우 분무기 노즐을 좁게 살포하는 것을 선택한다.

○ 방제 체계: 온수 60℃를 중점적으로 살포해 입자온도가 43~45℃를 유지토록 했다. 시험연구 목적으로 친환경재배를 위하여 온수 이외 화학적 방제는 하지 않았다.

(1) 수박 터널형 재배 진딧물 방제 1차 시험 처리(7월 16일)

6월 25일 예비시험으로 일부 처리한 결과 80% 이상 효과적으로 방제되어 육안으로도 관찰되었다. 따라서 7월 16일까지 무방제를 실시하여 진딧물이 확산되도록 방치하였다. <그림 22>과 같이 진딧물이 확산되어 수박 잎이 변형되고 진딧물 감로가 지저분하게 퍼져 있다. 전체 면적의 60% 정도 진딧물이 감염되어 있는 상태였으나 60℃ 온수를 처리한 결과 3% 정도로 감소하였다. 고온에서는 진딧물의 번식이 잘 안되고 수명이 짧아서 효과적인 것으로 판단된다.

<그림 22> 진딧물 방제 1차 시험(수박터널재배, 7월 16일)



방제 전



방제 후

(2) 수박 터널형 재배 진딧물 방제 2차 시험 처리(7월 21일)

1차 방제 5일 후 2차 방제하여 진딧물을 거의 완벽하게 제거하였다. 진딧물 특성상 고온에 의한 부적합 환경과 온수에 의한 직접적인 살충효과를 보였을 것으로 판단된다.

일부 새로 나온 잎은 고온의 열수에 의해 위축되고 색깔이 옅은 색으로 변하는 것도 상위부위에서 발생하였다. 수박의 착과 및 형태에 대해서는 시험처리에 의한 영향은 없는 것으로 판단된다.

<표 5> 수박 터널재배 시험 포장 생육 단계별 방제 일지

일자	단계	병해충 발생 피해 정도 (%)		비고
		진딧물	응애	
5. 18	파종	-	-	
6. 12	정식	-	-	120주 정식
6. 25	생육기	10	-	1차 방제
7. 16	생육기	60	-	2차 방제
7. 21	생육기	3	-	3차 방제
8. 20	생육기	5	5	4차 방제
9. 04	수확후기	20	10	방입

○ 수박 터널 병해충 방제시험 결과: 온수를 고압으로 방제한 경우가 효과적이었다. 이 방제법은 터널형 재배 또는 입상형 재배 농가에서 장단점을 분석하여 친환경적 방제법으로 도입해도 좋을 것으로 사료된다. 하우스 온도가 고온으로 35℃ 정도이며 온수를 살포하여 온도가 43~46℃정도 2시간 이상 유지되어 살포로 인한 직접적인 방제효과와 온도에 의한 간접 효과가 상호작용으로 발생하여 방제가 95% 이상 높아진 것으로 판단된다. 수박재배 관리 및 병해충 방제는 9월 10일 이후에는 실험을 종료하여 방치한 상태로 10월 20일까지 수확했다.

〈그림 23〉 진딧물 방제 2차 시험(수박터널재배, 7월 21일)



방제 전



방제 후

〈표 6〉 수박 터널재배 시험포장 방제 일지

일자	방제	병해발생 및 효과(%)				비고
		진딧물	응애	흰가루병	나방류	
6. 25	1차 방제	10 → 5	-	-	-	온수 60℃ 처리
7. 16	2차 방제	60 → 3	-	-	-	
7. 21	3차 방제	3 → 0	-	-	-	
8. 20	4차 방제	5 → 0	3 → 0	3 → 0	-	

라. 하우스 수박 포복재배형 시험(7월~9월)

(1) 시험목적

수박 정식부터 재배관리할 때까지 무방제로 관리하여 진딧물, 응애, 흰가루병을 유발시켜 실험하였다. 온수와 혼용(과산화수소) 중심으로 진딧물 및 응애 흰가루병 방제를 주요 방제요인으로 설정하여 시험하였다. 농약을 전혀 사용하지 않고 온수와 과산화수소, 흑설탕(물엿) 등을 사용하였다.

접착제 역할을 하도록 흑설탕을 물에 타서 진딧물이 있는 곳에 분사해주면 물이 증발하고

흑설탕이 굳으면서 진딧물이 엉겨 붙어 죽게 된다. 시중에서 판매하는 물엿을 물에 100배 희석하여 잎 옆면에 분무를 해주면 희석액에 진딧물이 붙어서 햇볕에서 마르면서 물리적으로 고사시키는 방법을 농가에서 사용하고 있어 이것을 응용 시험하였다.

