고추 탄저병에 대한 보르도액의 방제 효과

박세정 · 이수민 · 권현욱 · 이호택 · 김흥태*

충북대학교 농업생명환경대학 식물위학과

Control Efficacy of Bordeaux Mixture against Pepper Anthracnose

Se-Jung Park, Soo-Min Lee, Hyeon-wook Gwon, Hotaek Lee and Heung Tae Kim*

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

(Received on June 20, 2014. Revised on July 2, 2014. Accepted on July 18, 2014)

Abstract It was conducted to evaluate the control efficacy of Bordeaux mixture on pepper anthracnose *in vitro* and *in vivo*. The suppressive efficacy of Bordeaux mixture on mycelial growth and spore germination of *Colletotrichum acutatum* was investigated on PDA, cellophane membranes and pepper fruits, respectively. Furthermore, its control value was evaluated on detached pepper fruits inoculated with *C. acutatum* by wound and non-wound inoculation method, and in fields. The mycelial growth of *C. acutatum* JC24 was inhibited by 90.0% on PDA amended with 937 $\mu\text{g mL}^{-1}$ of Bordeaux mixture. While the spore germination of *C. acutatum* JC24 was inhibited perfectly on cellophane membranes treated at 187 $\mu\text{g mL}^{-1}$ of Bordeaux mixture, that on fruits inoculated with the pathogen by wound inoculation and non-wound inoculation method was inhibited by 88.1% and 91.3%, respectively. Although the control value on fruits treated with 937 $\mu\text{g mL}^{-1}$ of Bordeaux mixture was 17.6% in wound inoculation method, it was 58.8% in non-wound inoculation method. In fields, when Bordeaux mixture was sprayed five times at 14 day-intervals, it showed 55.7% and 61.7% of control value in 2012 and 2013, respectively. We think Bordeaux mixture was able to use as an eco-friendly organic farming material to control pepper anthracnose based on the above-mentioned results.

Key words Bordeaux mixture, eco-friendly organic farming material, pepper anthracnose

서론

고추 탄저병은 7월 초 중순부터 발생하기 시작하여 장마기를 거치면서 급격하게 발생하며, 고추 열매에 움푹 파이는 괴저 증상이 나타나기 때문에 고추의 생산량과 품질을 크게 저하시키는 주된 원인이 되고 있다(Kim과 Park, 1988; Park과 Kim, 1992). 아직까지 농가에서 사용 가능한 저항성 품종이 없기 때문에 주로 화학농약에 의존한 방제를 수행하고 있다. 최근 많은 소비자들의 친환경 농산물에 대한 관심이 높아지면서 살균제를 사용하지 않는 농사의 기술 개발이 요구되고 있다. 탄저병은 비바람에 의해서 전파되는 병이기 때문에 시설 재배 또는 노지에서 반비가림 재배를 한

다면 살균제를 사용하여 방제할 수 있는 정도의 효과를 얻을 수 있다. 하지만 시설을 하는데 들어가는 경비와 일경간이 경과한 후에 시설을 철거하고 보수하는데 들어가는 비용도 크기 때문에, 노지에서 친환경 농법으로 고추 재배를 하고자 하는 농민들에게는 살균제를 대체할 수 있는 농자재의 개발이 절대적으로 필요한 상황이다.

프랑스의 Millardet는 1887년대에 프랑스에서 문제시되던 노균병을 효과적으로 방제하기 위해서 황산구리와 생석회를 혼합하여 보르도액을 만들어 방제에 성공하였다. 생석회는 황산구리가 갖는 식물체에 대한 약해를 줄이고 병원균에 대한 방제효과를 높여주는 효과가 있어 식물병이 발생한 현장에서 보르도액이 우수한 방제효과를 낼 수 있게 하였다. 그 후 세계적으로 보르도액은 유기농업을 하는 지역에서 다양한 병을 방제하는 농자재로 사용되고 있다. 보르도액은 주성분인 Cu가 갖는 폭넓은 항균활성 때문에 많은 식물병의

