농약과학회지 제8권 제2호(2004)
The Korean Journal of Pesticide Science
Vol. 8, No. 2. pp.137~144(2004)

베타-케토아세트아닐라이드 염화물 유도체의 토마토 역병에 대한 작용 특성

최경자* · 장경수 · 김진철 · 이선우 · 조광연 · 남기달[1] · 한호규[1]

한국화학연구원 생물기능연구팀, [1]한국과학기술연구원 생체과학연구부

요약 : 페닐기의 4 위치(*para*)에 치환체가 존재하는 베타-케토아세트아닐라이드 염화물은 선택적으로 토마토 역병에 대하여 살균 활성을 보였다. 베타-케토아세트아닐라이드 염화물 5종(KIST163, KIST170, KIST260, KIST263, KIST267)을 선발하여 이들의 토마토 역병에 대한 예방효과, 치료효과, 침투이행성, 약효 지속성 및 성체실험과 같은 약제의 작용특성을 조사하였다. 그들 모두는 예방효과를 보였으며, KIST163과 KIST170의 EC_{50}은 각각 21.9와 14.5 μg/mL로 우수한 예방효과를 나타내었다. 하지만 이들 화합물의 토마토 역병에 대한 치료효과는 거의 없었으며, 토양관주처리 후의 침투이행성에 의한 방제효과는 미미하였다. 접종 7일 전에 처리한 KIST163과 KIST170의 100 μg/mL는 75% 이상의 방제효과를 보여 약효 지속성이 뛰어남을 알 수 있었다. 토마토 성체를 이용한 토마토 역병 방제실험에서 5종 화합물 중 특히 KIST163과 KIST170은 방제효과가 높아 100 μg/mL에서 95% 이상의 방제효과를 보였다. 이상의 결과로부터 베타-케토아세트아닐라이드 염화물 유도체 5종은 주로 경엽처리 예방제이며, 이들 중 KIST163과 KIST170은 포장에서도 토마토 역병에 대하여 우수한 방제효과를 나타낼 것으로 판단되었다.(2004년 2월 28일 접수, 2004년 3월 24일 수리)

key words : β-ketoacetoanilide chloride derivatives, antifungal activity, tomato late blight.

서 론

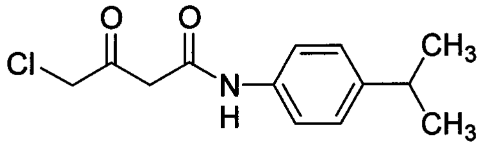
예전에는 *Phytophthora*를 곰팡이(fungi)에 포함하여 자낭균아부와 담자균아부 등과 동격인 유주자균아부(Mastigomycota)로 분류하였으나, 최근에는 색조류계(Chromista), 난균문(Oomycota), 난균강(Oomycetes), 노균병균목(Peronosporales), 부패균과(Pythiaceae)에 속하는 미생물로 분류하고 있다(Hawksworth 등, 1995). 난균강 미생물은 세포벽이 cellulose와 β-glucan으로 구성되어 있고, 격막이 없는 다핵균사로 콜레스테롤을 합성할 수 없다. 또한 thiamine이 생장에 필수요소이고 한 개 혹은 두 개의 편모가 부착된 유주자를 형성한다. 이와 달리, 일반 곰팡이의 균사에는 격막이 있고 다세포이며, 세포벽에는 chitin이 있으며 콜레스테롤을 합성할 수 있으나 운동성이 있는 포자가 없는 등 *Phytophthora* 속과는 다른 특성을 가진다(지형진 등, 2000).

위와 같은 차이점으로 인하여 난균강 미생물을 방제하는 살균제 중에 azoxystrobin과 kresoxim-methyl 같은 strobilurin 계 살균제를 제외한 대부분의 살균제들은 이들 미생물에 대하여 특이적으로 살균작용을 하고 불완전균류, 자낭균류, 담자균류 등의 곰팡이에 대하여는 살균 활성이 거의 없다(Gullino 등, 2000). *Phytophthora* 속을 포함하는 난균강 미생물을 방제하는 대표적인 화합물로는 phenylamide 계열의 metalaxyl (Davidse, 1987)과 oxadixyl, cyanoimidazole 계열의 cyazofamide(Mitani 등, 1998; Mitani 등, 2001), carbamate계열의 iprovalicarb(Stenzel 등, 1998), strobilurin 계열의 azoxystrobin(Godwin 등, 1992), kresoxim-methyl (Amermann 등, 1992), famoxadone(Joshi and Sternberg, 1996; Sternberg 등, 2001) 및 fenamidone (Mercer 등, 1998) 그리고 기타 약제인 zoxamide(Egan 등 1998), dimethomorph(Albert 등, 1988), ethaboxam(Kim 등, 2002) 등이 보고 되어 있다. 그러나 최근 개발된 약제들은 단일 작용점이기 때문에 약제 저항성이 쉽게 발현되어 포장에서 약제의 방제효과가 저하되는 문제점이 있다. 약제 저항성균을 제어할 수 있는 방법 중의

