

고추 역병에 대한 Copper hydroxide의 방제 특성

김선보 · 민지영 · 김주형 · 신명욱 · 김명기 · 연초롱 · 김흥태*

충북대학교 농업생명환경대학 응용생명환경학부 식물의학전공

(2007년 7월 15일 접수, 2007년 9월 4일 수리)

Characteristics and control activity of copper hydroxide against pepper *Phytophthora* blight caused by *Phytophthora capsici*

SunBo Kim, Gi Young Min, Jooheong Kim, Myeongwook Shin, MyeongKi Kim, ChoRhong Yeon, and Heung Tae Kim (Department of Plant Medicine, College of Agriculture, Life and Environment Science, Chungbuk National University, Cheongju, Chungbuk 361-763, Korea)

Abstracts : Characteristics and control activity of copper hydroxide against pepper phytophthora blight caused by *Phytophthora capsici* were investigated in a greenhouse and a pepper field. Copper hydroxide strongly inhibited the germination of zoosporangia and zoospores of *P. capsici* JHCS 2-5, showing EC₅₀ value by 0.6 and 0.3 $\mu\text{g mL}^{-1}$. With 1,040 $\mu\text{g mL}^{-1}$ of copper hydroxide in a greenhouse it showed 80% of the control value by soil-drenching application, while 16% by leaf-spraying. However, when it was treated enough to runoff to soil by leaf-spraying application with 50 ml per a pepper plant, it controlled a pepper phytophthora blight by 94.6% of control value. Copper hydroxide showed a high protective activity at 1 and 3 days before application, while no curative activity. In a field it showed a high activity of 91%, when pepper plants were treated with copper hydroxide 4 times with a intervals of 10 days.

Key words : pepper *Phytophthora* blight, copper hydroxide, soil-drenching treatment

서 론

고추 역병은 난균문에 속하는 *Phytophthora capsici*에 의해서 발생하는데, 정식기인 5월부터 생육후기인 9월까지 전 재배 기간 중에 발생하는 토양 전염성 병이다. 2003년도에는 5월부터 8월까지 월별 강우일수가 20일 이상이 되어 우리나라 고추 주산지인 전북, 경북, 전남 지역에서 평균 발병주율이 69~82%에 달할 정도로 고추 역병이 심하게 발생하였다(김, 2004). 그러나 2004년과 2005년에는 고추 생육 중후기인 7월 말부터 8월까지의 강수량과 강수일수가 2003년에 비하여 적어 고추 주산지에서 평균 16.9와 8.7%의 고추만 역병에 감염되었다(명 등, 2005; 명 등, 2006). 포장에서의 발생 정도는 그 해 강수량이나 강수일수에 의해서 크게 차이가 나고 있지만, 매년 5% 이상되는

발병주율을 보이고 있다. 고추 총 생산액이 1조 4500 억원인 것을 감안하면 매년 최소한 7백억원이 고추 역병으로 손실되고 있다(지, 2004).

매년 피해를 주는 고추 역병을 방제하는 방법으로 는 저항성 대목과 저항성 품종을 이용하는 방법이 있다. 저항성 대목을 사용하면 역병에 의한 피해를 크게 줄일 수 있지만, 강우 시에 포장에서 토양과 접수가 수막으로 연결되고 수막을 따라서 역병균이 감수성인 접수를 침입하거나, 토양에서 튀는 빗물에 의해서 접수를 침입하기 때문에 값비싼 점목묘를 사용하는 것만큼의 효과를 거두기가 어려운 경우도 있다(김, 2004). 최근 여러 종묘회사를 통해서 저항성 품종이 개발되어 재배하는 면적이 점점 증가하고 있지만, 아직 많은 지역에서 재배되고 있지는 않다. 현재까지도 고추의 역병 방제를 위해서 살균제를 사용하는 것이 가장 효과적이며, 일반적인 방법으로 알려져 있는데, 국내에서는 36개의 살균제가 등록되어 사용되고 있

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

다. 그러나 고추 재배 현장에서 살균제가 남용되거나, 특성을 이해하지 못하여 오용하게 되는 경우가 빈번하게 발생하고 있다. 배(2006)의 발표에 의하면 1년 중 고추 병해충 방제를 위해서 처리하는 농약의 총 횟수는 44.2회인데, 그 중에서 역병 방제를 위해서는 8.3회의 살균제를 6월과 7월에 집중적으로 처리하고 있다고 한다. 짧은 기간 동안에 집중적으로 살균제를 처리하기 때문에 작용기작이 특이적인 살균제에 대해서는 저항성균이 쉽게 출현하기도 하였다. 국내의 고추 포장에서 1980년부터 사용해 온 metalaxyl은 ribosomal RNA의 합성 효소의 활성만을 억제하는 작용 특이성 때문에 1990년부터 고추 포장에서 저항성균이 출현하였다고 보고되었다(Kim and Oh, 1992). 역병균은 생활사의 대부분이 배수체 상태이기 때문에 유전적인 변이가 쉽고, 생활사 중에 서로 다른 구조를 만들어내기 때문에 처리하는 살균제의 효과가 감소하는 경우가 빈번하다.