*Corresponding author

Tel: +82-43-261-2556, Fax: +82-43-271-4414

E-mail: htkim@cbnu.ac.kr

방제에 사용된다. 특히 보르도액은 난균문에 속하는 병원균이 일으키는 식물병뿐만 아니라 진균과 세균에 의한 식물병의 방제에도 사용되어 왔다(Cazorla 등, 2006; Cetas와 Leach, 1969; Das, 2003; Lee 등, 2009; Ninot 등, 2002; Washington 등, 1998). 고추 탄저병에 대해서도 Hazarika 등(1999)은 $100 \mu\text{g L}^{-1}$ 의 보르도액을 배지에 첨가하였을 때 주요 탄저병균인 *Colletotrichum capsici*의 균사생장을 완전히 억제하였고, 포장에서도 1%의 보르도액 처리를 통해서 탄저병의 방제가 가능하였다고 보고하였다. 전 세계적으로 고추 탄저병균은 *C. acutatum*, *C. gloeosporioides*, *C. capsici* 등이 보고되어 있으며, 인도와 태국의 경우 주된 탄저병균은 *C. capsici*로 보고되어 있고, 국내의 주된 탄저병균은 *C. acutatum*으로 알려져 있다(Kim 등, 2008; Ramachandran 등, 2007; Than 등, 2008). 하지만 *C. acutatum*과 *C. gloeosporioides*는 benzimidazole계 살균제를 비롯한 다양한 살균제에 대한 반응이 다른 것으로 알려져 있다(Kim 등, 2005; Kim 등 2006). Kwak 등(2012)은 고추 탄저병의 방제에 사용할 수 있도록 등록된 12종의 친환경 유기농자재를 선발하여 병원균의 균사 생장과 포자 발아 억제효과를 조사한 바 있다. 하지만 실내 실험에 사용한 유기농자재의 농도가 포장에서 사용하는 농도를 사용하였으며, 열매나 포장에서의 효과 검정은 이루어지지 않았다. 따라서 *C. acutatum*을 가지고 보르도액의 병원균 억제 효과와 국내 포장에서 탄저병 방제 효과를 조사할 필요가 있다고 생각되었다.

본 논문에서는 보르도액을 가지고 PDA배지와 셀로판막 상에서 병원균의 균사생장과 포자발아 억제효과를 조사하였으며, 고추 열매 상에서 포자발아와 병 발생 억제효과를 조사하였고, 최종적으로 포장에서 탄저병 방제 효과를 조사하였다.

재료 및 방법

실험에 사용한 병원균

탄저병이 발생한 고추 열매에서 단포자 분리한 *Colletotrichum acutatum* JC24를 PDA배지에 배양한 후, 4°C에서 보관하면서 실험에 사용하였다. 병원균의 포자 형성을 위해서 보관하고 있던 병원균을 25°C의 PDA배지에 전배양한 후, 다시 새로운 배지에 이식하고 5일간 배양하였다. 병원균의 포자는 살균증류수를 균총에 부어 멸균한 붓으로 긁어 수확하였다.

보르도액의 균사 생장 억제 효과 조사

실험에는 시판 중인 보르도액(유산동; 28.1%, 석회; 28.1%, 수용성 붕소; 0.05%, 수용성 폴리브덴; 0.0005%)을 사용하였다. 한천희석법을 사용하여 보르도액의 탄저병균에 대한 균사 생장 억제 효과를 조사하였다. PDA 배지에 유산동과 석회의 최종농도가 4685, 937, 187, 93.7, 9.37, 0.94 μg

mL^{-1} 이 되도록 보르도액의 농도를 조절하여 배지에 첨가하였다. 탄저병균인 *C. acutatum* JC24를 25°C에서 10일간 배양한 후 접종원으로 사용하였다. 병원균 균총의 선단부에서 직경 5 mm의 균사조각을 떼어 내어 준비한 보르도액을 첨가한 PDA 배지의 중앙에 접종한 뒤, 25°C의 암상태에서 다시 10일간 배양한 후, 균총의 직경을 조사하였다. 균사생장 억제효과는 보르도액을 첨가하지 않은 무처리 배지에서의 균총직경과 보르도액을 첨가한 배지에서의 균총직경을 비교하여 구하였다.

