

## 미생물 농약과 유기합성 살균제 혼용에 따른 고추 흰가루병 방제 효과

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

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

### Control Efficacy of Mixed Application of Microbial and Chemical fungicides against Powdery mildew 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> and Kwang-Young Choi<sup>2</sup>

Organic Agriculture Division, National Academy of Agricultural Science(NAAS), RDA, Wanju-gun 565-851, 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 6, 2014. Revised on November 12, 2014. Accepted on December 1, 2014)

**Abstract** This study was conducted to reduce the using amount of chemical fungicides for the control of red-pepper powdery mildew. Effect of combined application of three microbial fungicides and six chemical fungicides for the control of red-pepper powdery mildew was examined *in vitro*, in pot assay and under field condition. One chemical fungicide (Azoxystrobin+Chlorothalonil) among six chemical fungicides significantly suppressed three microbial fungicides (*Bacillus subtilis* Y1336, *Bacillus subtilis* DBB1501, *Bacillus subtilis* QST-713) registered for the control of pepper powdery mildew *in vitro*. In the pot assay, two mixed application such as *B. subtilis* DBB1501+Trifloxystrobin, *B. subtilis* QST713+Trifloxystrobin among nine mixed applications of three microbial fungicides and three chemical fungicides showed the highest suppressive effect against red pepper powdery mildew. Also, suppressive effect of the mixed application of *B. subtilis* QST713 and Trifloxystrobin was similar to that of single application of three chemical fungicides(Myclobutanil, Trifloxystrobin, Hexaconazole). In the field test, when the microbial fungicides (*B. subtilis* DBB1501, *B. subtilis* QST713) and the chemical fungicide (Trifloxystrobin) for the control of powdery mildew of red pepper were mixed foliar sprayed four times at 7 day-intervals, the control values were in the range of 70.3% to 70.9%. On the other hand, when each of the chemical fungicide (Trifloxystrobin) was foliar sprayed four times at 7 day-intervals, the control value was 72.7%. Consequently, the mixed application of the microbial fungicides and chemical fungicides could be recommended as a one of control measures for reducing the using amount of chemical fungicides.

**Key words** Powdery mildew, microbial fungicides, chemical fungicides, combined applications, red pepper

## 서 론

고추(*Capsicum annuum* L.)는 가지과에 속하는 다년생 작물로 우리나라에서는 중요한 조미채소이다. 또한 국내 전체 채소 중 재배면적과 생산량이 가장 많은 작물인 반면 장기간 재배하는 특성으로 인하여 병해충의 피해가 크고 생산량

감소와 품질 저하가 많은 작물이기도 하다. 우리나라 대부분의 지역에서 재배되는 고추는 수확량을 늘리기 위해 밀식 재배, 연작 등이 지속되다보니 토양환경이 저하되고 병해충이 많이 발생하여 피해가 급증하고 있다. 고추에 발생하는 주요 병해로는 역병, 탄저병, 풋마름병, 흰가루병, 바이러스 병 등이 알려져 있으며, 이 중 *Leveillula taurica*에 의한 고추 흰가루병은 유럽남부 및 지중해, 아시아, 아프리카, 미국남부, 중앙아메리카 등의 따뜻하고 건조한 지역에서 발생하는 것으로 알려져 있으며(Shin, 2000), 국내에서는 일교차가