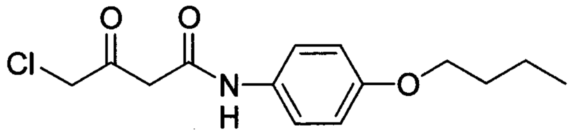
*연락저자

하나는 기존 약제와 다른 작용기작을 가지는 화합물을 처리하는 것이다. 기존 화합물의 유도체 합성에 의한 신농약 개발(me-too 접근법)과 비교할 때, 새로운 골격을 가진 생리활성 물질의 개발은 저항성균을 효과적으로 방제할 수 있는 큰 장점이 있다.

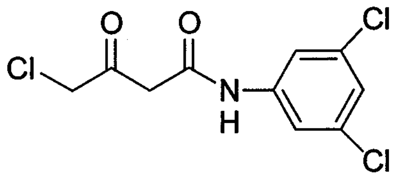
한호규 등(2004)은 신규 살균제 개발을 위하여 합성한 새로운 골격의 베타-케토아세트아닐라이드 염화물 유도체가 토마토 역병에 대하여 선택적인 살균 활성이 있음을 발견하였다. 따라서 본 실험에서는, 앞에서 합성한 890 여개의 베타-케토아세트아닐라이드 염화물 유도체 중 토마토 역병에 우수한 살균 활성을 보이는 5종 화합물, KIST163, KIST170, KIST260, KIST263 그리고 KIST267을 선발하여 토마토 역병에 대한 예방효과, 치료효과, 침투이행성 및 약효 지속성 등 약제의 작용 특성에 대하여 실험하였다.



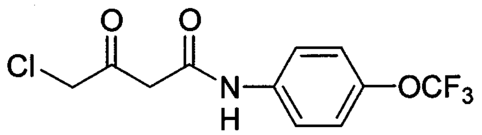
KIST163



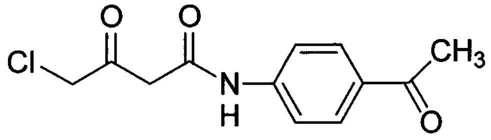
KIST170



KIST260



KIST263



KIST267

Fig. 1. Chemical structures of KIST163, KIST170, KIST260, KIST263, and KIST267.

재료 및 방법

사용 약제 및 약제 처리

Ethaboxam과 dimethomorph는 농약회사로부터 원제를 분양받아 대조약제로 사용하였으며, 베타-케토아세트아닐라이드 염화물, KIST163, KIST170, KIST260, KIST263 및 KIST267은 한국과학기술연구원에서 합성한 화합물을 실험에 사용하였다(그림 1). 약제는 dimethylsulfoxide(DMSO)에 용해하였으며, 용매의 최종 농도는 1%였다. 계면활성제로는 Tween 20(polyoxyethylene sorbitan monolaurate, Junsei) 250 μg/mL을 사용하여 약제 용액을 준비하였다. 무처리구는 약제없이 1% DMSO와 250 μg/mL의 Tween 20 용액으로 처리하였다. 약제처리는 식물을 turn table 위에 놓고 회전시키면서 식물체에 흘러내리기 직전까지 spray gun(1 kg/cm^2)으로 고르게 살포하였다.

식물의 육묘 및 접종

원예용 상토를 넣은 일회용 폿트(직경 4.5 cm)에 토마토 종자[서광토마토, 흥농종묘(주)]를 파종하여 25±5℃의 온실에서 재배한 3~4엽기의 토마토 유묘를 실험에 사용하였다.