Cellophane 막에서 포자발아 억제효과

멸균한 여과지(직경; 9 cm)를 Petri 접시에 깔고 5 mL의 살균증류수를 부어 습실 처리한 후, 그 위에 멸균한 셀로판막 조각(크기; $1 \times 1 \text{ cm}$)을 올려놓았다. 미리 준비한 *C. acutatum* JC24의 포자현탁액(포자밀도; 1×10^6 개 mL^{-1})에 보르도액의 최종농도가 위에서와 동일하게 4685, 937, 187, 93.7, 9.37, 0.94 $\mu\text{g mL}^{-1}$ 가 되도록 처리하고 50 μL 를 취하여 셀로판막 위에 점적하였다. 병원균의 포자는 25°C에서 12시간 배양한 후, 처리 당 150개 포자의 발아여부를 조사하여 발아율을 구하였고. 모든 처리는 3반복으로 실험하였다. 포자발아 억제효과 역시 보르도액을 첨가하지 않은 무처리의 포자발아율과 보르도액을 첨가한 처리구의 포자발아율을 비교하여 구하였다.

열매 상에서 포자 발아와 발병 억제효과

보르도액은 유산동과 석회의 최종농도가 4685, 937, 187 $\mu\text{g mL}^{-1}$ 가 되도록 준비하여 고추 열매에 분무처리하고 1일간 풍건 시킨 후, 탄저병균(*C. acutatum* JC24)의 포자현탁액(포자밀도; 1×10^6 개 mL^{-1})을 분무 접종하였다. 상처접종의 경우 무기물과 보르도액을 처리하기 전에 혈당측정용 바늘로 열매 위에 상처를 내고, 무상처 접종 시와 동일한 밀도의 *C. acutatum* JC24 포자현탁액을 상처 당 5 μL 씩 점적 접종하였다. 접종한 고추 열매는 플라스틱 상자에 넣어 5일간 습실처리한 후에, 고추 열매 상에서 포자 발아율을 조사하였고, 습실을 제거한 고추 열매는 다시 25°C에서 7일간 더 보관하며 발병을 유도한 후, 무상처 접종구에서는 열매 당 발병율, 상처 접종구에서는 병반의 크기를 각각 조사하였다. 고추 열매 위에서 병원균의 포자 발아를 조사하기 위해서, 고추 표면에 있는 포자를 투명한 테이프를 이용하여 떼어내고 테이프에 부착된 병원균의 포자를 현미경으로 관찰하였다. 열매 당 100개씩의 포자를 관찰하여 발아율을 조사하였으며, 8개의 열매를 반복으로 사용하였고 모든 처리는 3반복으로 실험하였다.

보르도액의 포장검정

포장에서 보르도액의 탄저병 방제 효과를 2012년에는 총

북 청주에서, 그리고 2013년에는 경북 청송에서 2년에 걸쳐서 실험하였다. 포장 처리구는 난괴법 3반복으로 배치하였으며, 보르도액의 농도는 제품의 포장 처리 추천 농도로 처리하였다. 2012년 보르도액의 처리는 포장에 탄저병이 전혀 발생하지 않은 7월 12일부터 14일 간격으로 총 5회 처리하였으며 2013년에는 7월 15일부터 동일하게 14일 간격으로 5회 처리하였다. 탄저병 발생 조사는 2012년에는 8월 9일부터 9월 20일까지 14일 간격으로 총 4회 조사하였으며, 2013년에는 7월 29일부터 9월 23일까지 총 5회 조사하였다. 발병 조사는 각 반복 당 고추 50주씩을 대상으로 하여 발병과율을 조사하였다.

결과 및 고찰

균사생장과 포자발아 억제 실험

보르도액의 포장 사용 농도는 $937 \mu\text{g mL}^{-1}$ 인데, PDA 배

Fig. 1. Inhibitory effect of Bordeaux mixture on the mycelial growth of *Colletotrichum acutatum* JC24 causing pepper anthracnose on PDA. *C. acutatum* JC24, which was inoculated on PDA amended with or without Bordeaux mixture by the indicated concentration, was incubated at 25°C under the dark condition. The colony diameter was measured after 5-day-incubation.

지에서 실시한 균사생장 억제 실험 결과를 보면, 포장 사용 농도보다 5배 높은 $4,685 \mu\text{g mL}^{-1}$ 처리구에서 90.0%의 억제효과를 보였을 뿐, 더 낮은 농도에서는 균사생장을 거의 억제하지 못하였다(Fig. 1).

