유기농업자재와 유기합성 살균제(Iminoctadine tris + thiram) 교호살포에 따른 고추 탄저병 방제 효과

홍성준* · 김용기 · 지형진 · 심창기 · 김민정 · 박종호 · 한은정 · 김정현 · 김석철

국립농업과학원 유기농업과

Control of Pepper Anthracnose Caused by *Colletotrichum acutatum* using Alternate Application of Agricultural Organic Materials and Iminoctadine tris + thiram

Sung-Jun Hong*, Yong-Ki Kim, Hyeong-Jin Jee, Chang-Ki Shim, Min-Jeong Kim, Jong-Ho Park, Eun-Jung Han, Jung-Hyun Kim and Seok-Cheol Kim

Organic Agriculture Division, National Institute of Agricultural Science, RDA, Wanju-gun 55365, Korea

(Received on November 2, 2015. Revised on December 7, 2015. Accepted on December 9, 2015)

Abstract Pepper anthracnose caused by *Colletotrichum acutatum* has been known as one of the most damaging diseases of pepper, which has reduced not only yield but also quality of pepper produce almost every year. This study was conducted to develop control strategy against pepper anthracnose by alternate application of agricultural organic materials and chemical fungicides. The alternate application effect of agricultural organic materials and chemical fungicides for controlling pepper anthracnose were examined *in vitro* and in the field. First, thirteen microbial agents and twenty two agricultural organic materials were screened for antifungal activity against *C. acutatum* through the dual culture method and bioassay. As a result, one microbial agent (*Bacillus subtilis* QST-713) and three agricultural organic materials (sulfur, bordeaux mixture, marine algae extracts) were found to show high inhibition effect against *C. acutatum*. In the field test, when Iminoctadine tris+thiram, a chemical fungicide for controlling pepper anthracnose, was sprayed, it reduced disease incidence by 89.5%. Meanwhile Sulfur, bordeaux mixture, copper, marine algae extracts and *Bacillus subtilis* QST-713 showed low disease incidence at the range of 33.1~81.0%. However, when Iminoctadine tris+thiram and agricultural organic materials(bordeaux mixture, marine algae extracts) were applied to pepper fruits alternately two times at 7 days interval, there was a 81.7 and 87.1% reduction in disease, respectively. Consequently, the alternate spray of chemical fungicide (Iminoctadine tris+thiram) and agricultural organic materials (bordeaux mixture, marine algae extracts) could be recommended as a control method to reduce the using amount of chemical fungicide.

Key words agricultural organic materials, alternate applications, chemical fungicides, pepper anthracnose

서론

고추(*Capsicum annuum* L.)는 가지과에 속하는 다년생 작물로 국내 전체 채소 중 재배면적과 생산량이 가장 많은 작물인 반면 장기간 재배하는 특성으로 인하여 병해충의 피해

가 크고 생산량 감소와 품질 저하가 많은 작물이기도 하다. 우리나라 대부분의 지역에서 재배되는 고추는 수확량을 늘리기 위해 밀식재배, 연작 등이 지속되다보니 토양환경이 저하되고 병해충이 많이 발생하여 피해가 급증하고 있다. 고추에 발생하는 주요 병해로는 역병, 탄저병, 풋마름병, 흰가루병, 바이러스병 등이 있으며, 이 중 국내에서는 *Colletotrichum acutatum*에 의해 발생하는 고추 탄저병과 *Phytophthora capsici*에 의한 역병이 고추의 생산량을 위협하는

*Corresponding author
E-mail: hongsj7@korea.kr

가장 중요한 병해로 알려져 있다(Kim, 2004; Myung et al., 2006). 고추 역병은 2005년 이후 저항성을 가진 상업용 품종의 보급으로 피해가 감소하고 있으나 탄저병은 아직도 저항성품종이 상업용으로 보급되지 않아 가장 심각한 피해를 유발한다(Jee et al., 2010; Kim et al., 2010). 고추 탄저병은 7월 상순부터 과실에 발생하기 시작하여 8월과 9월을 지나면서 급격히 발생이 증가하며, 과실에 괴저증상을 보이기 때문에 직접적으로 수량감소와 품질저하에 영향을 미친다. 국내에서 매년 고추 재배기간 중 기상경과에 따라 강우가 잦은 해에 고추 탄저병 피해가 증가하고 있다(Kim and Park, 1988; Park and Kim, 1994; Yoon and Park, 2001). 평균적으로 탄저병 발생에 대한 국내 피해액은 총생산량의 13%에 달하는 막대한 손실을 주며, 중국의 경우 약 18%의 수량 손실이 보고되었다(Kim and Park, 1998; Shin et al., 1999). 특히 농약을 사용하지 않는 무농약이나 유기농 고추 재배농가에서는 포장 발병율이 90%가 넘어 수확을 거의 하지 못하는 경우도 있다(Jee et al., 2010; Kwon and Lee, 2002). 이런 탄저병의 방제방법으로는 다른 작물로의 돌려짓기, 저항성품종의 사용, 비가림재배나 고추 잔재물을 제거하는 경종적 방법, 적절한 유기합성 살균제를 이용한 화학적 방제 방법, 그리고 최근에는 안전한 농산물에 대한 관심이 증대되면서 미생물이나 유기농업자재를 활용한 환경친화적 방제 방법 등이 알려져 있다(Cho et al., 2003; Freeman et al., 2004; Kim et al., 2004; Kwak et al., 2012; Park et al., 2012; Park et al., 2014). 이처럼 여러 가지 방제방법으로 탄저병을 방제하고 있지만 일반적으로 대다수의 고추 재배농가에서는 손쉽게 사용이 가능하며 효율적으로 방제가 가능한 약제방제에 의존해 왔다(Park et al., 1992). 하지만 농가현장에서 살균제가 남용되거나 특성을 잘 이해하지 못하여 오용하게 되는 경우가 발생하고 있는데, Bae (2006)의 발표에 의하면 고추 탄저병 방제를 위하여 11.2회의 살균제를 7월과 8월 짧은 기간 동안에 집중적으로 살포하고 있다고 한다. 또한 국내에서 작물의 단위 면적당 농약 사용량을 주성분 기준으로 살펴보면 오이 4.8 kg/ha, 토마토 2.1 kg/ha, 노지고추 11.6 kg/ha 등으로 고추에서의 농약 사용량이 높은 편인 것을 알 수 있다(Ha et al., 2012). 특히 고추 과실이 생식으로도 소비되는 과채류라는 점을 고려하였을 때 상당히 많은 농약이 사용되고 있다고 하겠다. 이러한 과도한 살균제 처리는 작용기작이 특이적인 살균제에 대해서 내성을 가지는 균이 쉽게 출현하기도 하는데, benzimidazole계 살균제와 chlorothalonil에 대한 저항성을 보이는 균주의 비율이 점차 증가하고 있다(Ishii et al., 1998; Kim et al., 2004). 따라서 농약의 사용을 줄일 수 있는 친환경적인 방제 방법이 필요하게 되었다. 더불어 1997년 친환경농업 육성법이 제정되면서 우리나라에서는 농작물 경작에 따른 환경오염을 최소화하기 위한 노력의 일환으로 화학비료와 유기합

성 농약의 사용량을 줄이기 위한 다양한 방법들을 추진하고 있다. 유기합성 농약의 감량을 위한 여러 시도 중 미생물제와 유기합성 살균제와의 혼용에 따른 농약 감량 효과가 여러 연구를 통하여 효과가 증명되어 활용되고 있다(Elad et al., 1993; Duffy, 2000; Budge and Whipps, 2001; Kondoh et al., 2001; Fravel et al., 2005). 또한 동일계통의 화학약제를 살포 시 약제 저항성 발현을 막고 농약 사용횟수를 줄이기 위해 유기농업자재와의 교호살포에 대한 연구도 수행되고 있다(Kang et al., 2014). 인삼 점무늬병 방제에 미생물농약과 화학농약을 교호 처리하면 방제효과가 증진되고 75.0-83.3%의 농약 감량효과도 있어서 농가보급 가능성을 시사하기도 하였으며(Li et al., 2008; Li and Choi, 2009), 수박 흰가루병 방제를 위해 살균제와 친환경자재인 아인산칼륨을 교호살포하여 농약 사용량 절감과 약제 저항성균 출현을 억제하는 방제체계를 확립하기도 하였다(Kang et al., 2014).