토마토 역병균(*Phytophthora infestans* PIT)의 균사조각을 오트밀배지에 이식하고 암상태의 항온기(20℃)에서 1주일 동안 배양하였다. 이를 다시 하루에 16시간 동안 광처리 하면서 3일 동안 배양하여 유주자낭을 형성하였다. 오트밀배지에 형성된 유주자낭을 살균수를 넣어서 붓으로 수확하고, 이를 3겹의 가제로 거른 후에 광학현미경 하에서 혈구계를 사용하여 유주자낭 농도를 5×10^4 sporangia/mL로 조정하였다. 이와 같이 준비한 포자현탁액은 4℃에서 1시간 동안 저온처리하고 유주자를 유출시킨 후에 식물체에 분무접종 하였다. 접종한 식물은 20℃의 습실상에서 1일 동안 습실처리하고, 20℃의 항온항습실(상대습도 70%)에서 2~

3일 동안 발병을 유도하여, 무처리구에서 70% 이상의 충분한 발병을 확인한 후에 병반면적율을 달관조사하였다. 이로부터 다음과 같은 식에 따라 방제가를 계산하였다.

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

예방 및 치료효과

온실에서 재배한 3~4엽기의 토마토 유묘에 일정 농도로 준비한 각 약제의 용액을 살포하고, 이를 온실에 1일 동안 두어 풍건시킨 후에 토마토 역병균(*P. infestans*)의 유주자 현탁액을 접종하고 발병시켜 예방효과를 조사하였다.

치료효과는 예방효과와 반대로 약제처리 1일 전에 병원균을 접종하고 20시간 동안 습실처리한 후에 온실에서 풍건하여 식물 표면의 물기를 제거하였다. 접종한 식물에 미리 준비한 약제 용액을 처리하고 항온항습실에서 발병시킨 후에 병반면적율을 조사하여 치료효과를 평가하였다.

침투이행효과

약제의 침투이행성은 약제를 관주처리 하고 1일 후에 지상부에 토마토 역병균(*P. infestans*)의 유주자 현탁액을 접종하여 약제의 뿌리로부터 지상부로의 흡수이행에 의한 방제효과로 실험하였다.

일회용 폿트(토양 50 mL)에 키운 3~4엽기 토마토 유묘에 폿트 당 5 mL의 약제를 관주처리하고 온실에서 1일 동안 재배한 후에 토마토의 지상부에 병원균을 접종하였다. 무처리구에서 충분한 발병이 있을 때에 지상부의 병반면적율을 조사하였다.

약효 지속성

베타-케토아세트아닐라이드 염화물 5종과 대조약제인 ethaboxam과 dimethomorph 각각의 100 μg/mL 용액을 병원균 접종 1일, 4일 그리고 7일 전에 온실에서 키운 4~5엽기 토마토 식물에 살포하고 풍건시킨 후에, 온실에서 저면관수하면서 재배 하였다.

이들 식물에 *P. infestans*를 접종하여 발병시킨 후에 발병 조사를 하였다. 이 때 약제의 침투이행에 의한 방제효과를 배제하기 위하여 약제가 처리된 잎만을 대상으로 병조사 하였으며, 이때 무처리구도 같은 방법으로 병반면적율을 달관조사 하였다.

성체실험

온실에서 열매가 달릴 정도로 재배한 토마토 성체식물에 각 약제를 살포하고 온실에서 1일 동안 풍건한 후에 *P. infestans*를 접종하고 온실의 비닐 습실상(20±5℃)에서 1일 동안 습실처리 하였다. 습실처리한 토마토 식물은 온실로 옮겨 저면관수하면서 발병을 유도하였다. 무처리구의 토마토 잎에 충분한 마름(blight) 병징이 발생한 후에 병반면적율을 달관조사 하였다.

결과 및 고찰

예방효과

온실에서 재배한 3~4엽기 토마토에 베타-케토아세트아닐라이드 염화물 5종 그리고 대조약제인 ethaboxam과 dimethomorph를 12.5, 25, 50, 100 μg/mL 농도로 처리하고 1일 후에 *P. infestans*를 분무접종하여 약제의 예방효과를 조사한 결과, 5종 화합물은 모두 토마토 역병에 대하여 우수한 살균 활성을 나타내었다(그림 2). 이로부터 약제의 EC_{50}을 계산하기 위하여 약제 농도를 자연로그로 환산하여 x축에 표시하고, y축에 약제의 방제가를 표시하여 각 약제의 회귀직선을 구하였다. 이 회귀직선은 모두 R^2가 0.8 이상의 높은 상관계수를 보여 이로부터 계산한 EC_{50}은 신뢰할 수 있다고 판단되었다.

