

## 고추 풋마름병에 대한 살균제의 방제 효과

이수민<sup>1</sup> · 곽연수<sup>1</sup> · 이경희<sup>2</sup> · 김흥태<sup>1\*</sup><sup>1</sup>충북대학교 농업생명환경대학 식물의학과, <sup>2</sup>충북농업기술원 친환경연구과

## Control Efficacy of Fungicides on Pepper Bacterial Wilt

Soo Min Lee<sup>1</sup>, Yeon Soo Kwak<sup>1</sup>, Kyeong Hee Lee<sup>2</sup> and Heung Tae Kim<sup>1\*</sup><sup>1</sup>Department of Plant Medicine, College of Agriculture, Life and Environment Science, Chungbuk National University, Cheongju 362-763, Chungbuk, Korea<sup>2</sup>Environment-Friendly Research Division, Chungbuk Agricultural Research and Extension Services, Cheongju 363-883, Chungbuk, Korea

(Received on August 25, 2015. Revised on September 8, 2015. Accepted on September 18, 2015)

**Abstract** Control efficacy was investigated with fungicides as 3 copper compound, 3 antibiotic fungicides and one fungicide containing to quinolone against the growth of *Ralstonia solanacearum* on NA medium and the disease occurrence on pepper seedlings. Among 7 fungicides, oxytetracycline was shown the highest activity against a growth of the pathogen in the agar diffusion method, but validamycin showed no activity against the pathogen. With 1000 µg mL<sup>-1</sup> of each copper fungicide as copper hydroxide, copper oxychloride+ dithianone and copper sulfate, 2.2, 1.3 and 1.5 mm in size of clear zone only could be found, respectively. In pepper seedling test, oxytetracycline showed a perfect activity in all treatments 7 days after inoculation. However, its activity was decreased from 500 µg mL<sup>-1</sup> of treatment over the time. Copper fungicides showed the control efficacy lower than antibiotic fungicides except for validamycin. Based on the results, it was suggested that it would be better to use antibiotic fungicides than copper fungicides to control pepper bacterial wilt in the fields.

**Key words** Pepper bacterial wilt, antibiotic fungicide, oxytetracycline

## 서 언

고추, 토마토, 감자, 가지 등의 풋마름병은 농산물을 수확하기 전에 식물체에서 시들음 증상이 일어나고 결국 고사하여 죽게 되기 때문에 많은 경제적 손실을 일으키는 식물병으로 적극적인 방제가 필요하다(Jeong et al., 2007; Yun et al., 2004). 따라서 포장에서 고추와 토마토 풋마름병을 방제하기 위해서 여러 가지의 경종적 또는 생물적, 화학적 방법 등이 적극적으로 연구되고 있다. 풋마름병에 대한 저항성 품종은 지리, 기후, 병원균, 토양 상태 등에 따라서 영향을 받는 경우가 많은데, 일본에서 선발한 말레이시아 계통인 LS2341은 풋마름병에 대해서 강한 저항성을 가지고 있어 품종 육종의 좋은 재료가 될 수 있으나, 아직까지 포장에

서 사용할 수 있는 품종으로 개발되지는 않았다(Mimura와 Yoshikawa, 2009). 토마토 풋마름병을 방제하기 위한 경종적 방제 방법으로 비기주식물인 cowpea를 토마토와 혼작할 경우 cowpea의 뿌리가 토양 중에서 병원균의 전파를 방지하여 병을 방지할 수 있었다(Michel et al., 1997). 하지만 이 결과는 실험한 포장에 따라서 병원균 밀도의 감소와 병 방제 효과가 나타나지 않았던 포장도 있었기 때문에 일반적인 방제 방법으로 적용하기에는 어려움이 있다. 항생물질을 분비하는 것으로 알려진 *Streptomyces philanthi* RL-1-178은 고추 균핵병과 풋마름병 모두에 효과를 보였지만, 풋마름병에 대한 효과가 58.8%로 약간 미미하였다(Boukaew et al., 2011). Lee 등(2012)은 6종의 식물 정유를 사용하여 실험한 결과 0.01% 클로버 오일을 고추에 처리하였을 때 약해도 나타나지 않았을 뿐만 아니라, 처리 후 5일까지도 방제 효과가 지속되었다고 보고하였다. 하지만 이 방법은 포장에서의 효과 검정을 거쳐야하는 단계가 남아 있다. 식물