셀로판막에서 *C. acutatum* JC24의 포자발아율은 무처리구에서 86.2%이었으며, 포장 사용 농도보다 5배 낮은 농도인 $187 \mu\text{g mL}^{-1}$ 처리구에서 전혀 발아하지 못하여 100%의 발아 억제율을 보였다(Fig. 2와 3). 하지만 포장 사용 농도보다 10배 낮은 농도인 $93.7 \mu\text{g mL}^{-1}$ 처리구에서는 79.1%

Fig. 2. Efficacy of Bordeaux mixture on the spore germination of *Colletotrichum acutatum* JC24 on cellophane membrane. Bordeaux mixture was applied into spore suspension of *C. acutatum* JC24 adjusted to 1×10^6 spore mL^{-1} by the indicated concentrations. Spore suspension of *C. acutatum* JC24 applied with Bordeaux mixture was dropped on cellophane membrane (size; 1×1 cm), and incubated at 25°C under the dark condition for 12 hrs. Germination ratios were investigated under a light microscope with three replicates and 150 spores were evaluated per replicate.

Fig. 3. Spore germination of *Colletotrichum acutatum* JC24 on a cellophane membrane. They were treated with Bordeaux mixture by $937 \mu\text{g mL}^{-1}$ (a), $187 \mu\text{g mL}^{-1}$ (b), $93.7 \mu\text{g mL}^{-1}$ (c), $9.37 \mu\text{g mL}^{-1}$ (d) and $0.937 \mu\text{g mL}^{-1}$ (e), and not treated with Bordeaux mixture (f).

의 발아율을 보여 8.2%의 매우 낮은 억제율을 보였다. PDA 배지와 셀로판막에서 Bordeaux액은 병원균의 균사생장보다는 포자발아에 대한 억제효과가 높게 나타났다. 이는 예방 효과를 갖는 작물보호제의 일반적인 특성으로 Bordeaux액 역시 고추 탄저병균에 대해서 치료효과보다는 예방효과가 우수한 농자재임을 알 수 있었다.

고추 탄저병균인 *C. capsici*는 $100 \mu\text{g mL}^{-1}$ 의 보르도액 처리에서 균사가 전형 생장하지 못하였다고 보고하였으나 (Hazarika 등, 1999), 동일한 속에 속하는 *C. acutatum*은 $937 \mu\text{g mL}^{-1}$ 에서도 균사 생장이 억제되지 않았다. 다만 5배 높은 농도에서 90% 이상의 균사생장 억제율을 보였을 뿐이었다. 하지만 Everett와 Timudo-Torrevilla (2007)의 결과를 보면 *C. acutatum*과 *C. gloeosporioides*의 경우 보르도액의 주요 성분인 3가지 종류의 수산화동에 대한 EC_{50} 값이 각각 $346.7\text{--}2,540.7 \mu\text{g mL}^{-1}$ 와 $257.2\text{--}647.3 \mu\text{g mL}^{-1}$ 로 나타나 본 연구의 결과처럼 *C. capsici*와 비교하여 효과가 적은 것을 알 수 있었다. 이처럼 *Colletotrichum*속에 속하는 탄저병균은 동일한 속에 속하는 병원균이라고 하더라도 병원균의 종에 따라서 보르도액의 효과는 크게 달랐다. 또한 보르도액은 병원균의 균사생장보다는 포자발아를 더 낮은 농도에서 효과적으로 억제함을 보여주었다(Everett와 Timudo-Torrevilla, 2007; Pomurugan 등, 2006). 이처럼 병원균의 균사생장 억제효과보다는 포자발아 억제효과가 우수한 보르도액은 포장에 처리하고자 할 때, 병원균이 식물체를 침입하기 전에 예방적으로 처리해야만 우수한 효과를 볼 수 있다.

열매 상에서의 포자발아와 발병율 억제

열매 상에서도 보르도액은 탄저병균의 포자를 상처 접종 또는 무상처 접종하였을 때 모두 병원균의 포자발아를 매우 효과적으로 억제하였다. 병원균을 접종하기 하루 전에 포장에서 사용하는 농도를 열매에 처리하였을 때, 상처와 무상처 접종구에서 포자발아를 97.9%와 100% 억제하였다 (Table 1). 포장 사용 농도보다 5배 낮은 농도인 $187 \mu\text{g mL}^{-1}$

로 처리하였을 경우도 각각 88.1%와 91.3% 억제효과를 보였다. 하지만 병원균의 현탁액에 동일한 농도인 $187 \mu\text{g mL}^{-1}$ 의 보르도액을 처리하고 셀로판막에 접종하여 포자발아에 대한 억제 정도를 조사하였을 경우 100%의 억제율을 보인 것과 비교하면, 그 효과는 감소하였다. 이는 보르도액을 고추 열매에 처리할 경우 열매에서 보르도액의 균일한 부착 능력과 관련이 있을 것으로 생각한다.