KIST163, KIST170, KIST260, KIST263 및 KIST267의 EC_{50}은 각각 21.9, 14.5, 34.3, 32.7, 29.6으로 이들 화합물 중 KIST170의 살균 활성이 가장 높았으며 그 다음으로는 KIST163, KIST267, KIST263, KIST260 순이었다. Dimethomorph의 EC_{50}은 36.8로 5종 화합물 모두는 dimethomorph보다 예방효과가 우수하였다.

그러나 ethaboxam은 12.5 μg/mL 농도에서도 전혀 토마토 역병이 발생하지 않아 실험한 약제 중 가장 우수한 살균 활성을 나타내었다.

치료효과 및 침투이행효과

3~4엽기의 토마토 유묘에 *P. infestans*를 접종하고 20시간 동안 습실처리한 후에 베타-케토아세트아닐라이드 5종 화합물, ethaboxam 및 dimethomorph를 50 μg/mL과 100 μg/mL 농도로 살포하고 항온항습실에서 발병시켜 치료효과를 조사하였다. 실험한 베타-케토아세트아닐라이드 염화물 5종과 dimethomorph는 미약한 방제가를 보여 거의 치료효과가 없음을 알 수 있었다

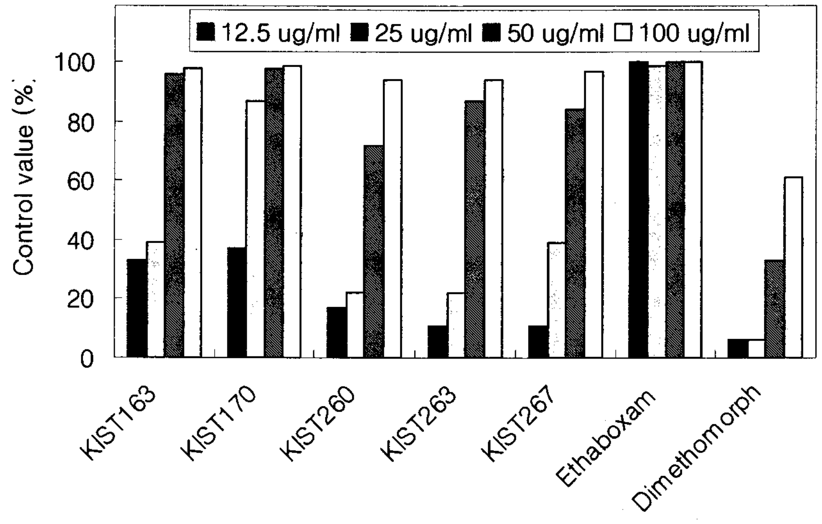


Fig. 2. Protective activity of five β-ketoacetoanilide chloride derivatives, ethaboxam and dimethomorph against late blight of tomato.

(그림 3).

오이 노균병에 대한 치료효과 실험에서 cyazofamid (100 μg/mL)는 접종 7시간 후에 처리하였을 때에는 92%의 치료효과를 보였으나, 접종 18시간 후에 약제를 처리한 경우에는 46%의 방제가를 보일 뿐이었다 (Mitani 등, 2001). 즉 살균제의 치료효과는 접종 후 약제처리까지의 배양 시간이 방제효과를 결정하는 주요한 요인임을 알 수 있었다. 따라서 본 실험의 베타-케토아세트아닐라이드 염화물 5종의 치료효과는 접종 20시간 후에 약제를 처리한 결과이므로, Mitani 등과 같이 접종 7시간 후에 약제처리를 하면 치료효과가 증진될 수 있으리라 생각되었다.