\*Corresponding author  
E-mail: htkim@cbnu.ac.kr

정유인 thymol을 토양처리제로 사용하여 풋마름병을 방제하기도 하였다. 하지만 thymol을 처리하고 6일 동안은 처리한 토양 전체를 비닐필름으로 멀칭해야 하기 때문에 넓은 면적의 포장에 적용하기가 어려운 단점이 있다(Ji et al., 2005). 또한 풋마름병이 토양병이기 때문에 살균제를 사용하는 것도 한계가 있다. 국내에서 풋마름병 방제 살균제로 등록되어 있는 것은 토양소독제로 사용되어 있는 dazomat 한 종류밖에 없다.

그런데 최근 고추 역병에 대한 저항성 품종이 실용화되면서 대부분의 포장에서 역병 저항성 품종을 재배하기 때문에, 고추 포장에서 발견되는 시들음 증상의 원인이 풋마름병균인 경우가 날로 증가하고 있다. 또한 풋마름병균은 토양에서 수 년간 생존이 가능하기 때문에 적시에 적절한 방법으로 방제하지 않으면 피해가 계속 증가될 것으로 예상된다. 하지만 농가 현장에서 사용할 살균제가 토양소독제 외에는 전혀 등록되어 있지 않기 때문에, 풋마름병이 발생하였을 때 시급히 사용할 살균제를 찾자 하여도 선발할 수 없는 실정이다. 따라서 본 실험에서는 풋마름병균이 세균임을 감안하여 이미 세균점무늬병의 방제약제로 등록되어 있는 살균제 중에서 동제를 비롯하여 항생물질 계통의 살균제와 기타 다른 세균병 방제용으로 등록되어 있는 살균제 등을 선별하여 배지 상에서 병원균에 대한 생장 억제 실험과 고추 유묘를 이용한 온실 실험을 통하여 방제효과가 있는 살균제를 선별하여 포장에서 사용 가능성을 제공하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 실험에 사용한 병원균과 고추 품종

실험에는 풋마름병균인 *Ralstonia solanacearum* GMI1000을 서울대학교에서 분양받아 사용하였다. 고추 품종은 왕대박을 사용하였으며, 최아 시킨 종자를 연결포트 육묘관(50공, 포트의 크기; 4.6×4.6×5.6 cm(가로/세로/높이))에 파종하고 온실에서 6엽기까지 재배하여 실험에 사용하였다.

### 실험에 사용한 살균제

실험에는 동 살균제로 알려진 copper hydroxide (a.i. 77%, WP), copper oxychloride+dithianone (a.i. 42%+13%, WP), copper sulfate (a.i. 58%, WP) 등 3종과 항생물질계 살균제인 oxytetracycline (a.i. 17%, WP), kasugamycin (a.i. 10%, WP), validamycin A (a.i. 5%, WP) 등 3종, 그리고 세균병 방제에 사용하는 oxolinic acid (a.i. 20%, WP) 등 총 7종의 살균제를 선별하여 실험하였다.

### 배지 상에서의 생장 억제 실험

실험에 사용한 살균제가 병원균의 생장에 미치는 억제 효과는 증충배지 위에서 paper disc 확산법을 이용하여 조사하

였다. 세척한 병원균의 현탁액을 1.5% agar를 첨가한 NA 배지에 1/10로 희석하여 첨가하였다. 병원균을 첨가한 NA 배지는 2%의 물한천배지 위에 부어 증충의 배지를 준비하였다. 각 살균제는 8.0, 40.0, 200.0, 1000.0 µg mL<sup>-1</sup>로 농도를 조절한 후에 멸균한 paper disc (직경; 6 mm)에 25 µL씩 점적 처리하고 무균상 안에서 풍건하였다. 살균제를 농도별로 처리한 paper disc는 병원균을 접종하여 만든 증충배지 위에 올려놓고, 병원균을 28°C에서 배양하며 48시간 후에 형성된 clear zone을 관찰하고 직경을 조사하였다.