6월 17일에 정식하였으나 일부 과습과 고온으로 6월 23일 보식하였다. 진딧물은 6월 29일 정도에서부터 발생하여 7월 12일에 전 면적에 확산하여<그림 24>, 1차 방제를 시작해서 8월 24일까지 4차 방제를 실시하였다. 응애는 8월 10일경부터 발생하고, 작은각시 들명나방은 8월 15일경에 발생하였으며 8월 25일경에 큰 피해를 주었다<그림 31>.

날씨가 무더운 관계로 흰가루병은 8월 24일경부터 조금씩 발생하였다. 8월 24일에 온수 50℃와 흑설탕 200배액을 살포하여 진딧물 및 응애 흰가루병을 방제하였다. 작은 각시들명나방 유충은 온수 및 흑설탕 살포 효과가 전혀 나타나지 않았다.

<진딧물 방제 과정>

<그림 24> 1차 방제(7월 12일)



<그림 25> 2차 방제(7월 16일)



<그림 26> 3차 방제(7월 20일)



<그림 27> 4차 방제(8월 24일)



<응애 방제 과정>

<그림 28> 수박 포장에 응애 발생(8월 20일)



<그림 29> 온수 50℃ + 흑설탕 200배액으로 방제(8월 24일)



<작은 각시 들명나방 방제 과정>

<그림 30> 수박 착과 상태(8월 7일)



<그림 31> 전체면적 30%까지 피해(온수처리효과 없음)



<그림 32> 자연적으로 사라짐(9월 3일)



〈표 7〉 수박 포복재배 시험포장 방제 일지

일자	방제	병해발생 및 효과(%)				비고
		진딧물	응애	흰가루병	나방류	
7. 12	1차	40 → 5	-	-	-	온수 50℃+흑설탕
7. 16	2차	20 → 3	-	-	-	온수 50℃+물엿
7. 20	3차	10 → 1	-	-	-	온수 50℃+흑설탕
8. 24	4차	20 → 5	3	3	30	온수 50℃+흑설탕

〈표 8〉 포복형 수박 시험포장 생육단계별 방제 일지

일자	단계	병해충 발생 피해정도(전체 면적 %)				비고
		진딧물	응애	흰가루병	나방류	
5. 22	육 묘					
6. 17	정 식	-	-	-	-	180주 식재
6. 23	보 식	-	-	-	-	53주 보식 과습피해
7. 12	생 육 기	40	-	-	-	1차방제
7. 16	생 육 기	20	-	-	-	2차방제
7. 20	생 육 기	10	-	-	-	3차방제
8. 1	생 육 기	-	-	-	-	
8. 7	생 육 기	-	-	-	-	
8. 10	생 육 기	5	-	-	2	
8. 20	생 육 기	5	-	-	5	
8. 24	생 육 기	20	3	3	30	4차방제
9. 3	생 육 기	5	10	-	-	무방제
10. 16	생육말기	10	30	5	-	무방제

(2) 포복형 하우스 수박 재배 시험 결과

올해 기상이 매우 고온인 상황에서 온수를 처리하여 좋은 효과를 얻은 것으로 판단된다. 약제를 전혀 사용하지 않고 과산화수소, 흑설탕(물엿) 등 보조제를 사용하여 수확까지 실험을 수행하였다.

온수와 고온이 병해충 방제에 많은 영향을 끼쳐 효과적인 방제가 되었을 뿐만 아니라 병충해 발생이 지연되는 효과를 가져 왔다.

온수 50℃ + 흑설탕(10g/물20ℓ)와 온수 50℃ + 물엿(20cc/물20ℓ)를 혼용하여 시험한 결과 하우스내 고온으로 물엿이나 흑설탕에 의한 물리적 살충효과는 명확하게 확인하지 못하였다.

마. 노지 수박 실험(6월~7월)

노지 수박에서 실험을 실시하고자 했으나, 시험설계 후 예비시험 단계에서 온도를 보존할 수 있는 기계적 방법을 찾지 못하여 시험을 중단하였다. 그 결과 덩굴마름병과 탄저병이 발생하였다(그림 33).

