

온실에서 고추·토마토 역병 및 오이 노균병에 대한 아인산 (phosphorous acid)의 방제 효과

장태현* · 임태현 · 김익열 · 최경자¹ · 김진철¹ · 김흥태¹ · 이용새² · 조광연¹

(주)대우 식물영양연구소, ¹한국화학연구소, ²대구대학교 생명자원학부

요약 : 아인산의 고추·토마토 역병 및 노균병에 대한 방제 효과를 성체 식물체를 이용하여 온실에서 검정한 결과, 고추 역병의 경우 1,408 $\mu\text{g a.i./mL}$ (H_3PO_3) 농도 처리에서 91%와 80%의 예방 및 치료효과를 보였다. 토마토 역병의 경우는 1,408 $\mu\text{g a. i./mL}$ 처리에서 각각 63.4%와 13.0%의 예방 및 치료효과를 보여 고추 역병에 비해 효과가 저조하였다. 토마토 역병균의 유주자낭의 밀도가 $1 \times 10^3 \sim 1 \times 10^4/\text{mL}$ 일 경우 방제 효과가 높았다. 고추역병균에 대한 약제 지속효과에 있어서 아인산은 경엽처리 4일 후에도 94%의 높은 방제 효과를 보여 대조약제인 포름 수화제에 비해 효과가 지속됨을 알 수 있었다. 오이 노균병에 대해서는 1,408 $\mu\text{g a.i./mL}$ 처리는 82와 62%의 예방 및 치료효과를 보였다. 아인산의 경엽처리는 식물의 생육을 촉진시키는 것으로 나타났다.(2000년 1월 10일 접수, 2000년 2월 23일 수리)

Key words : Phosphorous acid, phytophthora blight of red pepper, late blight of tomato, cucumber downy mildew.

서론

고추, 토마토 및 오이는 우리 나라에서 재배되고 있는 중요한 과채류에 속한다. 이들 농산물의 안정적인 생산 및 농가 소득에 영향을 주는 제한적인 요인은 각종 병원균과 해충에 의한 피해와 토양 환경 악화에 따른 피해로 구분할 수 있다. 특히 이들 작물의 연작으로 인한 각종 병원균의 밀도 증가는 방제의 어려움을 초래하고 있다. 역병의 경우 이병된 식물체는 다른 병원체에 의한 피해보다 대체적으로 심각하고 급성이어서 감자, 오이, 참외, 고추, 토마토 및 가지 등에 많이 발생하여 다수확에 큰 제한요인이 된다 (전, 1992; 정, 1995).

현재 이 병의 방제는 주로 살균제에 의한 화학적 방제, 토양의 위생적 관리 및 연작 회피 등에 의한 경종적 방제법이 주로 쓰이고 있으며 (정, 1995), 최근에는 각종 길항균을 이용한 생물학적 방제법이 연구되어 지고 적용을 위한 시도가 이루어지고 있다 (전, 1992; 박, 1994; 정, 1995). 화학적 방제의 경우 다른 토양병과 마찬가지로 방제효과가 낮고, 저항성 균의 출현문제 이외에 환경 오염, 농약잔류 및 인축에 대한 독성 등에 대한 소비자의 급속한 인식 변화는 병 방제법의 변화를 요구하고 있다 (Delp, 1988; Kadish와 Cohen, 1988; Staub, 1991; 김 등, 1993; Timmer 등, 1998).

아인산 (phosphorous acid, H_3PO_3)을 이용한 역병방제 연구는 1978년도에 개발된 침투성 살균제인 포세칠알 (aluminum tris-O-ethyl phosphonate : Aliette[®])이 조균

류에 대한 특이적 활성이 Bertrand (1977)의해 보고된 이후, 살균기작으로는 *in vitro*에서는 살균효과가 낮고 식물에 직접 살포시 방제효과를 나타내는 기주식물 저항성 증강제로 알려지게 되었다 (Bertrand, 1977). 특히 Guedes (1982)는 담배에 H_3PO_3 을 살포하면, 담배는 복합적인 방어시스템의 작용으로 capsidiol, rishitin, phytuberin, phytuberol 및 lubimine 등의 phytoalexins 합성을 유도한다고 하였다. 이후 많은 연구자들은 H_3PO_3 의 *Phytophthora* spp.에 대한 균사생육억제, 유주자낭형성 및 포자낭 형성억제 등의 다양한 연구가 거듭되었다 (Coffey와 Bower, 1984; Fenn과 Coffey, 1984; Coffey와 Joseph, 1985). 국내에서의 아인산을 이용한 역병 방제 시험은 90년대 후반에 시작되었으며, Jee 등 (1999)은 수경재배 와 온실 실험을 통하여 상추와 토마토 역병에 대한 우수한 방제효과를 보고한 바 있다.