\*Corresponding author

Tel: +82-53-238-2556, Fax: +82-63-238-3824

E-mail: hongsj7@korea.kr

큰 늦은 봄 6월부터 발생되기 시작하여 초가을에 발생이 많은데 노지보다는 일조가 부족하고 통풍과 환기가 불량한 시설재배지에서 많이 발생하고 있다. 하지만 최근 전남지역의 비닐하우스에서는 연 중 계속 발생되고 있으며(Seo 등, 2007) 노지 지배지에서도 발생이 자주 확인되고 있다. 이 병원균은 다른 흰가루병원균들과 달리 내생균사를 형성하며(Correll 등, 1987), 흰가루가 있었던 부위의 앞면에는 담황색의 작은 반점무늬가 형성되고 병이 진전됨에 따라 병반 조직이 괴사하면서 급속히 노화되어 잎이 떨어지게 된다. 따라서 피해는 주로 잎에 형성되는 병반과 조기낙엽에 의한 초세약화, 이에 따른 수량 감소 등으로 나타난다(Blazquez, 1976; Cha 등, 1980). 따라서 발생이 확인되고 심해지기 전에 농약을 처리하지 않고서는 수확이 거의 불가능할 정도로 피해가 심해졌다. 국내에서 작물의 단위 면적당 농약 사용량을 살펴보면 오이 6.9 kg/ha, 토마토 4.3 kg/ha, 고추 7.4 kg/ha 등으로 고추에서의 농약 사용량이 높은 편인 것을 알 수 있다(Oh 등, 2003). 또한 Kim 등(2009)은 2009년 4월과 9월에 강원, 충북, 경남 및 전남 등 4지역을 대상으로 고추 흰가루병의 이병엽률을 조사한 결과 시설재배지에서는 15.3%~81.8%(평균 71%), 노지재배에서는 16.8%~72.3%(평균 46%)로 심하게 발생된다고 하였으며 특히 흰가루병 방제를 하지 않은 농가에서는 100%에 가깝게 병이 발생 된다고 하였다. 고추 흰가루병 방제는 주로 triflumizol, difenoconazole, benomyl 및 mancozeb 등의 유기합성 농약을 살포하는 화학적 방제법에 의존하고 있는 실정인데(Lee 등, 2004; Lee 등, 2007; Rye 등, 1998), 농약의 과용은 환경오염뿐만 아니라 고추의 잔류독성에도 문제가 될 수 있으며 특히 풋고추용으로 판매되고 있는 하우스 재배 고추는 농약의 사용이 더욱 문제가 될 소지가 많다. 또한 흰가루병 방제를 위하여 계속적으로 유기합성농약을 사용함에 따라 흰가루병원균에 대한 약제 저항성이 유발되는 등 약효가 저하되고 있다(Asari 등, 1994, Erickson 등, 1997). 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 유기합성 농약의 사용량을 줄이기 위한 새로운 방제법의 연구가 진행되고 있다. 병원균을 신속하게 줄이고 확실한 효과 등의 장점을 가지고 있는 반면 앞서 언급한 바와 같이 농약의 오남용 및 환경오염 등의 문제를 일으킬 수 있는 화학적 방제와, 환경에 유익한 친환경적 방제법인 생물적 방제 각각의 방제법에서 나름대로의 장단점을 접목시킨 유용미생물과 살균제 혼용에 따른 농약 감량효과가 여러 연구를 통하여 효과가 증명되었고 지속 농업에 활용되고 있다(Elad 등, 1993; Duffy, 2000; Budge와 Whipps, 2001; Kondoh 등, 2001; Fravel 등, 2005). 수박 흰가루병 방제를 위해 *Bacillus subtilis*를 다른 살균제와 혼합 또는 교차 살포

하여 흰가루병에 대한 방제효과를 증진시키기도 하였으며(Keinath과 Dubose, 2004), 국내에서는 Hong 등(2013)이 고추 역병 방제에 미생물 농약과 유기합성 살균제를 사용농도의 절반으로 혼용 처리한 결과 살균제 단독 처리와 유사한 방제효과를 확인하였다. 또한 Shim과 Kim(2000)도 길항균과 살균제를 혼합처리하여 방제효과를 높이고 효과지속시간도 연장시킬 수 있다고 하였다. 최근에는 인삼 점무늬병 방제에 미생물 농약과 유기합성 살균제를 혼용 또는 교호처리하면 방제효과도 상승되고 농약 감량효과도 있어서 농가 보급 가능성을 보여주시기도 하였다(Li 등, 2008; Li 과 Choi, 2009).

따라서 본 연구에서는 유기 합성 농약 사용량을 줄일 수 있는 방제체계 마련을 위해 고추 흰가루병에 등록된 미생물 농약과 유기합성 살균제를 혼용하여 포트와 포장에서 고추 흰가루병 방제 가능성을 검토하기 위하여 수행되었다.

## 재료 및 방법

### 유기합성 살균제과 미생물 농약의 유효미생물 생장에 미치는 영향

본 시험에는 *Bacillus subtilis* Y1336 (BsY), *Bacillus subtilis* DBB1501 (BsD), *Bacillus subtilis* QST713 (BsQ) 등 3종의 미생물 농약과 Myclobutanil 등 6종의 유기합성 살균제 제품을 구입하여 사용하였다. 시험에 사용된 3종의 미생물 농약과 6종의 유기합성 살균제는 모두 고추 흰가루병에 등록된 것이며, 유기합성 살균제의 경우 4종의 ergosterol 생합성 저해 살균제인 triazole계와 2종의 호흡 저해 살균제인 strobilurin계를 선별하여 시험을 수행하였다. 먼저 유기합성 살균제와 미생물 농약 혼용 시 살균제의 주성분이 미생물 농약의 유효 미생물의 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 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 um)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 ml 씩을 배지에 첨가하고 멸균된 petri-dish에 분주하여 살균제 배지를 조제하였다. 배지를 충분히 건조시킨 후 3종의 미생물 농약을 추천사용 희석농도로 희석한 후 100 ul씩 살균제가 첨가된 배지에 도말하였다. 도말된 배지를 25°C에서 2-3일간 배양 후 배지 위에서 생육하는 미생물 농약의 유효미생물의 colony수를 무처리구와 비교하여 유기합성 살균제가

유효미생물에 미치는 영향을 조사하였다. 도말시 각각의 처리는 3반복으로 하였으며 위의 실험은 동일한 방법으로 3회 수행되었다.