베타-케토아세트아닐라이드 염화물 5종을 토양에 관주처리하고 24시간 후에 병원균을 접종하여 약제의

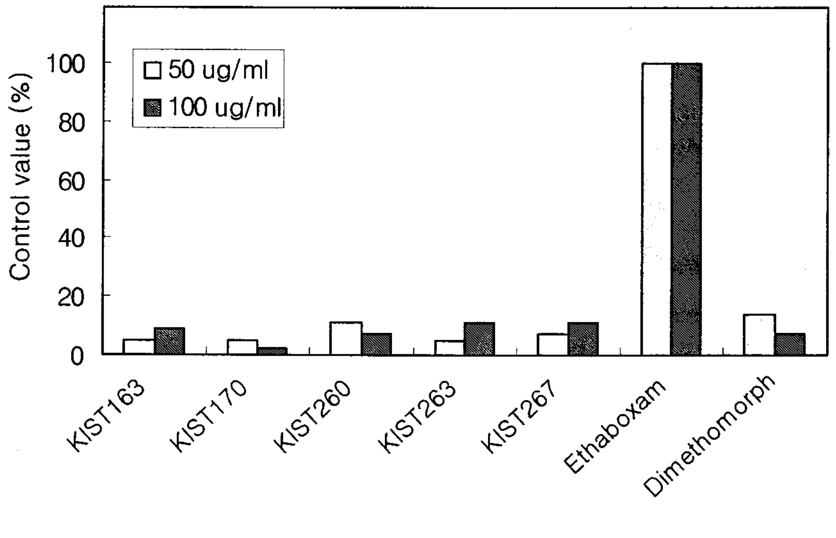


Fig. 3. Curative activity of five β-ketoacetoanilide chloride derivatives, ethaboxam and dimethomorph against late blight of tomato.

뿌리로부터 지상부로의 침투이행성을 실험한 결과, ethaboxam은 50 μg/mL 농도에서도 95% 이상의 방제가를 보여 뿌리로부터 지상부로의 침투이행성이 우수한 약제임을 알 수 있었다.

그러나 베타-케토아세트아닐라이드 5종 화합물과 dimethomorph는 토마토 역병에 대하여 살균 활성이 거의 없었다. 따라서 이들 화합물의 토양 관주처리 24시간 후에, 뿌리로부터 지상부로 화합물의 침투 이행은 살균 활성을 나타낼 정도로 일어나지 않았다고 판단되었다.

Albert 등 (1988)은 dimethomorph가 뿌리 흡수와 엽간이행에 의한 침투이행성이 있다고 보고하였다. 그러므로 약제처리와 접종 사이의 배양 시간을 본 실험에서의 24시간보다 오래 한다면 5종 베타-케토아세트아닐라이드 염화물과 dimethomorph의 침투이행에 의한 방제효과를 볼 수도 있으리라 생각되었다.

약효 지속성

토마토에 *P. infestans*를 접종하기 1일, 4일 그리고 7일 전에, 온실에서 재배한 토마토에 베타-케토아세트아닐라이드 염화물 5종, ethaboxam 및 dimethomorph를 100 μg/mL으로 살포하고 온실에서 저면관수한 후에 *P. infestans*를 접종하여 발병시키고 발병을 조사하였다. 베타-케토아세트아닐라이드 염화물 5종 중에 KIST163과 KIST170은 약제처리 7일 후에 *P. infestans*를 접종하여도 각각 89%와 75%의 방제가를 보여 약제의 안정성이 우수함을 알 수 있었다(그림 4).

그러나 KIST260, KIST263 그리고 KIST267은 100 μg/mL 농도로 살포하고 7일 후에 접종하였을 때, 살균 활성이 거의 없어 이들 화합물은 두 화합물보다 약효 지속성이 떨어진다고 판단되었다.

대조약제인 ethaboxam과 dimethomorph는 약제처리 7일 후에도 90% 이상의 방제가를 보여 KIST163과 마찬가지로 약효 지속성이 우수함을 알 수 있었다.

성체실험

열매가 달릴 정도의 토마토 성체식물에 약제를 처리하고 1일 후에 *P. infestans*를 접종하여 비닐하우스에서 18시간 동안 습실처리한 후에 온실로 옮겨 재배하면서 성체 토마토에서 약제들의 방제효과를 조사한 결과, 5개의 베타-케토아세트아닐라이드 염화물 중 KIST163과 KIST170은 방제효과가 가장 높아 100 μg