따라서 본 실험에서는 과거부터 식물병 방제에 사용하여 온 동살균제에 속하는 copper hydroxide가 고추 역병을 효과적으로 방제할 수 있도록 고추 역병균의 생활사에 어떤 영향을 미치는지 조사하고, 온실과 포장에서의 방제효과를 조사하였다.

재료 및 방법

사용한 병원균과 보관

고추 역병에 감염되어 유관속이 갈변된 고추의 지제부를 잘라서 2% sodium hypochloride 용액에서 표면 살균한 후, Jee 배지(pimaricin; 10 mg, rifampicin; 10 mg, ampicillin; 100 mg, hymexazol; 25 mg, PCNB; 50 mg, corn meal agar; 1 L)에 올려놓고 20°C에서 배양하였다. 병반 부위에서 자란 고추 역병균을 V-8 배지에 접종하고 20°C에서 5일간 배양하였다. 세균 여부를 확인한 후에 V-8 사면배지에 접종하여 동일한 조건에서 배양하여 보관하면서 실험에 사용하였다. 분리한 역병균인 *P. capsici* JHCS 2-5를 장기간 보관하기 위하여 20°C의 암 상태에서 4일간 배양한 균총의 선단에서 5 mm의 균사조각을 떼어 멸균 증류수에 넣어서 20°C의 온도에서 보관하였다.

온실에서의 병원균 접종

P. capsici JHCS 2-5를 온실에서 접종하기 위하여 유주포자낭을 형성시켰다. V-8 agar 배지에 접종하여 20°C의 암 상태에서 4일간 배양한 *P. capsici* JHCS

2-5를 oatmeal 배지에 접종하여 동일한 조건에서 다시 4일간 배양 후, 배지에 형성된 공중균사를 멸균된 스폰을 이용하여 제거하였다. 20°C에서 2일간 24시간 형광등을 비춰주어 형성된 유주포자낭은 4°C에서 보관한 멸균 증류수를 이용하여 수확하여 접종원으로 사용하였다. 고추는 역병에 감수성인 참마니 품종을 6엽기까지 온실에서 재배한 유묘를 실험에 사용하였다. Oatmeal 배지에서 수확한 접종원의 유주포자낭 농도를 1×10^5 개 mL^{-1} 로 조정하고 4°C에서 5시간동안 보관하여 유주포자낭에서 유주포자를 충분히 나출시킨 후, 접종원을 pot당 10 mL 씩 토양에 관주하여 접종하였다. 온실에서 정해진 기간 동안 재배하며 관찰하여 발병주율을 조사하였으며, 또한 각 주마다 표 1의 기준에 따라서 발병정도를 조사하여 발병도를 계산하였다.

Table 1. Assessment key for investigating disease severity of pepper Phytophthora blight

Disease index	Percentage of wilting symptom in an adult plant.
0	No disease observed
1	less than 1%
2	more than 1% or under 5%
3	more than 5% or under 25%
4	more than 25% or under 50%
5	more than 50%

$$\text{Disease severity (\%)} = \left(\frac{\sum(\text{No. of diseased plants} \times \text{disease index})}{5 \times \text{No. of plants}} \right) \times 100$$

실험실에서의 copper hydroxide 효과 검정

실험실에서 병원균의 균사 생장 유주포자낭 발아, 유주포자 나출, 유주포자 발아 등에 미치는 살균제의 효과를 검정하였다. 병원균의 균사 생장 억제 효과를 조사하기 위하여 V-8 agar 배지에 copper hydroxide(a.i. 52%, WG)를 정해진 농도 별로 첨가하였다. 이 때 세균의 오염을 방지하기 위해서 $300 \mu\text{g mL}^{-1}$ 의 streptomycin을 V-8 agar 배지에 첨가하였다. V-8 agar 배지에 접종하여 20°C의 암 상태에서 4일간 배양한 *P. capsici* JHCS 2-5의 균사 선단에서 직경 5 mm의 균사조각을 떼어내어 copper hydroxide를 농도 별로 첨가한 V-8 agar 배지의 중앙에 접종하고 20°C의 암 상태에서 4일간 배양하였다. *P. capsici* JHCS 2-5에 대한 copper hydroxide의 균사생장 억제 효과는 무처리 배지와 살균제 처리 배지에서 균총의 직경을 측정된 후

아래 식에서 구하였다.

$$\text{균사 생장 억제 효과(\%)} = \left(1 - \frac{\text{약제가 포함된 균총의 길이}}{\text{무처리구의 균총의 길이}}\right) \times 100$$

유주포자낭 발아, 유주포자 나출, 유주포자 발아 등에 미치는 살균제의 효과를 검정하기 위해서 oatmeal 배지에서 *P. capsici* JHCS 2-5의 유주포자낭을 형성시켰다. 상온에서 보관한 멸균 증류수를 가지고 수확한 유주포자낭의 현탁액에 copper hydroxide를 정해진 농도로 처리하고 잘 섞어 주었다. 여러 가지 농도로 살균제를 처리한 유주포자낭의 현탁액을, 각 처리 별로 slide glass 위에 50 μL 씩 점적하고 25°C에서 8시간동안 습실처리하였다. 모든 실험은 4반복으로 실시하였다. 유주포자낭의 발아는 slide glass 위에 처리한 모든 유주포자낭을 현미경으로 관찰하여 발아율을 조사하였다.