보르도액의 병 방제효과는 상처 접종구에서는 모든 처리 농도에서 20% 미만의 매우 저조한 효과를 보였지만, 무상처 접종구의 경우 포장 사용농도인 $937 \mu\text{g mL}^{-1}$ 와 5배 높은 농도인 $4,685 \mu\text{g mL}^{-1}$ 처리구에서 각각 58.8과 64.3%의 효과를 보였고, 5배 낮은 $187 \mu\text{g mL}^{-1}$ 처리구에서는 전혀 효과를 보이지 않았다. 보르도액은 앞서서도 서술한 것과 같이 CuSO_4 에 생식회가 혼합되어 있는데 이동이 어려운 구리 화합물이 부착한 부위에서만 병원균에 대한 효과를 나타내기 때문에 병 방제를 하고자 하는 부위에서 균일한 처리가 방제에 영향을 줄 수 있을 것으로 생각한다. Table 1의 포자발아 실험에서 보는 것과 같이 열매 상에서 병원균 포자의 발아가 100% 억제되지 못하기 때문에 결국 열매에서 탄저병이 발생하고 방제효과가 감소하였다. 이 때 열매 상에 상처가 존재할 경우 발아한 병원균의 포자가 식물 조직을 쉽게 침입할 수 있기 때문에 병 발생율은 더욱 증가할 것으로 생각한다. 따라서 포장에서 보르도액의 방제효과를 상승시키기 위해서는 균일하게 부착할 수 있는 처리 시스템과 처리 시기의 결정이 중요할 것으로 본다.

포장 실험

포장에서 고추 탄저병은 2012년에는 8월 하순경부터, 2013년에는 8월 중순경부터 발생하기 시작하였다. 무처리구에서 2012년의 병 발생 정도를 보면 2차 조사인 8월 23일과 3차 조사인 9월 6일에 3.1%와 20.7%의 발병과율을 보이다가 마지막 조사인 9월 20일에는 82.8%로 급증하였다(Fig. 4). 2013년에는 2012년보다 탄저병이 빨리 발생하기 시작하여

Table 1. Efficacy of Bordeaux mixture on spore germination and disease severity of *Colletotrichum acutatum* JC24 causing pepper anthracnose on pepper fruits

Concentration of Bordeaux mixture ^a ($\mu\text{g mL}^{-1}$)	Inhibition ratio of spore germination ^b (%)		Control value ^c (%)	
	Wound inoculation	Non-wound inoculation	Wound inoculation	Non-wound inoculation
4,685	100.0	100.0	19.6	64.3
937	97.9	100.0	17.6	58.8
187	88.1	91.3	15.7	0.0

^a; Bordeaux mixture was applied one day before inoculation with *Colletotrichum acutatum* JC24.

^b; Spore germination was conducted 12 hrs after inoculation. Germination ratios were investigated under a light microscope with three replicates and 150 spores were evaluated per replicate.

^c; Control value (%) = $\left(\frac{\text{Disease severity on fruits applied with Bordeaux mixture}}{\text{Disease severity on fruits applied without Bordeaux mixture}} \right) \times 100$

Fig. 4. Pepper anthracnose progress in the fields in 2012 (A) and 2013 (B). The fields were located in Cheongju (A) and Cheongsong (B). In each field Bordeaux mixture were treated with a field recommended concentration 5 times with 14 day-intervals from 12 July to 6 September in the Cheongju field and from 15 July to 9 September in the Cheongsong field.

Fig. 5. Healthy (left) and diseased (right) fruits in the plot treated with Bordeaux mixture (A) and untreated control plot (B).