### 접종원 준비

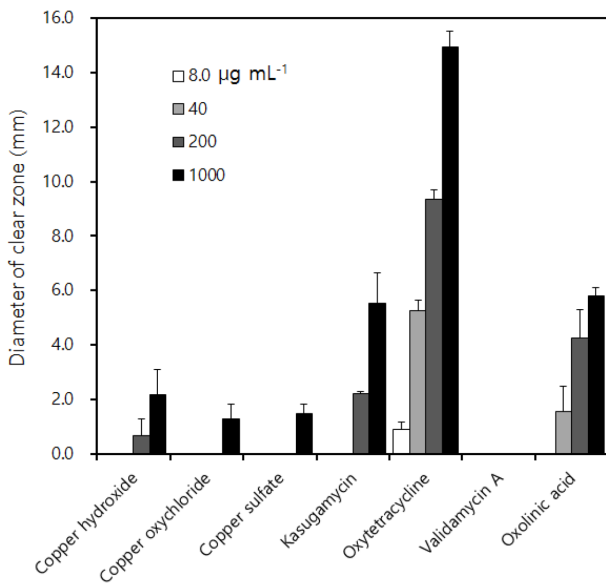
유묘 검정을 위한 접종원 준비를 위해서 4°C에서 보관하던 병원균을 NB 배지에 접종하여 28°C에서 2일간 배양하였다. 배양한 병원균의 단콜로니를 다시 28°C의 TTC 액체 배지(peptone; 10 g, dextrose; 5 g, 살균증류수; 1 L, 2,3,5-triphenyl tetrazolium; 5 g(멸균 후 배지에 첨가))에서 3일간 진탕배양한 후 3,000×g로 원심분리하여 수확하였다. 병원균은 다시 살균증류수를 붓고 3,000×g로 2회 더 원심분리하여 배지를 세척한 후 접종원으로 사용하였다. 접종원 현탁액에서 병원균 밀도는 600 nm에서 흡광도를 1.0으로 조절하여 사용하였다.

### 유묘를 이용한 병 방제 실험

온실에서 6엽기까지 재배한 왕대박 품종을 사용하였다. 고추 유묘 한 주 당 인위적으로 뿌리 부위 3곳에 송곳(두께; 2 mm, 길이; 2 cm)으로 상처를 내고, 준비한 살균제 용액을 5 mL 씩 관주처리하였다. 이 때 살균제는 31.2, 125.0, 500.0, 2000.0 µg mL<sup>-1</sup>의 농도로 조절하여 처리하였다. 살균제를 처리하고 1시간 후에 미리 준비한 병원균의 현탁액을 5 mL 씩 토양에 관주하여 접종하였다. 접종한 고추 유묘는 80% 이상으로 습도를 조절하는 30°C의 항온 조건에서 12시간 간격으로 광암 처리하며 발병을 유도하였다. 각 처리는 완전임의배치 3반복으로 배치하였으며, 각 반복은 5개의 포트를 사용하였다. 발병 정도는 병원균을 접종하고 7일과 14일 후에 발병도를 조사하였다. 병 발생은 Table 1과 같은 발병 지수로 조사한 후에 발병도를 계산하였다(Mimura et al., 2009).

**Table 1.** Disease index used in this study

| Index | Symptoms  |
|-------|---|
| 0     | there was no visible wilting symptom                                |
| 1     | one leaf per a pepper seedling was wilted                           |
| 2     | most leaves in a pepper seedling were wilted                        |
| 3     | all leaves were wilted in a pepper seedling, but seedlings survived |
| 4     | the stem of wilted seedlings collapsed, resulting in death          |



**Fig. 1.** Inhibiting efficacy of fungicides on the growth of *Ralstonia solanacearum* causing pepper bacterial wilt on NA medium. Diameter of clear zone was measured 48 hrs after inoculation with the pathogen into NA medium.