따라서 본 연구에서는 유기합성 농약 사용량을 줄일 수 있는 방제체계 마련을 위해 유기농업자재와 미생물농약 중 고추 탄저병에 효과가 있는 자재를 실내에서 선발하고 선발된 자재들과 유기합성 살균제를 포장에서 교호 살포하여 고추 탄저병 방제 가능성을 검토하기 위하여 수행되었다.

재료 및 방법

미생물농약의 고추 탄저병 병원균 생육 억제효과

현재 고추 탄저병에 등록되어 있는 미생물농약이 없기 때문에 다른 작물 또는 고추의 다른 병해에 등록되어 있는 미생물농약 중 탄저병에 효과 있는 미생물농약을 선발하기 위해 시험을 실시하였다. 시험에 사용된 미생물농약은 *Bacillus subtilis* QST713 (BsQ) 수화제 등 시중에 유통되는 13종의 미생물농약을 구입하여 사용하였다. 먼저 생장억제 효과 시험은 두 가지 실험방법으로 수행하였다. 첫 번째 실험방법은 Ahn 등(2009)이 사용한 대치배양법을 약간 변형하여 사용하였다. 시험에 사용된 탄저병 병원균은 유기농업과 시험 포장에서 채집한 이병고추에서 분리한 병원균 *C. acutatum*을 계대배양하면서 활용하였다. PDK배지(증류수 1 L 기준 : potato dextrose 24 g, pepton 10 g, agar 18 g)를 기본배지로 사용하였고 5 mm 지름의 탄저병 병원균의 균사를 포함하고 있는 agar 조각을 PDK배지의 중앙에 접종하였다. 그리고 양쪽 끝에 각각의 미생물농약을 추천농도로 조절한 후 paper disk (직경 8 mm)에 50 µl씩 점적하여 무균상에서 건조시켜 치상하였다. 치상한 후 25°C 배양기에서 5-7일간 배양하여 저지대(Inhibition zone)를 측정함으로써 탄저병 병원균의 생장 억제 효과를 조사하였다. 두 번째 실험방법은 병원균 접종 시 포자현탁액을 100 µl씩 배지에 도말하여 접종하였으며 미생물농약의 처리, 접종 후 배양과 저지환 측정은 첫 번째 실험방법과 동일하게 수행하였다. 각 시험들

은 3반복으로 실시되었다. 또한 미생물농약과 유기합성 살균제의 교호살포를 위해 살균제의 주성분이 미생물농약의 유효미생물의 생장에 미치는 영향을 조사하기 위하여 Lee 등(1998)과 Jung 등(2006)이 실험한 화학농약과 길항미생물의 혼용에 따른 미생물의 생존을 조사 방법을 참고로 실내 배지실험을 수행하였다. 시험에 사용된 미생물농약은 *Bacillus subtilis* Y1336 등 고추 역병과 흰가루병에 등록된 5종을 대상으로 하였으며, 유기합성 살균제는 고추 탄저병에 등록된 trifloxystrobin 등 13종을 시중에서 구입하여 시험에 사용하였다. 먼저 유기합성 살균제가 첨가된 배지를 만들기 위해 각각의 살균제 현탁액을 준비하였다. 살균제 현탁액은 각 추천농도의 100배의 유기합성 살균제를 살균수에 녹여서 녹인 용액을 거름종이로 걸러주었다. 거름종이를 통과한 용액을 syringe filter (pore size 0.22 μ m)로 여과하여 냉장보관 하였다. 배지는 TSA (Tryptic Soy Agar, Difco™)배지를 기본으로 하여 500 ml 배지를 살균 후 약 60°C로 식혀서 각각의 살균제 100배 희석액 5 ml씩을 배지에 첨가하고 멸균된 petri-dish에 분주하여 살균제 배지를 조제하였다. 배지를 충분히 건조시킨 후 5종의 미생물농약을 추천사용 희석농도로 희석하여 100 μ l씩 살균제가 첨가된 배지에 도말하였다. 도말된 배지를 25°C에서 2-3일간 배양 후 배지 위에서 생육하는 미생물농약의 유효미생물의 colony수를 무처리구와 비교하여 유기합성 살균제가 유효미생물에 미치는 영향을 조사하였다. 도말시 각각의 처리는 3반복으로 하였으며 위의 실험은 동일한 방법으로 3회 수행되었다.

유기농업자재의 고추 탄저병 병원균 생육 억제효과

시중에 유통되는 유기농업자재 중에서 고추 탄저병 병원균의 생육 억제 효과가 있는 자재를 선발하고자 황련추출물 등 식물추출물 13종, *Bacillus* sp. 등 미생물제 2종, 유황제 등 광물질 6종과 프로폴리스 등 원재료 종류별로 총 22종을 구입하여 시험에 사용하였다. 이 중 식물추출물 제품의 경우 다양한 식물병원균에 항균효과를 나타낸다고 알려진(Kwon et al., 2010; Lee et al., 2000; Lee et al., 2001) 추출물로 제조된 제품들을 선별하여 구입하였다. 시험은 위의 첫 번째 실험과 유사하게 실시하였는데 5 mm 지름의 탄저병 병원균의 균사를 포함하고 있는 agar 조각을 PDA배지의 한쪽에 접종하였다. 3 cm 정도 떨어진 곳에는 각각의 유기농업자재들을 추천농도로 조절한 후 8 mm paper disk에 50 μ l씩 점적하여 clean bench에서 건조시켜 치상하였다. 치상한 후 25°C 배양기에서 5-7일간 배양하여 저지대(Inhibition zone)를 측정함으로써 탄저병 병원균의 균사 생장 억제 효과를 조사하였다.