Table 2. Control efficacy of Bordeaux mixture on pepper anthracnose in 2012 and 2013

Application	2012		2013	
	AUDPC ^b	Control value (%)	AUDPC	Control value (%)
Bordeaux mixture ^a	427.0	55.7	545.3	61.7
Untreated control	964.6		1422.2	

^a In each field Bordeaux mixture were treated with a field recommended concentration 5 times at 14 day-intervals from 12 July to 6 September in the Cheongju field and from 15 July to 9 September in the Cheongsong field.

^b; area under disease progress curve.

4차 조사인 9월 9일에는 44.2%의 발병과율을 보여 비슷한 시기의 2012년보다 병 발생도 높았다. 하지만 마지막 조사인 9월 23일의 발병과율은 76.8%로 2013년과 유의성 있는 차이는 없었다. Fig. 5에서 보는 것과 같이 2012년과 2013년에 노지조건에서 보르도액을 처리하였을 때 탄저병에 대한 방제 효과가 인정되었다. Fig. 4의 병진전곡선면적을 계산하여 구한 보르도액의 방제가는 2012년에 55.7%, 2013년에 61.7%이었다(Table 2).

보르도액은 본 실험에서도 고추 탄저병에 대해서 2012년과 2013년에 각각 55.7%와 61.7%의 방제효과를 보이고 있어, 친환경농업을 하는 현장에서 고추 탄저병의 방제에 사

용이 가능할 것으로 생각한다. 하지만 보르도액을 처리할 경우 중금속인 구리성분이 토양에 축적된다는 문제점과, 식물체에 대한 약해, 구리 화합물의 사용에 따라 내성을 지닌 병원세균의 출현 등은 사용 측면에서 주의해야할 사항이다 (Cazorla 등, 2002; Pietrzak과 Mcphail, 2004; Scheck와 Pscheidt, 1998; Viviana 등, 2012). 따라서 이러한 보르도액의 단점을 보완하기 위해서 보르도액과 기타 친환경 자재를 활용한 처리체계 및 적정 처리기술 개발 등 추가적인 연구가 필요하다(Ninot 등, 2002; Vega 등, 2013; Washington 등, 1998).

감사의 글

이 논문은 농림수산부의 “종자수출 확대를 위한 해외 맞춤형 품종개발” 과제의 연구비 지원에 의하여 진행된 연구의 결과로, 연구비의 지원에 감사드립니다.