P. capsici JHCS 2-5의 유주포자 나출에 미치는 copper hydroxide의 효과를 조사하기 위해서 copper hydroxide를 처리한 유주포자낭의 현탁액을, 각 처리 별로 slide glass 위에 50 μL 씩 점적하고 4°C에서 8시간동안 습실처리하였다. 현미경으로 유주포자낭을 관찰하면서 유주포자를 방출한 포자낭 수를 세어, 살균제가 유주포자의 나출에 미치는 효과를 검정하였다.

유주포자 발아에 미치는 copper hydroxide의 효과를 조사하기 위하여 oatmeal 배지에서 형성된 *P. capsici* JHCS 2-5의 유주포자낭으로부터 유주포자를 나출시킨 후, 정해진 농도로 살균제를 처리하였다. 살균제를 처리한 유주포자의 현탁액을 slide glass에 50 μL 씩 점적하고 25°C에서 8시간동안 습실처리한 후, 각 처리구의 유주포자 발아율을 조사하였다.

온실에서의 copper hydroxide 효과 검정

역병균에 대하여 감수성인 참마니 품종을 직경 8 cm의 pot에서 4엽기까지 재배하여 실험에 사용하였다. Copper hydroxide(1,040 $\mu\text{g mL}^{-1}$)를 병원균을 접종하기 전후에 고추 유묘에 처리함으로써 역병 방제효과를 조사하였다. Copper hydroxide를 병원균을 접종하기 2주, 1주, 3일, 1일 전과 1일과 3일 후에 각각 pot당 20 mL씩을 관주처리 하여 약제의 지속 효과와 치료효과를 조사하였다. 병원균은 위에서와 동일한 방법으로 1×10^5 개 mL^{-1} 로 농도를 조절한 유주포자낭의 현탁액을 4°C에서 약 5시간동안 보관하여 유주포자낭에서 유주포자를 충분히 나출시킨 후 pot당 10 mL씩 토양에 관주하여 접종하였다.

성체에서의 효과를 조사하기 위하여 고추(품종 : 녹광) 유묘를 직경 20 cm의 pot에 이식하여 2달 동안 온실에서 재배하였다. Copper hydroxide는 병원균을 접종하기 1일 전에 주당 100 mL씩을 토양에 관주 또는 주당 20 mL씩을 경엽에 분무처리하였다. 병원균은 약제를 처리하고 1일 후에, oatmeal 배지에서 수확한 1×10^4 개 mL^{-1} 의 유주포자낭 현탁액을 4°C에서 약 5시간 처리하고 약제를 처리한 고추의 pot 당 100 mL씩 부여주었다. 고추 성체에 약제를 경엽에 처리하는 경우, 처리하는 약량에 따라 효과가 변화하는 지를 조사하기 위하여 주당 10와 50 mL pot⁻¹를 지상부에 분무처리하였다. 주당 10 mL를 처리한 경우는 지상부에만 물을 정도로 처리하였고, 50 mL의 처리구에서는 copper hydroxide의 용액이 지상부의 경엽과 줄기, 지체부에 충분히 처리하였을 뿐만 아니라 토양에까지도 흐를 정도로 처리하였다. 전 실험과 동일하게 병원균을 접종하였으며, 접종 3주 후에 발병주수와 고추 성체에서의 발병정도를 조사하였다.

포장에서의 copper hydroxide 효과 검정

포장에서 난괴법 3반복으로 copper hydroxide의 효과를 검정하였다. 살균제는 장마가 시작하기 전인 2006년 6월 8일부터 10일 간격으로 4회 경엽처리를 하였다. 약제는 농가에서 사용하는 농도(1,040 $\mu\text{g mL}^{-1}$)로 조제하여 지상부뿐만 아니라 줄기와 지체부와 토양에도 약제가 충분히 묻을 수 있도록 처리하였다. 약제 효과는 최종적으로 약제를 처리하고 10일 후에, 처리구 당 전체 고추 수에 대한 발병된 고추 수를 조사하여 발병주율을 계산하였다.

결 과

살균제의 균사생장, 유주포자낭 직접발아 및 유주포자의 나출과 발아에 미치는 효과

실험실 내에서 처리한 copper hydroxide는 처리한 농도에 비례해서 *P. capsici* JHCS 2-5의 균사 생장, 유주포자낭의 직접 발아, 유주포자낭으로부터의 유주포자의 나출과 유주포자의 발아를 억제하였다(Fig. 1). 특히 포장에서 처리하는 사용농도인 1,040 $\mu\text{g mL}^{-1}$ 을 처리하였을 때, 균사생장, 유주포자낭의 직접발아, 유주포자의 발아 등을 100% 억제하였다. 하지만 1.04 $\mu\text{g mL}^{-1}$ 을 처리하였을 때는 유주포자낭의 직접발아는 87.4%, 유주포자의 발아는 62.8%가 억제되었으나, 균사 생장과 유주포자낭으로부터 유주포자의 나출은