## 결과 및 고찰

### 병원균 생장 억제 효과

Paper disc 확산법을 이용하여 살균제가 병원균의 생육에 미치는 효과는 살균제를 처리하고 48시간 후에 조사하였다 (Fig. 1). 실험에 사용한 3종의 동 살균제인 copper hydroxide, copper oxychloride+dithianone, copper sulfate 등은 1000 µg mL<sup>-1</sup>의 처리구에서만 2.19, 1.30, 1.48 mm의 clear zone이 나타났을 뿐 큰 효과를 보이지 않았다. 항생물질계 살균제에서도 validamycin A는 모든 처리구에서 전혀 병원균의 생육을 억제하지 못하였으며, kasugamycin은 200과 1000 µg mL<sup>-1</sup> 처리구에서 각각 2.22와 5.55 mm의 clear zone이 나타났을 뿐이었다. Oxytetracycline은 실험한 살균제 중에서 가장 우수한 억제 효과를 보였는데, 8.0, 40, 200, 1000 µg mL<sup>-1</sup> 처리구에서 나타난 clear zone의 크기가 각각 0.91, 5.26, 9.35, 14.95 mm이었다. 이 clear zone은 24시간 보다는 48시간 배양 후에 더욱 뚜렷하게 나타났다. Oxolinic acid는 40, 200, 1000 µg mL<sup>-1</sup> 처리구에서 1.58, 4.24, 5.80 mm의 clear zone이 형성되었는데, 이 clear zone은 배양 시간이 길어짐에 따라서 희미해졌다.

### 고추 유묘에서의 병 방제 효과

풋마름병에 대한 유묘 검정은 대부분 유묘에서 토양을 제거하고 상처를 낸 후 병원균을 접종한 다음, 새로운 포트에 이식하여 병 발생 정도를 조사하였다 (Lemessa and Zeller, 2007). 하지만 대량의 유묘를 가지고 살균제의 효과 또는 병

원균에 대한 저항성 정도를 검정하고자 할 때에는, 시간과 노동력이 많이 필요하기 때문에 기존의 방법을 개선해야 한다. 따라서 병 발생 조건은 기존의 방법과 동일하게 하며, 유묘를 이식하지 않고 재배한 상태에서 뿌리 부위에 상처를 내고 병원균의 현탁액을 토양에 관주하여 접종하는 방법으로 개선하여 실험하였다. 살균제 무처리구의 유묘에서는 병원균을 접종하고 7일 후부터 80% 이상의 발병률을 보였으며, 3가지 형태의 시들음 증상을 보였다. 각 병징은 줄기 중간이 훌쭉해지고 상위엽부터 시들며 전체적으로 고사하는 병징, 줄기의 지제부가 갈변하고 유묘가 전체적으로 시들어 고사하는 병징 그리고 줄기 부위는 정상적으로 보이지만 유묘의 선단부위 잎부터 시들며 시들음 증상이 아래로 내려오기 시작하는 병징 등으로 구별되었다.

처리한 살균제의 효과를 조사한 결과, oxytetracycline은 7일 후까지는 모든 처리 농도에서 시들음 증상을 보이는 고추 유묘가 전혀 관찰되지 않아 100%의 방제효과를 보였으며, kasugamycin은 500 µg/ml 처리구에서 100%, 125 µg/ml 처리구에서 66.7%의 방제효과를 보였다 (Fig. 2). Oxytetracycline은 tetracycline계에 속하는 방선균이 생산하는 항생물질로서 1948년에 처음 발견되었으며, 그람 양성균과 그람 음성 세균 모두에 효과가 있는 것으로 알려져 있다 (Roberts, 2003). Tetracycline계 항생물질은 리보솜의 30S 소단위에 부착하여 aminoacylated-RNA가 A-site에 부착하는 것을 방해하기 때문에 결국 단백질 합성을 저해하여 병원세균의 생장을 억제한다 (Chopra and Roberts, 2001; Zakeri and Wright, 2008). 하지만 다양한 저항성 기작을 지닌 세균이 보고되기 시작하였으며 (Zakeri and Wright, 2008; Ball et al., 1980; Burdett, 1991; Yang et al., 2004; Ross et al., 1998) 이런 저항성 유전인자는 plasmid 또는 transposon 등에 존재하며 다른 속의 세균 간에도 수평적인 유전인자의 이동이 가능하여 다양한 세균에서 저항성 발현이 보고되었다 (Akinbowale et al., 2007). 본 실험의 결과, oxytetracycline은 *R. solanacearum*의 생장 억제뿐만 아니라, 실험한 모든 살균제 중에서 고추에서의 발병까지도 가장 효과적으로 방제할 수 있는 살균제이었다. 하지만 이미 다양한 기작을 통하여 저항성균이 발현되고 있으며, 이런 저항성균은 서로 다른 속간에도 수평적으로 이동할 수 있기 때문에 포장에서의 저항성 발현을 모니터링하며 사용하여야 할 것으로 생각한다. Kasugamycin은 *Streptomyces kasugaensis*가 생성하는 항생물질로서, 1960년대 벼 도열병 방제를 위해 개발된 농업용 항생물질계 살균제로 개발되었다 (Umezawa et al., 1965). Oxytetracycline과는 다른 작용기작으로 병원균을 억제하는데, 병원균에서 aminoacyl-tRNA가 리보솜에 부착하는 것을 억제하여 단백질 합성을 억제하는 살균제이다 (Tanaka et al., 1966). 이미 식물병원진균과 더불어 *Erwinia*, *Pseudomonas*, *Xanthomonas* 등과 같은 식물병원세균에 대해서도 발병 억제 효과

