

2005년과 2006년에 채집한 고추 역병균(*Phytophthora capsici*)의 Metalaxyl에 대한 약제 반응

김선보 · 이수민 · 민지영 · 김흥태*

충북대학교 농업생명환경대학 응용생명환경학부 식물의학전공
(2007년 11월 2일 접수, 2007년 12월 22일 수리)

Response to metalaxyl of *Phytophthora capsici* isolates collected in 2005 and 2006

Sun Bo Kim, Soo Min Lee, Gi Young Min and Heung Tae Kim

(Department of Plant Medicine, College of Agriculture, Life and Environment Science, Chungbuk National University, Cheongju, Chungbuk 361-763, Korea)

Abstract : It was investigated the response to metalaxyl of *Phytophthora capsici* isolates collected in 2005 and 2006. With effective concentrations (EC_{50}) of metalaxyl causing 50% growth inhibition, resistance baseline was determined as more than $1.0 \mu\text{g mL}^{-1}$. Based on the resistance baseline, isolation frequency (%) of *P. capsici* resistant to metalaxyl was 29.0% and 21.8% in 2005 and 2006, respectively. Among the isolates of *P. capsici* obtained in 2006, the isolation frequency was variable; 33.3% in Chungnam, 26.3% in Chungbuk and 11.1% in Gyeongbuk. Two isolates of metalaxyl-sensitive (MS) and two isolates of metalaxyl-resistant (MR) *P. capsici* were selected and then used to investigate the activity of metalaxyl to their development stages. Even though there was a difference in mycelial growth inhibition by metalaxyl between MS and MR isolates, the fungicide was not active or nearly to sporangium germination, zoospore release, and zoospore germination of both MS and MR isolates. However, the fungicide showed weak activity against sporangium germination and zoospore release of *P. capsici*, not related with its resistance. Also, it was not inhibitory to zoospore germination of both resistant and sensitive isolates. In a greenhouse test, it showed 100% of control value against *P. capsici* 06-86 sensitive to metalaxyl, when it was applied by soil-drenching at $25 \mu\text{g mL}^{-1}$. However, 06-130 and 16-155 resistant to metalaxyl showed less than 20% of control value.

Keywords : pepper *Phytophthora* blight, metalaxyl, fungicide resistance

서 론

Metalaxyl은 1979년 Ciba-Geigy사에서 개발된 난균류에 의한 병해 방제용 살균제이다(Tomlin, 2006). Metalaxyl은 예방 효과와 치료 효과를 모두 지닌 침투이행성 살균제로서 병원균의 ribosomal RNA 합성 효소의 활성을 저해함으로써 단백질 합성을 방해하는 약제로 알려져 있다(Davide 등, 1983). Metalaxyl은 *Peronospora*, *Pseudoperonospora*, *Plasmopara*, *Bremia* 등에 의해서 발생하는 노균병과 다양한 *Phytophthora* 종에 의한 역병, *Pythium*에 의한 모잘록병 등의 방제에

사용되고 있다.

Metalaxyl은 침투이행성을 보유하고 있을 뿐만 아니라 작용기작 역시 특이적이기 때문에 포장에서 저항성을 보이는 병원균의 발생이 용이하였다. Leroux와 Clerjeau는 프랑스의 포도 밭에서 metalaxyl에 대해서 저항성을 보이는 *Plasmopara viticola*를 보고하였다(1985). Diriwächter 등(1987)은 *Phytophthora infestans*와 *P. viticola*에서 phenylamide계에 속하는 metalaxyl, cyprofuram, ofurace oxadixyl 등에 대해서 교차 저항성이 발현되었다고 보고하기도 하였다. 국내에서는 metalaxyl을 1987년부터 사용하기 시작하였고, 3년 후인 1990년에 포장에서 저항성균의 발생이 보고되었다(최 등, 1992). 감자 역병균인 *P. infestans*에 대한 저항

*연락처 : Tel: +82-43-261-2556, Fax: +82-43-271-4414,
E-mail: htkim@chungbuk.ac.kr

성균의 발현은 다른 연구자들에 의해서 계속적으로 보고되었다(김 등, 1993; 이 등, 1994). 장 등(2003)은 강원 지역의 감자 포장에서 2001년과 2002년에 분리한 감자 역병균에 대해서 $10 \mu\text{g mL}^{-1}$ 의 metalaxyl을 첨가한 배지에서 살균제를 첨가하지 않은 대조구에서의 생육과 비교하여 40% 이상 생육할 경우를 저항성균, 40% 미만으로 생육하는 경우를 중도저항성균, 전혀 생육이 되지 않는 경우를 감수성균으로 분류하였다. 그 결과 중도저항성균의 비율이 2001년과 2002년에 87.8%와 80.1%로 과거와 다르게 증가하였고, 그 결과 포장에서 metalaxyl의 효과가 우수하게 나타났다고 보고하였다.