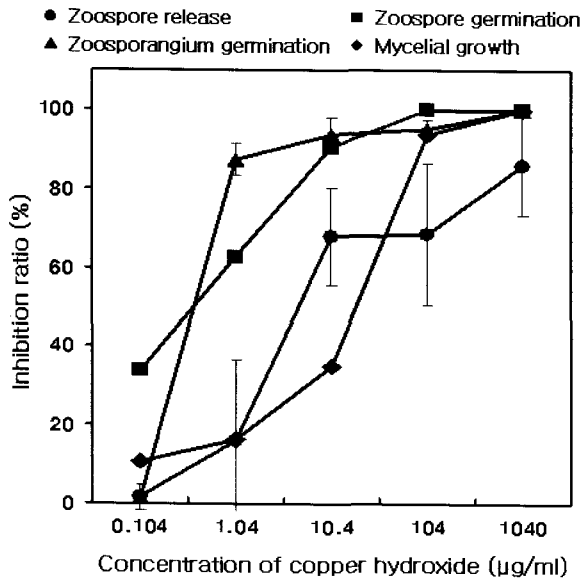


Fig 1. Inhibitory effects of copper hydroxide on mycelial growth, zoosporangium germination, zoospore release, and zoospore germination of *Phytophthora capsici* JHCS 2-5. Through the agar dilution method, inhibitory effect of the fungicide on mycelial growth was performed on V-8 agar medium amended with or without the indicated concentration of copper hydroxide. To detect effects of copper hydroxide on zoosporangium germination, zoospore release, and zoospore germination, zoosporangia of *P. capsici* JHCS 2-5 were harvested from an oatmeal agar media where fluorescent lamps were irradiated after scratching aerial mycelia.

16.4와 16.0%만이 억제되는 매우 미미한 효과를 나타냈다. *P. capsici* JHCS 2-5의 성장 단계에 미치는 copper hydroxide의 EC₅₀ 값은 유주포자낭과 유주포자의 발아에 대해서 0.6과 0.3 µg mL⁻¹를 나타내었고, 유주포자의 나출과 균사생장에 대한 EC₅₀ 값은 12.8과 9.4 µg mL⁻¹이었다.

Fig. 2에서 보는 것과 같이 104 µg mL⁻¹의 copper hydroxide 처리구의 유주포자낭은 유주포자의 나출이 일어나지 않았다. 살균제를 처리하지 않은 무처리구의 유주포자낭은 25°C에서 8시간 배양하면 %의 유주포자낭이 직접 발아하게 되지만, 1.04 µg mL⁻¹을 처리하면 87.4%가 직접발아하지 않았다.

온실에서의 copper hydroxide의 방제 효과

Copper hydroxide를 포장에서 사용하는 농도인 1,040 µg mL⁻¹로 조제하여 온실에서 재배한 고추의 성체에 관주와 경엽처리하여 효과를 검정하였다(Fig. 3과 4). 온실에서는 고추 성체에 copper hydroxide을 병원균 접종 1일전에 각각 관주처리와 경엽처리를 하

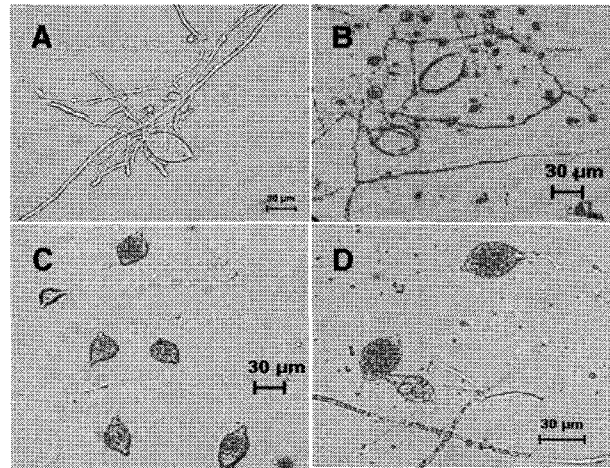


Fig. 2. Effect of copper hydroxide on the germination of zoosporangium and the zoospore release from zoosporangium. Zoosporangium germination was observed under a light microscope after incubation for 8 hrs at 25°C without (A) or with (C) 1.04 µg mL⁻¹ of copper hydroxide. Zoosporangia from which zoospores released were counted 8 hrs after incubation at 10°C without (B) or with (D) 104 µg mL⁻¹ of copper hydroxide.