**유기합성 살균제와 미생물 농약 혼용시 고추 흰가루병 억제효과(포트 검정)**

유기합성 살균제와 미생물 농약을 추천 사용농도의 절반의 농도로 조제하여 혼합하여 처리 시 고추 흰가루병 발생 억제에 효과가 있는지 확인하기 위하여 시험을 실시하였다. 흰가루병은 다른 병원성균과 달리 내생포자를 형성하는 활물기생균이므로 살균제와 미생물 농약의 혼용 효과를 식물체를 사용하여 실외 포트시험으로 실시하였다. 시험에 사용한 미생물 농약은 흰가루병에 등록된 3종의 미생물 농약 *Bacillus subtilis* Y1336 (BsY), *Bacillus subtilis* DBB1501 (BsD), *Bacillus subtilis* QST713 (BsQ)과 실내실험에서 유효미생물에 영향을 미치지 않는 살균제 3종 Myclobutanil (My), Trifloxystrobin (Tr), Hexaconazole (He)을 선발하여 시험을 실시하였다. 시험은 각각의 미생물 농약과 유기합성 살균제 단용처리구(포장사용농도)와 혼용처리구(포장사용농도의 절반 농도로 조제하여 혼합)로 조합을 나누어서 실시하였으며 시험에 사용된 품종은 홍보석, 일등공신, 독야청청 등 3 품종이었다. 과종 후 5-6주 정도 생육한 각각의 품종 묘묘를 2주씩 사각 포트(47 cm × 33 cm × 23 cm)에 5월 상순경에 정식하였으며, 처리구 배치는 완전임의배치 3반복(품종별 16개 처리구, 48포트)으로 수행하였다. 흰가루병 발병은 자연발병을 유도하였고, 각 처리구의 약제 처리는 6월 22일, 6월 29일, 7월 5일, 7월 13일(2010년)로 7일 간격 4회 살포하였으며, 발병조사는 처음 약제를 처리한 6월 22일부터 7월 20일까지 7일 간격으로 이병엽률 및 병반면적률을 전수 조사하였다.

**유기합성 살균제와 미생물 농약 혼용 시 고추 흰가루병 방제효과(포장시험)**

유기합성 살균제 사용량 50% 절감을 위한 방안으로 고추

흰가루병에 등록된 살균제와 미생물 농약의 혼용(포장사용농도의 절반농도로 조제하여 혼합) 조합의 방제효과를 포장에서 검정하였다. 혼용 처리구의 조합은 위의 실내시험과 온실시험을 통하여 선발한 조합을 포장에 적용시켜 방제효과를 확인하였다. 시험은 매년 흰가루병이 발생하였던 국립농업과학원 농업생물부 포장(약 80 m<sup>2</sup>)에서 수행하였다. 시험품종은 위의 포트시험에서 약제처리 효과가 잘 반영된다고 판단되는 일등공신 품종을 선택하여 2011년 5월 11일에 정식하였으며 시험 처리구 조합은 포트시험에서 효과가 우수하였던 미생물 농약 2종(*Bacillus subtilis* DBB1501, *Bacillus subtilis* QST714)과 살균제 1종(Trifloxystrobin)을 단용, 혼용으로 나누어서 난괴법 3반복(처리구별 20주)으로 수행하였다. 살균제와 미생물 농약의 단용처리구는 포장사용 추천농도 100%로 희석하였으며, 혼용처리구는 각각의 포장사용 추천농도 50%씩의 농도로 조제 혼합하여 엽면살포하였다. 흰가루병의 발병은 자연발병을 유도하였으며 각 처리구의 약제처리는 발병 초기부터 7일 간격으로 4회(9월 20일, 9월 27일, 10월 4일, 10월 11일) 처리하였고, 조사는 최종약제 처리 7일 후 이병엽률을 조사하여 방제 효과를 조사하였다.

**결과 및 고찰**

**유기합성 살균제와 미생물 농약의 유효미생물 생장에 미치는 영향**

유기합성 살균제와 미생물 농약의 혼용 시 3종의 흰가루병 등록 미생물 농약의 유효미생물 생장에 영향을 주지 않는 살균제를 선발한 결과 시험에 사용된 6종의 살균제 중 Azoxystrobin+Chlorothalonil 등 1종의 살균제가 3종의 미생물 농약의 유효미생물의 생장을 모두 억제하는 것으로 확인되었다. 하지만 Myclobutanil, Trifloxystrobin, Fluquinconazole, Boscalid+Kresoxim-methyl, Hexaconazole 등 5종은 유효미생물의 생장에 영향을 주지 않아 유기합성 살균제 사용량 절감을 위한 미생물 농약과의 혼용 처리가 가능할 것으로 생각되었다(Table 1).