고추 과실을 이용한 탄저병 발생 억제 생물검정

고추 과실을 이용한 생물검정시험을 통하여 탄저병의 발

생을 억제시키는 효과가 우수한 미생물농약과 유기농업자재를 선발하고자 본 시험을 수행하였다. 지금까지 과실을 이용한 검정방법은 연구자에 따라 아주 다양한 방법이 사용되었는데 크게는 과실에 포자현탁액을 살포하는 분무법(Park et al., 1986), 포자현탁액을 과실표면에 올려놓는 적하법(Manandhar et al. 1995)과 공기압축기를 이용하여 포자현탁액을 고압으로 살포하는 고압분무법(Pae et al., 1998) 등의 무상처접종법과 침으로 찔러 과실에 상처를 준 후 포자현탁액을 올려놓는 침접종법(Choi and Pae, 1987), 과피에 사포로 상처를 준 후 포자현탁액을 살포하는 침상분무법(Park et al., 1986)과 주사바늘과 분주기가 부착된 공기밀폐형 주사기로 포자현탁액을 과육에 주입하는 미세주입법(Yoon and Park, 2001) 등의 상처접종법으로 구분할 수 있다. 본 실험에서는 침접종법을 기본으로 하여 접종원을 과실에 처리하는 방법을 조금씩 변형하여 진행하였다. 생물검정시험에 사용된 미생물농약과 유기농업자재는 위의 생육억제 시험에 사용된 제품과 동일한 것으로 사용하였으며, 두 가지 실험방법으로 수행하였다. 첫 번째 방법은 먼저 고추 과실을 충분히 살균 소독한 후 건조시킨다. 플라스틱 상자(21 × 27 × 7.5 cm)에 핸드타올을 깔고 증류수 50 ml을 넣어서 습식처리를 하고 충분히 건조된 고추를 플라스틱 상자에 치상한 후 각각의 시험대상 자재를 추천농도로 희석하여 건조된 고추에 충분히 물을 정도로 분무 처리한다. 각각의 자재를 처리한 고추는 충분히 건조시켜서 작은 침으로 고추 과실 당 3곳에 상처를 낸 후 상처부위에 미리 PDA배지에서 키운 탄저병 병원균의 균사 절편을 잘라 내어 접종하였다. 플라스틱 뚜껑을 닫고 25°C에서 10일간 배양시킨 후 발병 정도를 조사하였다. 두 번째 실험방법에서 고추과실의 살균, 습식 처리, 자재의 처리는 위의 첫 번째 생물검정 방법과 동일하게 하였으며, 다른 점은 접종방법이 균사절편이 아닌 포자현탁액을 사용했다는 점이다. PDA배지에서 7-10일 정도 배양한 탄저병균에 적당량의 멸균수를 부은 후 붓으로 긁어 수확한 포자 현탁액을 거즈에 걸러 50 ml tube에 담는다. 3500 rpm에서 원심분리하여 상등액을 제거한 뒤 멸균수 1 ml를 넣어서 1.5 ml tube로 옮겨서 다시 원심 분리하였다(포자 현탁액 2번 세척). 2번의 원심분리 후 멸균수로 포자 현탁액의 밀도를 1×10^6 spore/ml 조절하여 각각의 자재가 처리된 고추 과실 당 3곳에 작은 침으로 상처를 낸 후 포자현탁액을 3 μ l씩 접종한다. 접종 후 플라스틱상자에 랩을 씌워서 25°C에서 10일간 배양하면서 랩은 5일 후 제거하였다. 두 실험 방법 모두 4반복으로 실험을 수행하였다. 생물검정의 조사는 고추 과실에 접종한 총 접종 개수 대비 접종한 부위에 병징이 5 mm 이상 발병된 것을 조사하여 발병률로 나타냈으며 또한 발병직경을 조사하여 탄저병 억제효과를 확인하였다. 미생물농약은 위의 두 실험방법 모두를 수행하였으며, 유기농업자재는 두 번째 실험만을 수행하였다.

실증 포장에서의 선발 자재와 유기합성살균제 교호살포에 따른 방제효과

실내 생물검정을 통해 효과가 확인된 미생물농약과 유기농자재들을 대상으로 포장에서의 방제효과를 확인하고 또한 유기합성 살균제와의 교호살포를 통하여 탄저병 방제가 가능한 지를 확인하고자 시험을 실시하였다. 시험에 사용된 미생물농약은 실내생물검정을 통하여 선발한 *Bacillus subtilis* QST713(BsQ) 액상수화제 1종이며, 유기농업자재도 위의 실내생물검정을 통하여 선발한 보르도액, 유황, 구리제, 해조류추출물 등 4종, 그리고 유기합성 살균제는 미생물농약과 혼용 시 유효미생물의 생장에 영향을 미치지 않는 Iminoctadine tris (albesilate)+thiram 수화제 1종을 선발하여 시험에 사용하였다. 시험은 국립농업과학원 망포동 포장 260 m²에서 수행하였다. PR마니파 품종을 2010년 5월 17일에 90~100 × 35~40 cm의 재식거리로 정식하였다. 시험처리구는 각 자재, 농약 등 단용처리 6처리와 유기합성 살균제와 교호살포 5처리구로 구분하였다. 단용처리구는 7일 간격 4회 처리하였으며(8월 9일, 8월 16일, 8월 23일, 8월 30일), 교호살포 처리구는 선발자재(8월 9일, 8월 23일)+유기합성 살균제(8월 16일, 8월 30일)를 7일 간격으로 2회씩 교호 살포하였다. 각각의 처리구는 난괴법 3반복(총 36처리구, 처리구별 40주 이상)으로 배치하였으며, 조사는 각 약제 최종처리 후 2회(9월 7일, 9월 14일) 이병과율을 조사(처리구별 20주)하여 방제효과를 구하였다.

결과 및 고찰

미생물농약의 고추 탄저병 병원균 생육 억제효과

실험에 사용한 13종의 미생물농약은 대부분 Table 1에서 보는 것처럼 탄저병 병원균의 생육을 조금씩 억제하였다(Table 1). 특히 *Bacillus subtilis* QST-713 액상수화제는 1, 2차 실험 모두에서 병원균의 균사 생장을 우수한 효과로 억제하였으며, *Bacillus subtilis* QST-713보다는 효과가 다소 떨어지지만 *Paenibacillus polymyxa* AC-1 액상수화제도 병원균의 균사생장에 대한 억제효과가 우수하였다(Fig. 1). 같은 종의 유효미생물이 들어있는 미생물농약이라도 제형에 따라서 억제효과가 다르게 나타나는 것을 확인 할 수가 있었는데 *Bacillus subtilis* QST-713가 들어있는 미생물농약의 경우 수화제 보다 액상수화제 형태의 제형이 병원균 생장억제효과가 조금 더 높았다. 미생물농약은 수화제 제형보다는 액상제통의 제형이 병원균의 생장억제효과가 양호한 것을 알 수 있었다.

유기합성 살균제 중에서 미생물농약의 유효 미생물의 생장에 영향을 미치지 않는 살균제를 선발하고자 실험한 결과, 시험에 사용된 13종의 살균제 중 chlorothalonil+tricyclazole, dithianon+metalaxyl-m, chlorothalonil+difenoconazole, dithianon, tribasic copper sulfate, chlorothalonil+azoxystrobin 등 6종의 살균제가 미생물농약의 유효미생물에 영향을 미치지 않는 것으로 확인되었다. 하지만 folpet, chlorothalonil, triflo-

Table 1. Inhibitory effects of 13 microbial agents against mycelial growth of *Colletotrichum acutatum* on PDK medium

Microbial agent	Formulation	Inhibition zone ^a (mm)	
		1 st test	2 nd test
<i>Bacillus subtilis</i> Y1336	WP ^b	0.0	0.0
<i>Bacillus subtilis</i> QST-713	WP	0.0	6.0
<i>Bacillus subtilis</i> QST-713	SC	9.5	6.0
<i>Bacillus pumilus</i> QST2808	SC	0.8	1.0
<i>Bacillus subtilis</i> DBB1501	WP	1.3	4.0
<i>Bacillus subtilis</i> DBB1501	GR	0.0	4.0
<i>Bacillus subtilis</i> JKK238	SC	1.5	4.0
<i>Bacillus subtilis</i> GB365	WP	0.3	1.0
<i>Bacillus subtilis</i> GB365	SC	0.3	2.0
<i>Bacillus subtilis</i> KB401	SE	0.8	4.0
<i>Bacillus subtilis</i> KBC1010	WP	0.5	4.0
<i>Ampelomyces quisqualis</i> AQ94013	WP	0.3	0.0
<i>Paenibacillus polymyxa</i> AC-1	SC	5.3	5.0
Fungicide (Iminoctadine tris+Thiram)	WP	9.5	8.8
Control		0.0	0.0

^aGrowth inhibition was determined after 7 days of incubation at 25°C.

^bWP : Wettable powder, GR : Granule, SC : Suspension concentrate, SE : Suspended emulsion

Fig. 1. The inhibitory effect of microbial agents against the mycelial growth *Colletotrichum acutatum* on PDK medium. A; Control, B: *Bacillus subtilis* QST-713 SC, C: *Paenibacillus polymyxa* AC-1 SC, D: Fungicide (Iminoctadine tris+Thiram).