감자 역병균과 동일한 속에 속하는 *P. capsici*는 고추에서 역병을 일으키는 병원균으로 알려져 있다. Ham 등(1991)이 세계 여러 나라로부터 *P. capsici*를 분양받아 metalaxyl에 대한 반응을 조사한 결과에 의하면, 군사생장을 억제하는 EC_{50} 값이 0.1 - 13.0 $\mu\text{g mL}^{-1}$ 의 범위를 보였으며, 대부분의 한국 균주들은 감수성을 보인 반면에, 몇몇의 유럽 균주는 상당히 높은 저항성을 보여주었다. 하지만 그들이 사용한 국내의 균주들은 극히 제한적인 균주들이었기 때문에, 국내 전체적으로 저항성균의 발생 여부를 판단할 수 없는 자료이었다. Oh와 Kim(1992)은 전국의 11개소의 고추 재배지에서 109개의 균주를 분리하여 저항성 발현 여부를 조사하였는데, 군사생장을 90% 억제하는 농도인 EC_{90} 값을 가지고서 저항성의 정도를 분류하였다. 그들은 EC_{90} 값이 $20 \mu\text{g mL}^{-1}$ 이하인 균주를 감수성균, $100 \mu\text{g mL}^{-1}$ 이상인 균주를 저항성균이라고 하였으며, 그 비율은 시험에 사용한 전체 균주 중에서 21%와 13%를 차지한다고 하였다.

중요한 것은 당시 실험한 109개의 균주 중에서 감수성으로 분류하고 있는 균주의 수는 23개뿐으로 나머지 86개의 균주가 중도저항성이거나 저항성인 균주라는 것이었다. 이처럼 포장에서 높은 저항성균의 발현 빈도를 보였던 metalaxyl은 지금까지도 포장에서 사용되고 있으나, 지속적인 저항성 모니터링은 이루어지고 있지 않았다.

따라서 본 실험에서는 전국의 고추 재배지에서 역병균에 감염되어 시들음 증상을 보이는 고추를 채집하여 병원균을 분리하고, metalaxyl에 대한 병원균의 저항성을 검정하기 위하여 저항성의 기준을 결정하고, 연도별, 지역간의 저항성 발현 정도를 조사하였다. 또한 감수성과 저항성인 역병균을 선발하여 metalaxyl의 방제 효과를 조사하고자 하였다.

재료 및 방법

발병 고추의 채집과 병원균의 분리 및 배양

전국의 고추 재배 지역을 중심으로 시들음 증상을 보이는 고추를 채집하고, 역병균을 분리하였다. 채집한 병든 고추의 지체부를 잘라서 흐르는 물에서 30분간 세척하고 건조시킨 다음, 1%의 NaOCl를 이용하여 표면 살균하였다. 표면 살균한 병든 고추의 조직은 Jee 등(1997)의 배지(Pimaricin; 10 mg, Rifampicin; 10 mg, Ampicillin; 100 mg, Hymexazol; 25 mg, PCNB; 50 mg, Corn meal agar; 1 L)에 치상하여 20°C에서 배양하고, 자라난 균총의 선단을 새로운 V-8 juice 배지(V-8 juice; 200 ml, CaCO₃; 1 g, 증류수; 1 L)에 접종하여 순수분리하였다.

살균제에 대한 저항성 발현 모니터링

Metalaxyl(a.i. 25%, WP)을 선발하여 고추 역병균의 살균제에 대한 저항성 발현 정도를 실험하였다. Metalaxyl을 V-8 juice 배지에 최종농도가 100, 20, 0.8, 0.16, 0.032 $\mu\text{g mL}^{-1}$ 가 되도록 첨가하고, 동시에 세균의 오염을 방지하기 위해서 streptomycin을 300 $\mu\text{g mL}^{-1}$ 씩 첨가하였다. V-8 juice 배지에 역병균을 이식하고, 20°C에서 5일간 배양한 후, 군사 선단에서 직경 5 mm의 군사 조각을 떼어 내어 살균제가 농도별로 첨가된 V-8 juice 배지에 접종하고 20°C에서 5일간 배양하였다. 각각의 배지에서 역병균의 균총을 측정하여 살균제를 처리하지 않은 배지에서의 균총 길이와 비교함으로써 살균제의 군사 생장 억제율을 구하였다.

$$\text{군사생장 억제율 (\%)} = \left(1 - \frac{\text{살균제 배지에서의 균총의 직경}}{\text{살균제 무처리 배지에서의 균총의 직경}}\right) \times 100$$

Metalaxyl에 대한 병원균의 저항성 정도는 병원균에 대한 군사생장 억제율을 가지고서 비교하였다.