**Table 1.** The growth of the effective microorganisms of three microbial fungicides in medium contained with 6 chemical fungicides

Chemical fungicide	Formulation	Recommended dose (/20 L)	Growth of microbial agents		
			BsY <sup>a</sup>	BsD <sup>b</sup>	BsQ <sup>c</sup>
Myclobutanil	6%WP <sup>d</sup>	13 g	++	++	++
Trifloxystrobin	50%WG	5 g	++	++	++
Fluquinconazole	10%SC	20 ml	++	++	++
Boscalid + Kresoxim-methyl	25(17+8)%SC	10 ml	++	++	++
Hexaconazole	2% SC	20 ml	++	++	++
Azoxystrobin + Chlorothalonil	44.8(4.8+40)%SC	13.3 ml	-	-	-

※ ++ : normal growth of microbial agents, - : growth suppression of microbial agents  
<sup>a</sup>BsY : *Bacillus subtilis* Y1336, <sup>b</sup>BsD : *Bacillus subtilis* DBB1501, <sup>c</sup>BsQ : *Bacillus subtilis* QST-713, <sup>d</sup>WP : Wettable powder, WG : Water-dispersible granule, SC : Suspension concentrate

Lee 등(2004)은 흰가루병 방제용 중북기생균 *Ampelomyces quisqualis*의 균사생장 및 포자발아율에 미치는 살균제의 영향을 배지실험을 통하여 알아본 결과 흰가루병에 등록된 살균제 14종 중 triadimefon과 pyrazophos가 영향을 적게 주었으며 본 시험에 사용된 Myclobutanil과 Hexaconazole은 중북기생균의 균사생장과 포자발아에 영향을 준다고 보고하였다. 하지만 Jung 등(2006)은 *Bacillus subtilis* 계통의 미생물제제와 농약 혼용성 실험결과 시험에 사용한 43종 중 22종이 혼용 가능하였고 이 중에는 본 실험을 통하여 미생물 농약과 혼용이 가능할 것이라고 생각되는 살균제 중 Hexaconazole, Myclobutanil도 포함이 되어 있는 것을 확인할 수 있었다. Lee 등(2004)이 시험에 사용한 길항미생물 *Ampelomyces quisqualis*는 곰팡이 종류로 Jung 등(2006)이 시험에 사용한 길항미생물인 *Bacillus subtilis* 계통의 세균종류보다 살균제에 대해 감수성이 높기 때문에 생육에 영향을 받은 것으로 생각된다. 또한 본 실험에 사용된 미생물 농약들이 모두 *Bacillus subtilis* 계통의 미생물이 원제인 것을 생각하면 Jung 등(2006)의 실험결과와 유사한 결과라고 볼 수 있겠다.

#### 유기합성 살균제와 미생물 농약 혼용 시 고추 흰가루병 발생 억제효과 (포트 검정)

유기합성 살균제와 미생물 농약 혼용 시 사용농도의 50% 농도로 혼용 사용하여 고추 흰가루병 억제 효과가 있는지 확인하기 위하여 실내 배지 상에서 미생물 농약의 유효미생물 생장에 영향을 주지 않은 살균제 3종(Myclobutanil, Trifloxystrobin, Hexaconazole)을 선발하여 시험을 수행하였다.

미생물 농약 *Bacillus subtilis* Y1336 (BsY) 단독 처리시 3개의 품종에서 병반면적률이 10.5%~14.6%, *Bacillus subtilis* DBB1501 (BsD)는 10.5%~13.5%, *Bacillus subtilis* QST713 (BsQ)는 10.1%~14.2%로 조사되어 무처리구(10.9%~15.5%)와 비교해 보면 매우 낮은 억제효과를 나타내었다. 포트시험에서는 모든 포트에서 흰가루병 발생을 확인한 후에 약제 처리를 실시하였기 때문에 미생물 농약의 억제 효과가 낮은 것으로 판단된다. 유기합성 살균제 단용처리구의 경우는 Myclobutanil (My)가 병반면적률 2.0%~3.2%, Trifloxystrobin (Tr)는 4.4%~6.4% 그리고 Hexaconazole (He)는 2.2%~6.3%의 병반면적률을 나타내어 전체적으로 미생물 농약보다는 억제효과가 우수하다는 것을 확인할 수 있었다. 혼용처리구의 경우는 BsY+My 처리구가 6.7%~11.3%, BsY+Tr 처리

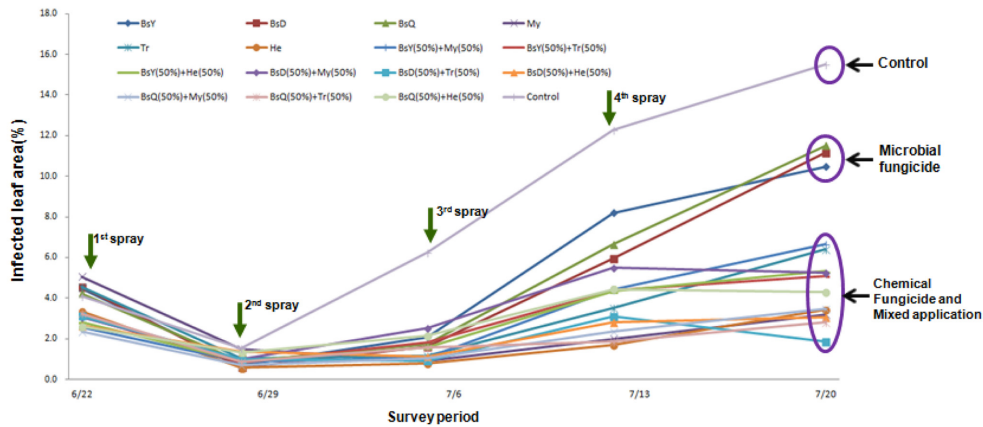
**Table 2.** Suppressive effect of single or mixed treatment of chemical fungicides and microbial fungicides against powdery mildew of pepper on pot experiment