Table 2. The growth of the effective microorganisms of five microbial fungicides in medium contained with 13 chemical fungicides

Chemical fungicides	Formulation	Recommended dose (/20 l)	Growth of microbial agents				
			BsY ^a	BsD	BsQ	BpQ	PpA
Folpet	50%WP ^b	40 g	++	++	++	++	++
Chlorothalonil	53%SC	20 ml	++	++	++	++	++
Chlorothalonil+tricyclazole	58(50+8)%WP	40 g	-	-	-	++	++
Trifloxystrobin	50%WG	5 g	++	++	++	++	++
Mancozeb+metalaxyl	63.5(56+7.5)%WP	40 g	++	++	++	++	++
Benomyl	50%WP	13 g	++	++	++	++	++
Copper sulfate basic	58%WP	20 g	++	++	++	++	++
Dithianon+metalaxyl-M□	35(30+5)%WP	40 g	-	-	-	-	-
Iminoctadine tris (albesilate)+thiram	68(20+48)%WP	20 g	++	++	++	++	++
Chlorothalonil+difenoconazole	24(20+4)%SC	20 ml	-	-	-	-	-
Dithianon	75%WP	20 g	++	++	++	-	-
Tribasic copper sulfate	15%SC	40 ml	+	+	+	-	-
Chlorothalonil+azoxystrobin	44.8(40+4.8)%SC	13.3 ml	-	-	-	-	-

※ ++ : normal growth of microbial agents, + : poor growth of microbial agents, - : no growth of microbial agents.

^aBsY : *Bacillus subtilis* Y1336 WP, BsD : *Bacillus subtilis* DBB1501 WP, BsQ : *Bacillus subtilis* QST-713 WP, BpQ : *Bacillus pumilus* QST2808 SC, PpA : *Paenibacillus polymyxa* AC-1 SC

^bWP : Wettable powder, SC : Suspension concentrate, WG : Water dispersible granule

xystrobin, mancozeb+metalaxyl, benomyl, copper sulfate basic, iminoctadine tris (albesilate)+thiram 등 7종의 살균제는 유효미생물의 생장에 영향을 주지 않아 유기합성 살균제 사용량 절감을 위한 미생물농약과의 교호살포가 가능할 것으로 생각되었다(Table 2). Hong 등(2014)은 고추 흰가루병에 등록된 미생물농약과 화학농약 혼용 시 chlorothalonil+azoxystrobin 이 유효미생물의 생장을 억제시킨다고 보고하였는데 본 실험에서도 chlorothalonil+azoxystrobin은 시험에 사용한 5종의 미생물농약에서 유효미생물의 생장을 억제시켰다. 또한 Jung 등(2006)은 *Bacillus subtilis* 계통의 미생물제제와 농약 혼용 실험결과 살균제의 경우 시험에 사용한 43종 중 Hexaconazole, Myclobutanil 등 22종이 혼용 가능하다고 하였다. 본 실험을 통하여 미생물농약과 교호살포가 가능할 것이라고 생각되는 살균제 중 일부는 Jung 등(2006)이 보고한 혼용가능한 살균제와 동일하였다.

유기농업자재의 고추 탄저병 병원균 생육 억제효과

유기합성 살균제와 교호살포를 하기 위해 병해 방제에 등록되어 있는 유기농업자재 중 고추 탄저병균의 균사 생장억제 효과가 우수한 자재를 선발하는 시험을 실시한 결과, 화학농약인 Iminoctadine tris(albesilate)+thiram에 비교하였을 때 낮은 효과이지만 대부분의 자재들이 병원균의 균사생육을 억제하였다(Table 3). 시험에 사용된 22종의 유기농업자재 중 미생물제 2종, 피마자유와 시트로넬라 추출물, 구리제 제품 등이 다른 자재에 비해서는 억제효과가 다소 높은 것으로 조사되었다. Kwak 등(2012)은 시중 유통 유기농업자재 중 *Bacillus subtilis*를 주성분으로 하는 미생물제가 탄저병 균사생장억제효과가 높았으며 식물추출물이나 광물질이 주성분인 자재의 경우는 낮은 균사생장억제효과를 나타낸다고 하였는데 본 실험에서도 미생물제가 다른 자재들에 비하여 높은 균사억제 효과를 가지는 것을 확인할 수 있었다.

Table 3. Inhibition effect of agricultural organic materials against mycelial growth of *Colletotrichum acutatum*

Kind	Active compound of agricultural organic material product	Recommended concentration (%)	Inhibition zone ^a (mm)			
			I	II	III	Mean
Plant extracts	Marine algae extract	0.1	9.0	8.5	9.5	9.0cdefg ^b
	Citronella extract	0.1	11.5	10	12.0	11.2bcd
	Turmeric extract	0.2	9.0	11.0	3.5	7.8defgh
	Castor oil	0.1	13.5	11.5	14.5	13.2ab
	Thyme extract	0.1	8.0	7.0	5.5	6.8fgh
	Clover+castor oil plant extract	0.1	2.5	8.0	10	6.8fgh
	Cinnamon oil	0.1	10	10	10.5	10.2bcdef
	Chinese Twinleaf extract	0.2	10.5	8.0	9.5	9.3cdefg
	Rhubarb root extract	0.2	11.5	9.0	11.0	10.5bcde
	Clover+mentha extract	0.2	9.5	8.0	9.0	8.8cdefg
	Rhubarb extract	0.2	7.5	4.0	4.0	5.2h
	Plum+maidenhair extract	0.1	8.5	7.0	6.0	7.2efgh
	Phellodendri cortex+chinese twinleaf extract	0.2	8.5	8.5	6.5	7.8defgh
Microbial agents	<i>Paenibacillus polymyxa</i>	2	12.0	11.0	11.5	11.5bc
	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i> KBC1121	0.5	11.5	10.0	10.0	10.5bcde
Minerals	sodium silicate	0.2	7.0	8.0	5.5	6.8fgh
	Bordeaux mixture	0.1	6.0	8.5	4.0	6.2gh
	copper	0.1	14.0	8.5	8.0	10.2bcdef
	water soluble sulfur (80%)	0.1	8.0	9.5	11.0	9.5cdefg
	Potassium bicarbonate	1.7	1.0	2.0	2.0	1.7i
	lime sulphur mixture	1	8.5	9.0	10.5	9.3cdefg
Others	Propolis+fermentation spirit	0.1	10.0	6.0	11.0	9.0cdefg
Chemical fungicide	Iminoctadine tris+thiram	0.1	17.0	14.0	15.0	15.3a
	Control		0	0	0	0i

^aGrowth inhibition was determined after 7 days of incubation at 25°C.^bMeans followed by the same letters are not different significantly at the 5% level by DMRT.

그러나 Park 등(2012)의 보고에 따르면 친환경자재 재료 20종 중 수산화동, 황/생석회, 과망간칼륨, 식물정유, 로즈마리 오일, 채종유, 매실/은행추출물, 울금 추출물 등 8종이 탄저병 균사생장 억제효과가 있다고 하였는데 본 실험에서도 구리나 황이 포함된 자재들은 다소 높은 효과를 나타내는 것으로 조사되었다. 이러한 *in vitro* 살균 활성인 균사생장억제 효과는 약제들의 치료효과에 대한 가능성을 검정하는 방법으로 *in vivo* 살균활성의 예방효과나 치료효과와 관련이 있다(Choi et al., 2006). 따라서 균사 생장 억제 시험에 효과가 확인된 유기농업자재나 미생물농약의 경우 고추 탄저병 친환경 방제 시 제제 선택을 기초자료로 활용이 가능할 것으로 생각된다.