역병균의 생육 단계에 미치는 metalaxyl의 영향

Metalaxyl에 대해서 감수성인 역병균 *P. capsici* 06-37과 06-86, 저항성인 *P. capsici* 06-130과 06-155를 선발하여 실험에 사용하였다. 선발한 4개 균주의 유주포자낭 발아, 유주포자 나출 및 유주포자 발아에 미치는 metalaxyl의 효과를 조사하였다. 20°C의 V-8 juice 배지에서 5일간 배양한 역병균의 군사 선단에서 직경 5 mm의 군사 조각을 떼어내어 oat meal 배지에 접종하고, 20°C에서 1주일간 배양하였다. Oat meal 배

지에서 자란 역병균의 균사 표면을 긁어서 상처를 낸 후, 동일한 조건에서 2일간 형광등을 조사하였다. 배지 표면에서 형성된 유주포자낭을 수확하여 유주포자낭의 농도를 1×10^4 개 mL^{-1} 로 조절한 후, 실험에 사용하였다. 유주포자낭의 발아에 미치는 metalaxyl의 효과를 조사하기 위하여 살균제를 농도별로 처리하고 25°C에서 5시간 배양하였으며, 살균제의 처리별로 100개의 유주포자낭을 3반복 씩 현미경 하에서 관찰하였다. 유주포자낭으로부터 유주포자가 나출되는데 미치는 metalaxyl의 효과를 조사하기 위하여 수확한 유주포자낭에 정해진 농도로 살균제를 처리하고 10°C에서 5시간 배양한 후, 100개씩의 유주포자낭에서 유주포자가 나출되어 비어있는 유주포자낭의 수를 3반복으로 조사하였다. 또한 유주포자의 발아에 미치는 metalaxyl의 효과를 조사하기 위하여 위에서 서술한 것과 동일한 방법으로 유주포자를 나출시켜 수확한 후, metalaxyl을 처리하여 25°C에서 5시간 배양하였다. 현미경 하에서 100개씩의 유주포자를 3반복으로 조사하여 metalaxyl이 유주포자의 발아에 미치는 효과를 조사하였다.

고추 유묘에서 저항성 역병균의 발병을 억제하는 metalaxyl의 효과

온실에서 고추(품종 : 녹광) 유묘를 6엽기까지 재배한 후, 25 $\mu\text{g mL}^{-1}$ 의 metalaxyl을 고추 유묘를 재배한 포트(직경 : 7 cm) 당 20 mL씩 토양관주 처리하였다. Oat meal 배지에서 수확한 유주포자낭을 1×10^4 개 mL^{-1} 의 농도로 조절한 후, 포트 당 10 mL를 토양관주하여 접종하였다. 접종한 고추 유묘는 온실에서 보관하며 발병을 유도하였으며, 6일과 9일 후에 발병 정도를 조사하였다.

결과 및 고찰

포장에서 분리한 역병균의 metalaxyl에 대한 저항성 검정

고추 역병균의 균주는 2005년 이전에 분리한 균주를 29개, 2006년에 분리한 101개의 균주를 실험에 사용하였다. Metalaxyl에 대한 2005년 이전에 분리한 균주와 2006년에 분리한 균주의 균사생장 억제 효과를 가지고서 저항성 정도를 비교하여 보면, 그림 1에서와 같았다. Metalaxyl에 대해서 2005년 이전에 분리한 역병균과 2006년에 분리한 역병균의 EC_{50} 값은 각각 1.454(0.022 - 9.344)와 0.830(0.001이하 - 5.724) μg

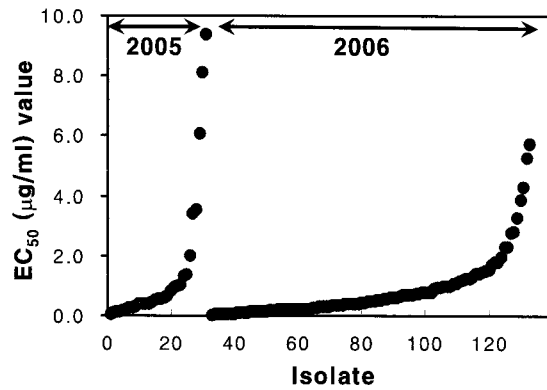


Fig. 1. EC_{50} value of metalaxyl against *Phytophthora capsici* causing pepper Phytophthora blight. Isolates of *P. capsici* were obtained from infected pepper plants. The effect of metalaxyl on *P. capsici* were determined by investigating the activity inhibiting the mycelial growth of *P. capsici* on V-8 juice agar medium amended with the fungicide at the indicated concentration.

mL^{-1} 으로 나타났다. 2005년과 2006년에 분리한 역병균 중에서 EC_{50} 값이 0.1 $\mu\text{g mL}^{-1}$ 이하인 병원균의 분리 빈도는 6.5와 11.9%이었으며, 2.0 $\mu\text{g mL}^{-1}$ 이상인 균주의 분리 빈도는 16.1과 5.0%로, 2005년보다 2006년에 분리한 병원균에서 EC_{50} 값이 낮은 병원균 집단의 비율이 높게 나타났다(그림 2). 이와 같은 병원균 집단의 분포 변화는 Fig. 1에서 2005년에 분리된 병원균의 평균 EC_{50} 값이 2006년보다 높은 결과와 부합하는 결과라고 생각한다.