Treatment (Dilution concentrations)		Disease severity <sup>h</sup> of powdery mildew on different pepper varieties					
		Hongboseok		Ildeunggongsin		Dokyacheongcheong	
		Diseased leaf (%)	Diseased leaf area (%)	Diseased leaf (%)	Diseased leaf area (%)	Diseased leaf (%)	Diseased leaf area (%)
Microbial fungicide	BsY <sup>a</sup> (100%)	34.7abc <sup>i</sup>	14.6b	34.6abc	10.5b	33.3ab	10.6a
	BsD <sup>b</sup> (100%)	30.6abcd	13.5abc	40.4a	11.1b	36.6a	10.5ab
	BsQ <sup>c</sup> (100%)	36.8a	14.2ab	38.0ab	11.5b	30.2abc	10.1ab
Chemical fungicide	My <sup>d</sup> (100%)	22.5de	2.9h	25.2cd	3.2cde	17.2f	2.0e
	Tr <sup>e</sup> (100%)	23.9cde	5.1gh	32.3abc	6.4cd	24.3cdef	4.4de
	He <sup>f</sup> (100%)	24.9bcde	6.3fgh	30.7abcd	3.4cde	19.1ef	2.2e
Mixed application	BsY(50%)+My(50%)	34.0abc	11.3bcd	30.5abcd	6.7c	26.3bcde	8.9bc
	BsY(50%)+Tr(50%)	35.0ab	9.2def	31.7abcd	5.1cde	26.5bcde	6.7cd
	BsY(50%)+He(50%)	31.3abcd	7.3efg	33.5abc	5.3cde	29.5abcd	6.7cd
	BsD(50%)+My(50%)	27.2abcde	9.5def	32.8abc	5.3cde	22.7def	7.2c
	BsD(50%)+Tr(50%)	30.0abcd	4.0gh	21.7d	1.9e	25.5cde	3.1e
	BsD(50%)+He(50%)	28.5abcde	5.8fgh	29.1bcd	3.0de	25.0cde	3.1e
	BsQ(50%)+My(50%)	24.3bcde	10.4cde	28.7bcd	3.5cde	19.6ef	6.8cd
	BsQ(50%)+Tr(50%)	18.1e	2.7h	30.1abcd	2.8e	21.1ef	2.8e
	BsQ(50%) +He(50%)	28.5abcde	6.8fgh	26.6cd	4.3cde	20.6ef	4.0e
Control <sup>g</sup>	32.4abcd	15.3a	29.3bcd	15.5a	30.6abc	10.9ab	

\*BsY<sup>a</sup>: *Bacillus subtilis* Y1336, BsD<sup>b</sup>: *Bacillus subtilis* DBB1501, BsQ<sup>c</sup>: *Bacillus subtilis* QST713, My<sup>d</sup>: Myclobutanil, Tr<sup>e</sup>: Trifloxystrobin, He<sup>f</sup>: Hexaconazole, Control<sup>g</sup>: water

<sup>h</sup>Disease survey was conducted 7 days after fourth application.

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



**Fig. 1.** Suppression of red pepper (Ildengongsin) powdery mildew according to single or mixed applications of microbial fungicides and chemical fungicides.

구는 5.1%~9.2%, BsY+He 처리구는 5.3%~7.3%, BsD+My 처리구는 5.3%~9.5%, BsD+Tr 처리구는 1.9%~4.0%, BsD+He 처리구는 3.0%~5.8%, BsQ+My 처리구는 3.5%~10.4%, BsQ+Tr 처리구는 2.7%~2.8%, BsQ+He 처리구는 4.0%~6.8%의 병반면적률을 나타내어 처리구 조합에 따라 억제효과가 달라지는 경향이 있음을 알 수 있었다(Table 2). 전체적으로 보면 추천농도의 50%로 혼용한 처리구 조합이 미생물 농약 단독 처리보다는 흰가루병의 억제효과가 높았으며, 살균제 단독 처리구하고는 조합에 따라 다소 높거나 낮은 경향을 나타내었다. 즉 혼용처리구 조합 중 미생물 농약 BsY가 포함된 조합과 살균제 My가 포함된 조합의 처리구의 경우 유기합성 살균제 단독처리구보다 억제효과가 낮았으나, 살균제 Tr이 포함된 BsD+Tr 처리구와 BsQ+Tr 처리구의 경우에는 살균제 단독처리 보다 억제효과가 다소 높은 것을 알 수 있었다.