고추 과실이용 탄저병 발생 억제 생물검정

미생물농약과 유기농업자재를 이용하여 고추 탄저병 발생 억제를 위한 생물검정을 수행한 결과 무처리나 효과가 적은 미생물농약 또는 유기농업자재의 경우 10일 경과 후 고추

과실의 집중부위를 중심으로 원형내지 부정형의 겹무늬증상이 확대되면서 황갈색의 포자덩어리가 형성되었다. 하지만 살균제 처리나 일부 병 발생 억제효과가 있는 자재의 경우 집중부위에서 발병이 되지 않거나 발병이 되어도 집중 부위가 수침상 병반이 형성되다가 움푹 파인 원형 병반을 형성하고 병반 위에 분생포자 덩어리보다는 하얀 균사가 형성되었다(Fig. 2). 이것은 무처리에 비해 병 발생 속도가 늦어지기 때문이라고 판단된다. 미생물농약 중에서는 균사생장 억제효과가 가장 좋았던 *Bacillus subtilis* QST-713 액상수화제가 26.7-40.0%의 병 발생율과 23mm의 병반직경을 보여서 탄저병 발생을 많이 억제시키는 것으로 조사되었다(Table 4). 또한 균사생장 억제시험에서와 마찬가지로 *Bacillus subtilis* QST-713 액상수화제가 *Bacillus subtilis* QST-713 수화제보다 병 발생 억제능력이 더 좋은 것으로 확인되었다. *Bacillus subtilis* QST-713 액상수화제의 경우 실내시험에서 억제효과와 살균제와의 혼용 시 유효미생물의 생육에 영향이 없는 것이 확인되었기 때문에 고추 탄저병 방제를 위한

Table 4. Suppressive effect of 13 microbial agents on disease suppression of pepper anthracnose by wounding bioassay *in vitro*

Microbial agents	Formulation	Disease incidence (%)		LD ^a (mm)
		1 st test	2 nd test	
<i>Bacillus subtilis</i> Y1336	WP ^b	46.7	20.0	22bc ^c
<i>Bacillus subtilis</i> QST-713	WP	53.3	53.3	26abc
<i>Bacillus subtilis</i> QST-713	SC	40.0	26.7	23bc
<i>Bacillus pumilus</i> QST2808	SC	53.3	40.0	26abc
<i>Bacillus subtilis</i> DBB1501	WP	53.3	100	25abc
<i>Bacillus subtilis</i> DBB1501	GR	20.0	86.7	28ab
<i>Bacillus subtilis</i> JKK238	SC	33.3	86.7	26abc
<i>Bacillus subtilis</i> GB365	WP	46.7	100	22bc
<i>Bacillus subtilis</i> GB365	SC	80.0	100	22bc
<i>Bacillus subtilis</i> KB401	SE	80.0	40	26abc
<i>Bacillus subtilis</i> KBC1010	WP	53.3	93.3	21c
<i>Ampelomyces quisqualis</i> AQ94013	WP	33.3	46.7	26abc
<i>Paenibacillus polymyxa</i> AC-1	SC	53.3	93.3	26abc
Fungicide (Iminoctadine tris+Thiram)	WP	73.3	26.7	22c
Control		80.0	86.7	29a

^aLD means lesion diameters which was obtained by investigating lesion diameters of four pepper fruits.

^bWP : Wettable powder, GR : Granule, SC : Suspension concentrate, SE : Suspended emulsion

^cMeans followed by the same letters are not different significantly at the 5% level by DMRT.

Fig. 2. Bioassay of wounded fruits for selection of suppressive agricultural organic materials against pepper anthracnose. A: Marine algae extracts, B: Chemical fungicide, C: Control.

유기합성 살균제와의 교호살포가 가능할 것으로 생각된다.

유기농업자재를 대상으로 생물검정을 실시한 결과를 보면 대부분의 자재들이 무처리와 비교하였을 때 병 발생 억제효과가 있는 것을 확인 할 수 있었다. 특히 울금추출물이 66.7% 병 발생율과 17.9 mm의 병반직경을 그리고 해조류 추출물이 50%의 발병율과 12.2 mm의 병반직경을 보여서 식물추출물 유기농업자재 중에서는 가장 양호한 탄저병 발생 억제효과를 나타내었다(Table 5). 해조류 추출물은 기존의 전통적인 식품 재료로서의 역할 뿐만 아니라 다양한 질병을 치료 또는 예방할 수 있는 물질의 보고로서 항산화, 항바이러스, 항균 및 면역조절 작용 등의 다양한 생리활성을 갖는 물질들을 함유하고 있는 것으로 알려져 있다(Asai et al., 2004; Liu et al., 1997, Mayor and Hamann, 20004). 특히 어류병원성 세균에 대한 항균활성(Kang et al., 2005), 항

생제 내생균주를 포함한 다양한 세균 및 진균에 대한 항균력 평가(Kim et al., 2012), *Fusarium oxysporium* 등 주요한 몇 가지 식물병원성 곰팡이에 대한 억제효과(Galal et al., 2011), *Alternaria* sp.의 생장을 억제하고 뿌리발육 촉진효과(Jayaraj et al., 2008)등 항균효과에 대한 연구도 활발히 수행되고 있다. 지금까지 알려져 있는 해조류에 함유되어 있는 항균활성물질로는 할로겐화합물, diterpene 및 triterpene 계 화합물 등이 보고되어 있다(Ali et al., 2002; Bennamara et al., 1999; Enoki et al., 1982; Kurata and Amiya, 1980; Vairappan et al., 2004; Xu et al., 2003). 광물질 중에서는 보르도액이 75% 발병율과 16.1 mm의 병반직경, 수용성유황이 73.3% 발병율과 18.3 mm의 병반직경을 나타내어 유기합성 살균제 Iminoctadine tris+thiram 병반직경 16.4 mm와 유사한 병 발생정도를 나타내는 것으로 조사되었다

Table 5. Suppressive effect of 23 agricultural organic materials on the disease development of pepper anthracnose by wounded fruit bioassay *in vitro*

Kind	Active compound of agricultural organic farming products	Recommended concentration (%)	Disease incidence (%)	LD ^a (mm)
Plant extracts	Marine algae extract	0.1	50	12.2f ^b
	Citronella extract	0.1	83.3	27.3ab
	Turmeric extract	0.2	66.7	17.9cdef
	Castor oil	0.1	100	29.1ab
	Thyme extract	0.1	83.3	24.2abcde
	Clover+castor oil plant extract	0.1	83.3	25.8abc
	Cinnamon oil	0.1	91.7	28.6ab
	Chinese Twinleaf extract	0.2	83.3	22.3bcde
	Rhubarb root extract	0.2	91.7	23.6abcde
	Clover+mentha extract	0.2	100	28.8ab
	Rhubarb extract	0.2	91.7	25.1abcde
	Plum+maidenhair extract	0.1	83.3	24.8abcde
	Phellodendri Cortex+Chinese Twinleaf extract	0.2	83.3	22.0bcde
Microbial agents	<i>Paenibacillus polymyxa</i>	2	100	27.1abc
	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i> KBC1121	0.5	91.7	25.4abcd
Minerals	sodium silicate	0.2	100	31.3ab
	Bordeaux mixture	0.1	75	16.1ef
	copper	0.1	100	22.5bcde
	water soluble sulfur(80%)	0.1	73.3	18.3cdef
	Potassium bicarbonate	1.7	100	23.8abcde
	lime sulphur mixture (sulfate+calcium oxide)	1	91.7	24.8abcde
Others	Propolis+fermentation spirit	0.1	75	25.4abcd
Chemical fungicide	Iminoctadine tris+Thiram	0.1	100	16.4def
	Control		100	32.8a

^aLD means lesion diameters which was obtained by investigating lesion diameters of four pepper fruits.^bMeans followed by the same letters are not different significantly at the 5% level by DMRT.

(Table 5). 유기합성 살균제인 Iminoctadine tris+thiram의 경우 병원균 접종부위에서 대부분 병 발생은 되지만 병 진전이 다른 처리구에 비하여 늦는 것을 확인 할 수 있었다. 광물질 중에서 보르도액이 가장 우수한 억제효과를 나타내었는데 Park 등(2014)도 무상처 접종법으로 보르도액을 과실에 처리하여 생물검정한 결과 보르도액 포장 사용농도에서는 58.8%의 억제효과를 보인다고 하여 본 실험과 유사한 경향을 보고하기도 하였다. 일반적으로 보르도액은 CuSO_4 에 생석회가 혼합되어 있는데 이동이 어려운 구리화합물이 부착한 부위에만 병원균에 대한 효과를 나타내기 때문에 방제를 효과적으로 하기 위해서는 병 방제를 하고자 하는 부위에 균일한 처리가 이루어져야 할 것이다. 따라서 포장에서 보르도액의 방제효과를 상승시키기 위해서는 균일하게 부착할 수 있는 처리 시스템과 처리 시기의 결정이 중요한 요인이라 생각된다.