였을 경우 관주처리에서 80%, 경엽처리는 16%의 낮은 방제가를 보였다. 대조 약제인 dimethomorph에서도 관주처리에서는 100%, 경엽처리는 16%의 낮은 방제

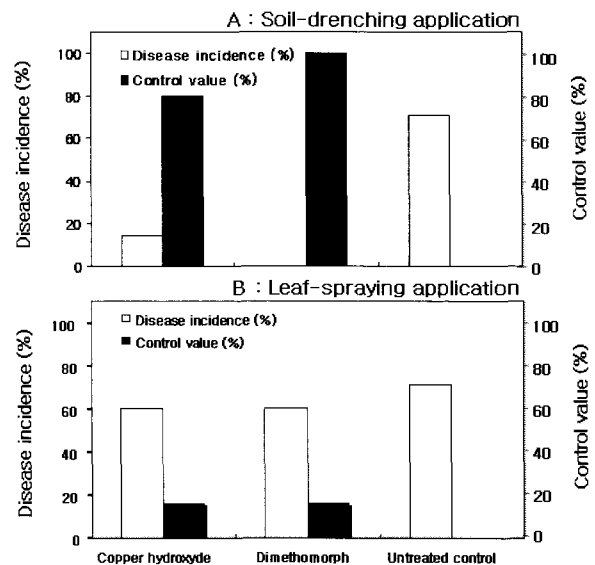
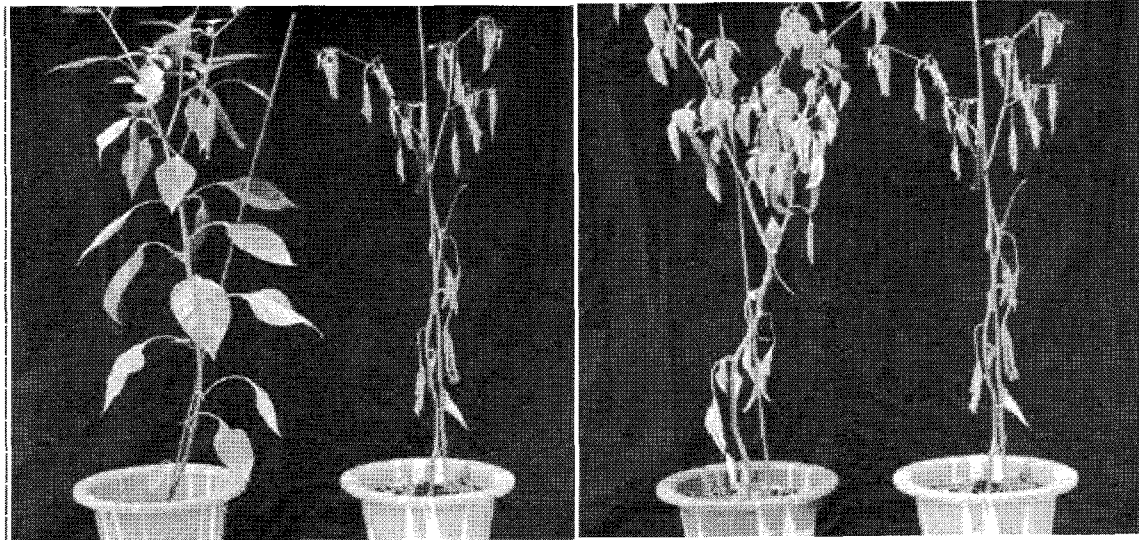


Fig. 3 Effect of copper hydroxide on pepper *Phytophthora* blight in a greenhouse. With adjusting 1,040 µg mL⁻¹, Copper hydroxide was applied by soil-drenching or leaf-spraying one day before inoculation with *Phytophthora capsici* JHCS 2-5. For the inoculation, zoosporangia of *P. capsici* JHCS 2-5 were harvested from mycelia incubated on oatmeal agar media. Zoospores released from zoosporangia kept at 4°C for 3 hrs was drenched into the soil.



A. Soil-drenching application B. Leaf-spraying application

Fig. 4 Wilting symptom of pepper inoculated with *Phytophthora capsici* JHCS 2-5. For the inoculation, zoospores of *P. capsici* JHCS 2-5 were harvested from mycelia incubated on oatmeal agar media. Zoospores released from zoosporangia kept at 4°C for 3 hrs was drenched into the soil. With adjusting 1,040 µg mL⁻¹, Copper hydroxide was applied by soil-drenching (A) or leaf-spraying (B) one day before inoculation. Left pepper plants: treated with fungicide, right pepper plants: untreated control.

가를 보였다. Fig. 4에서도 보는 것과 같이 1,040 µg mL⁻¹의 copper hydroxide를 관주처리한 고추는 *P. capsici* JHCS 2-5의 유주포자를 토양에 관주 접종하여도 시들음 증상을 보이지 않고 건전하게 생육하고 있었지만, 동일한 농도의 살균제를 지상부에 흐르기 직전까지만 처리한 고추는 접종 10일 후에 식물체 전체적으로 시들기 시작하는 것을 볼 수 있었다. 효과가 저조하였던 경엽처리의 경우, 고추 한 주당 처리하는 살균제의 약량을 달리하였을 때, 방제 효과에는 많은 차이가 나타났다(Fig. 5). 고추 한 주당 1,040 µg mL⁻¹의 copper hydroxide를 10 mL씩 처리한 경우, 발병주율이 64%로 무처리와 비교하여 14.7%의 방제효과를 나타냈다. 하지만 50 mL를 처리하여, 살균제가 지체

부와 토양 표층까지 충분히 처리된 경우는 발병주율이 4%로 94.6%의 효과를 보였다.