본 실험은 식물체의 병 방어 시스템의 자극과 특이적 구조에 의한 병원균에 대한 직접적인 억제 작용 기작을 가지고 있는 아인산 제제의 고추와 토마토 역병과 오이 노균병에 대한 방제 효과를 검증하였다.

재료 및 방법

사용 약제

고추 역병, 토마토 역병 및 오이 노균병에 대한 방제 효과를 조사하기 위하여 대우아인산[®] (P_2O_5 22%, K_2O 14%, B_2O_3 0.07%, Mo 0.0005%, Pyroligneous liquor 7%)을 시험에 사용하였다. 대조 약제로는 예방효과 검증을 위해서는 dimethomorph를, 치료효과 검증을 위해서는 metalaxyl을 사용하였다 (그림 1).

*연락처

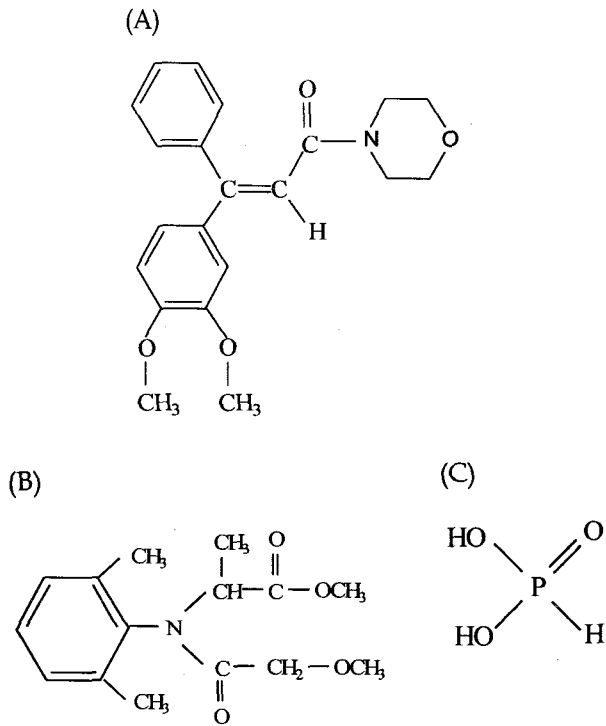


Fig. 1. Chemical Structures of dimethomorph (A), metalaxyl (B), and phosphorous acid (C).

기주식물과 병원균의 접종

고추 (한별고추), 토마토 (서광) 및 오이 (백다다기)를 유리 온실에서 4주간 재배하여 고추 역병, 토마토 역병 및 오이 노균병에 대한 약제방제 효과 시험을 수행하였다.

20°C의 Oat meal (Oatmeal 60.0 g, Agar 12.5 g D.W 1000 mL) 배지에서 배양한 고추역병균 (*Phytophthora capsici*)의 공중 균사를 제거하고, 25°C에서 2일간 형광등을 쬐여 유주자낭을 형성시켰다. 멸균 증류수로 수확한 고추 역병균의 유주자낭은 4°C에 3시간 보관하여 유주자를 유출시켰으며, 유주자의 농도를 1×10^5 /mL로 조절한 후 주당 약 30 mL씩 분무 접종하였다. 토마토 역병균 (*Phytophthora infestans*)은 20°C의 V-8 juice 고체 배지에서 1주일간 배양하고, 12시간 간격으로 광을 조사하여 유주자낭을 형성시켰다. 공시 약제의 예방효과 및 치료효과를 조사하기 위하여 병원균의 접종원은 1×10^5 zoospores/mL로 농도를 조절하였으며, 접종방법과 접종량은 고추 역병과 동일하게 실시하였다. 토마토 역병균의 농도에 따른 아인산의 방제 효과를 조사하기 위하여 토마토 역병균의 접종원 농도를 1×10^3 , 1×10^4 및 1×10^5 zoospores/mL로 조절하여 시험하였다. 오이 노균병의 시험을 위해서 온실에서 자연 발생된 잎을 채집하여 25°C에서 2일간 보관하였다. 멸균 증류수로 잎의 뒷면에 형성된 오이 노균균 (*Pseudoperonospora cubensis*)의 포자를 수확하여 1×10^4 spores/mL 농도로 조절하여 주당 30mL씩 분무 접종하였다. 벼도열병과 잣빛곰팡이병은 접종원의 농도를 1×10^5 spore/mL로 조절하여 고추 역병균과 동일한 방법으로 접종하였

다. 밀 녹병과 보리 흰가루병은 오이 노균병과 동일한 방법으로 접종하였다. 벼 잎집무늬병균은 밀기울 배지(밀기울 200 mL, 왕겨 100 mL, D.W 100 mL)에 배양하였으며, 접종원은 병원균이 자란 밀기울 배지 500 g에 증류수 1000 mL을 넣고 마쇄하여 풋트당 10 mL씩 부어 접종하였다.