〈그림 33〉 노지 시험 중단에 따른 병 발생(7월 26일)



덩굴마름병



탄저병

○ 시험 연구 수행 중 문제점

- 기계적 결함: 고온기에 온수를 기계장치로 살포하는 과정에서 기계적 결함과 고온에 견디지 못하여 분무호수가 자주 터지고 연결 부위가 빠지는 경우가 많아 온수 살포에 많은 어려움이 있었다.
- 물 온도관리: 계속해서 온도를 유지하기 위하여 전기 히터 등을 설치하여 온도를 유지하는데 많은 어려움이 있었으며, 작물 처리시에 살포량과 작물과의 거리 등이 일정치 않아서 정밀한 실험이 되지 못하였다.

온수 활용 병해충 방제 결과 및 현장 적용

1. 연구 결과

본 연구는 농가에서 문제시되고 있는 병해충을 친환경적으로 방제하기 위한 방법을 제시하기 위하여 온수를 이용하여 효과를 검증하고자 실시했다.

가. 저온기 주키니 호박 흰가루병 방제 시험결과

주키니 호박 흰가루병을 방제할 목적으로 온수 및 과산화수소를 사용하여 실험한 결과, 60℃ 열수와 과산화수소 혼합 처리구에서 흰가루병이 4~5일 방제되고 다시 재발생했다. 저온기 살포 시 온수의 물 온도 유지가 곤란하고 살포하는 순간 식어버리므로 효과가 적어 경제적 방제가 되지 못했다.

나. 고온기 수박포장 병해충 방제 시험

(1) 수박 터널 유인재배 포장 시험

고온기에 시설하우스에서 온수를 고압으로 방제할 경우 진딧물 및 응애 방제에 효과적이었다. 이 방제 방법은 터널형 재배 또는 입상형 재배 농가에서 장단점을 분석하여 친환경적 방제방법으로 도입해도 좋을 것으로 사료된다. 하우스 온도가 고온으로 35℃ 정도이며 온수를 살포하여 온도가 43~46℃정도 2시간 이상 유지되어 살포로 직접적인 살충 방제효과와 온도에 의한 간접효과가 상호작용으로 발생하여 방제가가 95%이상 높아진 것으로 판단된다. 수박 재배관리 및 병해충 방제는 9월 10일 이후에는 실험을 종료하여 방치한 상태로 10월 20일까지 계속 수확했다.

(2) 포복형 유인 하우스 수박 재배 시험 결과

온수와 고온은 병해충 방제에 많은 영향을 끼쳐 효과적인 방제가 되었을 뿐만 아니라 병해충 발생이 지연되는 효과를 가져 왔다.

온수 50℃ + 흑설탕(10g/물20l)와 온수 50℃ + 물엿(20cc/물20l)을 혼용 시험한 결과 하우스 내 고온으로 인하여 물엿이나 흑설탕에 의한 물리적 살충효과는 명확하게 확인하지 못하였다.

2. 적용사례

가. 육묘기 온상에서 온수 활용(32~34℃)

일반적으로 저온기에 육묘할 경우 저온과 과습으로 공통으로 잘록병이 발생하고 육묘기 박과류에서는 검은 별무늬병, 고추나 가지에서는 잎이 떨어지는 세균성 병이 간혹 발생하기도 한다. 또한 저온으로 인하여 잎의 위축 및 철분 결핍 등의 생리장해가 발생하기도 한다. 이때 볍씨 발아기 및 전기 히터봉(일명 돼지꼬리) 등을 이용하여 물 온도를 32~34℃까지 가온하여 살포하면 육묘기 환경개선으로 병해충 및 생리장해를 예방할 수 있다. 물 온도가 높아 증발이 빨라 대기습도를 줄이면서, 대기온도를 높여 찬물로 인한 작물의 스트레스를 방지하는 효과가 있다.

나. 온수를 이용한 베란다 원예 및 실내 분화류(관상수) 병해충 방제

가정에서 화초 및 관상수 또는 실내 채소에서 진딧물이나 응애, 깍지벌레 등이 발생하였을 경우 물 온도 80℃ 정도 열수를 일반 가정용 분무기(1ℓ용)를 이용하여 살포거리 15~20cm 정도에서 사용하면 싹채소 및 화초에서 진딧물이나 응애 흰가루병을 방제할 수 있다. 특히 분화류 중 목본류는 목욕탕 온수를 이용하면 효과적으로 응애 및 진딧물을 퇴치할 수 있다. 보일러 성능에 따라 다르지만 샤워기 물 온도가 60℃ 정도 되면 살포거리를 10~15cm 유지하고 3일 간격 2회 정도 실시하면 완벽하게 방지할 수 있다. 싹 채소 등 연약한 식물은 몇 개체를 온수 온도를 측정 실험하여 피해 여부를 확인한 후 전체 면적에 확대하도록 한다.

