

보호용 살균제와 ergosterol 생합성 저해 살균제에 대한 고추 탄저병균의 약제 반응

김준태 · 이경희¹ · 민지영 · 강범관 · 노창우¹ · 홍성택¹ · 김흥태*

충북대학교 농업생명환경대학 식물의학과, ¹충북농업기술원 음성시설농업시험장

Response of *Colletotrichum* spp. Causing Red Pepper Anthracnose to Protective and Ergosterol Biosynthesis-inhibiting Fungicides

Joon Tae Kim, Kyeong Hee Lee¹, Ji Young Min, Beum Kwan Kang, Chang Woo Rho¹,
Seong Taek Hong¹ and Heung Tae Kim*

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

¹Umseong Controlled Agricultural Experiment Station, Chungbuk Agricultural Research and
Extension Service, Umseong 369-824, Korea

(Received on November 22, 2005)

In 1999 and 2002, 130 and 258 isolates of *Colletotrichum* spp. causing red pepper anthracnose were obtained from infected red pepper fruits, respectively. Their responses to 4 protective and 3 ergosterol biosynthesis-inhibiting (EBI) fungicides were investigated by observing their mycelial growth on PDA incorporated with different concentrations of each fungicide. The *Colletotrichum* isolates obtained in 1999 showed higher EC₅₀ values than those isolated in 2002 against three protective fungicides such as dithianon, chlorothalonil, and propineb, whereas the response was reversed toward other protective fungicide, iminoctadine. On the other hand, the isolates of year 1999 were more resistant against three EBI fungicides such as tebuconazole, hexaconazole, and prochloraz than those of year 2002; the EC₅₀ values of the former were 1.2-4.4 times higher than those of the latter. The responses of the *Colletotrichum* isolates toward protective and EBI fungicides were fluctuated according to regions, where the infected fruits were collected. On the other hand, the resistance of *Colletotrichum* isolates to protective fungicides increased during monitoring from July to September. However, their responses towards EBI fungicides were not changed.

Keywords : Anthracnose, Protective fungicide, *Colletotrichum* sp., EBI fungicide, Fungicide resistant monitoring

현대 농업에 있어서 농업의 생산성이 증가하게 된 데에는 농약과 비료의 역할을 이야기하지 않을 수 없다. 일본의 식물방역협회의 자료(1997)에 의하면 농약은 사용하지 않고서 작물을 재배할 경우, 작물에 따라서 다르지만, 사과와 복숭아 같은 과실류에서는 병해충 잡초에 의한 손실량이 97%와 100%에 달한다고 한다. 수도나 소맥, 대두와 같은 작물의 생산량 감소는 27.5, 35.7, 30.4%에 이른다. 이처럼 중요한 농약이 농업 현장에서 오용되거나

남용될 경우에 환경이나 인간의 생활 현장에 큰 영향을 미치게 된다. 환경에서의 농약의 잔류, 인축에 대한 독성 뿐만이 아니라, 농약에 대해서 저항성을 보이는 유해생물의 출현이 문제시될 수도 있다.

식물병을 방제하는데 사용하는 살균제에 대해서도 많은 저항성 병원균이 발견되어 보고되고 있다. Ogawa 등 (1983)이 보고할 당시 살균제에 대한 저항성 발현이 알려진 식물병원균은 대략 100여종을 상회한다고 하였다. 국내에서는 1980년대에 들어오면서부터 살균제에 대한 저항성 병원균의 출현에 대한 보고가 나오기 시작하였다. 벼도열병 방제에 이용되는 항생물질계통 약제인 kasugamycin과 blasticidin-S에 대한 저항성균의 발현이 보고되었고,

*Corresponding author

Phone) +82-43-261-2556, Fax) +82-43-271-4414

E-mail) htkim@cbnu.ac.kr

1984년부터 1990년 중반까지는 benzimidazole계 살균제인 thiophanate-methyl, benomyl, carbendazim 등에 대해서 저항성을 보이는 *Botrytis*, *Alternaria* 등에 대한 보고가 있었다(Park, 1981; Lee와 Kim, 1986). 1990년대에 들어오면서 dicarboximide, phenylamide, *N*-phenylcarbamate계 살균제에 대한 저항성 보고가 잇달았다(김 등, 1993). 저항성이 보고된 대부분의 살균제는 특이적인 작용점을 가지고 있기 때문에 포장에서 저항성균의 발생이 수월한 것으로 알려져 있다. 작용 기작이 특이하지 못한 보호용 살균제에 대한 저항성 발현 조사는 Kato 등(1997)이 감자 역병균의 유전적인 구성이 변화하여 포장에서의 우점균이 변화하는데 그 원인이 mancozeb나 chlorothalonil과 같은 보호용 살균제의 사용에 의해 저항성균이 출현한 것이 아닌지를 조사하기 위한 보고가 있다.