약제의 조제 및 처리

실험에 사용한 아인산은 352, 704 및 1,408 $\mu\text{g a. i./mL}$ 의 농도로 250 ppm의 Tween 20 용액에 희석하여 조제하였다. 대조약제로 사용한 dimethomorph와 metalaxyl은 dimethylsulfoxide에 녹인 다음, Tween 20 용액으로 희석하여 2, 10 및 50 $\mu\text{g a. i./mL}$ 의 농도로 조제하여 사용하였다. 이 때 사용한 용매의 최종 농도는 1%로 조절하였다.

사용한 약제의 예방효과는 병원균을 접종하기 24시간 전에 식물체에 충분히 흐르도록 경엽 처리하고 1일간 풍건시킨 후 병원균을 접종하여 조사하였다. 치료효과는 병원균을 기주식물에 먼저 접종하고 1일간 습실 처리하여 병원균을 식물체로 침입시킨 후 시험 약제를 경엽 처리하였다.

고추 역병에 대한 아인산의 지속효과는 1,760 $\mu\text{g a. i./mL}$ 의 아인산을 고추에 경엽처리 하고, 1, 4, 7, 11 및 14일 후에 병원균 (1×10^5 zoospores/mL)을 접종하여 지속효과를 조사하였다. 대조약제로는 dimethomorph 10 $\mu\text{g a. i./mL}$ 를 사용하였다.

토마토 역병의 발병을 위하여 접종한 식물체를 20~22°C (RH 100%)의 습실상에서 4일간 보관하였으며, 4일 후에 식물체 전체에 발생한 병반 면적을 조사하여 방제효과를 조사하였다.

$$\text{방제가(\%)} = \left(1 - \frac{\text{약제 처리구의 병반 면적}}{\text{무처리구의 병반 면적}} \right) \times 100$$

고추 역병과 오이 노균병의 발병은 병원균을 접종하고 1일간 습실 처리한 고추와 오이를 20~22°C (RH >80%)의 항온항습실로 옮겨 4일간 보관하며 유도하였다. 시험한 약제의 효과는 토마토 역병과 동일한 방법으로 조사하였다.

고추 생육에 미치는 효과

고추 (한별고추)의 생육에 대한 아인산의 효과는 27°C 유리 온실에서 조사하였다. 고추를 30일간 육묘한 후 직경 18 cm×높이 12 cm 크기 풋트에 정식하여 시험하였다. 시험약제는 704 $\mu\text{g a. i./mL}$ 의 농도로 조제하여 식물체에 충분히 흐르도록 7일 간격으로 3회 연속 처리하였다. 처리 7일 후 초장, 지상부 생중량 및 지하부 건물중을 측정하여 생육 촉진효과를 조사하였다. 약해는 최종 살포 3일부터 2주간 달관 조사하였다.

결과 및 고찰

토마토 역병 외 5가지 식물병에 대한 방제 효과

*In vivo*에서 아인산 (phosphorous acid : H_3PO_3)의 농도를 $704 \mu\text{g a.i./mL}$ 과 $352 \mu\text{g a.i./mL}$ 로 조절한 후 대상 작물의 경엽에 살포하여 벼 도열병, 벼 잎집무늬마름병, 토마토 잿빛곰팡이병, 토마토 역병, 밀 녹병 및 보리 흰가루병에 대한 방제 효과를 조사한 결과, 토마토 역병에서 특이적으로 높은 활성을 보였다 (그림 2). 토마토 잿빛곰팡이병에 대해서는 $704 \mu\text{g a.i./mL}$ 농도에서만 57.0%의 방제 효과를 보였고 그 외의 병에 대해서는 효과가 인정되지 않았다. 이는 Fenn과 Coffey (1984, 1985), Rohrbach와 Schenck (1985), Ouimette와 Coffey (1989) 및 Förster (1998) 등이 보고한 결과와 유사한 경향을 보였다.