EC_{50} 값을 기준으로 그림 2에서 분류하고 있는 각각의 그룹에서 하나의 균주씩을 선발하여 metalaxyl의 농도에 따른 병원균의 균사생장 억제효과의 경향을 비교하여 보면, 그림 3에서 보는 것과 같이 2가지의 경향을 나타내고 있었다. 각 EC_{50} 값의 그룹에서 선발한 균주의 균사 생장 억제 양상은 2005년과 2006년에 분리한 균주 모두가 0.1 $\mu\text{g mL}^{-1}$ 이하, 0.1 - 0.5 $\mu\text{g mL}^{-1}$, 0.5 - 1.0 $\mu\text{g mL}^{-1}$ 의 그룹은 metalaxyl의 억제 정도가 비슷하였으며, 1.0 - 2.0 $\mu\text{g mL}^{-1}$ 와 2.0 $\mu\text{g mL}^{-1}$ 이상의 그룹에 속하는 균주의 억제 양상이 유사하였다. 이러한 결과를 종합하여 보면 metalaxyl에 대한 저항성 균주의 판별 기준은 1.0 $\mu\text{g mL}^{-1}$ 의 EC_{50} 값을 가지고 결정할 수 있었다.

Metalaxyl에 대한 저항성균의 발생은 다양한 식물병원균에서 보고되어 있으며, 저항성균을 구별하는 기준도 연구자에 따라서 다양하였다. Hanukkaka(1994)는 1990년부터 1993년까지 *P. infestans*를 채집하여 metalaxyl에 대한 반응을 구별하였는데, metalaxyl을

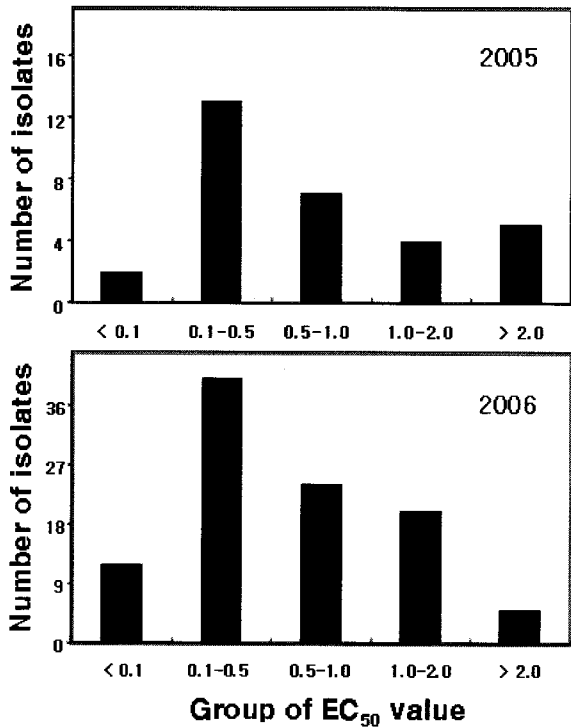


Fig. 2 Distribution of isolates of *Phytophthora capsici* causing pepper Phytophthora blight according to EC₅₀ value of metalaxyl.

0.01 $\mu\text{g mL}^{-1}$ 이하로 처리한 감자 잎에서 포자낭을 형성하는 균주들을 감수성, 0.1 - 10 $\mu\text{g mL}^{-1}$ 사이에서 포자낭을 형성하는 균주를 중도저항성, 100 $\mu\text{g mL}^{-1}$ 이상을 처리하였을 때도 포자낭을 형성하는 균주를 저항성으로 분류하였고, 1993년에 분리한 404개의 감자 역병균 중에서는 83%가 저항성균이라고 보고하였다. Metalaxyl에 대한 *P. infestans*의 저항성을 규정하기 위해서 Lee 등(1999)은 5 $\mu\text{g mL}^{-1}$ 의 metalaxyl이 첨가된 배지에서 생육이 가능한 병원균을 저항성균으로 규정하기도 하였다. Zhang 등(2005)은 강원도 지역에서 분리한 *P. infestans*의 metalaxyl 등의 역병 방제용 살균제에 대한 저항성 검정을 위해서, 5 $\mu\text{g mL}^{-1}$ 의 metalaxyl 첨가 배지에서 무처리구와 비교하여 10% 미만의 균사 생장을 보이는 균주를 감수성균으로, 5 $\mu\text{g mL}^{-1}$ 의 metalaxyl 첨가 배지에서 10% 이상의 균사 생장을 보이고 100 $\mu\text{g mL}^{-1}$ 의 배지에서 40% 이하의 균사생장을 하는 균주를 중도저항성균, 100 $\mu\text{g mL}^{-1}$ 의 배지에서 40% 이상의 균사생장을 하는 균주를 저항성균으로 분류하였다. Oh와 Kim(1992)은 고추에 역병을 일으키는 *P. capsici*에 대한 저항성 기준을 균사생장을 90% 억제하는 농도인 EC₉₀값을 가지고서 결정하였는데, EC₉₀값이 20 μg