Dekker(1995)는 이러한 살균제 저항성 문제를 해결하는 방안으로 저항성 병원균에 대한 검정과 모니터링, 살균제를 이용하는 방제 체계에서 선택압을 줄이는 방안 모색, 작용기작이 다른 살균제의 혼합 또는 교호 처리 등의 방안을 이야기하고 있다.

국내의 고추 재배에서는 생육 후기로 갈수록 장마와 태풍의 영향으로 탄저병의 발생이 심해지고, 이를 방제하기 위해서 살균제를 처리하는 횟수도 증가하게 된다. 따라서 동일한 살균제의 연용과 과용이 예상되며, 그에 따르는 살균제 저항성 문제의 발생 소지가 높아진다. 고추 탄저병의 방제 방법으로는 현재까지 살균제를 사용하는 화학적 방법이 가장 효과적인 방법으로 알려져 있다. 사용하는 살균제들은 최근에 개발된 strobilurin 살균제들의 사용이 증가하고 있지만, 보호용 살균제와 ergosterol 생합성 저해 살균제들이 주로 사용되고 있다. 탄저병 방제에 많이 사용하고 있는 ergosterol 생합성 저해 살균제는 1980년대 초반부터 여러 가지의 식물병의 방제를 위해서 사용되어 왔으며, 세계적으로 흰가루병균(*Erysiphe*, *Sphaerotheca*, *Uncinula* 등), *Venturia*, *Puccinia*, *Septoria* 등 많은 식물병원균에서 저항성 균이 발생하였다는 보고가 있다(Fletcher와 Wolfe, 1981; Schepers, 1983; Stanis와 Jones, 1985). 따라서 국내에서 고추 탄저병 방제에 사용되고 있는 보호용 살균제와 ergosterol 생합성 저해 살균제가 우수한 효과를 보이며 지속적으로 사용되고, 저항성 병원균의 발생을 피하기 위해서는 포장에서의 병원균에 대한 모니터링이 필요하다. 본 연구에서는 1999년과 2002년에 고추 재배 포장에서 채집한 탄저병균에 대해서 보호용 살균제와 ergosterol 생합성 살균제에 대한 모니터링을 실시하여, 연도 별, 지역 간의 살균제에 대한 병원균의 감수성의 변화를 조사하고자 하였다.

재료 및 방법

병원균의 채집 및 분리. 우리 나라 고추 재배지역에서 탄저병의 전형적인 증상을 보이는 이병 고추 열매로부터 탄저병균을 단포자 분리하여 실험에 사용하였다. 2002년 8월에 각 도별로 적어도 20 km 이상 떨어져 10개 지역으로 선정하여 이병 고추 열매를 채집하였다. 채집 방법은 각각의 고추 재배지를 10개의 지역으로 등분한 다음, 각 지역에서 전형적인 병징을 보이는 이병 고추 열매를 한 개 이상씩 채집하였다. 채집한 고추 열매는 플라스틱 용기(200×250×70 mm, L×W×H)에 넣고 24시간 동안 25°C에 습실 처리하여 병반 위에 포자를 형성시켰다. 플라스틱 용기에는 2겹의 키친 타월을 깔고 50 ml의 증류수(distilled water)를 부어 포화습도를 유지하였다. 24시간 습실 처리한 후에 고추 열매에 형성된 분생포자를 긁어내어 살균증류수에 현탁하고, 분생포자 수는 광학현미경으로 조사하였다. 포자의 농도는 100~200개/ml로 조정 한 후, 300 µg/ml의 streptomycin이 첨가된 PDA 배지에 100 µl씩 도말하여 25°C 항온기에서 배양하였다. 2~3일 후에 배지에 형성된 균총의 균사 선단을 떼어내어 새로운 PDA로 옮겨 25°C 항온기에서 배양하였다.

균주의 보관. 분리한 탄저병균의 균주들은 새로운 PDA에 접종하여 25°C의 암상태에서 7일간 배양하였다. 균총의 균사 선단에서 직경 5 mm의 균사 조각을 떼어내어 Cryotube™(직경; 12 mm, 높이; 48 mm)에 5조각씩 넣고, 1 ml의 멸균증류수를 부어 보관 균주를 만들어 상온에서 보관하였다. 또한 장기 보관을 위해서 멸균증류수 대신에 5% DMSO(Dimethyl Sulfoxide)를 사용하여 -70°C에 보관하였다. 새로운 실험을 위해서는 보관하는 균주를 25°C의 PDA에서 배양하여 접종원으로 사용하였다.