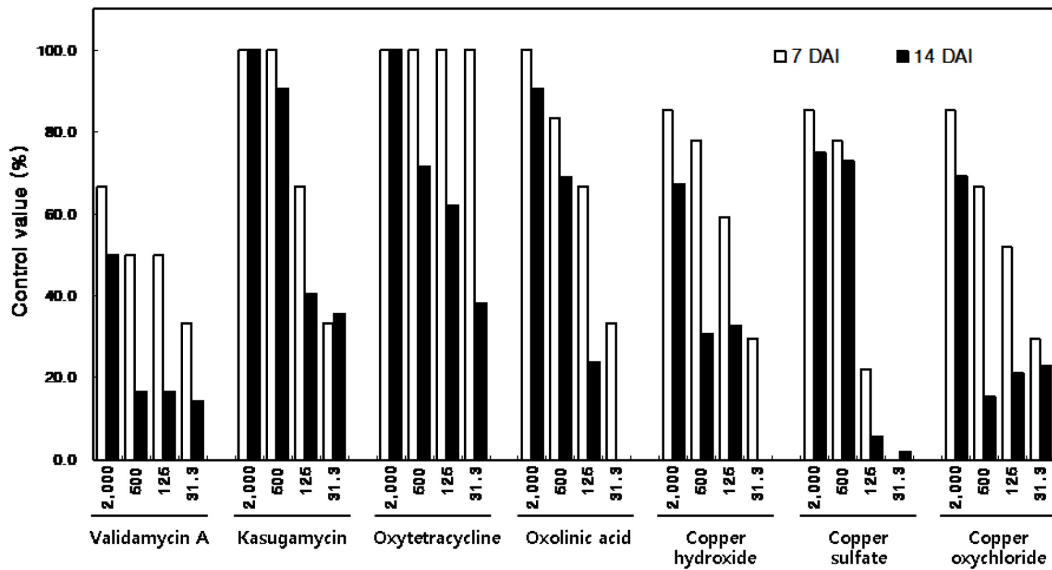


Fig. 2. Control efficacy of fungicides against pepper bacterial wilt caused by *Ralstonia solanacearum*. Disease severity was investigated 7 (open square box) and 14 (closed square box) days after inoculation, following the disease index showing in Table 1.

가 있음이 보고되어 있다(Adaskaveg et al., 2011; Yamaguchi, 1998). 다만 불마름병을 방제하기 위해서 사과에 처리하였을 때, 처리하는 농도에 따라서 꽃과 잎이 마르는 약해 현상이 발생하였다(Psallidas and Tsiantos, 2000). 본 연구 결과, kasugamycin은 풋마름병균에 대해 직접적인 생육 억제효과 뿐만 아니라 고추 유묘에서도 효과적으로 방제하였다. 또한 사과에서와는 다르게 2,000 µg mL<sup>-1</sup>을 토양 관주 처리하였을 때에도 고추 유묘에 대한 약해는 전혀 발견되지 않았다. 하지만 다른 항생물질계 살균제인 validamycin A는 병원균의 생장을 전혀 억제하지 못하였고, 2,000 µg/ml를 고추 유묘에 관주처리하였을 때조차 66.7%의 낮은 효과를 보였을 뿐이었다. 하지만 최근 토마토에 병원균을 접종하기 7일 전에 100 µg mL<sup>-1</sup>의 농도로 경엽처리하였을 때 전신유도저항성이 유도되어 *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*에 의해서 발생하는 덩굴쪼김병을 방제하기 때문에, 풋마름병에 대해서도 전신유도저항성 발현을 통한 병 방제 효과를 조사해 볼 필요가 있다.

