

## 미생물농약과 유기합성 살균제 혼용에 따른 고추 역병 방제 효과

홍성준\* · 김정현 · 김용기 · 지형진 · 심창기 · 김민정 · 박종호 · 한은정 · 구형진<sup>1</sup> · 최광영<sup>2</sup> · 윤종철

국립농업과학원 유기농업과, <sup>1</sup>김포시농업기술센터, <sup>2</sup>포천시농업기술센터

## Control Efficacy of Mixing Application of Microbial and Chemical fungicide against Phytophthora blight of red-pepper

Sung-Jun Hong\*, Jung-Hyun Kim, Yong-Ki Kim, Hyeong-Jin Jee, Chang-Ki Shim, Min-Jeong Kim, Jong-Ho Park, Eun-Jung Han, Hyung-Jin Goo<sup>1</sup>, Kwang-Young Choi<sup>2</sup> and Jong-Chul Yun

Organic Agriculture Division, National Academy of Agricultural Science(NAAS), RDA, Suwon 441-707, Korea

<sup>1</sup>Gimpo-city Agricultural Technical Center, Gimpo 415-743, Korea

<sup>2</sup>Pocheon-city Agricultural Technical Center, Pocheon 457-911, Korea

(Received on November 12, 2013. Revised on November 25, 2013. Accepted on December 20, 2013)

**Abstract** This study was conducted to reduce the using amount of chemical fungicides for the control of red-pepper Phytophthora blight. Effect of combination application of two microbial fungicides and two chemical fungicides for the control of red-pepper Phytophthora blight was examined *in vitro*, in greenhouse and under field conditions. Each microbial fungicides and chemical fungicides was two-fold diluted and mixed-soil drenched. In the greenhouse pot assay, the mixed application of *B. pumilus* QST2808 and a mixture of dimethomorph + ethaboxam (De) among four mixed applications of two microbial fungicides (*B. pumilus* QST2808, *P. polymyxa* AC-1) and two chemical fungicides showed the highest control effect against Phytophthora blight. Also, control effect of mixed application of *B. pumilus* QST2808 and De was similar to that of single application of De (dimethomorph + ethaboxam) or Mo (mancozeb + oxadixyl). In the field test, when the microbial fungicides (*B. pumilus* QST2808, *P. polymyxa* AC-1) and the chemical fungicide(De) for the control of Phytophthora blight of red pepper were mixed-soil drenched four times at 7~10 day-intervals, the control values were in the range of 78.8% to 82.0%. On the other hand when each of the two chemical fungicides (De, Mo) were soil drenched four times at 7~10 day-intervals, the control value were 65.7% to 85.8%. Consequently, the mixed application of the microbial fungicides and chemical fungicides could be recommended as a control method for reducing the using amount of chemical fungicides.

**Key words** Phytophthora blight, microbial fungicides, chemical fungicides, combination applications, red pepper

### 서 론

고추(*Capsicum annuum* L.)는 가지과에 속하는 다년생 작물로 우리나라에서는 중요한 조미채소이다. 또한 국내 전체 채소 중 가장 많은 재배면적과 생산량을 차지하는 작물로 중요한 환금성 작물 중 하나이다. 이런 고추를 안정적으로

생산하기 위해서는 고추 생산에 피해를 주는 병해충을 효과적으로 방제하는 것이 매우 중요하다. 고추에 발생하는 주요 병해로 역병(Phytophthora blight), 탄저병(anthracnose), 풋마름병(bacterial wilt), 흰가루병(Powdery mildew), 바이러스병(Virus diseases) 등이 알려져 있으며, 이중 *Phytophthora capsici*에 의해 발생하는 고추 역병은 전 세계적으로 고추에 심각한 피해를 일으키는 병으로서 우리나라에서도 고추 생산에 큰 감소요인이 되고 있다. 고추 역병은 노지에서 6월 이후 비와 함께 발생되고 장마기에 주로 전파되어 7, 8월에