실증 포장에서의 선발 자재와 유기합성살균제 교호살포에 따른 방제효과

실내 생물검정을 통해 효과가 있다고 확인된 미생물농약과 유기농업자재들을 대상으로 포장에서의 방제효과를 확인하고 또한 유기합성 살균제와의 교호살포를 통하여 탄저병 방제가 가능한 지를 확인하고자 시험을 실시한 결과, 생물검정을 통하여 선발한 미생물농약 *Bacillus subtilis* QST-713 액상수해제의 이병과율은 평균 11.3% 방제가 33.2%의 낮은 효과를 나타냈으나 유기합성 살균제와 교호살포(7일간격)시에는 68.6% 방제가를 나타내었다(Table 6). Hong 등(2014)은 미생물농약 *Bacillus subtilis* QST-713을 고추 흰가루병 대상으로 단용 처리하였을 때 보다 살균제(Trifloxystrobin)와 혼용 처리하면 방제효과가 증진된다고 하였는데 본 시험에서도 미생물 농약 단독 처리보다 교호살포 시 방제효과가 2배 이상 증진되는 것을 알 수 있었다.

보르도액의 경우도 단용 살포시에는 방제가가 49.7% 정

Table 6. Control effect of single or alternate application of agriculture organic materials and chemical fungicide (Iminoctadine tris+thiram) on pepper anthracnose in field

Treatment ^a		Rate of diseased fruit (%)			Control value (%)
		1 st survey (9/7)	2 nd survey (9/14)	Mean	
Single application	Bordeaux mixture	2.0	6.5	8.5ab ^b	49.7
	Copper	1.5	1.7	3.2bc	81.0
	Wsoluble sulfur	3.2	3.1	6.3b	63.0
	Marine algae extracts	2.6	3.3	5.9b	65.1
	<i>Bacillus subtilis</i> QST-713	3.6	7.7	11.3ab	33.2
	Fungicide (Iminoctadine tris+thiram)	0.1	1.7	1.8c	89.5
Alternate application	Bordeaux mixture+fungicide	0.7	2.4	3.1bc	81.7
	Copper+fungicide	1.6	2.4	4.0bc	76.5
	Water soluble sulfur+fungicide	1.4	3.9	5.3b	68.6
	Marine algae extracts+fungicide	0.6	1.6	2.2c	87.1
	<i>Bacillus subtilis</i> QST-713+fungicide	1.8	3.5	5.3b	68.6
Control		4.1	12.8	16.9a	-

^aSingle application was conducted 4 times at 7 days interval and alternate application was conducted alternately 2 times at 7 days interval.

^bMeans followed by the same letters are not different significantly at the 5% level by DMRT.

도지만 유기합성 살균제와 교호 살포 시에는 81.7%로 방제 효과가 높아졌다. 해조류 추출물이 주성분인 유기농업자재도 단용 살포시에는 방제가 65.1%이지만 유기합성 살균제와 교호 살포시에는 87.1%로 살균제 단용 살포 방제가 89.5%와 유사한 결과를 확인할 수 있었다(Table 6). Lee 등(2011)은 본 실험에서 사용한 해조류 추출물 제품과 동일한 유기농업자재로 병해억제와 종자소독 효과를 검정한 결과 당근 검은무늬병(*Alternaria radicina*) 병원균에 대한 균사생장 억제율이 대조약제인 베노람과 비슷하였으며, *A. radicina*에 의해 감염된 이병종자의 종자소독에 탁월한 효과가 있다고 보고하였다. 또한 종자소독 후 종자 발아율도 증진된다고 하였다. 위에서 언급한 해조류 추출물의 다양한 병원균에 대한 억제효과(Galal et al., 2011; Jayaraj et al., 2008; Kang et al., 2005; Kim et al., 2012)들과 보고된 항균활성물질(Ali et al., 2002; Enoki et al., 1982; Kurata and Amiya, 1980; Vairappan et al., 2004; Xu et al., 2003) 등을 고려하였을 때 해조류 추출물 자체가 고추 탄저병에 대해서도 억제효과를 나타내는 것은 가능할 것으로 생각된다. 본 실험에서 보르도액의 경우 과실을 이용한 생물검정과 포장에서는 다른 자재에 비해 우수한 억제효과를 보였지만 균사생장억제시험에서는 효과가 높지 않았는데 Park 등(2014)의 보고에 따르면 보르도액은 탄저병의 균사생장 효과보다는 포자발아에 대한 억제효과가 높게 나타나는데 이것은 예방효과를 갖는 작물보호제의 일반적인 특성으로 보르도액 역시 고추 탄저병 병원균에 대해서 치료효과보다는 예방효과가 우수한 자재임을 알 수 있다고 하였다. 따라서 병원균의 균사생장 억제효과보다는 포자발아, 과실검정 등에서 억제

효과가 우수한 보르도액은 포장에 처리하고자 할 때 병원균이 식물체를 침입하기 전에 예방적으로 처리해야만 우수한 효과를 볼 수 있을 것이다. 또한 Park 등(2014)은 포장에서 탄저병을 방제하기 위하여 2012년과 2013년 2년 동안 보르도액을 14일 간격으로 5회 살포하였을 때 55.7%와 61.7%의 효과를 보여서 본 실험과 유사한 방제효과를 보고하면서 친환경농업을 하는 현장에서 고추 탄저병 방제에 사용이 가능하다고 하였다. 하지만 보르도액만을 처리할 경우 식물체에 대한 약해, 구리화합물에 대한 내성을 지닌 병원균의 출현 등 사용 측면에서 주의해야하며, 이러한 보르도액의 단점을 보완하기 위해서 보르도액과 기타 친환경 자재를 활용한 교호살포 처리체계 및 적정 처리기술 개발 등 추가적인 연구의 필요성을 제시하였다(Cazorla et al., 2002; Ninot et al., 2002; Vega et al., 2013). 본 실험을 통하여 보르도액, 해조류 추출물 등의 유기농업자재와 유기합성 살균제(Iminoctadine tris+thiram)의 교호살포는 유기합성 살균제의 살포횟수를 1/2로 줄이면서 방제효과는 유기합성 살균제 단용처리와 유사하게 유지할 수 있다는 것을 확인할 수 있었다. 하지만 방제효과 증진을 위한 교호살포 간격, 처리시기 등 종합적인 교호살포 방제체계 구축을 위한 추가적인 연구가 필요할 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 국립농업과학원 농업과학기술 연구개발사업(과제번호: PJ0108922015)의 지원에 의해 이루어진 것임.