탄저병균의 살균제에 대한 감수성 조사. 고추 탄저병 방제에 사용되는 살균제 중에서 보호용 살균제와 ergosterol 생합성을 저해하는 살균제 중에서 7개의 살균제를 선발하여 실험에 사용하였다. 보호용 살균제에서는 dithianon(a.i. 95%), chlorothalonil(a.i. 97%), iminoctadine-tris-albesilate(a.i. 95%), propineb(a.i. 93%) 등을 선발하였고, Ergosterol 생합성을 저해하는 살균제 중에서는 tebuconazole(a.i. 95%)과 hexaconazole(a.i. 92%), prochloraz(a.i. 98.5%)를 선발하였다.

한천 회석법에 의한 살균제의 균사 생장 억제 실험. 실험에 사용한 4종류의 보호용 살균제는 500, 50, 5, 0.5 µg/ml에서 균사생장억제 정도를 구하였다. EBI 살균제는 tebuconazole과 hexaconazole은 50, 5, 0.5, 0.05 µg/ml, prochloraz는 10, 1, 0.1, 0.01 µg/ml에서 실험을 수행하였

다. 공시한 모든 살균제는 DMSO에 용해시켜 PDA에 첨가하였으며, 배지 상에서 DMSO의 최종 농도는 1%가 되게 조정하였다. 병든 고추 열매에서 분리한 탄저병균들을 PDA에 접종하여 25°C의 암상태에서 7일 동안 배양하고, 접종원으로 사용하기 위해서 동일한 조건 하의 PDA에서 다시 한번 배양하였다. 균총의 균사 선단에서 직경 5 mm의 균사 조각을 떼어내어 각각의 살균제를 농도별로 첨가한 PDA 배지에 접종하였다. 병원균을 접종한 PDA는 25°C의 암조건에서 7일간 배양한 후 아래 공식에 의해서 균사 생장 억제율을 구하였다.

균사 생장 억제율(%)

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

고추 탄저병균의 살균제 저항성 모니터링. 1999년과 2002년에 전국적으로 분리한 130개와 258개의 균주를 사용하여 살균제에 대한 저항성 변화를 각 균주의 EC₅₀ 값을 비교하여 검사하였다. 전국에서 분리한 고추 탄저병균

의 살균제에 대한 저항성 변화를 1999년과 2002년의 시기와 2002년의 전국 각 지역(각 도별)간에 조사하였다, 또한 2002년 7, 8, 9월에 충북의 고추 노지재배 지역을 중심으로 단포자 분리한 39, 66, 145균주를 사용하여 단기간 동안에 탄저병균의 살균제에 대한 저항성 변화를 조사하기 위해서 ergosterol 생합성을 저해하는 hexaconazole, tebuconazole, prochloraz에 대한 모니터링을 실시하였다.

결과 및 고찰

전국에서 채집한 고추 탄저병균에 대한 살균제 모니터링. 전국 고추재배지의 1999년과 2002년에 분리한 130개와 258개 균주를 사용하여 탄저병의 방제 약제로 이용되는 살균제에 대하여 감수성의 변화를 조사하였다. Fig. 1에서 보는 것과 같이 4가지의 보호용 살균제 중에서 dithianon, chlorothalonil, propineb에 대해서는 2002년에 분리한 병원균이 1999년에 분리한 병원균보다 낮은 EC₅₀ 값을 보이고 있었다. 실험에 사용한 전체 균주의 EC₅₀ 값의 평균을 비교하여 보아도, 1999년에 분리한 균주의 dithianon,