Copper를 함유하고 있는 copper hydroxide, copper sulfate, copper oxychloride/dithianone 등은 2,000 µg/ml 처리구에서 85.2%의 방제효과를 보였다. 동은 보르도액에 첨가되는 내용물 중의 하나로 아주 오랜 기간 살균제로 사용되어 온 무기화합물이다. 동 이온은 병원균 포자 내부로 흡수되어 단백질질을 변성시켜 다양한 효소의 활성을 억제함으로써 병원균의 생육을 저해하기 때문에, 동 이온의 수용해도가 동 살균제의 효과에 영향을 미칠 수 있다(Wain and Wilkinson, 1943). 하지만 큐티클 막을 이용한 *Venturia inaequalis*에 대한 실험에서 수용해도가 낮은 copper hydroxide가 수용해도가 높은 copper sulfate보다 높은 효과를 보이는 것을 보면

동 살균제의 효과가 수용해도에만 의존하는 것은 아니라고 생각된다(Montag et al., 2006). 또한 Fig. 1에서 보는 것과 같이 수용해도가 다른 세 종류의 동 살균제가 1,000 µg mL<sup>-1</sup> 처리구에서 동등한 효과를 보여주고 있었다.

Oxolinic acid의 경우 2,000 µg/ml 처리구에서 100%의 효과를, 500 µg/ml 처리구에서는 83.3%의 효과를 보였다. Oxolinic acid는 1세대의 quinolone계 항미생물제로서 그람 음성 세균에 의해서 발생하는 병을 방제하는데 사용되어 왔다(King et al., 2000). 본 실험에서도 병원균 생육 억제 검정과 온실에서 실시한 유묘 검정에서도 방제효과를 보였으나, 그 효과가 살균제 농도가 감소하거나 처리 후 시간이 경과하면서 빠르게 감소하는 단점이 있기는 하나, 포장 검정을 통해서 병 방제효과를 조사할 필요가 있다고 생각한다.

대부분의 살균제들은 처리하고 14일 후에는 효과가 빠르게 감소하였다. 각 살균제의 500 µg/ml 처리구의 효과를 비교하여 보면 kasugamycin에서 90.5%의 가장 높은 효과가 나타났고, 7일 후 조사에서 가장 우수한 효과를 보였던 oxytetracycline에서도 71.4%로 감소하였다.

이상의 결과에서 보면 기존의 살균제 중에서 고추 풋마름병균을 방제하기 적합한 살균제는 oxytetracycline과 oxolinic acid 그리고 kasugamycin 등이라고 생각한다. 하지만 oxytetracycline과 oxolinic acid는 유묘 검정 결과, 처리 후 시간이 경과함에 따라서 그 효과가 감소하기 때문에 포장에 적용하였을 때 효과가 지속될 지에 대해서는 의문이 남는다. 반면 kasugamycin의 경우 실내 검정과 유묘 검정 모두에서 억제효과를 확인하였으며, 500 µg mL<sup>-1</sup>를 처리하였을 때 처리 후 14일까지도 효과가 지속되었기 때문에 oxytetracycline과 oxolinic acid보다는 포장에서 적용이 용이할 것으로 생

각한다. 또한 포장에서 살균제의 효과를 상승시키기 위한 방법 중의 하나로 서로 다른 살균제의 혼합 처리를 제안할 수 있다. 현재 포장에서는 풋마름병의 발생이 전국적으로 증가하고 있는 실정이며 마땅한 방제의 방법이 제안되고 있지 않는 현 상황에서 본 실험을 통하여 선발된 살균제의 포장에서 효과와 다양한 처리 방법 등에 대한 연구가 필요한 시점이 아닌가 생각한다.

## 감사의 글

This study was supported by National Azenda Program (PJ009324) of Rural Development Administration, Republic of Korea.