\*Corresponding author

Tel: +82-31-290-0555, Fax: +82-31-290-0507

E-mail: hongsj7@korea.kr

발생이 가장 심하다. 2003년도에는 5월부터 8월까지 월별 강우일수가 20일 이상이 되어 우리나라 고추 주산지인 전북, 경북, 전남 지역에서 평균 발병주율이 69%~82% 정도로 고추 역병이 심하게 발생되기도 하였다(Kim, 2004). 이런 역병의 방제방법으로는 가지과와 박과작물을 제외한 다른 작물로의 돌려짓기, 저항성 품종이나 접목묘의 사용, 비가림재 배나 발두둑을 높게 하여 물빠짐을 좋게 하는 경종적 방법, 적절한 유기합성 살균제의 사용, 미생물을 이용한 생물적 방제 등이 알려져 있다(Choi 등 2006). 경종적인 방제방법은 노동력과 비용이 많이 들어가는 단점이 있으며, 여러 종묘 회사에서 개발된 역병 저항성품종은 농가에서 상당한 효과를 거두고 있지만 역병균의 병원성분화 때문에 지역에 따라서 저항성품종을 재배하여도 역병 피해가 발생될 수도 있다고 한다(Kim 등 2010). 이처럼 여러 가지 방제방법으로 고추 역병을 방제하고 있지만, 농민들이 가장 손쉽게 사용하며 효율적으로 역병을 방제하는 방법은 유기합성 살균제를 사용하는 화학적 방제방법일 것이다. 하지만 농가 현장에서는 살균제가 남용되거나 특성을 농민들이 잘 이해하지 못하여 오용하게 되는 경우가 발생하고 있다. Bae (2006)의 발표에 의하면 역병 방제를 위해 8.3회의 살균제를 6월과 7월 짧은 기간 동안에 집중적으로 처리하고 있다고 한다. 이런 과도한 살균제 처리는 작용기작이 특이적인 살균제에 대해서는 저항성균이 쉽게 출현하기도 하는데 국내의 고추 포장에서 1980년대부터 사용해 온 metalaxyl은 1990년부터 고추 포장에서 저항성균이 출현하였다고 보고되기도 하였다(Kim과 Oh, 1992). 또한 1960년대 이후 식량증산 정책에 맞물려 식물병의 방제전략이 완전방제 또는 박멸에 가까운 수준의 방제를 목표로 함으로써 유기합성 농약의 오남용을 야기하고 재배지 토양과 농업용수 등 농업 생산환경의 오염의 중요한 원인이 되기도 하였다. 그러나 1997년 친환경농업육성법이 제정되면서 국가 정책적으로 화학비료와 유기합성 농약의 사용량을 줄이기 위한 다양한 시책이 추진 중에 있다. 유기합성 농약의 감량을 위한 여러 시도 중 미생물제와 유기합성 살균제와의 혼용 등은 여러 연구를 통하여 효과가 증명되어 지속농업에 이용되고 있다(Elad 등, 1993; Duffy, 2000; Budge와 Whipps, 2001; Kondoh 등, 2001; Fravel 등, 2005). 또한 *Bacillus subtilis* 미생물제는 수박 흰가루병 방제를 위해서 단독으로 사용하여 높은 효과를 얻기도 하고 다른 살균제와 혼합 또는 교차 처리하여 흰가루병에 대한 방제 효과를 증진시키기도 하였다(Keinath 과 Dubose, 2004). 국내에서도 Kim 등(1991)은 고추 역병 방제에 길항균과 살균제를 혼합 처리한 결과 단독 처리에 비하여 우수한 방제효과를 확인하였으며, 또한 Shim과 Kim (2000)도 길항균과 살균제 혼합처리하여 방제효과를 높이고 효과지속시간도 연장시킬 수 있다고 하였다. 최근에는 인삼 점무늬병 방제에 미생물농약과 유기합성 살균제를 혼용 또

는 교호처리하면 방제효과도 상승되고 또한 75.0%~83.3%의 농약 감량효과도 있어서 농가보급 가능성을 시사하기도 하였다(Li 등, 2008; Li 과 Choi, 2009).

따라서 본 연구에서는 유기합성 농약 사용량을 줄일 수 있는 방제체계 마련을 위해 고추 역병에 등록된 미생물농약과 유기합성 살균제를 혼용하여 온실과 포장에서 고추 역병 방제 가능성을 검토하기 위하여 수행되었다.

## 재료 및 방법

### 유기합성 살균제와 미생물농약의 유효미생물 생장에 미치는 영향

본 시험에는 *Bacillus pumilus* QST2808 (BpQ), *Paenibacillus polymyxa* AC-1 (PpA) 등 2종의 미생물농약과 Copper hydroxide + Oxadixyl 등 10종의 유기합성 살균제 제품을 구입하여 사용하였다. 시험에 사용된 두 종의 미생물농약과 10종의 유기합성 살균제는 모두 고추 역병에 등록된 것이며, 유기합성 살균제의 경우 고추 역병에 등록된 농약 중 성분이 조금씩 다른 것을 선택하여 시험을 수행하였다. 먼저 유기합성 살균제와 미생물농약 혼용시 살균제의 주성분이 미생물농약의 유효미생물의 생장에 미치는 영향을 조사하기 위하여 Lee 등(1998)과 Jung 등(2006)이 실험한 화학농약과 길항미생물의 혼용에 따른 미생물의 생존율 조사 방법을 참고로 실내 배지실험을 수행하였다. 유기합성 살균제가 첨가된 배지를 만들기 위해 먼저 각각의 살균제 stock을 준비하였다. 살균제 stock은 각 추천농도의 100배의 유기합성 살균제를 살균수에 녹여서 녹인 용액을 거름종이로 걸러 유효 성분 이외의 증량제 등을 걸러주었다. 거름종이를 통과한 용액을 syringe filter (pore size 0.22 um)로 여과하여 냉장 보관 하였다. 배지는 TSA (Tryptic Soy Agar, Difco™) 배지를 기본으로 하여 500 ml 배지를 살균 후 약 60°C로 식혀서 각각의 100 × 살균제 stock 5 ml씩을 배지에 첨가하고 멸균 petri-dish에 분주하여 살균제 배지를 조제하였다. 배지를 충분히 건조시킨 후 2종의 미생물농약(*Bacillus pumilus* QST2808, *Paenibacillus polymyxa* AC-1)을 추천사용 희석 농도로 희석한 후 100 ul씩 살균제를 첨가한 배지에 도말하였다. TSA배지를 25°C에서 2-3일간 배양 후 배지 위에서 생육하는 미생물농약의 유효미생물의 colony수를 무처리구와 비교하여 유기합성 살균제가 유효미생물에 미치는 영향을 조사하였다. 도말시 각각의 처리구는 3반복으로 하였으며 위의 실험은 동일한 방법으로 3회 수행되었다.