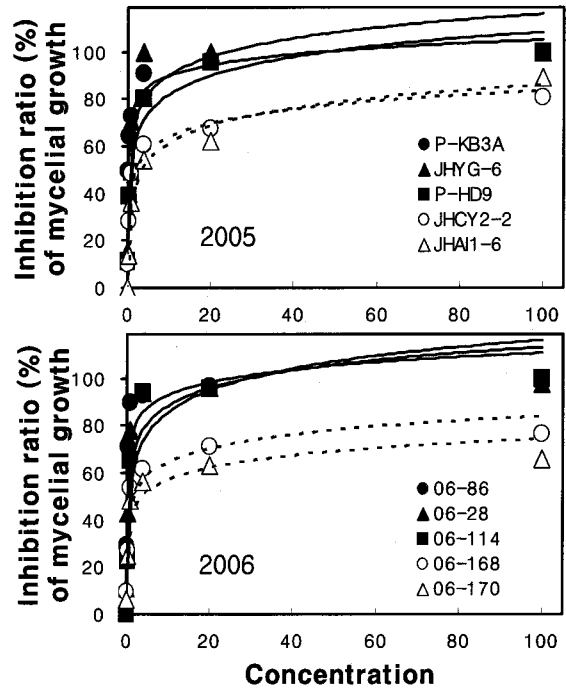


Fig. 3 Inhibition ratio (%) of mycelial growth of *Phytophthora capsici* on V-8 juice medium amended with metalaxyl. Colony diameter was measured after incubation for 5 days at 20°C.

mL^{-1} 이하인 균주를 감수성균, 100 $\mu\text{g mL}^{-1}$ 이상인 균주를 저항성균이라고 하였다. 이처럼 *Phytophthora*에 대한 metalaxyl의 저항성 기준은 연구자에 따라서 다양하기 때문에 지속적인 저항성 모니터링을 수행하는데 어려움이 있었다. 본 연구에서는 그림 3의 결과를 근거로, Oh와 Kim이 저항성균을 판별하는데 사용한 EC₉₀값보다는 EC₅₀값을 사용하는 것이 타당하리라고 생각하여 EC₅₀값이 1.0 $\mu\text{g mL}^{-1}$ 이상인 균주를 저항성 균주로 분류하였다. 이 기준을 가지고서 *P. capsici*의 metalaxyl에 대한 감수성과 저항성 균주의 비율을 조사하여 보면, 2005년에 분리한 역병균에서는 29.0%가 저항성 균주로 밝혀졌으며, 2006년에는 21.8%로 나타났다(그림 4). Oh와 Kim(1992)은 전국 주요 고추 재배지에서 분리한 균주 중에서 13%가 저항성균이었던 것으로 보고한 것과 비교하면, 그 비율이 증가하고 있는 양상임을 알 수 있었다. 또한 그림 5에서와 같이 2006년에 분리한 균주는 분리한 지역에 따라서 저항성 균주의 비율에 차이가 있었는데, 충남지역이 33.3%로 가장 높은 분리 빈도를 보였고, 충북과 경북이 26.3과 11.1%의 저항성 균주의 비율을 보였다.

고추 역병균의 생육 단계에 미치는 metalaxyl의 영향

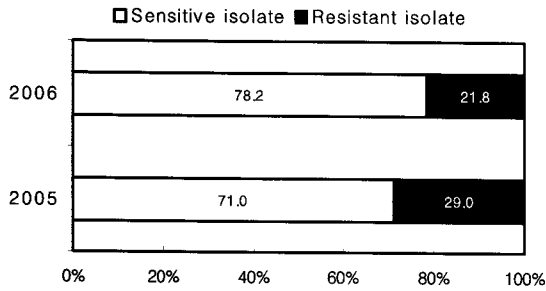


Fig. 4 Variation of the metalaxyl-sensitivity of *Phytophthora capsici* isolated in 2005 and 2006. Resistant isolates were indicated as those showing EC₅₀ value 1.0 µg mL⁻¹.