온실에서의 copper hydroxide의 지속 효과

Fig. 6에서 보는 것과 같이 copper hydroxide는 병원균을 접종하기 3일전과 1일전에 처리하였을 때에는 100%의 효과를 보였지만, 병원균을 접종하기 1주일

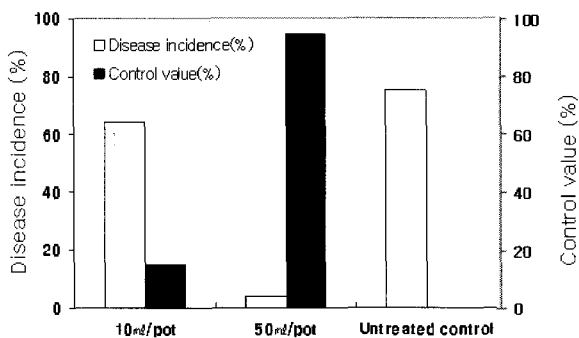


Fig. 5. Control effect of copper hydroxide on pepper *Phytophthora* blight according to the spray volume.

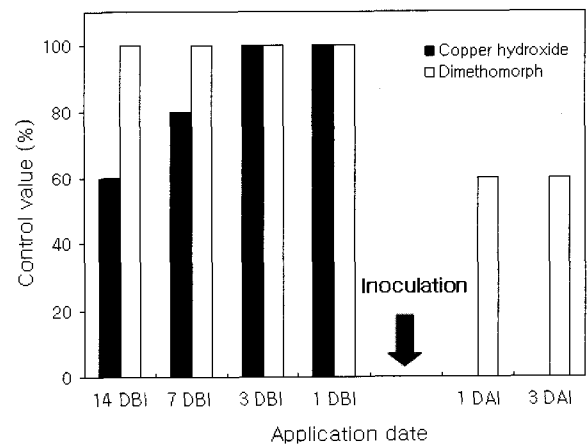


Fig. 6. Persistent effect of fungicides on pepper *Phytophthora* blight in a greenhouse. Fungicides were periodically applied on pepper plants by soil-drenching. Pepper plants were inoculated with zoospores released from zoosporangia of *P. capsici* JHCS 2-5 which were kept in 4°C for 5 hrs after adjusting the concentration to 1 x 10⁴ zoosporangia mL⁻¹.

전에 토양에 처리하였을 때에는 80%, 2주일 전에는 60%로, 처리한 시기와 병원균을 접종한 시기의 기간이 길어질수록 효과가 감소하였다. 병원균을 접종하고 1일 후에 처리하면 copper hydroxide의 효과가 급격하게 감소하여 고추 역병을 전혀 방제하지 못하였다. 그러나 대조 살균제로 사용한 dimethomorph는 병원균을 접종하기 2주 전에 처리하였을 때에도 100%의 효과를 보였으며, 병원균을 접종한 후에 처리하였을 때에도 60% 정도의 효과를 보여 주었다.

포장에서의 copper hydroxide의 방제 효과

Copper hydroxide를 10일 간격으로 4회 처리하고 10일 후에 조사하였다. 무처리구에서는 77.5%의 발병주율을 보인 반면에, copper hydroxide 처리구에서는 7%의 발병주율만을 보여 91%의 효과가 있었다(Fig. 7). 무처리구의 발병주율이 100%에 달하였던 9월 중순까지도 copper hydroxide의 효과는 계속적으로 지속되었다.

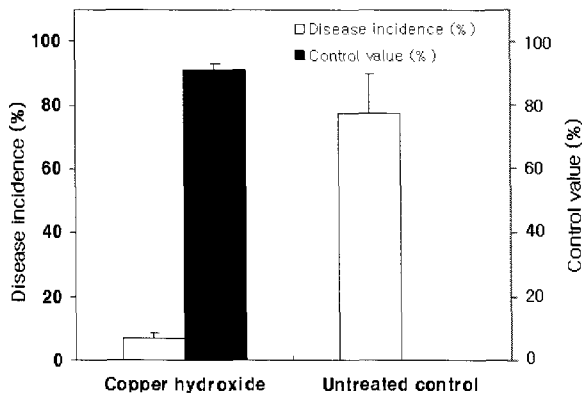


Fig. 7. Control effect of copper hydroxide on pepper *Phytophthora* blight in the field. Experiment of copper hydroxide was designed by randomized block design with 3 replicates. Pepper plants were treated with copper hydroxide 4 times with intervals of 10 days.

고찰

Copper hydroxide는 역병균의 생육 과정 중에서 균사 성장, 유주포자낭에서의 유주포자 나출보다는, 유주포자낭이나 유주포자의 발아 등을 강하게 억제하였으며, 고추 유묘와 성체 식물을 이용한 온실 실험에서도 고추 역병에 대한 방제 효과가 우수한 것으로 나타났다. 하지만 copper hydroxide를 처리하는 방법에 따라서 역병에 대한 방제 효과에 큰 차이가 있었다.