## Literature Cited

- Adaskaveg, J. E., H. Horster and M. L. Wade (2011) Effectiveness of kasugamycin against *Erwinia amylovora* and its potential use for managing fire blight of pear. *Plant Dis.* 95:448-454.
- Akinbowale, O. L., H. Peng and M. D. Barton (2007) Diversity of tetracycline resistance genes in bacteria from aquaculture sources in Australia. *J. Appl. Microbiol.* 103:2016-2025.
- Ball, P. R., S. W. Shales and I. Chopra (1980) Plasmid-mediated tetracycline resistance in *Escherichia coli* involves increased efflux of the antibiotic. *Biochem. Biophys. Res. Commun.* 93:74-81.
- Boukaew, S., S. Chuenchit and V. Petcharat (2011) Evaluation of *Streptomyces* spp. for biological control of *Sclerotium* root and stem rot and *Ralstonia* wilt of chili pepper. *BioControl* 56:365-374.
- Burdett, V. (1991) Purification and characterization of Tet(M), a protein that renders ribosomes resistant to tetracycline. *J. Biol. Chem.* 266:2872-2877.
- Chopra, I. and M. Roberts (2001) Tetracycline antibiotics: mode of action, applications, molecular biology and epidemiology of bacterial resistance. *Microbiol. Mol. Biol. Rev.* 65:232-260.
- Hayward, A. C. (1991) Biology and epidemiology of bacterial wilt caused by *Pseudomonas solanacearum*. *Annu. Rev. Phytopathol.* 29:65-87.
- Ishikawa, R., K. Shirouzu, H. Nakashita, H.-Y. Lee, T. Motoyama, I. Yamaguchi, T. Teraoka and T. Arie (2005) Foliar spray of validamycin A or validoxylamine A controls tomato Fusarium wilt. *Phytopathology* 95:1209-1216.
- Jeong, Y., J. Kim, Y. Kang, S. Lee and I. Hwang (2007) Genetic Diversity and Distribution of Korean Isolates of *Ralstonia solanacearum*. *Plant Dis.* 91:1277-1287.
- Ji, P., M. T. Momol, S. M. Olson, P. M. Pradhanang, and J. B. Jones (2005) Evaluation of Thymol as Biofumigant for Control of Bacterial Wilt of Tomato Under Field Conditions. *Plant Dis.* 89:497-500.
- King, D. E., R. Malone and S. H. Lilley (2000) New classification and update on the quinolone antibiotics. *Am. Fam. Physician* 61:2741-2748.
- Lee, Y. H., C. W. Choi, S. H. Kim, J. G. Yun, S. W. Chang, Y. S. Kim and J. K. Hong (2012) Chemical pesticides and plant essential oils for disease control of tomato bacterial wilt. *Plant Pathol. J.* 28:32-39.
- Lemessa, F. and W. Zeller (2007) Pathogenic characterization of strains of *Ralstonia solanacearum* from Ethiopia and influence of plant age on susceptibility of hosts against *R. solanacearum*. *J. Plant Dis. Protect.* 114:241-249.
- Michel, V. V., J.-F. Wang, D. J. Midmore and G. L. Hartman (1997) Effect of intercropping and soil amendment with urea and calcium oxide on the incidence of bacterial wilt of tomato and survival of soil-borne *Pseudomonas solanacearum* in Taiwan. *Plant Pathol.* 46:600-610.
- Mimura, Y., T. Kageyama, Y. Minamiyama and M. Hirai (2009) QTL analysis for resistance to *Ralstonia solanacearum* in *Capsicum* accession "LS2341". *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 78:307-313.
- Mimura, Y. and M. Yoshikawa (2009) Pepper accession LS2341 is highly resistant to *Ralstonia solanacearum* strains from Japan. *Hortscience* 44:2038-2040.
- Montag, J., L. Schreiber and J. Schonherr (2006) An in vitro study on the postinfection activities of copper hydroxide and copper sulfate against conidia of *Venturia inaequalis*. *J. Agric. Food Chem.* 54:893-899.
- Psallidas, P. G. and J. Tsiantos (2000) Chemical control of fire blight. Pages 199-234 in: *Fire blight. The disease and its causative agent, Erwinia amylovora*. J. L. Vanneste, ed. CABI publishing, New York.
- Roberts, M. C. (2003) Tetracycline therapy: update. *Clin. Infect. Dis.* 36:462-467.
- Ross, J. I., E. A. Eady, J. H. Cove and W. J. Cunliffe (1998) 16S rRNA mutation associated with tetracycline resistance in a gram-positive bacterium. *Antimicrob. Agents Chemother.* 42:1702-1705.
- Tanaka, N., H. Yamaguchi and H. Umezawa (1966) Mechanism of kasugamycin action on polypeptide synthesis. *J. Biochem.* 60:429-434.
- Umezawa, H., Y. Okami, T. Hashimoto, Y. Suhara, M. Hamada and T. Takeuchi (1965) A new antibiotic, kasugamycin. *J. Antibiot.* 18:101-103.
- Wain, R. L. and E. H. Wilkinson (1943) Studies upon the copper fungicides. *Ann. Appl. Biol.* 30:379-391.
- Wenneker, M., M. Verdel, R. Groeneveld, C. Kempenaar, A. van Beuningen and J. Janse (1999) *Ralstonia (Pseudomonas) solanacearum* race3 (biovar2) in surface water and natural weed hosts: first report on stinging nettle (*Urtica dioica*). *Eur. J. Plant Pathol.* 105:307-315.
- Yamaguchi, I. (1998) Natural product-derived fungicides as exemplified by the antibiotics. Pages 57-85 in: *Fungicidal*