Literature Cited

- Ahn, J., M. S. Park, S. K. Kim, G. J. Choi, K. S. Jang, Y. H. Choi, J. E. Choi, I. S. Kim, and J. C. Kim (2009) Suppression effect of gray mold and late blight on tomato plants by rhamnolipid B. Res. Plant Dis. 15(3):222-229.
- Ali, M. S., M. Saleem, R. Yamdagni and M. A. Ali (2002) Steroid and antibacterial steroidal glycosides from marine green alga *Codium iyengarii* borgesien. Nat. Prod. Lett. 16:407-413.
- Asai, A., T. Sugawara, H. Ono and A. Nagao (2004) Biotransformation of fucoxanthinol into amarouchiananthin a in mice and HepG2 cells: formation and cytotoxicity of fucoxanthin metabolites. Drug Metab. Dispos. 32:205-211.
- Bae, D. H. (2006) The disease epidemic of pepper anthracnose and importance of controlling anthracnose. Proceeding of workshop for the disease epidemic and control of chili pepper anthracnose. National Institute of Agricultural Science and Technology, RDA. p2-7.
- Bennamara, A., A. Abourriche, M. Berrada, M. Charrouf, N. Chaib, M. Boudouma and F. X. Garneau (1999) Methoxy-bifurcarenone: an antifungal and antibacterial meroditerpenoid from the brown alga *Cystoseira tamariscifolia*. Phytochemistry. 52:37-40.
- Budge, S. P. and J. M. Whipps (2001) Potential for integrated control of *Sclerotinia sclerotiorum* in glasshouse lettuce using *Coniothyrium minitans* and reduced fungicide application. Biological control 91:221-227.
- Cazorla, F. M., E. Arrebola, A. Sesma, A. Perez-Garcia, J. C. Codina, J. Murillo and A. de Vicente (2002) Copper resistance in *Pseudomonas syringae* strains isolated from mango is encoded mainly by plasmids. Phytopathology 92:909-916.
- Cho, S. J., S. K. Lee, B. J. Cha, Y. H. Kim and K. S. Shin (2003) Detection and characterization of the *Gloeosporium gloeosporioides* growth inhibitory compound iturin A from *Bacillus subtilis* strain KS03. FEMS Microbiol. Lett. 223(1):47-51.
- Choi, K. S. and D. H. Pae (1987) Studies on the breeding of resistant varieties of pepper. 3. Study on the inoculation methods for resistant varieties of pepper to anthracnose. RDA(Hort) 29:16-23.
- Choi, Y. H., H. T. Kim, J. C. Kim, K. S. Jang, K. Y. Jang, K. Y. Cho and G. J. Choi (2006) *In vitro* antifungal activities of 13 fungicides against pepper anthracnose fungi. Korean J. Pestic. Sci. 10:36-42.
- Duffy, B. (2000) Combination of penicillium and *Pseudomonas fluorescens* strain 2-79 for integrated control of *Rhizoctonia* root rot and take-all of spring wheat. Crop Protect. 19:21-25.
- Elad, Y., G. Zimand, Y. Zapqs, S. Zuriel and I. Chet (1993) Use of *Trichoderma harzianum* in combination or alternation with fungicides to control cucumber grey mould (*Botrytis cinerea*) under commercial greenhouse conditions. Plant Pathology 42:324-332.
- Enoki, N., R. Ishida, S. Urano, M. Ochi, T. Tokoroyama and T. Matsumoto (1982) New hydrozulenoid diterpenes from the marine alga *Dictyota dichotoma*. Chem. Lett. 1749-1752.
- Fravel, D. R., K. L. Deahl and J. R. Stommel (2005) Compatibility of the biocontrol fungus *Fusarium oxysporum* strain CS-20 with selected fungicides. Biological Control 34:165-169.
- Freeman, S., D. Minz, I. Kolesnik, O. Barbul, A. Zveibil, M. Maymon, Y. Nitzani, B. Kirshner, D. Rav-Devid, A. Bilu, A. Dag, S. Shafir and Y. Elad (2004) *Trichoderma* biocontrol of *Colletotrichum acutatum* and *Botrytis cinerea* and survival in strawberry. Eur. J. Plant pathol. 110(4):361-370.
- Galal, H. R. M., W. M. Salem and F. Nasr (2011) Biological control of some pathogenic fungi using marine algae extracts. Res. J. Microbiol. 6(8):645-657.
- Ha, H. Y., D. S. Ra, W. C. Shin, G. J. Im and J. E. Park (2012) Survey of pesticide use in fruit vegetables, fruits, and rice cultivation areas in Korea. Korean J. Pestic. Sci. 16(4):395-400.
- Hong, S. J., J. H. Kim, Y. K. Kim, H. J. Jee, C. K. Shim, M. J. Kim, J. H. Park, E. J. Han, H. J. Goo and K. Y. Choi (2014) Control efficacy of mixed application of microbial and chemical fungicides against powdery mildew of red-pepper. Korean J. Pestic. Sci. 18(4):409-416.
- Ishii, H., S. Iwamoto and K. Nishimura (1998) Comparative studies on fungicide sensitivity and other characteristics in *Colletotrichum* isolated from various plant species. The 1998 Brighton conference pp.529-534.
- Jayaraj, J., A. wan, M. Rahman and Z. K. Punja (2008) Seaweed extract reduces foliar fungal disease on carrot. Crop Protec. 27:1360-1366.
- Jee, H. J., S. S. Shin, J. H. Lee, W. I. Kim, S. J. Hong and Y. K. Kim (2010) Conidial disperse of the pepper anthracnose fungus *Colletotrichum acutatum* and its density on infected fruits. Res. Plant Dis. 16(1):101-105.
- Jung, W. C., T. S. Shin, K. S. Do, W. K. Kim, J. H. Lee and K. H. Choi (2006) Development of antagonistic microorganism for biological control of *Pythium* blight of turfgrass. Res. Plant Dis. 12(3):260-266.
- Kang, H. J., J. S. Kim, B. T. Han, T. I. Kim, J. W. Noh, Y. G. Kim and H. D. Shin (2014) Alternative fungicide spraying for the control of powdery mildew caused by *Sphaerotheca fusca* on greenhouse watermelon. Res. Plant Dis. 20(1):31-36.
- Kang, S. Y., M. J. Oh and J. A. Shin (2005) Antimicrobial activities of Korean marine algae against fish pathogenic bacteria. J. Fish Pathol. 18(2):147-156.
- Kim, B. S., T. R. Kwon, J. E. Hwang, J. M. Lee, D. G. Park, J. H. Ahn and H. Y. Kim (2010) Resistance to *Phytophthora* blight of commercial pepper cultivars in Korea. Plant Dis.