Fig. 6에서 보는 것과 같이 copper hydroxide는 병원균을 접종하기 1일 또는 3일 전에 처리하였을 때 역병 발생을 완전히 억제할 수 있었지만, 병원균을 접종하고 1일과 3일 후에 처리하면 역병을 전혀 방제할 수 없었다. 결국 copper hydroxide는 치료 처리보다는 예방 처리에서 더 우수한 효과를 보임을 알 수 있었다. 이 결과는 실험실에서 copper hydroxide는 병원균의 균사 성장과 유주포자낭에서의 유주포자 나출보다는 유주포자낭이나 유주포자의 발아 등을 더 크게 억제했던 결과와 부합한다고 생각한다. 또한 역병이 발생하기 전에 copper hydroxide를 고추 포장에 처리하였을 때에도 91%의 효과를 보였으며, 발병 전 처리에 의해서 그 효과가 9월까지도 계속적으로 지속됨을 확인할 수 있었다.

동살균제에는 copper hydroxide를 포함하여 copper octanoate, copper oxychloride, copper sulfate 등이 알려져 있는데(Tomlin, 2006). 오래 전부터 채소 재배지에서는 잎에 발생하는 세균병의 방제에 사용되어 왔다(Pernezy, 2007). Smith와 Littrell(1980)은 동 살균제인 copper oxychloride가 세균병뿐만 아니라 땅콩의 점무늬병 방제에 효과가 우수하다고 보고하였으며, Solel 등(1996, 1997)은 감귤류의 *Alternaria* 점무늬병의 방제에 copper hydroxide가 효과적이라고 보고하였다. 이처럼 copper hydroxide는 식물 세균병과 진균병을 방제하는데 효과적임을 알 수 있다. 하지만 감자에 역병을 일으키는 *Phytophthora infestans*에 대한 방제 체계를 확립하기 위하여 dimethomorph 등 12개의 살균제를 선별하여 방제 실험을 한 결과를 보면, copper hydroxide 단독 처리 또는 copper hydroxide와 mancozeb의 교호 처리에서는 감자 역병에 대한 효과가 매우 저조하였다(Stein and Kirk, 2002). 동일한 난균문에 속하는 진균이지만, *P. infestans*는 *P. capsici*와는 다르게 포장에서 copper hydroxide의 효과를 찾아볼 수 없었다. 이 결과는 병명이 동일하더라도 원인이 되는 병원균이 다를 경우에는 사용하는 살균제의 효과가 다를 수가 있기 때문에 원인 병원균의 정확한 동정이 필수적임을 보여주고 있다.

Copper hydroxide의 효과는 처리한 식물체의 환경에 따라서 크게 차이가 나는 것으로 보고되어 있다. Van Bruggen 등(1988)은 산성비가 감자 잎상에서 copper hydroxide의 잔류량과 방제 효과에 어떠한 영향을 미치는지를 조사하였다. Copper hydroxide는 비의 산도가 증가하면 잎상에서의 잔류량이 감소하면서, 감자 역병에 대한 효과도 감소하는 것으로 보고하였다. 그

러나 동시에 실험한 mancozeb는 비의 산도와는 관계 없이 감자의 잎상에서의 잔류량에 변화가 없었을 뿐만 아니라, 역병에 대한 방제 효과에도 전혀 영향을 받지 않았다. 또한 copper hydroxide의 수용해도가 병원균을 억제하는데 영향을 미친다는 보고도 있다. Montag 등(2006)은 사과 검은별무늬병균인 *Venturia inaequalis*가 사과 잎을 침입한 후에 동 살균제인 copper hydroxide($\text{Cu}(\text{OH})_2$)와 copper sulfate(CuSO_4)를 처리하여 치료 효과가 있는지를 조사한 결과, 물에 대한 수용해도가 낮은 $\text{Cu}(\text{OH})_2$ 가 수용해도가 높은 CuSO_4 보다 효과가 우수함을 보고하였다. 이 때 동 살균제를 처리한 잎의 표면이 건조한 상태이면 효과가 감소하였다. 이는 수용성이 낮은 동 화합물이 병원균의 분비물과 반응하여 독성이 강한 동 혼합물을 만드는 것으로 추정하였다. 이처럼 copper hydroxide는 주변의 수분, 수분의 pH 등에 의해서 병 방제 효과가 크게 변할 수 있기 때문에 사용상에 주의가 필요하다. 일반적인 보호용 살균제가 병 발생 전에 처리하면 우수한 방제 효과를 얻을 수 있는 반면에, copper hydroxide는 처리하는 식물체 표면의 조건이 효과에 영향을 미치는 것으로 생각한다.

고추 역병 방제를 위해서 copper hydroxide를 사용할 경우에는 사과 검은별무늬병의 경우와는 다르게 치료 효과가 없기 때문에 병원균이 식물체를 침입하기 전에 처리하는 것이 중요하며, 효과의 지속 기간이 짧기 때문에 처리하는 시기를 정확하게 지켜야 한다. 또한 Fig. 5에서 보는 것과 같이 고추 역병균은 토양에 서식하는 병원균이며, 고추를 침입할 때도 지제부나 뿌리를 통해서 침입하기 때문에 처리하는 살균제도 고추의 지상부보다는 지제부와 토양을 중심으로 처리되어야 한다. 그러나 일반 농가에서는 적은 노동력으로 살균제를 처리하는 것이 어렵기 때문에 고추의 지상부에 처리하는 일이 많아서 살균제의 효과를 감소시키는 경우가 빈번하다. 따라서 copper hydroxide뿐만 아니라 고추 역병을 방제하기 위해서 살균제를 처리할 경우에는 지제부와 토양을 중심으로 처리할 수 있도록 현장에서 지도할 수 있어야 한다.