- activity. Chemical and biological approaches to plant protection. D. Huston and J. Miyamoto, eds. John Wiley & Sons, Chichester, UK.
- Yang, W., I. F. Moore, K. P. Koteva, D. C. Bareich, D. W. Hughes and G. D. Wright (2004) TetX is a flavin-dependent monooxygenase conferring resistance to tetracycline antibiotics. *J. Biol. Chem.* 279:52346-52352.
- Yun, G. S., S. Y. Park, H. J. Kang, K. Y. Lee and J. S. Cha (2004) Contamination level of *Ralstonia solanacearum* in soil of greenhouses cultivating tomato plants in Chungbuk province and characteristics of the isolates. *Res. Plant Dis.* 10:58-62 (in Korean).
- Zakeri, B. and G. D. Wright (2008) Chemical biology of tetracycline antibiotics. *Biochem. Cell Biol.* 86:124-136.

## 고추 풋마름병에 대한 살균제의 방제 효과

이수민<sup>1</sup> · 곽연수<sup>1</sup> · 이경희<sup>2</sup> · 김흥태<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>충북대학교 농업생명환경대학 식물의학과, <sup>2</sup>충북농업기술원 친환경연구과

**요 약** 식물세균병 방제에 사용되는 3종의 동 살균제, 3종의 항생물질계 살균제, 그리고 1종의 quinolone계 살균제를 선발하여 풋마름병균인 *Ralstonia solanacearum*에 대한 생장 억제 효과와 고추 유묘에서의 병 방제 효과를 조사하였다. NA배지 상에서 실시한 생장 억제 실험에서 oxytetracycline은 가장 우수한 효과를 보였는데, 1000 µg mL<sup>-1</sup> 처리에서 저지원의 크기가 14.95 mm로 가장 크게 나타났으며 8.0 µg mL<sup>-1</sup> 처리구에서도 0.91 mm 크기의 저지원을 확인할 수 있었다. Validamycin은 병원균 생장에 대한 억제효과가 전혀 없었다. 동 살균제들은 copper hydroxide, copper oxychloride+dithianone, copper sulfate의 1000 µg mL<sup>-1</sup> 처리구에서 각각 2.19, 1.30, 1.48 mm의 저지원이 나타났을 뿐 큰 효과를 보이지 않았다. 유묘 검정을 위해서 토양에 살균제를 관주처리하였을 때, 실내 검정에서 가장 효과가 우수하였던 oxytetracycline이 병원균을 집중하고 7일 후까지 모든 처리 농도에서 시들음 증상이 전혀 관찰되지 않아 100%의 아주 우수한 방제효과를 보였으나, 14일 후에는 500 µg mL<sup>-1</sup>의 처리구에서부터 효과가 감소하였다. 3종의 동 살균제는 7일 후에 2000 µg mL<sup>-1</sup>에서 90%의 효과를 보여 다른 살균제보다 낮은 효과를 보였으며, 14일 후에는 copper sulfate를 제외한 2종의 살균제에서는 500 µg mL<sup>-1</sup> 처리구에서 효과가 40% 이하로 감소하였다. 결과적으로 *R. solanacearum*에 의한 풋마름병의 방제를 위해서는 동 살균제보다는 항생물질계 살균제 또는 quinolone계 살균제 중에서 선발하여 사용하는 것이 타당할 것으로 생각된다.

**색인어** 고추 풋마름병, 살균제 방제효과, oxytetracycline