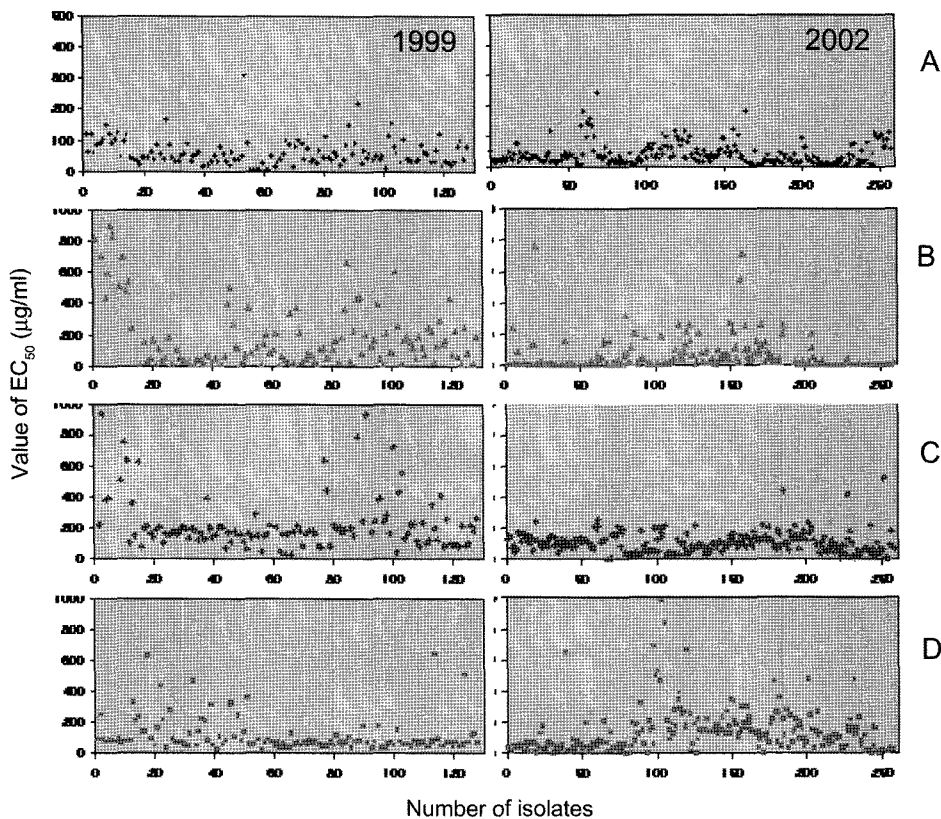


Fig. 1. Sensitivity distribution to 4 protective fungicides (A: dithianon, B: chlorothalonil, C: propineb, D: iminoctadine) of the *Colletotrichum* isolates obtained from pepper fruits at pepper field in 2002. EC₅₀ values of the *Colletotrichum* isolates were determined by measuring the colony diameter of pathogen on PDA incorporated with different concentrations of each fungicide after 5 days incubation at 25°C.

chlorothalonil, propineb에 대한 평균 EC_{50} 값은 57.7, 241.0, 368.7 $\mu\text{g}/\text{m}$ 인데 비하여, 2002년의 균주들은 37.1, 106.2, 105.6 $\mu\text{g}/\text{m}$ 를 보였다. 그러나 iminoctadine의 경우는 1999

년의 균주가 121.0 $\mu\text{g}/\text{m}$ 로 2002년의 평균 EC_{50} 값인 164.0 $\mu\text{g}/\text{m}$ 보다 낮게 나타나, 다른 세 가지의 보호용 살균제와는 다르게 iminoctadine에 대한 탄저병균의 감수성이 감

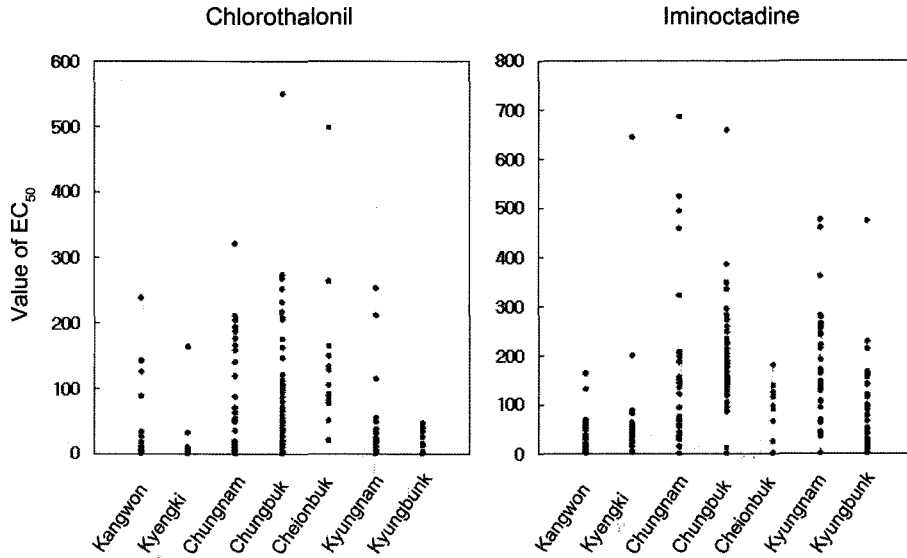


Fig. 2. Regional differentiation of EC_{50} towards protective fungicides such as chlorothalonil and iminoctadine of the *Colletotrichum* isolates obtained from pepper fruits at pepper field of several provinces in 2002.