Literature Cited

- Cazorla, F. M., E. Arrebola and F. Olea (2006) Field evaluation of treatments for the control of the bacterial apical necrosis of mango (*Mangifera indica*) caused by *Pseudomonas syringae* pv. *syringae*. Eur. J. Plant Pathol. 116:279-288.
- 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.
- Cetas R. C. and S. S. Leach (1969) *Phytophthora infestans* sporangial germination and tuber rot reduced by soil residues of fungicides. Am. Potato J. 46:174-181.
- Das, A. K. (2003) Citrus canker - A review. J. Appl. Hort. 5:52-60.
- Everett, K. R. and O. E. Timudo-Torrevilla (2007) *In vitro* fungicide testing for control of avocado fruit rots. New Zealand Plant Protect. 60:99-103.
- Hazarika, D. K., K. K. Das and L. N. Dubey (1999) Fungicidal control of fruit rot of chillies (*Capsicum annum* L.). Pestology 23:43-45.
- Kim, C. H. and K. S. Park (1988) A predictive model of disease progression of red-pepper anthracnose. Kor. J. Plant Pathol. 4:325-331.
- Kim, J. T., J. Y. Min and H. T. Kim (2006) Response to fungicides of *Colletotrichum* species isolated from infected tissues of several crops. Res. Plant Dis. 12:32-39. (in Korean)
- Kim, J. T., K. H. Lee, J. Y. Min, B. K. Kang, C. W. Rho, S. T. Hong and H. T. Kim (2005) Response of *Colletotrichum* spp. causing red pepper anthracnose to protective and ergosterol biosynthesis-inhibiting fungicides. Res. Plant Dis. 11:185-192. (in Korean)
- Kim, J. T., S.-Y. Park, W. Choi, Y.-H. Lee and H. T. Kim (2008) Characterization of *Colletotrichum* isolates causing anthracnose of pepper in Korea. Plant Pathol. J. 24:17-23.
- 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-Environ. Con. 21:127-133. (in Korean)
- Lee, K.-S., E.-H. Kim, Y.-S. Lee, S.-H. Lee, T.-B. Seo, S.-A. Hwang and J.-Y. Cho (2009) Control efficacy of Bordeaux mixture against powdery mildew on Omija (*Schizandra chinensis*). J. Korean Soc. Appl. Biol. 52:58-62.
- 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.
- Park, K. S. and C. H. Kim (1992) Identification, distribution and etiological characteristics of anthracnose fungi of red pepper in Korea. Kor. J. Plant Pathol. 8:61-69.
- Pietrzak, U. and D. C. Mcphail (2004) Copper accumulation, distribution and fractionation in vineyard soils of Victoria, Australia. Geoderma 122:151-166.
- Ponmurugan, P., U. I. Baby and C. Gopi (2006) Efficacy of certain fungicides against *Phomopsis theae* under *in vitro* conditions. African J. Biotech. 5:434-436.
- Ramachandran, N., R. K. Madhavi and K. Rathnamma (2007) Current status of chilli anthracnose in India. The first international symposium on chilli anthracnose, p25, Convention center Seoul National University, Korea.
- Scheck, H. J. and J. W. Pscheidt (1998) Effect of copper bactericides on copper-resistant and -sensitive strains of *Pseudomonas syringae* pv. *syringae*. Plant Dis. 82:397-406.
- Than, P. P., R. Jeewon, K. D. Hyde, S. Pongsupasamit, O. Mongkolporm and P. W. J. Yaylor (2008) Characterization and pathogenicity of *Colletotrichum* species associated with anthracnose on chilli (*Capsicum* spp.) in Thailand. Plant Pathol. 57:562-572.
- Vega, J., B. Escobar and B. Velazquez-Marti (2013) Application of Bordeaux mixture for Botrytis control in passion fruit (*Passiflora ligularis* Juss) cultivated under organic farming in the Andean region. J. Food Agri. Environ. 11:904-907.
- Viviana M., M. Hanana, E. Blumwald and H. Geros (2012) Copper Transport and Compartmentation in Grape Cells. Plant Cell Physiol. 53:1866-1880.
- Washington, W. S., O. Villalta and M. Appleby (1998) Control of pear scab with hydrated lime alone or in schedules with other fungicide sprays. Crop Protect. 17:569-580.

고추 탄저병에 대한 보르도액의 방제 효과

박세정 · 이수민 · 권현욱 · 이호택 · 김흥태*

충북대학교 농업생명환경대학 식물학과

요 약 고추 탄저병에 대한 보르도액의 방제효과 시험을 *in vitro*와 *in vivo* 상태에서 실시하였다. PDA 배지와 셀로판막에서 고추 탄저병균의 균사생장과 포자발아에 대한 억제효과를 조사하였으며, 고추 열매의 표면에서 포자발아와 병 발생에 대한 억제효과를 조사하였다. 또한 2012년과 2013년 2년 동안 고추 포장에서 탄저병 방제 효과를 조사하였다. 탄저병균인 *Colletotrichum acutatum* JC24는 $4,685 \mu\text{g mL}^{-1}$ 의 보르도액을 첨가한 PDA배지에서 균사생장이 90.0% 억제되었지만, $937 \mu\text{g mL}^{-1}$ 처리구에서는 균사생장이 전혀 억제되지 않았다. 셀로판막에서 $187 \mu\text{g mL}^{-1}$ 의 보르도액을 처리하였을 때 *C. acutatum* JC24의 포자발아가 100% 억제되었고, 고추 열매 상에서는 병원균을 상처 접종하였을 때와 무상처 접종하였을 때, 각각 88.1%와 91.3%가 억제되었다. 고추 열매에 병원균을 무상처 접종하였을 때, $937 \mu\text{g mL}^{-1}$ 의 보르도액 처리구에서 방제가는 58.8%이었지만, 상처 접종을 할 경우에는 효과가 17.6%로 크게 감소하였다. 포장에서도 보르도액은 2012년과 2013년에 55.7%와 61.7%의 효과를 보였다. 이상의 결과를 토대로 보르도액은 친환경농자재로서 *C. acutatum*에 의한 고추 탄저병을 방제하는데 사용할 수 있을 것으로 생각한다.

색인어 고추 탄저병, 보르도액, 친환경유기농자재