3종의 미생물 농약 단독 처리구의 2회 처리 7일 후 병반면적률은 1.6%~2.1%로 3종의 살균제 단독처리구 0.8%~1.2%, 9조합의 혼용처리구 0.9%~2.5%와 유사한 병반면적률을 유지하였다. 하지만 3회 처리 후에는 미생물 농약 단독처리구 5.9%~8.2%, 살균제 단독처리구 1.7%~3.5%, 혼용처리구 1.9%~5.5%의 병반면적률을 나타내었고, 4회 처리 후에는 미생물 농약 단독처리구 10.5%~11.5%, 살균제 단독처리구 3.2%~6.4%, 혼용처리구 1.9%~6.7%로 처리횟수가 증가할수록 병반면적률 차이가 점점 더 벌어지는 것을 알 수 있었다. 또한 혼용처리구와 살균제 단독 처리구의 경우는 4회 처리 후 병반면적률이 줄어드는 경향이 있음을 확인할 수가 있었다. 따라서 각 처리 조합의 약제 처리 횟수도 2-3회 보다는 4회 처리하는 것이 무처리구와의 병반면적률 차이가 크게 발생하여 혼용처리구의 억제효과가 증진되는 것을 알 수 있었다(Fig. 1).

실험에 사용된 고추 품종들 사이에서도 약제 살포에 따른 흰가루병 발생에 차이가 나타났는데 홍보석과 독야청청에

비해 일등공신 품종이 무처리구 대비 병반면적률이 낮은 것을 알 수 있었다. 일등공신 품종의 초형이 잎이 크고 골고루 분포하여 약제 살포시 약제의 효과가 잘 반영되는 것으로 판단된다. Table 2는 약제 4회 처리 7일 후에 조사를 한 결과로서 이병엽률은 무처리구와 각 처리구간에 차이가 없지만 병반면적률은 차이가 있다는 것을 확인할 수가 있다. 이병엽률은 전체 엽수에 대한 이병엽수의 비율로 각 처리 구간에 이병된 잎의 수는 유사하지만 이병된 잎의 병반 면적은 약제 처리에 의해 병 진전이 감소되어 병반 면적이 증가되지 않았기 때문에 병반면적률이 낮아졌을 것으로 생각되며, 포트 시험이기 때문에 포장에서 보다는 스프레이로 정확히 잎에 약제 처리를 골고루 하였기 때문에 잎이 감염은 되었으나 더 이상의 진전은 막은 것으로 판단된다.

Hong 등(2013)도 고추 역병에 등록된 미생물 농약과 살균제를 혼용하여 포트에서 억제효과를 시험한 결과 미생물 농약 *Bacillus pumilus* QST2808와 *Paenibacillus polymyxa* AC-1는 Mancozeb+Oxadixy 보다 Dimethomorph+Ethaboxam 살균제하고 혼용하였을 때 효과가 더 증대된다고 하였는데, 본 실험에서도 *Bacillus subtilis* DBB1501와 *Bacillus subtilis* QST713는 Myclobutanil과 Hexaconazole 보다 Trifloxystrobin과 혼용했을 때 억제효과가 높은 것으로 조사되어 유사한 결과라고 할 수 있겠다. 미생물 농약의 유효미생물의 생육에 영향을 주지 않는 유기합성 살균제 중에서도 미생물 농약과 혼용하였을 때 억제효과가 증대되는 특정 살균제들이 있음을 확인할 수가 있었으며, 본 포트 시험의 결과 포장사용 농도의 50%씩의 유기합성 살균제와 미생물 농약의 혼용으로 고추 흰가루병을 방제할 수 있다는 가능성을 확인하였다.

**유기합성 살균제와 미생물 농약 혼용시 고추 흰가루병 방제효과(포장시험)**

위의 실내실험과 포트실험으로 선발된 2종의 미생물 농약 (*Bacillus subtilis* DBB1501, *Bacillus subtilis* QST713)과 1

**Table 3.** Control effect of single or mixed application of chemical fungicide and microbial fungicides against pepper powdery mildew caused by *Leveillula taurica* in the field

Treatment		Diseased leaf (%)	Control value (%)
Microbial fungicide	BsD <sup>a</sup>	14.2b <sup>c</sup>	57.9
	BsQ <sup>b</sup>	10.8b	68.0
Chemical fungicide	Tr <sup>c</sup>	9.2b	72.7
Mixed application	BsD(50%)+Tr(50%)	10.0b	70.3
	BsQ(50%)+Tr(50%)	9.8b	70.9
Control <sup>d</sup>		33.7a	0.0

\*BsD<sup>a</sup>: *Bacillus subtilis* DBB1501, BsQ<sup>b</sup>: *Bacillus subtilis* QST713, Tr<sup>c</sup>: Trifloxystrobin, Control<sup>d</sup>: water

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

종의 화학농약 Trifloxystrobin의 혼용 조합 처리에 따른 고추 흰가루병 방제 효과를 포장에서 검증한 결과, 미생물 농약 단용 처리구 *B. subtilis* DBB1501에서 57.9%, *B. subtilis* QST713에서 68.0%의 방제효과를 나타내었으며 화학농약 단용 처리구 Trifloxystrobin(Tr)에서는 72.7%의 방제 효과를 나타내어 미생물 농약보다 화학농약의 효과가 높은 것으로 조사되었다. 혼용처리구의 경우 *B. subtilis* DBB1501+Trifloxystrobin에서 70.3%, *B. subtilis* QST713+Trifloxystrobin 처리구에서 70.9%의 방제가를 나타내어 화학농약 단용 처리구인 Trifloxystrobin의 방제가 72.7%과 유사한 방제 효과를 나타내었다(Table 3).