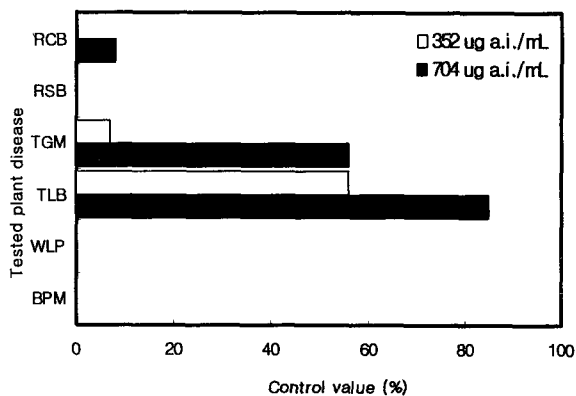


Fig. 2. The control effects of phosphorous acid on six plant diseases. Abbreviations were indicated as follows; RCB;Rice blight, RSB; Rice sheath blight, TGM;Tomato gray mold, TLB; Tomato late blight, WLP;Wheat leaf rust, BPM; Barley powdery mildew. Control value was calculated with the formula as follows ;

$$\text{Control value(\%)} = \left(1 - \frac{\text{Disease severity in treated control}}{\text{Disease severity in untreated control}}\right) \times 100$$

약제의 예방 및 치료효과

고추 역병 방제효과 : 고추 역병에 대한 예방 및 치료 효과를 검증하기 위해 아인산의 농도를 352, 704 및 $1,408 \mu\text{g a.i./mL}$ 조절한 후 온실에서 30일간 재배한 식물 경엽에 각각 1회 살포하여 조사한 결과는 표 1과 같다. $1,408 \mu\text{g a.i./mL}$ 처리구에서 예방 및 치료효과가 각각 91.0%와 80.0%로 높게 나타났다. 이러한 방제효과는 대조 약제인 dimethomorph($10 \mu\text{g a.i./mL}$)의 예방효과 95.0%와 metalaxyl($10 \mu\text{g a.i./mL}$)의 치료효과 84.0%와 유의성이 없는 것으로 나타났다. 특히 예방효과는 704과 $352 \mu\text{g a.i./mL}$ 농도 처리구에서 각각 88.0%와 65.0%으로 나타난 반면, 치료효과는 저조하여 704 $\mu\text{g a.i./mL}$ 농도 처리구에서 60%의 방제가를 보였고, 352 $\mu\text{g a.i./mL}$ 처리구에서

는 전혀 효과가 없었다.

토마토 역병 방제효과 : 토마토 역병 방제를 위해 고추에서와 동일한 농도로 아인산을 살포한 후 방제 효과를 조사한 결과 (표 2), 고추 역병에 비해 방제효과가 낮게 나타났다. $1,408 \mu\text{g a.i./mL}$ 처리구에서 63.4%, $704 \mu\text{g a.i./mL}$ 처리구에서는 34.0%였으며, 352 $\mu\text{g a.i./mL}$ 처리구에서는 치료효과를 볼 수 없었다. 치료효과는 모든 처리구에서 인정되지 않았다.

작물에 따른 아인산의 효과차이는 작물에 따른 항균활성 차이, 병원균의 병원력 차이, 전염원의 비산 능력 및 작물에 따른 HPO_3^{2-} 침투이행성의 효율에 기인한 것으로 생각된다 (Agrios, 1997; Smillie 등, 1989). 현재 역병 및 노균병 방제 약제로 사용되고 있는 포세칠알은 초기에 일부 연구자들에 의해 직접적인 항진균 활성 보다는 기주방어기작의 작용이 제시되었다 (Bompeix 등, 1981; Guest, 1984). 그러나 Cohen와 Coffey (1986), Ouimette와 Coffey (1988) 등은 H_2PO_3 은 식물체내와 토양에서 phosphite (HPO_3^{2-})로 가수분해되어 항균작용을 보인다고 하였으며, HPO_3^{2-} 에 의한 항균작용의 중요성이 점차 강조되었다 (Fenn과 Coffey, 1984, 1985; Pegg, 1985).

Coffey와 Joseph (1985)는 *Phytophthora* spp.의 생활사에 미치는 H_3PO_3 의 직접적인 영향을 보면, *P. citricola*와 *P. cinnamomi*의 균사생장이 H_3PO_3 에 의해 저해될 뿐만 아니라, 포자형성과 유주자 유출 저해, 특히 난포자 형성은 H_3PO_3 $1 \mu\text{g a.i./mL}$ 의 농도에서 60~90% 이상 저해되며 후막포자 형성도 저해된다고 하였다. Coffey와 Bower (1988)도 *Phytophthora* 9개 균주에 대한 균사생장 억제 시험에서 *Phytophthora infestans*는 H_3PO_3 에 대한 감수성이 가장 낮아 균사생장을 50% 억제하는 EC_{50} 값이 $224.4 \mu\text{g a.i./mL}$ 로 가장 높다고 하여 본시험에서 토마토 역병에 대한 낮은 방제기도 병원균에 대한 차이와 직접적인 관련 있을 것으로 생각된다. 반면 고추 역병균인 *P. capsici*의 EC_{50} 값은 $34.7 \mu\text{g a.i./mL}$ 이었고, *P. citrophthora*와 *P. citricola*의 EC_{50} 값은 5.2~10 $\mu\text{g a. i./mL}$ 로 아인산에 대한 감수성이 높은 균으로 보고하였다 (Coffey와 Bower, 1988). 또한 Fenn과 Coffey (1983)은 역병에 특이적 활성을 나타내는 포세칠알과 H_3PO_3 는 *in vitro*에서 *Phytophthora* spp. 대해 항균작용을 하며, 그 효과는 H_3PO_3 이 포세칠알 보다 4~14배정도 높다고 하였다. 또 포세칠알 (HPO_3^{2-} : $1,000 \mu\text{g a.i./mL}$)와 potassium phosphonate (HPO_3^{2-} : $390 \mu\text{g a.i./mL}$)로 담배묘에 처리한 후 *P. capsici*와 *P. parasitica* var. *nicotiana*을 상처 접종 후 상처가 확대되지 않은 것은 phosphite (HPO_3^{2-})의 직접적인 작용이라고 보고하였다 (Fenn과 Coffey, 1988).