### 유기합성 살균제와 미생물농약 혼용시 고추 역병 억제효과(포트 검정)

유기합성 살균제와 미생물농약을 추천 사용농도의 절반의 농도로 조제하여 혼합한 후 고추 역병 억제 효과가 있는지

확인하기 위하여 온실에서 포트시험을 실시하였다. 실내 배지시험 성적을 기초로 하여 배지 상에서 미생물농약의 유효 미생물 생장에 영향을 주지 않은 살균제 2종 Mancozeb + Oxadixyl (Mo), Dimethomorph + Ethaboxam (De)을 선발하여 시험을 진행하였다. 시험은 각각의 미생물농약과 유기합성 살균제 단용처리구(포장사용농도)와 혼용처리구(포장사용 농도의 절반 농도로 조제하여 혼합)로 조합을 나누어서 실시하였으며 시험에 사용된 품종은 감수성품종인 홍보석과 마니파 등 2품종이었으며 시험은 3회 수행하였다. 1차 시험은 6월 15일, 2차 시험은 6월 25일, 3차 시험은 8월 13일에 온실에서 4-5주간 재배된 고추 유묘 10주씩을 대상으로 시험을 진행하였다. 시험에 사용된 역병균은 유기농업과 유기농작물보호연구실에서 분리하여 보관중인 균을 사용하였으며, 역병균의 배양 및 접종은 Jee 등(2000)의 방법을 준행하여 실시하였다. 먼저 역병균의 배양은 10% V8 agar배지에 역병균 균사절편(3 × 3 mm) 4-5개를 동일한 거리에 접종하여 빛이 없는 24°C 항온기에서 2-3일간 배양하였다. 배양되어진 역병균을 메스로 균사절편(10 × 10 mm)을 만들어서 새로운 petri dish에 골고루 나누고 각 petri dish에 살균수 20 ml을 첨가하여 빛이 조사된 24°C 항온기에서 1-2일간 배양하면서 유주자낭 형성 유무를 확인하였다. 유주자낭 형성을 확인 후 다량의 유주자를 생산하기 위해 유주자낭이 다량으로 형성된 균사조각을 4-10°C 저온에서 약 30-60분간 저온처리하고 실온으로 옮겨 약 1시간 후에 유주자 유출을 확인하였다. 역병균의 유주자 농도는 hemocytometer를 이용하여 측정하였으며 5 × 10<sup>4</sup> zoospore/ml 농도로 현탁액을 만들어 주당 10 ml씩 뿌리주변에 관주하였다. 살균제 및 미생물농약의 단용, 혼용 처리는 각각의 추천농도로 희석 조절하여 역병균 접종 후 뿌리주변에 1회 관주처리 하였다. 발병 조사는 1차 조사(접종 후 7-9일)와 2차 조사(접종 후 13-15

일)로 2회 나누어서 역병에 감염된 발병주수를 조사하였다.

#### 유기합성 살균제와 미생물농약 혼용시 고추 역병 방제효과(포장시험)

유기합성 살균제 사용량 50% 절감을 위한 방안으로 고추 역병에 등록된 살균제와 미생물농약의 혼용(포장사용 농도의 절반농도로 조제하여 혼합) 조합의 방제효과를 포장에서 검증하기 위하여 시험을 실시하였다. 혼용 처리구의 조합은 위의 실내시험과 온실시험을 통하여 선발한 조합을 포장에 적용시켜 방제효과를 확인하였다. 시험은 매년 역병이 발생하였던 충남 홍성에 능가포장(약 300 m<sup>2</sup>)에서 수행하였다. 시험품종은 역병 감수성 품종인 왕대박 품종을 선정하여 2011년 5월 15일에 정식을 실시하였다. 약제처리는 미생물농약 2종(*Bacillus pumilus* QST2808, *Paenibacillus polymyxa* AC-1)과 살균제 2종(Mancozeb + Oxadixyl, Dimethomorph + Ethaboxam)을 단용, 혼용으로 나누어서 난괴법 3반복(처리구별 20주 이상)으로 수행하였다. 역병의 발병은 자연발병을 유도하였으며 각 처리구의 약제 처리는 발병 초기부터 7-12일 간격으로 4회(6월 16일, 6월 28일, 7월 5일, 7월 13일) 관주처리 하였다. 살균제와 미생물농약의 단용처리구는 포장사용 농도, 혼용처리구는 각각의 포장사용 농도의 절반 농도로 조제 혼합하여 처리하였다. 조사는 발병직후부터 1주일 간격으로 이병주율을 조사하여 각 처리별 발병주율 및 방제효과를 확인하였다.