Li 등 (2008)은 인삼 점무늬병을 대상으로 본 시험에 사용된 미생물 농약과 같은 *B. subtilis* QST713을 azoxystrobin과 혼용하여 14일 간격 3회 처리한 결과 방제가는 82.6%, mancozeb와 혼용 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 방제 효과가 약간 감소되어서 인삼 점무늬병의 경우는 *B. subtilis* QST713와 azoxystrobin 및 mancozeb 혼합처리가 더 유용하다고 하였는데 본 실험에서도 *B. subtilis* QST713는 다른 살균제보다 azoxystrobin과 같은 strobilurins 계통의 Trifloxystrobin 과의 혼용시 방제효과가 증진되는 결과를 확인하였다. 또한 Li와 Chol (2009)도 본 시험에 사용된 미생물 농약 *B. subtilis* QST713과 *B. subtilis* DBB1501를 가지고 인삼 점무늬병을 대상으로 유기합성 살균제하고 혼용 또는 교호 처리하면 75.0%~83.3%의 농약 감량효과를 나타낼 수 있다고 하였다. *B. subtilis*로 이루어진 대표적인 미생물 제품 Serenade도 흰가루병 방제에 단독처리보다 살균제와 혼합하거나 교호처리 하는 것이 효과적이라고 하였으며(Dhatt 등, 2001, Langston과 Kelley, 2002), 특히 Keinath과 Dubose (2004)는 수박 흰가루병 방제에 미생물제 Serenade와 azoxystrobin이나 trifloxystrobin를 혼합처리한 시험 결과, Serenade 단독처리는 7.4% 발병율을 그리고 Serenade에 azoxystrobin이나 trifloxystrobin를 혼합 처리구는 2.3%의

발병율을 나타내어 혼합처리가 흰가루병에 대한 방제효과를 증진 시킬 수 있다고 하였다. 본 실험에서도 미생물 농약에 trifloxystrobin를 혼용 처리한 시험구가 단독처리보다 방제 효과가 증진된 것을 확인할 수가 있었다. 또한 Kim 등 (2011)은 오이 흰가루병 등록 미생물 농약 *Bacillus subtilis* KB-401와 노균병 방제용 화학농약 Dimethomorph와의 혼용 살포에 의해 오이 흰가루병과 노균병을 80% 이상 동시에 방제 할 수 있다고 하였으며 Brannen과 Kenney (1997)와 Korsten 등(1997)은 토양 전염성 병해에 미생물 제제와 copper oxychloride 및 benomyl을 혼용 사용했을 때 방제효과가 증진되었다고 하였다.

결과적으로 고추 흰가루병 등록 미생물 농약과 유기합성 살균제를 추천사용농도로 50%씩 혼용하여 처리한 일부 조합들은 방제효과가 유기합성 살균제 단독 처리구와 유사하거나 미생물 농약 단독 처리 보다 높은 방제효과를 낼 수 있음을 확인하였다, 이러한 혼용 조합들을 농가에서 농약의 감량법으로 활용하였을 경우 유기합성 살균제 사용량을 절감하면서 흰가루병에 대한 방제효과를 기대할 수 있을 것으로 생각된다.