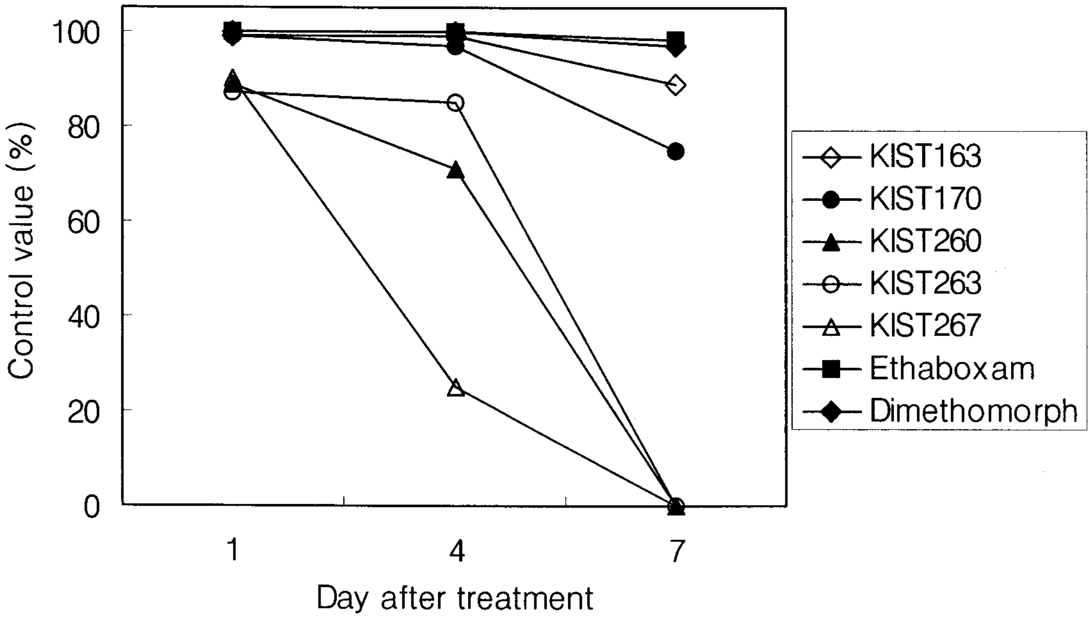


Fig. 4. Persistence activity of five β-ketoacetoanilide chloride derivatives, ethaboxam and dimethomorph against late blight of tomato.

/mL 처리 시에도 95% 이상의 방제가를 보였다(그림 5). 그러나 KIST260, KIST263 및 KIST267(100 μg/mL)은 약 60%의 방제가를 보일 뿐 이었다.

이들 화합물 5종은 유묘를 이용한 예방효과 실험에서 모두 90% 이상의 방제효과를 보였으나(한호규 등, 2004), 성체실험에서는 뚜렷한 차이를 나타냈다. 성체실험에서 5종 화합물의 방제효과 차이는, 토마토 유묘의 예방효과 실험은 유묘를 이용하여 항온항습실에서 이루어지므로 토마토 엽권의 미생물에 의한 화합물 분해와 광에 의한 분해가 상대적으로 적고, 성체실험은 온실에서 성체식물을 이용하여 수행하므로 화합물의 미생물 분해와 광 분해가 활발히 일어나 화합물의 안정성이 떨어지는 화합물은 낮은 방제효과를 나타내기 때문이라 생각되었다. 이것은 그림 4의 약효 지속성과도 일치하는 결과임을 알 수 있었다. 약제들을 100 μg/mL 농도로 살포하고 7일 후에 병원균을 접종하여 방제가를 조사하였을 때, KIST163과 KIST170은 방제효과가 약간 감소하였으나, KIST260, KIST263, KIST267은 살균 활성이 매우 저조하였다.

역병균(*Phytophthora* spp.) 중에 *P. cambivora*, *P. cinnamomi*, *P. cryptogea*, *P. drechsleri* 및 *P. megasperma* 등은 유주자낭 탈락 정도가 낮아 식물의 지상부를 거의 침해하지 못하고 주로 뿌리나 땅속줄기를 침해한다. 그러나 *P. infestans*는 유주자낭병에서 유주자낭이 쉽게 이탈하여 공기 중으로 비산하여 전염하므로 주로 작물의 지상부위를 침해한다(지형진 등, 2000). 그런데 포장에서 토마토는 성장하고 있으며, 병원균인 *P. infestans*는 공기를 통하여 포장으로 계속적으로 유입되어 식물을 가해한다. 하지만 병원균이 식물을 침입하여도 3~10일 경과 후에야 발병을 인식할 수 있다.