## 결과 및 고찰

### 유기합성 살균제와 미생물농약의 유효미생물 생장에 미치는 영향

유기합성 살균제와 미생물농약의 혼용 시 미생물농약의

**Table 1.** The growth of two microbial agents in medium contained with 10 chemical fungicides

Chemical fungicide	Active Ingredient (%)	Growth of microbial agents	
		BpQ <sup>a</sup>	PpA <sup>b</sup>
Mancozeb + Oxadixyl	64(56+8)	++	++
Chlorothalonil + Dimethomorph	75(65+10)	++	++
Mancozeb+Metalaxyl	63.5(56+7.5)	++	++
Dithianon + Metalaxyl-M	35(30+5)	-	-
Azoxystrobin + Chlorothalonil	44.8(4.8+40)	-	-
Cymoxanil + Ethaboxam	19(12+7)	++	++
Copper hydroxide + Oxadixyl	70(62+8)	++	++
Ethaboxam	25	++	++
Dimethomorph	25	++	++
Dimethomorph + Ethaboxam	25(15+10)	++	++

++ : normal growth of microbial agents, + : poor growth of microbial agents, - : growth suppression of microbial agents

<sup>a</sup> BpQ : *Bacillus pumilus* QST2808, <sup>b</sup> PpA : *Paenibacillus polymyxa* AC-1.

유효미생물 생장에 영향을 주지 않는 살균제를 선발하고자 살균제 첨가 배지를 조제 후 실내에서 실험을 실시하였다. 실험결과 시험에 사용된 10종의 살균제 중 Dithianon + Metalaxyl-M과 Azoxystrobin + Chlorothalonil 등 2종의 살균제가 미생물농약의 유효미생물의 생장을 억제하는 것으로 확인되었다. 하지만 Mancozeb + Oxadixyl, Chlorothalonil + Dimethomorph, Mancozeb+Metalaxyl, Cymoxanil + Ethaboxam, Copper hydroxide + Oxadixyl, Ethaboxam, Dimethomorph, Dimethomorph + Ethaboxam 등 8종은 유효미생물의 생장에 영향을 주지 않아 유기합성 살균제 사용량 절감을 위한 미생물농약과의 혼용 처리가 가능할 것으로 생각되었다(Table 1).

Lee 등(2004)은 오이 흰가루병 방제용 중북기생균 균사생장 및 포자발아율에 미치는 살균제의 영향을 배지실험을 통하여 알아본 결과 흰가루병에 등록된 살균제 14종 중 triadimefon과 pyrazophos가 영향을 적게 미친다고 보고하였으며, Jung 등(2006)은 *Bacillus subtilis* 계통의 미생물제제와 농약 혼용성 실험결과 살균제의 경우 시험에 사용한 43종 중 Hexaconazole, Myclobutanil 등 22종이 혼용 가능하였고, 살충제는 유기인계, 카바메이트계 등 6종, 제초제는 설폰닐우레아계 등 4종이 가능하다고 하였다. 본 실험을 통하여 고추 등록 미생물농약과 혼용이 가능할 것이라고 생각되는 살균제 중 일부는 Jung 등(2006)이 보고한 혼용가능한 살균제에 포함이 되어 있는 것이 확인되었다. 또한 Lee 등(1998)의 보고에 따르면 *Bacillus* 계통의 길항미생물과 혼용성이 가장 높은 농약은 polyoxin D, thiram, validamycin 등이라고 보고하였는데, 본 실험의 미생물농약들도 대부분 *Bacillus* 계통의 미생물이 원제인 것을 생각하면 본 실험과

유사한 결과라고 볼 수 있겠다.

**유기합성 살균제와 미생물농약 혼용시 고추 역병 억제효과(포트 검정)**

유기합성 살균제와 미생물농약 혼용 시 포장 사용농도의 절반의 농도로 혼용 사용하여 고추 역병 억제 효과가 있는지 확인하기 위하여 실내 배지시험 성적을 기초로 하여 배지 상에서 미생물농약의 유효미생물 생장에 영향을 주지 않는 살균제 2종(Mancozeb + Oxadixyl, Dimethomorph + Ethaboxam)을 선발하여 시험을 수행하였다. 1차, 2차, 3차 실험결과 역병 감수성품종인 마니파와 홍보석에서 미생물농약 단용처리구인 *Bacillus pumilus* QST2808 (BpQ)의 발병주율은 73.3%~96.7%, *Paenibacillus polymyxa* AC-1 (PpA)는 73.3%~100.0%, 그리고 미생물농약끼리의 혼용처리구는 76.7%~96.3%의 발병주율로 낮은 억제효과를 나타내었다. 병원균 접종 후 미생물농약을 관주처리 하였기 때문에 억제 효과가 낮아진 것으로 판단된다. 반면에 유기합성 살균제 단용 처리의 경우는 Dimethomorph + Ethaboxam (De)가 3.3%~11.1%, Mancozeb + Oxadixyl (Mo)는 0%~40.0%의 발병주율을 나타내어 미생물농약보다는 억제효과가 우수하다는 것을 확인할 수 있었다. 혼용처리구의 경우 BpQ + De 처리구가 6.7%~16.7%, PpA + De 처리구 10.0%~13.3%, BpQ + Mo 처리구 40.0%~76.7%, PpA + Mo 처리구 21.5%~60.0%의 발병주율을 나타내어 처리구 조합에 따라 억제효과가 달라지는 경향이 있음을 알 수 있었다(Table 2). 미생물농약과 살균제의 혼용처리구 조합은 미생물농약 단용 처리보다는 역병 억제 효과가 높았고, 유기합성 살균제 단용처리와는