그러므로 H_3PO_3 은 고추나 토마토의 역병뿐만 아니라, 우리 나라 주요 경제작물에 발생하는 *Phytophthora* spp.에 대해서도 높은 항균활성이 있을 것으로 추론되므로 보다 다양한 방법의 적용시험을 진행할 경우 국내작물의 역병

Table 1. The control effect of phosphorous acid on red pepper blight caused by *Phytophthora capsici*

Chemical	Concentration ($\mu\text{g a.i./mL}$)	Control value (%)	
		Protective	Curative
Phosphorous acid	352	65.0	0.0
	704	88.0	60.0
	1,408	91.0	80.0
Standard ^{a)}	2	73.0	65.0
	10	95.0	84.0
	50	100	96.0
LSD (P=0.05)		5.1	3.6

^{a)}Dimethomorph and metalaxyl were used as standard fungicide in protective and curative application, respectively.

Table 2. Effect of phosphorous acid on controlling tomato late blight caused by *Phytophthora infestans*

Chemical	Concentration ($\mu\text{g a.i./mL}$)	Control value (%)	
		Protective	Curative
Phosphorous acid	352	0.0	0.0
	704	34.0	0.0
	1,408	63.4	13.0
Standard ^{a)}	2	90.0	0.0
	10	98.2	13.0
	50	97.4	45.1

^{a)}Dimethomorph and metalaxyl were used as standard fungicide in protective and curative application, respectively.

방제에 새로운 대안을 제시할 수 있을 것으로 생각된다.

접종원 농도에 따른 방제효과 : 접종원의 농도에 따른 토마토 역병 방제 효과를 보기 위해 유주자의 농도를 조절하여 접종 한 후 치료 및 예방효과를 조사한 결과 그림 3과 같았다.

예방효과가 가장 높았던 1,408 $\mu\text{g a.i./mL}$ 농도로 경엽

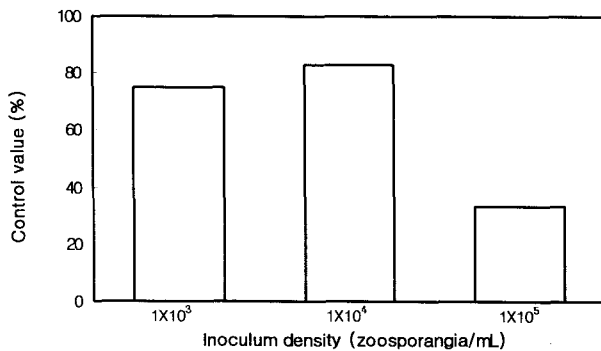


Fig. 3. Effect of zoosporangial concentration of *Phytophthora infestans* on the activity of phosphorous acid against tomato late blight. Phosphorous acid was treated with 1,408 $\mu\text{g a.i./mL}$.

살포 후 토마토 역병균의 유주자 농도를 1×10^3 과 10^4 zoospores/mL로 조절하여 접종한 결과 예방 및 치료효과가 각각 74.9%와 82.8%로 높게 나타나, 접종원 농도가 1×10^5 zoospores/mL로 높은 경우에 비해 높은 방제가를 보였다. 그러나 이와 같은 접종원 농도로 살포한 고추에서는 다소 차이를 보이는 것은 토마토 역병의 경우처럼 식물종에 따른 phosphite의 활성, 병원균의 병원력 차이 및 phosphorous acid에 대한 감수성 차이 때문으로 생각되어진다 (Ouimette와 Coffey, 1989). 이러한 결과는 포장에서 아인산의 처리 시기가 병원균의 밀도가 낮은 발병 초기임을 시사하고 있다.

오이 노균병 방제효과 : 아인산을 3가지 농도로 경엽 처리한 후 노균병 방제 효과를 검정한 결과는 표 3과 같다.