그러나 포장에서는 매일 살균제를 처리하는 것이 아니라 7~14일 간격으로 약제를 처리한다. 따라서 포장에서 약제의 방제효과는 약제의 예방효과, 치료효과, 침투이행효과 및 약효 지속성 등이 합쳐져서 나타난 결과이다. 그러므로 본 실험에서 예방효과실험, 약효 지속성실험, 성체실험에서 우수한 살균 활성을 보인 KIST163과 KIST170은 포장에서도 토마토 역병 및 감자 역병에 대하여 우수한 방제효과를 보일 것으로 생각되었다.

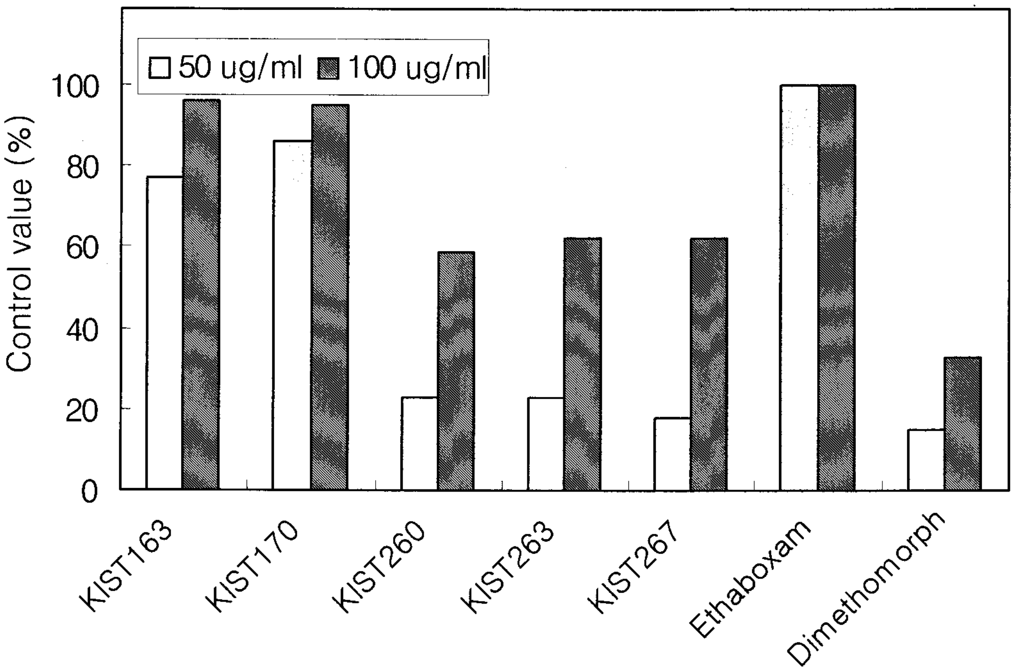


Fig. 5. Control activity of five β-ketoacetoanilide chloride derivatives, ethaboxam and dimethomorph against *Phytophthora infestans* in adult tomato plants.

인용문헌

Albert, G., J. Curtze, and C. A. Drandarevski (1988) Dimethomoph (CME151), a novel curative fungicide. Proc. Br. Crop Prot. Conf. Pests Dis. pp.17~24.

Ammermann, E., G. Lorenz, K. Schelberger, K. Wenderoth, H. Sauter and C. Rentzea (1992) BAS 490 F: a broad spectrum fungicide with a new mode of action. Proc. Br. Crop Prot. Conf. Pests Dis. 403~410.

Davidse, L. C. (1987) Biochemical aspects of phenylamide fungicides-action and resistance. p.275, *In* Modern Selective Fungicides(ed. Lyr, H.), Longman Scientific, Essex, UK.

Egan, A. R., E. L. Michelotti, D. H. Young, W. J. Wilson and H. Mattioda (1998) RH-7281: a novel fungicide for control of downy mildew and late blight. Proc. Br. Crop Prot. Conf. Pests Dis. pp.335~340.

Godwin, J. R., V. M. Anthony, J. M. Clough and C. R. A. Godfrey (1992) ICIA 5504: a novel broad spectrum, systemic β-methoxyacrylate fungicide. Proc. Br. Crop Prot. Conf. Pests Dis. pp.435~443.