**Table 2.** Effect of single or mixed application of microbial fungicides and chemical fungicides against *Phytophthora* blight of red pepper in greenhouse

Treatment	Diseased plant(%)				
	Manita		Hongboseok		
	1 <sup>st</sup> survey	2 <sup>nd</sup> survey	1 <sup>st</sup> survey	2 <sup>nd</sup> survey	
Microbial fungicide	BpQ <sup>a</sup>	76.7 a <sup>e</sup>	96.7 ab	73.3 ab	96.7 a
	PpA <sup>b</sup>	73.3 a	100.0 a	75.6 ab	80.0 ab
	BpQ(50%) + PpA(50%)	76.7 a	96.3 ab	83.3 ab	96.7 a
Chemical fungicide	Mo <sup>c</sup>	6.7 c	40.0 cd	0.0 d	30.7 c
	De <sup>d</sup>	3.3 c	10.0 d	7.4 d	11.1 c
Mixed application	BpQ(50%) + Mo(50%)	40.0 b	76.7 abc	53.3 bc	50.0 bc
	BpQ(50%) + De(50%)	6.7 c	10.0 d	10.0 d	16.7 c
	PpA(50%) + Mo(50%)	33.3 bc	60.0 bc	21.5 cd	32.3 c
	PpA(50%) + De(50%)	13.3 bc	13.3 d	10.0 d	13.3 c
Control(only pathogen inoculation)		96.7 a	96.7 ab	100.0 a	100.0 a

Pot experiments were carried out three times

1<sup>st</sup> survey : 7-10 days after inoculation, 2<sup>nd</sup> survey : 14-20 days after inoculation

<sup>a</sup>BpQ : *Bacillus pumilus* QST2808, <sup>b</sup>PpA : *Paenibacillus polymyxa* AC-1, <sup>c</sup>Mo : Mancozeb + Oxadixyl, <sup>d</sup>De : Dimethomorph + Ethaboxam

<sup>e</sup>Means followed by the same letters are not different significantly at the 5% level by DMRT.



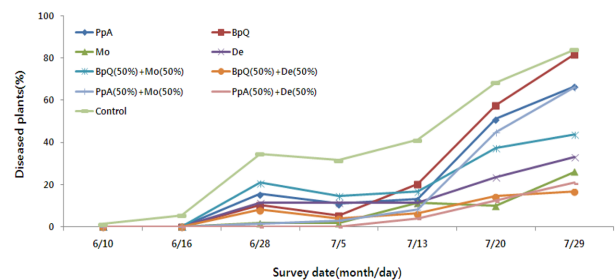
**Fig. 1.** Suppressive effect of single or mixed application of microbial fungicides and chemical fungicides on the development of red pepper *Phytophthora* blight in the greenhouse.

A : Single application of *Paenibacillus polymyxa* AC-1, B : Mixed application of *Paenibacillus polymyxa* AC-1 + MO (Mancozeb + Oxadixyl), C : Mixed application of *Bacillus pumilus* QST2808 + DE (Dimethomorph + Ethaboxam), D : Control.

유사하거나 다소 낮은 억제효과를 나타내는 것으로 온실 포트시험에서 확인할 수 있었다 (Table 2, Fig. 1). Kim 등 (1991)은 배지에 살균제를 첨가한 후 2 종류의 길항균 (*Trichoderma harzianum*, *Pseudomonas cepacia*)에 대한 생장 정도를 확인한 결과 Metalaxyl-copper과 captafol이 함유된 배지에서 72%~83% 생장이 억제되었으며, Metalaxyl의 경우에는 7% 생장이 억제된다고 하였으며, 위의 조합으로 온실에서 고추 역병을 대상으로 포트검정을 실시한 결과 Metalaxyl과 길항균을 혼용처리한 처리구가 다른 혼용처리구나 각각의 단독처리구보다도 역병 발생정도가 가장 낮았다고 보고하였다. 또한 Kim 등(1991)은 이런 결과로 배지시험시 길항균과 살균제와의 간섭관계는 대체로 온실에서의 역병 방제효과와 부의 상관성이 있다고 하였다. 본 실험에서 배지 실험을 통하여 미생물농약의 유효미생물에 영향을 미치지 않는 살균제를 대상으로 온실시험을 수행하여 확인한 결과와 유사하다고 하겠다. 본 온실 실험의 결과 혼용처리의 억제효과는 포장사용농도의 50%씩의 유기합성 살균제와 미생물농약의 혼용으로 고추 역병을 방제할 수 있다는 가능성을 확인한 결과라고 하겠다. 이와 더불어 유기합성 살균제의 계속된 사용으로 인한 약제내성을 억제시키는데 이용될 수도 있을 것으로 생각된다.