노균병에 대한 예방 및 치료효과도 고추 역병에서처럼 농도가 가장 높은 1,408 $\mu\text{g a.i./mL}$ 처리구에서 각각 82.0%와 62.0%의 높은 효과를 보였다. 특히 치료효과의 경우 metalaxyl을 10 $\mu\text{g a.i./mL}$ 의 농도로 처리했을 때 보다 높게 나타났다. 704 $\mu\text{g a.i./mL}$ 농도 처리구에서는 61.0%의 예방효과와 56.0%의 치료효과를 보였다.

Phosphorous acid를 주성분으로 하는 아인산은 오이 노균병 뿐만 아니라 상치 노균병 (병원균; *Bremia lactucae*),

Table 3. The control effect of phosphorous acid on cucumber downymildew caused by *Pseudoperonospora cubensis*

Chemical	Concentration ($\mu\text{g a.i./mL}$)	Control value (%)	
		Protective	Curative
Phosphorous acid	352	36.0	23.0
	704	61.0	56.0
	1,408	82.0	62.0
Standard ^a	2	82.0	42.0
	10	93.0	42.0
	50	100	42.0
LSD(P=0.05)		8.7	8.9

^a)Dimethomorph and metalaxyl were used as standard fungicide in protective and curative application, respectively.

포도 노균병 (병원균; *Plasmopara viticola*) 및 무·배추 노균병 (병원균; *Peronospora brassicae*)에 대해서도 적용 실험을 수행함으로써 포장의 적용 병의 확대가 가능하다고 생각한다. 난균강에 속하는 식물 병원균을 방제하기 위하여 사용하는 살균제에 대한 저항성 균주의 출현에 따른 문제점을 고려 할 경우 아인산을 이용한 방제법 개발이 매우 효율적이며 필요한 일이라고 생각된다 (Stub, 1991; 김 등, 1993).

약효 지속효과 : 고추 역병 방제 시험에서 대조약제인 dimethomorph와 유사한 방제가를 보인 1,760 $\mu\text{g a.i./mL}$ 의 농도로 아인산을 1회 처리한 후 경시변화에 따른 지속효과를 조사한 결과 그림 4와 같았다. 살포 4일 후까지는 아인산 살포구가 94.0%의 예방효과를 보인 반면, 대조약제인 dimethomorph 10 $\mu\text{g a.i./mL}$ 처리구는 65.0%로 낮은 예방효과를 보여 아인산 처리구가 28.0%정도 높은 예방효과를 지속하는 것으로 나타났다. 그러나 살포 7일 후에는 아인산 살포구의 방제효과가 급격히 저하되어 29.0%의 낮은 방제효과를 보인 반면, 대조약제 처리구는 60%의 방제가를 유지하였다. 처리 14일 후는 오히려 아인산 살포구가 33.0%의 예방효과를 유지하여 대조약제 처리구의 8.0%에 비해 높은 것으로 나타났다. 이와 같이 고추 및 토마토 역병 방제 효과와 지속효과의 결과를 종합할 경우, 본 시험에 사용한 아인산을 역병이나 노균병의 방제를 위한 살포시기를 제시하면 발병 전과 발병직후가 좋을 것으로 생각하며, 살포간격은 5~7일 간격이 이상적일 것으로 판단된다 (Agrios, 1997). Smillie 등 (1989)에 의하면 lupins 묘에 potassium phosphite를 20 mg/pot 1회 살포 후 phosphite 함량을 조사한 결과, 살포 4일 후에 가장 높은 250 $\mu\text{g/g}$ (fresh weight)이 함유되어 있었으며, 7일 후에는 낮아지다 후 9일 후에는 함량이 250 $\mu\text{g/g}$ (fresh weight)로 높아지는 것으로 보고하였다.

또한 담배의 줄기에 상처접종 부위에서 phosphate와 phosphite 농도를 조사한 결과 phosphite 함량은 phos-

phate에 비해 높게 25일간 비슷한 수준으로 유지되었으며, 이후부터 1주간은 갑자기 3배 이상 높아져 35일에는 최고에 도달하였으나 phosphate 함량은 그 기간 동안 큰 변화가 없었다고 하였다.

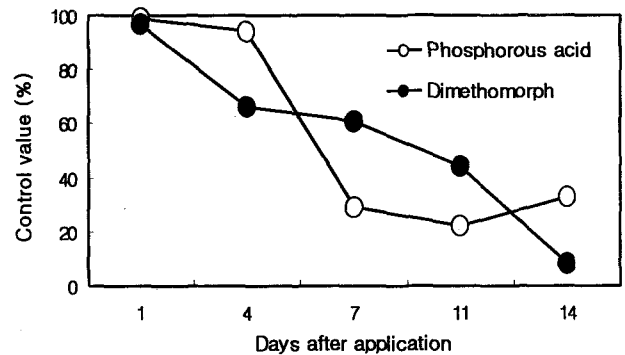


Fig. 4. Persistent effects of phosphorous acid on the control of red pepper blight caused by *Phytophthora capsici*. Zoospore of *P. capsici* was inoculated at indicated days after application with phosphorous acid (open symbol) and dimethomorph (solid symbol). Phosphorous acid and dimethomorph were treated with 1,760 $\mu\text{g a.i./mL}$ and 10 $\mu\text{g a.i./mL}$, respectively.