## 감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 국립농업과학원 농업과학기술 연구개발사업(과제번호: PJ0084362014)의 지원에 의해 이루어진 것임.

## Literature Cited

- Asari, S., H. Horie and Y. Nakazawa (1994) Current status in sensitivity of *Sphaerotheca fuliginea* to DMI in kanto-tosan district. Japan. Proc. Kanto-Tosan Plant Protec. Soc. 41:69-75.
- Blazquez, C. H. (1976) A powdery mildew of chilli caused by *Oidiopsis* sp. Phytopathology 66:1155-1157.
- 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. *Biological control* 91:221-227.
- Cha, J. S., U. K. Ki, B. H. Cho and K. C. Kim (1980) A new disease, powdery mildew, caused by *Oidiopsis taurica* on *Capsicum* spp. *Korean J. Plant prot.* 19:241-243.
- Correll, J. C., T. R. Gordon and V. J. Elliott (1987) Host range, specificity, and biometrical measurements of *Leveillula taurica* in California. *Plant Dis.* 71:248-251.
- Dhatt, M. S., J. Iqbal and W. D. Gubler (2001) Cucurbit powdery mildew fungicide trial. *Fungic. Nematic. Tests* (online), Report 56:V12, DOI:10.1094/FN56.
- 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 Pathology* 42:324-332.
- Erickson, E. O. and W. F. Wilcox (1997) Distributions of sensitivities to three sterol demethylation inhibitor fungicides among populations of *Uncinula necator* sensitive and resistant to triadimefon. *Phytopathology* 87:784-791.
- 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.
- 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, K. Y. Choi and J. C. Yun (2013) Control efficacy of mixing application of microbial and chemical fungicide against phytophthora blight or red pepper. *Korean J. Pesticide Sci.* 17(4):460-467.
- 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 protection* 23:35-42.
- Kim, D. H., J. H. Park, J. S. Lee, K. S. Ham, Y. K. Han and J. H. Hwang (2009) Effect of temperature, relative humidity on germination and development of powdery mildew on pepper and its inoculation method. *Res. Plant Dis.* 15(3):187-192.
- Kim, G. H., J. Y. Park, J. H. Cha, C. S. Jeon, S. J. Hong, Y. H. Kim, J. S. Hur and Y. J. Koh (2011) Control effect of major fungal disease of cucumber by mixing of biofungicides registered for control of powdery mildew with other control agents. *Korean J. Pestic. Sci.* 15(3):323-328.
- 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.
- Langston, D. B. and W. T. Kelley (2002) Evaluation of fungicides and biological control materials for control of powdery mildew in transgenic yellow crookneck squash. *Fungic. Nematic. Tests* (online), Report 57:V095, DOI: 10.1094/FN57.
- 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. G. Kim (2004) Effect of agrochemicals on mycelial growth and spore germination of a hyperparasite, *Ampelomyces quisqualis* 94013 for controlling cucumber powdery mildew. *Korean J. Pestic. Sci.* 8:71-78.
- Lee, S. Y., S. K. Hong, Y. K. Kim and H. G. Kim (2007) Selection and identification of a hyperparasite, *Ampelomyces quisqualis* 94013 for biocontrol of cucumber powdery mildew. *Kor. J. Mycol.* 35:121-127.
- 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.
- Oh, K. S., Y. B. Ihm, H. K. Oh, B. N. Lee, K. S. Kyung, K. S. Kim, N. S. Kim, B. T. Kim, J. W. Kim and G. H. Ryu (2003) Survey on pesticide usage for the development of pesticide use indicator in fruit vegetables. *Korean J. Pestic. Sci.* 7:66-73.
- Ryu, K. H., J. H. Kwon, S. S. Lee, Y. J. Ahn and J. K. Yoo (1998) Fungicidal activity of oriental medicinal plant extracts against plant pathogenic fungi. *Agric. Chem. Biotechnol.* 41:600-604.
- Seo, C. C., H. C. Jung and S. K. Park (2007) Control of powdery mildew of pepper using culture solutions of chitinolytic bacteria, *Chromobacterium* sp. and *Lysobacter enzymogenes*. *Res. Plant Dis.* 13(1):40-44
- Shin, H. D (2000) Erysiphaceae of Korea. National Institute of Agricultural Science and Technology.
- 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.

## 미생물 농약과 유기합성 살균제 혼용에 따른 고추 흰가루병 방제 효과

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

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

**요 약** 본 연구는 고추 흰가루병 방제시 유기합성 살균제의 사용량을 감소하기 위하여 수행되었다. 고추 흰가루병 방제를 위하여 3종의 미생물 농약과 6종의 살균제의 혼용처리 효과를 실내, 포트, 포장에서 확인하였다. 실내시험에서 6종의 화학농약 중 Azoxystrobin+Chlorothalonil이 고추 흰가루병에 등록된 3종의 미생물 농약(*Bacillus subtilis* Y1336, *Bacillus subtilis* DBB1501, *Bacillus subtilis* QST-713)의 유효미생물의 생육을 억제 시켰다. 포트검정 결과 9개의 혼용처리구 중 *B. subtilis* DBB1501+Trifloxystrobin, *B. subtilis* QST713+Trifloxystrobin 처리구 조합이 흰가루병에 대해서 가장 높은 억제 효과를 나타내었으며, 특히 *B. subtilis* QST713+Trifloxystrobin 혼용처리조합은 3종의 화학농약(Myclobutanil, Trifloxystrobin, Hexaconazole) 단독처리와 비슷한 억제효과를 나타내었다. 포장시험에서는 흰가루병 방제를 위하여 미생물 농약(*B. subtilis* DBB1501, *B. subtilis* QST713)과 유기합성 살균제(Trifloxystrobin)을 혼용하여 7일 간격 4회 엽면살포 시 70.3%~70.9%의 방제가를 나타내었으며, Trifloxystrobin을 단독처리 하였을 경우에는 72.7%의 방제가를 나타내었다. 결과적으로 미생물 농약과 화학농약의 혼용은 화학농약의 사용량을 절감할 수 있는 가능한 방법으로 추천할 수 있다고 판단되었다.

**색인어** 고추 흰가루병, 미생물 농약, 화학농약, 혼용처리