- 16:141-147.
- Kim, C. H. (2004) Review of disease incidence of major crops in 2003. *Res. Plant Dis.* 10:1-7.
- Kim, C. H. and K. S. Park (1988) A predictive model of disease progression of red-pepper anthracnose. *Korean J. Plant Pathol.* 4:325-331.
- Kim, J. T., K. H. Lee, J. Y. Min, J. J. Cho, B. K. Kang, S. W. Park, N. V. Bach, Y. S. Kim, H. S. Tack, C. W. Rho and H. T. Kim (2004) Fluctuation of the sensitivity of *Colletotrichum* spp. causing the red-pepper anthracnose to chlorothalonil. *Korean J. Pestic. Sci.* 8(3):231-237.
- Kim, M. S., K. J. Kwon, M. J. Lee, S. M. Ahn and H. Y. Sohn (2012) Evaluation of the antimicrobial activities of 35 seaweed extracts against pathogenic bacteria and *Candida* sp.. *Korean J. Microbiol. Biotechnol.* 40(2):144-151.
- Kim, P. I., H. Bai, D. Bai, h. chae, S. Chung, Y. Kim, R. Park and Y. T. Chi (2004) Purification and characterization of a lipopeptide produced by *Bacillus thuringiensis* CMB26. *J. Appl. Microbiol.* 97:942-949.
- Kondoh, M., M. Hirai and M. Shoda (2001) Integrated biological and chemical control of damping-off caused by *Rhizoctonia solani* using *Bacillus subtilis* RB14-C and flutolanil. *J. Biosci. Bioeng.* 91:173-177.
- Kurata, K. and T. Amiya (1980) A new bromophenol from red alga *Polysiphonia urcerolata*. *Bull. Chem. Soc. Jpn.* 53:2020-2022.
- Kwak, Y. K., I. S. Kim, M. C. Cho, S. C. Lee and S. Kim. (2012) Growth inhibition effect of environment-friendly farm materials in *Colletotrichum acutatum* *in vitro*. *J. Bio-environment Control.* 21(2):127-133.
- Kwon, C. S. and S. G. Lee (2002) Occurrence and ecological characteristics of red pepper anthracnose. *Res. Plant Dis.* 8(2):120-123.
- Kwon, S. M., D. H. Kim, T. H. Chang, M. G. Jeon, I. S. Kim, and I. H. Kim. (2010) Screening of antifungal medicinal plants for turfgrass fungal disease control. *Kor. Turfgrass Sci.* 24(2):176-181.
- Lee, H. S., G. J. Choi, K. Y. Cho, S. G. Lee, and Y. J. Ahn. (2000) Fungicidal and insecticidal activities of various grain extracts against five insect pests and six phytopathogenic fungi. *Korean J. Pestic. Sci.* 4(3):7-14.
- Lee, J. E., Y. R. Yeoung, S. B. Kwon and B. S. Kim (2011) Screening of seed treatment agents against leaf blight and black root rot for carrot organic cultivation. *Res. Plant Dis.* 17(2):148-154.
- Lee, S. G., Y. J. Ahn, J. D. Park, J. C. Kim, K. Y. Cho, and H. S. Lee (2001) Fungicidal activity of 46 plant extracts against rice leaf blast, rice sheath blight, tomato late blight, cucumber gray mold, barley powdery mildew and wheat leaf rust. *Korean J. Pestic. Sci.* 5(3):18-25.
- Lee, S. J., K. K. Shim, Y. K. Kim and K. Y. Hhu (1998) Suppression of *Rhizoctonia* spp. by antagonistic microorganism and their compatibility with fungicides. *Kor. Turfgrass Sci.* 12(1):23-30.
- Li, X. G. and J. Choi (2009) Development of a system for controlling ginseng alternaria leaf blight to reduce fungicide application and use. *Res. Plant Dis.* 15(1):17-22.
- Li, X. G., J. S. Han, X. Jin, D. Yin and J. E. Choi (2008) Control of Alternaria leaf blight of ginseng by microbial agent and fungicides. *Res. Plant Dis.* 14(2):102-106.
- Liu, J. N., Y. Yoshida, M. Q. Wang, Y. Okai and U. Yamachita (1997) B cell stimulating activity of seaweed extracts. *Int. J. Immunopharmac.* 19(3):135-142.
- Manandhar, J. B., G. L. Hartman and T. C. Wang (1995) Anthracnose development on pepper fruits inoculated with *Colletotrichum gloeosporioides*. *Plant Dis.* 79:380-383.
- Mayer, A. M. S. and M. T. Hamann (2004) Marine pharmacology in 2000: Marine compounds with antibacterial, anticoagulant, antifungal, anthelmintic, anti-inflammatory, antiplatelet, antiprotozoal and antiviral activities affecting the cardiovascular, endocrine, immune and nervous systems, and other miscellaneous mechanisms of action. *Mar. Biotechnol.* 6:37-52.
- Myung, I. S., S. K. Hong, Y. K. Lee, H. W. Choi, H. S. Shim, J. W. Park, K. S. Park, S. Y. Lee, S. D. Lee, S. H. Lee, H. S. Choi, Y. G. Kim, D. B. Shin, D. S. Ra, W. H. Yeh, S. S. Han and W. D. Cho (2006) Review of disease incidences of major crops of the south Korea in 2005. *Res. Plant Dis.* 12:153-157.
- Ninot, A., N. Aleta, C. Moragrega and E. Montesinos (2002) Evaluation of a reduced copper spraying program to control bacterial blight of walnut. *Plant Dis.* 86:583-587.
- Pae, D. H., J. Y. Yoon and J. M. Lee (1998) Screening for resistance to *Colletotrichum gloeosporioides* using detached fruits in pepper by high-pressure spray. *J. Korean Soc. Hort. Sci.* 39:690-692.
- Park, H. K., B. S. Kim and W. S. Lee (1986) Studies on resistance to anthracnose in pepper. *Agr. Res. Bull. Kyungpook Natl. Univ.* 4:7-11.
- Park, K. S. and C. H. Kim (1994) Effect of temperature, relative humidity and free water period on lesion development and acervulus formation of *Colletotrichum gloeosporioides* on red pepper. *Korean J. Plant pathol.* 10:34-38.
- Park, S. J., G. H. Kim, A. H. Kim, H. T. Lee, H. W. Gwon, J. H. Kim, K. H. Lee and H. T. Kim (2012) Controlling effect of agricultural organic materials on *Phytophthora* blight and anthracnose in red pepper. *Res. Plant Dis.* 18(1):1-9.
- Park, S. J., S. M. Lee, H. W. Gwon, H. T. Lee and H. T. Kim (2014) Control Efficacy of Bordeaux mixture against pepper anthracnose. *Korean J. Pestic. Sci.* 18(3):168-174.
- Park, Y. H., B. H. Song, Y. K. Kim, Y. S. Park and C. S. Shin (1992) Development of mixed pesticide for *Phytophthora* rot and anthracnose control in red pepper. *Res. Rept. RDA* 34:121-125.
- Shin, H. J., Z. J. Chen, J. M. Hwang and S. G. Lee (1999) Comparison of pepper anthracnose pathogen from Korea

- and China. Korean J. Plant Pathol. 15:323-329.
- Vairappan, C. S., T. Kawamoto, H. Miwa and M. Suzuki (2004) Potent antibacterial activity of halogenated compounds against antibiotic resistant bacteria, *Planta Med.* 70(11): 1087-1090.
- Vega, J., B. Escobar and B. Velazquez-Marti (2013) Application of bordeaux mixture for *Botrytis* control in passion fruit cultivated under organic farming in the Andean region. *J. Food Agri. Environ.* 11:904-907.
- Xu, N., X. Fan, X. Yan, X. Li, R. Niu and C. K. Tseng (2003) Antibacterial bromophenols from the marine red alga *Rhodomela confervoides*. *Phytochem.* 62(8):1221-1224.
- Yoon, J. B. and H. G. Park (2001) Screening method for resistance to pepper fruit anthracnose : Pathogen sporulation, inoculation methods related to inoculum concentrations and post-inoculation environment. *J. Korean Soc. Hort. Sci.* 42:389-393.

유기농업자재와 유기합성 살균제(Iminoctadine tris + thiram) 교호살포에 따른 고추 탄저병 방제 효과

홍성준* · 김용기 · 지형진 · 심창기 · 김민정 · 박종호 · 한은정 · 김정현 · 김석철

국립농업과학원 유기농업과

요 약 *Collectotrichum acutaum*에 의해 발생하는 탄저병은 매년 고추 생산에서 수량과 품질을 감소시켜 고추 병해 중 가장 큰 피해를 주는 병해로 알려져 있다. 본 연구는 고추 탄저병 방제 시 유기농업자재와 화학농약의 교호살포로 화학농약의 사용량을 감소시키기 위한 방제 전략을 개발하기 위하여 수행되었다. 고추 탄저병에 대한 유기농업자재와 화학농약의 교호살포 효과는 실내와 포장에서 확인하였다. 첫 번째로 13종의 미생물농약과 22종의 유기농업자재들을 대상으로 탄저병 병원균의 생장억제시험과 생물검정을 실시하였다. 시험결과 1종의 미생물농약(*Bacillus subtilis* QST-713 액상수화제)과 3종의 유기농업자재(유황, 보르도액, 해조류 추출물)에서 탄저병 병원균에 대해 높은 억제효과를 나타내었다. 포장시험에서 유기합성 살균제(Iminoctadine tris+thiram)를 단용처리 하였을 때 89.5%의 방제효과가 있었으며, 반면에 유황, 보르도액, 구리, 해조류 추출물 그리고 *Bacillus subtilis* QST-713 액상수화제를 단용처리 하였을 때에는 33.1-81.0%로 유기합성 살균제와 비교하여 방제효과가 낮은 것으로 조사되었다. 하지만 유기합성 살균제와 유기농업자재를 7일 간격으로 2회씩 교호살포하게 되면 유기합성 살균제+보르도액 교호살포는 81.7%, 유기합성 살균제+해조류 추출물은 87.1%의 방제효과가 있는 것으로 확인되었다. 결론적으로 두 가지의 교호살포 방제체계는 화학농약의 살포횟수 및 사용량을 절감 할 수 있는 가능한 방안으로 추천할 수 있을 것이다.

색인어 고추 탄저병, 유기농업자재, 화학농약, 교호살포