아인산의 생육 촉진효과 : 고추의 생육을 조사하기 위해서 아인산의 농도를 704 $\mu\text{g a.i./mL}$ 로하여 1주일 간격으로 3회 살포하고, 최종 살포 7일 후 고추의 초장, 생중량 및 지하부 건물중 등의 생육을 조사한 결과는 그림 5와 같다. 고추의 초장에는 큰 차이가 없었으나, 생중량과 지하부 건물중은 유의성을 보인 것으로 나타났다. 이는 Förster 등 (1998)의 토마토 수경 재배에서의 아인산의 생육 촉진효과를 조사한 결과와 유사한 경향을 보였다. 또한 최종

처리 3일 후부터 3일 간격으로 2주간 관찰한 결과 약해 증상은 관찰 할 수 없었다.

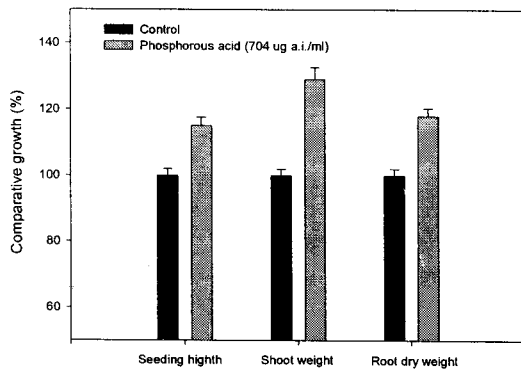


Fig. 5. Plant growth promoting effects of phosphorous acid on red pepper. Phosphorous acid (704 µg a.i./mL) was sprayed at 7 days intervals. Comparative growth promoting effect was evaluated after the 3rd application.

인용문헌

- Agrios, G. N (1997) Plant pathology. Academic Press, Inc., New York, USA. p.635.
- Bertrand, A., J. Ducret, J. C. Debourge and D. Horri- iere (1977) Etude des proprietes d'une nouvelle famille de fongicides: les monoethylphosphites metalliques. Caracteristiques physico-chimiques et proprietes biologiques. Phytatrie-Phytopharmacie 26:3~17.
- Bompeix, G., F. Fettouche and P. Saindrenan (1981) Mode d'action du phos é thyl-Al. Phytiatr. Phytopharm. 30:257~272.
- Coffey, M. D. and L. A. Bower (1984) *In vitro* variability among isolates of eight *Phytophthora* species in response to phosphorous acid. Phytopathology 79:761~767.
- Delp, C. J. (1988) Fungicide resistance in North America. The American Phytopathological Society, St. Paul, Minn., pp.133.
- Coffey, M. D. and M. C. Joseph (1985) Effects of phosphorous acid and fosetyl-Al on the life cycle of *Phytophthora cinnamomi* and *P. citricola*. Phytopathology 75:1042~1046.
- Fenn, M. E. and M. D. Coffey (1984) Studies on the *in vitro* and *in vivo* antifungal activity of fosetyl-Al and phosphorous acid. Phytopathology 74:606~611.
- Fenn, M. E. and M. D. Coffey (1985) Further evidence