Metalaxyl에 대하여 감수성인 균주에서 06-37과 06-86을, 저항성인 균주에서 06-130과, 06-155를 각각 선발하였다. 선발한 네 개의 균주에 대한 metalaxyl의 균사생장 억제 효과는 Fig. 4에서 보는 것과 같이 감수성 균주와 저항성 균주 간에 뚜렷한 차이가 나타났다. 감수성 균주인 *P. capsici* 06-37과 06-86은 0.8 µg mL⁻¹의 metalaxyl 처리구에서 균사생장이 98.1과 89.6%씩 억제되었지만, 저항성 균주인 *P. capsici* 06-130과 06-155의 균사생장은 48.7과 45.3%가 억제되었다. 이는 Ham 등(1991)이 metalaxyl에 대해서 저항성과 감수성을 보이는 *P. capsici*에서 보고한 내용과 일치하였으며, *P. infestans*를 가지고 실험한 최 등(1992)의 결과와도 일치하고 있다. Schwinn과 Staub(1995)는 metalaxyl은 병원균의 균사생장과 포자형성을 특이적으로 억제한다는 보고와도 일치하였다.

하지만 표 1에서 보는 것과 같이 metalaxyl은 선발한

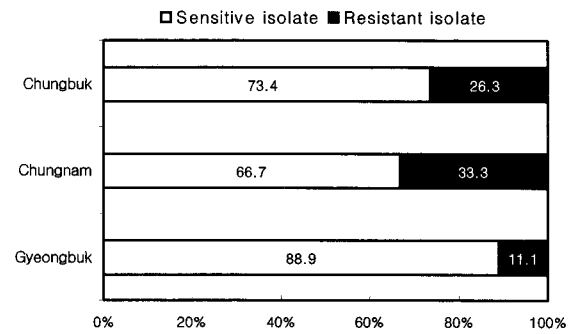


Fig. 5 Variation of the metalaxyl-sensitivity of *Phytophthora capsici* isolated from pepper according to the isolation regions in 2006. Resistant isolates were indicated as those showing EC₅₀ value 1.0 µg mL⁻¹.

4개 균주 모두에 대해서 유주포자낭의 발아, 유주포자 나출, 유주포자 발아 등을 억제하지는 못하였다. Metalaxyl 250 µg mL⁻¹의 처리에서 감수성 균주인 *P. capsici* 06-37과 06-86에 대한 유주포자낭 발아 억제는 54.7과 32.7%이었으며, 저항성 균주로 선발된 06-130과 06-150에 대해서는 53.3와 6.5%이었다. Metalaxyl의 동일한 농도에서 각각의 균주에 대한 유주포자의 나출 억제 효과는 63.9와 28.9%, 그리고 44.9와 72.6%이었으며, 유주포자의 발아에 대한 억제 효과는 06-37만이 17.8%가 억제되었고, 나머지 균주들의 유주포자 발아는 전혀 억제되지 않았다. 최 등(1992)도 metalaxyl의 처리가 metalaxyl에 대한 저항성과 감수성인 *P. infestans*의 포자낭 발아와 유주포자 나출에는 효과가 없었다고 하였다. *P. capsici*를 가지고서 실험한 Ham 등(1991)도 metalaxyl이 저항성과 감수성균의 포자

Table 1. Inhibitory effect of metalaxyl on the development stage of *Phytophthora capsici* in the infection process

Development stages	Isolates	Concentration (µg mL ⁻¹)			
		250	25.0	2.5	0.25
Zoosporangium germination					
	06-37	54.7	23.7	21.5	12.2
	06-86	32.7	41.5	41.9	37.7
	06-130	53.3	26.5	28.6	0.8
	06-155	6.5	6.0	1.1	0.8
Zoospore release					
	06-37	63.9	44.7	42.6	17.2
	06-86	28.9	13.6	8.2	11.3
	06-130	44.9	27.6	29.8	24.4
	06-155	72.6	66.8	18.2	0.0
Zoospore germination					
	06-37	17.8	6.1	2.2	0.3
	06-86	0.0	0.0	0.0	0.0
	06-130	0.0	0.0	0.0	0.0
	06-155	0.0	0.0	0.0	0.0

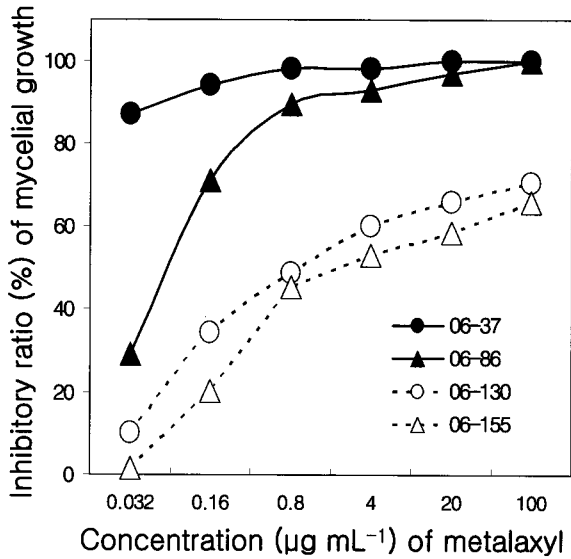


Fig. 6 Effect of metalaxyl on the mycelial growth of *Phytophthora capsici* sensitive or resistant to the fungicide on V-8 juice agar medium including metalaxyl at the indicated concentrations. Colony diameter was measured 5 days after inoculation at 20°C.