#### 유기합성 살균제와 미생물농약 혼용시 고추 역병 방제효과(포장시험)

위의 실내와 온실시험을 통하여 선발한 조합을 포장에 적용시켜 고추 역병 방제효과를 검증하기 위하여 시험을 실시하였다. 포장시험은 2011년에 실시되었으며 홍성 포장에서의 역병 발생은 6월 10일에 초기병징이 확인이 되었으며 1차 약제처리는 6월 16일에 실시하였다. 7월 간격으로 각 처리구의 약제를 처리할 계획이었으나 비가 자주 내려서 약제 처리 간격을 일정하게 유지하기가 어려웠으며, 또한 역병 발생이 부분적으로 너무 많이 발생되는 경우도 발생하여 이러한 처리구의 경우 보정하여 이병주율을 조사하였다. 포장 시험 결과 BpQ (50%) + De (50%) 처리구, PpA (50%) +



**Fig. 2.** Suppression of red pepper *Phytophthora* blight according to single or mixed application of microbial fungicides and chemical fungicides.

De (50%) 처리구, Mo (100%) 처리구의 병 발생 진전도가 가장 낮았다 (Fig. 2). 무처리구의 경우 6월 초에 역병이 처음 발생되어 6월 말에는 34.6%, 7월 말에는 84.2%까지 발생되었는데 (Fig. 2), 시험을 하였던 2011년 춘남 홍성포장에는 6월 중에는 16일, 7월에는 무려 21일 동안 비가 내려 역병 발생이 많았던 것으로 판단된다. 특히 6월 22일부터 7월 3일까지 12일간 그리고 7월 7일부터 7월 17일까지 11일간 연속해서 비가 내렸는데 Fig. 2의 역병 발생 진전도를 보면 비가 연속으로 온 직후 급속도로 증가하는 것을 확인할 수 있었다.

미생물농약 처리구의 경우 3회 처리하고 7월 후 조사를 했을 때까지는 51.1%~68.2% 정도의 방제효과가 있었으나 온도가 상승하고 강우가 점점 더 많아지면서 4회 처리 후 7월 뒤 조사에서는 15.6%~42.5%로 효과가 많이 줄어드는 것을 확인할 수 있었다. 하지만 유기합성 살균제의 경우 3회 처리 후에는 방제효과가 72.5%~72.8%, 4회 처리 후에도 65.7%~85.8%의 방제효과를 나타내어 미생물농약보다는 효과가 지속되는 경향이 있음을 알 수 있었다. 혼용처리시험에서도 BpQ (50%) + Mo (50%) 처리구는 3회 처리 후 59.5%에서 4회 처리 후 45.3% 방제효과를 나타내어 14.2% 정도 억제효과가 감소하였으며, PpA (50%) + Mo (50%) 처리구 또한 3회 처리 후 80.5%에서 4회 처리 후 34.7%로 34.2% 방제효과가 감소하였다. 반면에 BpQ (50%) + De (50%) 처리구는 3회 처리 후 85.0%에서 4회 처리 후 78.8%

**Table 3.** Control effect of single or mixed application of microbial fungicides and chemical fungicides against pepper Phytophthora blight in the field

Treatment	July 13 (7 days after third applications)		July 20 (7 days after fourth applications)		
	Disease plants (%)	Control value (%)	Disease plants (%)	Control value (%)	
Microbial fungicide	BpQ <sup>a</sup>	20.1 ab <sup>c</sup>	51.1	57.8 ab	15.6
	PpA <sup>b</sup>	13.1 b	68.2	51.3 ab	25.1
	BpQ(50%) + PpA(50%)	16.3 ab	60.4	39.4 ab	42.5
Chemical fungicide	Mo <sup>c</sup>	11.2 b	72.8	9.8 b	85.8
	De <sup>d</sup>	11.3 b	72.5	23.5 ab	65.7
Mixed application	BpQ(50%) + Mo(50%)	16.7 ab	59.5	37.5 ab	45.3
	BpQ(50%) + De(50%)	6.2 b	85.0	14.5 b	78.8
	PpA(50%) + Mo(50%)	8.0 b	80.5	44.7 ab	34.7
	PpA(50%) + De(50%)	3.9 b	90.6	12.3 b	82.0
Control	41.1 a	-	68.5 a	-	-

Transplanting date : May 15, Application times of fungicides : June 16, June 28, July 5 and July 13.

<sup>a</sup>BpQ : *Bacillus pumilus* QST2808, <sup>b</sup>PpA : *Paenibacillus polymyxa* AC-1, <sup>c</sup>Mo : Mancozeb + Oxadixyl, <sup>d</sup>De : Dimethomorph + Ethaboxam.

<sup>e</sup>Means followed by the same letters are not different significantly at the 5% level by DMRT.