다. 온수활용(32~34℃) 시비 및 농약 혼용 비효 및 약효증진

저온기 상온에서 농약이나 비료 등을 혼합하기 위해서는 많은 시간이 필요하다. 온수 30℃에서 농약 및 비료를 혼합할 경우 잘 풀어지고 작물에 흡수가 잘되므로 저온기에는 전기 히터봉 또는 범씨 발아기를 이용하여 가온하여 약효 및 엽면시비 효과를 높일 수 있다. 저온기 다습으로 발생하는 토마토(가지) 잎곰팡이병 및 잿빛곰팡이병, 균핵병 등에 약제 살포시 물 온도를 높여 증발을 촉진하여 부착효과를 가져와 약효를 증진시킨다.

라. 시설 채소 참외 및 수박 하우스 진딧물 및 응애 흰가루병 방제 응용

고온기 재배시 발생한 진딧물이나 응애 흰가루병 방제에 응용하면 효과적이라 판단된다. 일본 자료에서 여름에 시설 하우스를 밀폐하여 오이와 토마토에서는 1시간 정도 45℃정도 까지 온도를 올려 병해충을 방제하고, 딸기는 온수를 20초간 앞에 뿌려 50℃의 상태를 유지하면 1주일 정도 병해충 저항성을 가지며 해충은 열로 죽는다. 본 실험결과 수박 하우스에서 여름철 고온기에 단시간에 물 온도 60℃물에 의한 살충 및 살균효과와 하우스 내부 온도를 급격히 올릴 수 있어 밀폐된 시설하우스에서는 병해충을 억제하는 것이 가능하였다. 이론적으로 이것은 온수에 자극을 받아 식물호르몬 살리실산(Salicylic acid)이 작물 세포 전체에 작용하여 저항성을 유발하기 때문으로 밝혀졌다.

3. 농가 활용방법 및 주의사항

가. 농가 활용 방법

작물 종류 및 생육 상황과 시설 환경에 따라서 소규모로 살포시험을 실시한 후에 전 면적

에 활용하면 피해를 보지 않는다. 문헌상 대부분 작물의 성염은 50~55℃ 정도까지 내열성이 있는 것으로 되어 있다.

나. 흰가루병 방제 활용방법

흰가루병은 주간온도가 40℃와 야간습도가 상대습도 100%일 때 현저히 줄어든다(성주과채류시험장, 2004). 본 연구에서 수박하우스에서 실험한 결과 온수를 활용하여 온도를 주간에 높이고 야간에 습도를 높여 흰가루병을 방제하였다.

일반적으로 하우스를 밀폐하여 온도를 높여 흰가루병을 방제하는 기술을 사용하고 있다. 흰가루병은 병원균의 생육 정지온도가 38℃이고, 포자 변형 온도는 45℃이다. 참외 식물체 고온 피해는 55℃ 이상 일때 발생한다(성주군농업기술센터 자료).

본 연구에서는 수박 및 주키니 흰가루병 방제시험에서 오후에 온수 살포할 때 방제기 노즐을 넓게 하여 골고루 뿌려주는 방법으로 응용해 사용했다.

다. 진딧물 및 응애(미소곤충) 방제 활용

진딧물 및 응애는 온도가 35℃ 이상 되면 발생이 줄어든다. 따라서 시설에서 밀폐하고 오후에 분무기의 노즐을 강하게 물줄기를 선택하여 살포하는 방법을 사용하여 온도를 높이고 직접 타격하는 방법으로 알과 성체를 제거하였다. 포복형에서는 직접 표면에 닿지 않는 부분에서 병해충이 발생하여 효과가 떨어지는 경향이 있었다. 그러나 터널재배 등에서는 전면적으로 살포할 수가 있어 효과가 있었다.