낭 형성과 유주포자 나출에는 영향을 미치지 못한다고 보고하였다. Ham 등(1991)은 100 µg mL⁻¹의 metalaxyl 처리구에서 저항성균과 감수성균의 유주포자 발아 억제 효과가 차이가 있다고 보고하였지만, 본 연구 결과와 Schwimm과 Staub(1995)의 보고를 보면 metalaxyl은 저항성 유무와 관계없이 *P. capsici*의 유주포자 발아를 억제하지 못하는 것으로 나타났다. 이상의 결과에서 보는 것과 같이 metalaxyl은 감수성과 저항성균의 균사생장을 억제하는 것처럼, 유주포자낭 발아, 유주포자의 나출, 유주포자 발아 등에서 뚜렷한 억제 양상의 차이를 보이지 못하였다. 특히 유주포자의 발아에 대해서는 전혀 억제 효과를 인정할 수 없었으며, 유주포자낭의 발아와 유주포자의 나출에 대한 억제 효과도 metalaxyl에 대한 저항성 정도와 관련이 있는 것이 아니고, 균주 개체가 갖는 특성이라고 판단되어졌다.

온실에서의 병방제 효과

Metalaxyl에 대해서 감수성이었던 *P. capsici* 06-37과 06-86에 대한 병방제 효과를 온실에서 조사하였다. 병원균의 유주포자낭을 10°C에서 처리하여 유주포자를 나출시킨 현탁액을 6엽기의 고추에 토양관주하여 접종하고, 6일과 9일 후에 조사한 결과, 06-37 균주는 병원성이 전혀 없는 것으로 밝혀졌다. 또 다른 감수성 균주인 06-86에 대해서는 그림 7에서 보는 것과 같이 100%의 방제 효과를 보여 주었지만, 저항성 균

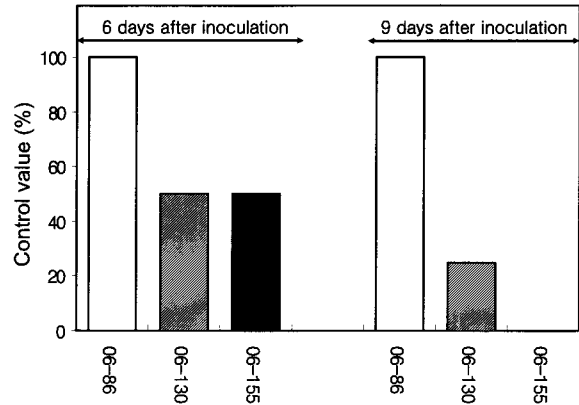


Fig. 7 Control activity of metalaxyl against isolates of *Phytophthora capsici* causing pepper Phytophthora blight sensitive or resistant to metalaxyl, respectively. Metalaxyl was applied one day before inoculation by soil-drenching. To inoculate, zoospores harvested from 5 day culture on oat meal medium was adjusted to 1 x 10⁴ zoospores mL⁻¹, and poured into soil. Disease incidence was investigated 6 and 9 days after inoculation.

주인 06-130과 06-155에 대해서는 6일 후 조사에서는 50%의 효과를 보였지만, 9일 후에는 06-130에 대해서는 20%의 효과를 보였고, 06-155에 대해서는 전혀 병 발생을 억제하지 못하였다. 온실에서의 결과는, 실험실에서 균사생장 억제 정도를 가지고 수행하는 저항성 모니터링의 결과가 포장에서의 병 방제 효과와 연결할 수 있다는 것을 보여주고 있다.

감사의 글

이 논문은 농촌진흥청의 바이오그린연구사업(20070401034005)의 연구비에 의해서 수행된 것으로 연구비의 지원에 감사드립니다.

인용문헌

Davidse, L. O. C. M. Gerritsma and G. C. M. Velthuis. (1983) Specific interference of metalaxyl with endogenous RNA polymerase activity in isolated nuclei from *Phytophthora megasperma* f. sp. *medicaginis*. *Exp. Mycol.* 7:344~361.

Diriwächter, G., D. Sozzi, C. Ney and T. Staub. (1987) Cross-resistance in *Phytophthora infestans* and *Plasmopara viticola* against different phenylamides