- for the direct mode of action of fosetyl-Al and phosphorous acid. Phytopathology 75: 1064~1068.
- Förster, H., J. E. Adaskaveg, D. H. Kim and M. E. Stanghellini (1988) Effects of phosphite on tomato and pepper plants on susceptibility of pepper to *Phytophthora* root and crown rot in hydroponic culture. Plant Dis. 82:1165~1170.
- Guest, D. I. (1984) Modification of defence responses in tobacco and capsicum following treatment with fosetyl-Al aluminium tris (*O*-ethyl phosphonate)] Physiol. Plant Pathol. 25:125~134.
- Guedes, M. E. M., J. Kuc., R. Hammerschmidt and R. Bostock (1982) Accumulation of six sesquiterpenoid phytoalexins in tobacco leaves infiltrated with *Pseudomonas lachrymans*. Phytochemistry 21:2987~2988.
- Jee, H. J., W. G. Kim and Y. C. Choi (1999) Control of *Phytophthora* root rot of lettuce by potassium phosphonate in hydroponics. The Korea society of plant pathology. Conference (Abstract) April, 1999.
- Jee, H. J., I. H. Park, W. D. Cho and Y. C. Choi (1999) Effect of phosphorous acid on control of tomato late blight caused by *Phytophthora infestans*. The Korea society of plant pathology. Conference (Abstract) October, 1999.
- Kadish, D. and Y. Cohen (1988) Fitness of *Phytophthora infestans* isolates from metalaxyl-sensitive and -resistant population. Phytopathology 75:912~915.
- Ouimette, D. G. and M. D. Coffey (1989) Quantitative analysis of organic phosphonates, phosphonate, and other inorganic anions in plants and soil using high performance ion chromatography. Phytopathology 78:1150~1155.
- Ouimette, D. G. and M. D. Coffey (1989) Comparative antifungal activity of four phosphate compounds against isolates on nine *Phytophthora* species. Phytopathology 79:761~767.
- Pegg, K. G., A. W. Whiley, J. B. Saranah and R. J. Glass (1985) Control of *Phytophthora* root rot of avocado with phosphorus acid. Aust. Plant Pathol. 14:25~29.
- Rohrbach, K. G. and S. Schenck (1985) Control of pineapple heart rot, caused by *Phytophthora parasitica* and *P. cinnamomi*, with metalaxyl, fosetyl-Al, and phosphorous acid. Plant Dis. 69:320~323.
- Smillie, R., B. R. Grant and D. Guest (1989) The Mode of Action of Phosphite: Evidence for Both Direct and Indirect Modes of Action on Three *Phytophthora* spp. in Plants.

- Staub, T (1991) Fungicide resistance: practical experience with antiresistance strategies and the role of integrated use. *Ann. Rev. Phytopathol.* 29:421~442.
- Timmer, L. W., J. H. Graham and S. E. Zitko (1998) Metalaxyl-resistant isolates of *Phytophthora nicotianae*: occurrence, sensitivity, and competitive parasitic ability on citrus. *Plant Dis.* 82:254~261.
- Vo-Thi, H., G. Bompeis and A. Ravise (1979) Role du tris-O-éthylphosphonate d'aluminium dans la stimulation des réactions de défense des tissus de Tomate contre le *Phytophthora capsici*. *C. R. Acad. Sci. Ser. D* 288:1171~1174.
- 김병섭, 정영륜, 조광연 (1993) Metalaxyl 저항성 및 감수성 감자역병균의 (*Phytophthora infestans*)의 적응력 (Fitness) 비교 및 Dimethomorph와 Chlorothalonil에 의한 방제. *한국식물병리학회지* 9:31~35
- 정봉구 (1995) 고추 역병의 생물학적 방제. pp.337~353. *식물균병학 연구*. 한림원.
- 박경석 (1994) 고추역병균에 길항세균인 *Pseudomonas cepacia*가 생산하는 항생물질의 분리 및 동정. *충북대학교 박사학위논문*.
- 전영임 (1992) *Streptomyces argenteolus* 3D3 균주가 생산하는 항고추역병성 항생물질에 관한 연구. *충북대학교 석사학위논문*.

Effect of phosphorous acid on control of phytophthora blight of red-pepper and tomato, and downy mildew of cucumber in the greenhouse

Chang Tae Hyun*, Lim Tae Heon, Kim Ik Youl, Gyung Ja Choi¹, Jin-Cheol Kim¹, Heung Tae Kim, Yong-Se Lee², and Kwang Yun Cho¹ (Research Institute of Plant Nutrient, Daeyu Co, Inc. Kyongsan 712-820, Korea, ¹Korea Research Institute of Chemical Technology, Jang-Dong 100, Yusong-Ku, Taejon, 305-606, Korea, and ²Department of Natural Resources, Taegu Univ. Kyongsan 712-714, Korea)

Abstract : Control effects of phosphorous acid were investigated on three diseases. For *Phytophthora* blight of red pepper, protective and curative effects of phosphorous acid at the concentration of 1,408 $\mu\text{g a. i./mL}$ were 91.0% and 80.0%, respectively. In case of late blight of tomato, caused by *Phytophthora infestans*, protective and curative effects were 63.4% and 13.0% at the same concentration, respectively. However, the protective and curative effects of phosphorous acid increased by decreasing inoculum density of *Phytophthora infestans*. The protective effects of phosphorous acid on control of *Phytophthora* blight of red pepper was persisted for 4 days with high control efficacy (94.0%). The protective and curative effects of phosphorous acid (1,408 $\mu\text{g a. i./mL}$) on cucumber downy mildew were 82.0% and 62.0% respectively. The foliar application of phosphorous acid also promoted shoot growth and fresh weight of red pepper.

*Corresponding author (Fax : +82+53+817+3016, E-mail : deayou@chollian.net)