Gullino, M. L., P. Leroux and C. M. Smith (2000) Uses and challenges of novel compounds for plant disease control. Crop Protect. 19:1~11.

Hawksworth, D. L., P. M. Kirk, B. C. Sutton and D. N. Pegler (1995) Anisworth & Bisby's Dictionary of the Fungi. 8th ed. IMI. CAB International.

Joshi, M. M. and J. A. Sternberg (1996) DPX-JE874: a broad-spectrum fungicide with a new mode of action. Proc. Br. Crop Prot. Conf. Pests Dis. pp.21~26.

Kim, D. S., Y. S. Lee, S. J. Chun and W. B. Choi (2002) Ethaboxam: a new oomycete fungicide. Proc. Br. Crop Prot. Conf. Pests Dis. pp.377~382.

Mercer, R. T., G. Lacroix, J. M. Gouot and M. P. Latorse (1998) RPA 407 213: a novel fungicide for the control of downy mildew, late blight and other diseases on a range of crops. Proc. Br. Crop Prot. Conf. Pests Dis. pp.319~328.

Mitani, S., S. Araki, N. Matsuo and P. Camblin (1998) IKF-916: a novel systemic fungicide for the control of oomycete plant diseases, Proc. Br. Crop Prot. Conf. Pests Dis. pp.351~358.

Mitani, S., S. Araki, T. Yamaguchi, Y. Takii, T. Ohshima and N. Matsuo (2001) Biological properties of the novel fungicide cyazofamid against *Phytophthora infestans* on tomato and *Pseudoperonospora cubensis* on cucumber. Pest Manag. Sci. 58:139~145.

Stenzel, K., R. Pontzen, T. Seitz, R. Tiemann and A. Witzenerger (1998) SZX 722: a novel systemic oomycete fungicide. Proc. Br. Crop Prot. Conf. Pests Dis. pp.367~374.

Sternberg, J. A., D. Geffken, J. B. Adams Jr, R. Postages, C. G. Sternberg, C. L. Campbell and W. K. Moberg (2001) Famoxadone: the discovery and optimisation of a new agricultural fungicide. Pest Manag. Sci. 57:143~152.

지형진, 조원대, 김충회 (2000) 한국의 식물역병. 제2장 역병 발생생태. p.226. 농촌진흥청 농업과학기술원.

한호규, 남기달, 배수열, 양범승, 이선우, 조광연 (2004) 베타-케토아세트아닐라이드 염화물의 조합 라이브러리 합성 및 그들의 역병에 대한 선택적 항균성. 한국농약과학회지 8(1):8~15.

Biological properties of β-ketoacetoanilide chlorides against late blight of tomato

Gyung Ja Choi, Kyoung Soo Jang, Jin-Cheol Kim, Seon-Woo Lee, Kwang Yun Cho, Kee Dal Nam[1], and Hoh-Gyu Hahn[1](*Biological Function Research Team, Korea Research Institute of Chemical Technology, P. O. Box 107, Yuseong, Daejeon 305-600, Korea,* [1]*Organic Chemistry Lab, Korea Institute of Science and Technology, P. O. Box 131, Cheongryang, 136-791, Seoul, Korea.*)

Abstract : β-Ketoacetoanilide chloride derivatives containing a substituent at 4 in phenyl group (*para*) reduced specifically the development of tomato late blight caused by *Phytophthora infestans*. Among β-ketoacetoanilide chloride derivatives, five (KIST163, KIST170, KIST260, KIST263, and KIST267) were selected and tested for their protective, curative, systemic, persistent activities, and disease control efficacy against tomato late blight on adult plants. They exhibited a strong 1-day protective activity and EC_{50} of KIST163 and KIST170 were 21.9 and 14.5 μg/mL, respectively. However, they had little curative and systemic activities. Good persistence of KIST163 and KIST170 on tomato plants were observed against *P. infestans*; both KIST163 and KIST170 at 100 μg/mL showed control values more than 75% in a 7-day protective applications. In addition, the two chemicals effectively controlled the occurrence of *P. infestans* on adult tomato plants. These results indicate that five β-ketoacetoanilide chloride derivatives are foliar fungicides with a preventive action and KIST163 and KIST170 have a potential for the control of tomato late blight in the fields.

*Correspounding author (Fax : +82-42-861-4913, E-mail : kjchoi@krict.re.kr)