- and unrelated fungicides. *Crop Prot.* 6:250~255.
- Ham, J. H., B. K. Hwang, Y. J. Kim and C. H. Kim. (1991) Differential sensitivity to metalaxyl of isolates of *Phytophthora capsici* from different geographic areas. *Korean J. Plant Pathol.* 7:212~220.
- Hannukkaka, A. O. (1994) Metalaxyl resistance in Finnish strains of *Phytophthora infestans*. p183~186. ed. by Heaney, S., Slawson, D., Hollomon, D. W., Smith M., Russell, P. E. and Parry, D. W. in *Fungicide resistance*. pp.418.
- Jee, H. J. and W. H. Ko. (1997) Stimulation of sexual reproduction in *Phytophthora cactorum* and *P. parasitica* by fatty acids and related compounds. *Mycological Res.* 101:1140~1144.
- Lee, T. Y., E. Mizubuti and W. E. Fry. (1999) Genetics of metalaxyl resistance in *Phytophthora infestans*. *Fungal Genet. Bio.* 26:118~130.
- Leroux, P. and M. Clerjeau. (1985) Resistance of *Botrytis cinerea* Pers. and *Plasmopara viticola* (Berk. & Curt.) Berl. and de Toni to fungicides in French vineyards. *Crop Prot.* 4:137~160.
- Oh, J. S. and C. H. Kim (1992) Varying sensitivity to metalaxyl of Korean isolates of *Phytophthora capsici* from red pepper fields. *Korean J. Plant Pathol.* 8:29~33.
- Tomlin, C. D. S. (2006) Metalaxyl. p678~679. in *The pesticide manual*. Page Bros., Norwich. pp.1349.
- Zhang, X., K. Ryu, J. Kim, J. Cheon and B. Kim. (2005) Changes in the sensitivity to metalaxyl, dimethomorph and ethaboxam of *Phytophthora infestans* in Korea. *Plant Pathol. J.* 21:33~38.
- 김병섭, 정영륜, 조광연 (1993) Metalaxyl 저항성 및 감수성 감자 역병균(*Phytophthora infestans*)의 적응력 비교 및 dimethomorph와 chlorothalonil에 의한 방제. *한국식물병리학회지* 9:31~35.
- 이왕휴, 소만서, 최인영 (1994) 감자 역병균(*Phytophthora infestans* Bary)의 약제 저항성 및 교배형. *한국식물병리학회지* 10:192~196.
- 장현철, 정은경, 이윤수, 김병섭 (2003) 강원지역 포장에서 분리한 감자 역병균(*Phytophthora infestans*)의 metalaxyl에 대한 감수성 변화. *한국식물병리학회지* 7:25~31.
- 최경자, 김병섭, 정영륜, 조광연. (1992) 감자 재배포장에서 metalaxyl 저항성인 감자 역병균(*Phytophthora infestans*)의 발생. *한국식물병리학회지* 8:34~40.

2005년과 2006년에 채집한 고추 역병균(*Phytophthora capsici*)의 Metalaxyl에 대한 약제 반응
김선보 · 이수민 · 민지영 · 김홍태*

충북대학교 농업생명환경대학 응용생명환경학부 식물의학전공

요약 : 2005년과 2006년에 전국의 고추 재배지에서 분리한 역병균의 metalaxyl에 대한 약제 반응을 조사하였다. Metalaxyl에 대한 EC_{50} 값을 가지고 저항성을 결정하였는데, $1.0 \mu\text{g mL}^{-1}$ 이상인 경우를 저항성으로 규정하였다. 이 기준에 따르면 2005년에 분리한 역병균에서는 29.0%가, 2006년에는 21.8%가 저항성 균주로 밝혀졌다. 또한 2006년에 분리한 균주는 분리한 지역에 따라서 저항성 균주의 비율에 차이가 있었는데, 충남 지역이 33.3%로 가장 높은 분리 빈도를 보였고, 충북과 경북이 26.3과 11.1%의 저항성 균주의 비율을 보였다. Metalaxyl에 대해서 감수성과 저항성인 균주들 중에서 각각 2균주씩을 선발하여, 각각 균주들에 대한 metalaxyl의 작용특성을 조사하였다. 감수성 균주인 *P. capsici* 06-37과 06-86은 $0.8 \mu\text{g mL}^{-1}$ 의 metalaxyl 처리구에서 균사생장이 98.1과 89.6%가 억제되었지만, 저항성 균주인 *P. capsici* 06-130과 06-155에 대한 균사생장 억제율은 48.7과 45.3%로 매우 낮았다. 하지만 metalaxyl은 선발한 4균주의 유주포자낭의 발아, 유주포자 니출, 유주포자 발아 등에는 큰 효과를 나타내지 않았으며, 살균제에 대한 반응과는 관련이 없었다. 온실시험 결과, 감수성 균주인 06-37은 고추 유묘에서 전혀 병원성이 없었지만, 나머지 균주들은 뚜렷한 병원성을 보였다. $25 \mu\text{g mL}^{-1}$ 의 metalaxyl을 토양 관주처리하고 병원균을 접종한 다음, 9일 후에 방제 효과를 조사하면, 감수성균인 06-86에 대해서는 100%의 방제 효과를 보여 주었지만, 저항성 균주인 06-130에 대해서는 20%의 효과를 보였고, 06-155에 대해서는 전혀 병 발생을 억제하지 못하였다.

 색인어 : 고추 역병균, 살균제 저항성, metalaxyl