라. 농가 활용 시 문제점 및 주의사항

연약한 어린 잎이나 묘상에서는 40℃ 이상 열수를 사용할 때는 주의를 요한다. 전기 히터 봉으로 물을 가열할 경우, 고온으로 인하여 플라스틱 물통이 변형되는 경우가 많았다. 따라서 일정온도 이상 높이지 않도록 하여야 한다.

고온의 열수를 살포하는 분무기 및 농약 호스가 늘어나 연결부위가 빠지는 등 단점이 많이 발생하였다. 따라서 시스템상 대규모 농장 살포작업보다는 소규모 농장에서 활용도가 높다.

기대효과

온수와 부수적인 물질(과산화수소 및 설탕)은 농가 주변에서 쉽게 구입할 수 있으며, 가격이 저렴한 것을 이용하여 고효율의 방제법을 체계화하고자 노력하였다.

(1) 온수의 직접 살균 살충효과: 직접적으로 진딧물과 응애에 대하여 살충효과가 있었으며, 흰가루병에 대해서도 경제적인 방제 효과를 가져왔다.

(2) 온수와 혼용 효과(과산화수소, 흑설탕, 물엿 등): 온수에서 약효가 증진되는 물질을 사용하여 병해충 방제에 활용하여 효과적인 방법을 찾을 수 있었다.

(3) 간접적 유도 저항성 효과: 식물체가 온수로 고온의 스트레스를 받아 전신유도 저항성을 증가시키는 원인물질로 알려진 살리실산(SA:salicylic Acid)의 농도가 높아진 것이 병해충 방제에 중요하게 작용하고 있다. 살포 후 육안으로 보면 외형적으로 엽육이 단단해지는 느낌을 가져와 외부 침입 병해충을 방제하는 것으로 기대된다.

결론적으로 온수 활용 방제법은 이러한 모든 상호 작용을 극대화하여 농가에서 활용할 수 있도록 정밀하게 분석 연구하여 새로운 분야로 정립하고, 친환경농업과 경영비 절감에 이바지 할 것으로 판단된다.

[참고문헌]

1. 김진영 외 5명, '오이 흰가루병의 경제적 피해 대응 수준 실정', 식물병연구 12:231, 2006.
2. 심홍석·문윤기, '호박 흰가루병 주요방제 수준', 「농촌진흥청 시험연구결과 2008」, 농촌진흥청 환경농업과, 2009.
3. 백수봉·경석현·오연선, '대황에서 추출한 생리 활성 물질의 오이 흰가루병 방제 효과', 한국식물병리학회지: 85~90, 1996.
4. 정훈 외 4명, '파프리카 열수 세척·비닐·저온 유통 처리의 품질 유지 효과', 국립농업과학원.
5. 채영, '여름철 방울토마토 착과불량해결 과산화수소 살포, 방울토마토 착과율 10% 향상', 월간원예 2010. 8.
6. 류경열, '새싹채소 종자 미생물 오염 줄이는 열수 처리법', 월간 새농사 2011. 7.
7. 박종호, 유기농 길라잡이, 온탕침지 발아율 높이고 방제효과, 농민신문.
8. 김진영, '원예작물 병해충 친환경 방제법 개발(관엽류 재배용토 소독 및 재활용)', 경기도 시험연구보고서 313~318, 2010.
9. 농촌진흥청, '과산화수소를 이용한 원예작물 스트레스 경감기술', 원예기술 지원정보 제 05-26호(12. 16), 원예연구소, 2005.
10. 경상북도 농업정보DB 신용습, 수박 해충의 발생 생태와 관리 방법, 2008.
11. CPM Magagine Online, 흰가루병방제를 효과적으로 하려면', California/Arizona edtiton:5월호, 'http:crop-net.com, 1997.
12. Plant Pathology 47:570~579, '트리아졸 살균제에 대한 흰가루병의 교차저항성, 한 개 유전자로 조절된다', 1998.
13. 원예산업신문, 오이, 토마토 병해충 열충격 이용 퇴치, 2006. 4. 25, <http://www.wonyesanup.co.kr>
14. 원예특작 일본동향, 기술지원과 딸기잎 온수살포로 병해저항성 높이고 살충까지 해결 (온수살포 방제로 농약사용량 대폭감소 기대), 일본농업신문 영농 특보, 2010. 5. 19.
15. American Nurseryma(미국2012. 4월호), 고온 증기 세척을 이용한 잡초방제, 상업농 경영, 2012. 10
16. <http://www.wonye.co.kr.technical/sickness>, 호박 흰가루병.