로 6.2% 감소, PpA (50%) + De (50%) 처리구는 90.6%에서 82.0%로 8.6% 정도 감소되는 것을 확인하였다(Table 3). 이런 결과는 시험에 사용된 2 종류의 미생물농약 BpQ, PpA은 유기합성 살균제 Mo보다는 De하고 혼용 처리하는 것이 약효의 효과도 지속되고 방제효과도 증가된다는 것을 알려주는 결과라고 하겠다. 이런 두 조합의 혼용처리의 방제효과는 유기합성 살균제인 Mo (100%) 단용 처리 85.8%와 유사하거나 De (100%) 단용 처리 65.7%보다는 다소 높은 방제효과를 나타내었다. 실험결과 두 개의 미생물농약과 조합했을 때 가장 효과가 우수하였던 살균제 De (Dimethomorph + Ethaboxam)에 포함된 Dimethomorph는 Carboxylic acid amide계(CAA계) 살균제로 역병을 포함한 난균문에 속하는 식물병원균의 방제에 효과적인 것으로 알려져 있다. 병원균의 세포벽 합성과 중합을 억제하기 때문에 고추 역병균의 포자낭의 직접발아와 균사생장은 억제시키나 유주자낭으로부터 유주자의 유출은 전혀 억제시키지 못한다(Shin 등, 2010). 반면에 길항미생물의 일부의 경우는 항생물질을 생산하여 역병균의 균사생장을 억제할 뿐만 아니라 유주자낭과 유주자의 형성, 그리고 피낭포자의 발아를 효과적으로 억제한다고 하였다(Zhang 등, 2010). CAA계 살균제가 역병 병원균의 생장 중 억제시키지 못하는 부분을 미생물제가 억제시켜 줌으로서 혼용처리의 효과가 상승되는 것으로 생각되는 부분이다. Li와 Choi (2009)의 실험에서도 인삼 점무늬병을 대상으로 미생물농약 *Bacillus subtilis* QST713, *Bacillus subtilis* DBB1501과 살균제 azoxystrobin, iminoctadine tris albesilate · polyoxin B, trifloxystrobin을 혼합하여 1회 살포한 다음 발병엽율은 0.65%~0.72%, 무처리구는 4%로 방제가는 모두 80% 이상이었으나 3회 살포한

14일 후의 방제가는 62.7%~89.8%로 처리 조합에 따라 차이가 컸으며 1회 처리 후 보다 발병엽율이 크게 증가하였다고 보고하였는데, 본 실험에서도 초기 처리시 보다는 처리 횟수가 증가할수록 처리효과가 감소하였으며 처리 조합에 따라 방제효과도 차이를 나타내어 비슷한 경향을 확인할 수가 있었다. 또한 Li 등(2008)은 인삼 점무늬병을 대상으로 미생물농약 *Bacillus subtilis* QST713을 azoxystrobin과 혼합하여 처리한 결과 방제가는 82.6%, mancozeb와 혼합 처리한 처리구는 83.6%로 두 조합의 경우는 80% 이상으로 방제효과가 우수하였으나 difenoconazole, kresoxim-methyl, copper sulfate basic 및 chlorothalonil · copper sulfate basic의 혼합 처리구는 61.1%~76.4%로 방제효과가 약간 감소되어서 인삼 점무늬병의 경우는 *Bacillus subtilis* QST713와 azoxystrobin 및 mancozeb 혼합처리가 더 유용하다고 하였는데 본 실험에서는 mocozeb가 함유된 살균제 Mo (Mancozeb + Oxadixyl)보다는 De (Dimethomorph + Ethaboxam)를 미생물농약과 혼용 처리 하였을 때 고추 역병 방제효과가 더 우수하여 Li 등(2008)의 결과와 다른 경향을 나타내기도 하였다. Brannen과 Kenney (1997), Korsten 등 (1997)은 토양 전염성 병해에 미생물제제와 copper oxychloride 및 benomyl을 함께 사용했을 때 방제효과가 증진되었다고 하였고, Wu 등(1990)은 *R. solani*에 의한 국화 줄기썩음병의 종합적 방제에 길항균으로 *T. harzianum*, *T. viride*, *Bacillus cereus* 등과 살균제로는 benomyl, pencycuron계통을 사용하여 포장에서 시험한 결과 *B. cereus*와 pencycuron계통의 조합이 *R. solani*의 밀도와 발병률을 가장 효과적으로 줄일 수 있었다고 보고하기도 하였다. 또한 Shim과 Kim (2000)도 길항미생물과 농약의 조합처리에 의

한 잔디 갈색피집병의 방제시험 결과 길항균 *T. viride* 와 농약 Mepronil를 조합처리 하였을 때 가장 높은 방제효과를 나타낸다고 보고하였다.

결과적으로 미생물농약과 유기합성 살균제 혼용 처리구 중 일부조합은 방제효과가 유기합성 살균제 단용처리구보다 우수하거나 유사한 경향이 있음을 확인하였으며 이런 조합들을 농가에서 활용하였을 경우 유기합성 살균제 사용량을 50% 절감하면서 방제효과는 비슷하게 유지시킬 수 있을 것으로 생각된다.