Copper hydroxide 몇 가지의 주의점을 염두에 두고 사용한다면, 포장에서는 고추 역병을 효과적으로 방제할 수 있을 것으로 생각한다. 특히, 최근에 선택성이 우수하고 침투이행성이 높은 살균제에 대해서 내성을 보이는 병원균의 출현이 빈번하게 보고되고 있는데, 이러한 내성균을 방제하는데도 효과적으로 사용할 수 있을 것으로 생각한다.

감사의 글

이 논문은 2006년도 충북대학교 학술연구지원사업의 연구비에 의해서 수행된 것으로 연구비의 지원에 감사드립니다.

인용문헌

- 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.
- 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(3):893~899.
- Permezny, K., R. Nagata, N. Havranek and J. Sanchez (2007) Comparison of two culture media for determination of the copper resistance of *Xanthomonas* strains and their usefulness for prediction of control with copper bactericides. 26:1~7.
- Smith, D. H. and R. H. Littrell (1980) Management of peanut foliar diseases with fungicides. Plant Dis. 64:356~361.
- Solel, Z., Y. Oren and M. Kimchi (1997) Control of *Alternaria* brown spot of *Mimosa tangelo* with fungicides. Crop Prot. 16:659~664.
- Stein, J. M. and W. W. Kirk (2002) Containment of existing potato late blight (*Phytophthora infestans*) foliar epidemics with fungicides. Crop Prot. 21:575~582.
- Van Bruggen, A. H. C., J. Troiano, E. J. Butterfield, L. Heller, J. F. Osmeloski and J. S. Jacobson (1988) Retention of maneb and cupric hydroxide and control of late blight on potato foliage exposed to simulated acidic rain in the field. Agricul. Ecosys. Environ. 24:431~442.
- Tomlin, C. D. S. (2006) The pesticide manual 14th ed. 214~218.
- 김병수 (2004) 고추 주요 병의 진단과 방제. 147~180. 김병동, 박효근, 김영호 한국 고추의 분자 유전과 육종. pp.521.

- 김충희 (2004) 2003년 농작물 병해 발생개황. 식물병 연구 10(1):1~7.
- 명인식, 박경석, 홍성기, 박진우, 심홍식, 이영기, 이상엽, 이승돈, 이수현, 최홍수, 최효원, 허성기, 신동범, 나동수, 예완해, 조원대 (2005) 2004년 주요 농작물 병해 발생개황. 식물병연구 11(2):89~92.
- 명인식, 홍성기, 이영기, 최효원, 심홍식, 박진우, 박경석, 이상엽, 이승돈, 이수현, 최홍수, 김용기, 신동범, 나동수, 예완해, 한성숙, 조원대 (2006) 2005년 주요 농작물 병해 발생개황. 식물병연구 12(3):153~157.
- 배도함 (2006) 고추 탄저병 피해현황과 방제의 중요성. 1~6. 고추 탄저병의 피해 현황 및 방제대책 심포지엄 자료집. pp88.
- 지형진 (2004) 국내 발생 고추 역병균의 특성. 207~218. 김병동, 박효근, 김영호. 한국 고추의 분자 유전과 육종. pp.521.

고추 역병에 대한 Copper hydroxide의 방제 특성

김선보 · 민지영 · 김주형 · 신명욱 · 김명기 · 연초롱 · 김흥태*

충북대학교 농업생명환경대학 응용생명환경학부 식물의학전공

요약 : Copper hydroxide가 고추 역병균(*Phytophthora capsici* JHCS 2-5)의 생활사에 어떤 영향을 미치는지와, 온실과 포장에서의 병 방제 효과를 조사하였다. Copper hydroxide는 *P. capsici* JHCS 2-5의 균사 성장과 유주포자 나출보다도 유주포자낭과 유주포자의 발아를 강하게 억제하였으며, 각각의 EC_{50} 값은 0.6과 0.3 $\mu\text{g mL}^{-1}$ 이었다. 온실 실험에서는 1,040 $\mu\text{g mL}^{-1}$ 의 copper hydroxide를 관주 처리하였을 때의 방제 효과는 80%, 경엽 처리하였을 때에는 16%의 효과를 보였다. 그러나 고추 한 주당 copper hydroxide를 50 mL씩 분무처리하여 토양과 지제부까지 충분히 처리하였을 경우에는 94.6%의 효과를 보였다. Copper hydroxide는 병원균을 접종하기 3일전부터 처리하였을 때, 100%의 효과를 볼 수 있었지만, 1주일과 2주일 전에 처리하면 80과 60%로 효과가 감소하였으며, 병원균을 접종하고 1일과 3일 후에 처리할 경우에는 역병을 전혀 방제하지 못하였다. 고추 포장에서 10일 간격으로 4회 처리하였을 때, copper hydroxide는 91%의 병방제 효과를 보였다.

색인어 : 고추 역병, copper hydroxide, 토양 관주 처리