## 감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 국립농업과학원 농업과학기술 연구개발사업(과제번호: PJ008401022013)의 지원에 의해 이루어진 것임.

## Literature Cited

- 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, Rural development administration. p2-7.
- Brannen, P. M. and D. S. Kenney (1997) Kodiak-A successful biological-control product for suppression of soil-borne plant pathogens of cotton. *J. Ind. Microbiol. Biotechnol.* 19:169-171
- 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. *Biol. control* 91:221-227.
- Choi, Y. H., H. T. Kim, J. C. Kim, K. S. Jang, K. Y. Cho and G. j. Choi (2006) *In vitro* antifungal activities of 13 fungicides against pepper anthracnose fungi. *Kor. pesticide. Sci.* 10(1):36-42.
- Duffy, B (2000) Combination of penicycuron 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 Path.* 42:324-332.
- Fravel, D. R., K. L. Deahl and J. R. Stommel (2005) Compatibility of the biocontrol fungus *Fusarium oxysporum* strain CS-20 with selected fungicides. *Biol. Control* 34:165-169.
- Jee, H. J., W. D. Cho and C. H. Kim (2000) Pythophthora diseases in Korea. *Plant pathology Div. National Institute of Agricultural Science and Technology, RDA* p:52-58.
- 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.
- Keinath, A. P. and V. B. DuBose (2004) Evaluation of fungicides for prevention and management of powdery mildew on watermelon. *Crop Prot.* 23:35-42.
- 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. *Res. Plant Dis.* 16(2):141-147.
- Kim, C. H. and J. S. Oh (1992) Varying sensitivity to metalaxyl of Korean isolates of *Phytophthora capsici* from red pepper fields. *Korean J. Plant Pathol.* 8:29-33.
- Kim, C. H., K. D. Kim and H. J. Jee (1991) Enhanced suppression of red pepper phytophthora blight by combined applications of antagonist and fungicide. *Korean J. Plant Pathol.* 7:221-225.
- Kim, C. H (2004) Review of disease incidence of major crops in 2003. *Res. Plant Dis.* 10(1):1-7.
- 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.
- Korsten, L., E. E. De villiers, F. C. Wehner and J. M. Kotze (1997) Field sprays of *Bacillus subtilis* for control of preharvest fruit diseases of avocado in South Africa. *Plant Dis.* 81:455-459.
- 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.
- Lee, S. Y., S. B. Lee, Y. K. Kim and H. K. Kim (2004) Effect of agrochemicals on mycelial growth and spore germination of a hyperparasite, *Ampelomyces quisqualis* 94013 for controlling cucumber powdery mildew. *Kor. pesticide. Sci.* 8(1):71-78.
- 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.
- Shim, G. Y. and H. K. Kim (2000) Control of large patch caused by *Rhizoctonia solani* AG2-2 by combined application of antagonists and chemicals in golf courses. *Kor. Turfgrass Sci.* 13(3):131-138.
- Shin, J. H., J. H. Kim, H. J. Kim, Y. K. Cho, A. H. Kim, K. H. Lee, C. W. Rho and H. T. Kim (2010) Control efficacy of carboxylic acid amide fungicides against pepper Phytophthora blight causing *Phytophthora capsici*. *Korean*

J. Pesticide Sci. 14(4):463-472.  
 Wu, W. S., M. H. Kuo, J. Tschen and S. D. Liu (1990)  
 Integrated control of Chrysanthemum stem rot. Plant prot.  
 Bull. 32:77-90.

Zhang, L. J., H. Z. Shi, J. J. Wang, S. X. Chang and S. S. Shen  
 (2010) Selection of biocontrol agents against phytophthora  
 blight of pepper and its root colonization ability. Res. Plant  
 Dis. 16(2):158-162.

## 미생물농약과 유기합성 살균제 혼용에 따른 고추 역병 방제 효과

홍성준\* · 김정현 · 김용기 · 지형진 · 심창기 · 김민정 · 박종호 · 한은정 · 구형진<sup>1</sup> · 최광영<sup>2</sup> · 윤종철

국립농업과학원 유기농업과, <sup>1</sup>김포시농업기술센터, <sup>2</sup>포천시농업기술센터

**요 약** 본 연구는 고추 역병 방제시 유기합성 살균제의 사용량을 감소하기 위하여 수행되었다. 고추 역병 방제를 위하여 두 개의 미생물농약과 두 개의 살균제의 혼용처리 효과를 실내, 온실, 포장에서 확인하였다. 미생물농약과 살균제를 혼용하여 토양 관주 시 추천사용농도의 절반농도로 희석하여 시험을 진행하였다. 온실 포트검정 결과 *B. pumilus* QST2808와 De (dimethomorph + ethaboxam) 혼용처리조합이 2개의 미생물농약(*B. pumilus* QST2808, *P. polymyxa* AC-1)과 2개의 살균제(De, Mo) 혼용조합으로 이루어진 총 4개의 혼용처리 조합 중 역병 억제효과가 가장 좋았다. 또한 *B. pumilus* QST2808와 De 혼용조합은 살균제 De나 Mo 단독처리와 비슷한 억제효과를 나타내었다. 포장시험에서는 역병 방제를 위하여 미생물농약(*B. pumilus* QST2808, *P. polymyxa* AC-1)과 유기합성 살균제 De (dimethomorph + ethaboxam)을 혼용하여 7-10일 간격 4회 처리시 78.8%-82.0%의 방제가를 나타내었으며, 살균제 (De, Mo) 각각을 단독처리 하였을 경우에는 65.7%-85.8%의 방제가를 나타내었다. 결과적으로 화학농약의 사용량 절감을 위해 미생물농약과 화학농약의 혼용 처리는 가능한 방법으로 추천할 수 있을 것이다.

**색인어** 고추 역병, 미생물농약, 화학농약, 혼용처리