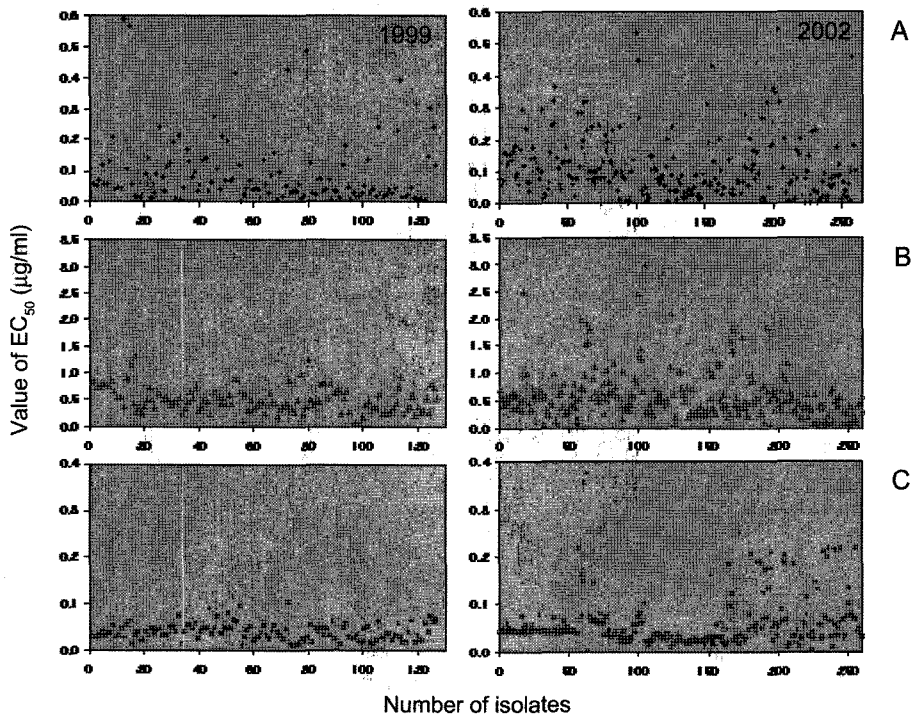


Fig. 3. Sensitivity distribution to ergosterol biosynthesis-inhibiting (EBI) fungicides (A: tebuconazole, B: hexaconazole, C: prochloraz) of the *Colletotrichum* isolates obtained from pepper fruits at pepper field in 2002. EC_{50} values of the *Colletotrichum* isolates were determined by measuring the colony diameter of pathogen on PDA incorporated with different concentrations of each fungicide after 5 days incubation at 25°C.

소하는 경향을 보여 주고 있다. 2002년의 균주들을 지역별로 분석하여 보면, 충북 지역에서 분리한 병원균들이 chlorothalonil과 iminoctadine에 대한 감수성이 다른 지역보다 떨어지는 것으로 나타났다(Fig. 2). 반면에 경기 지역에서 분리한 탄저병균들은 두 종류의 보호용 살균제 모두에 대해서 다른 지역보다 감수성이 높은 균주의 밀도가 아직도 높다는 것을 알 수 있었다. Iminoctadine에 대한 병원균의 반응은 충북, 충남, 경북, 경남 지역의 균주들에서 감수성이 저하하는 경향을 보이고 있기 때문에 탄저병의 초기 방제에 사용하는 보호용 살균제가 지역에 따라서 달라져야 할 것으로 생각한다.

Tebuconazole, hexaconazole, prochloraz와 같이 병원균의 ergosterol 생합성을 저해하는(EBI) 살균제에 대한 탄저병균의 감수성 정도를 조사하였다(Fig. 3). Fig. 1에서 보여준 보호용 살균제와는 다르게 ergosterol 생합성 저해 살균제에 대한 각 균주들의 EC₅₀ 값은 1999년에 비해 2002년에 전반적으로 상승하였다. 1999년과 2002년에 분리한 모든 균주의 평균 EC₅₀ 값은 tebuconazole에 대해서는 0.089 µg/ml에서 0.15 µg/ml로 1.7배가, hexaconazole은 0.488 µg/ml에서 0.560 µg/ml로 1.2배가, 그리고 prochloraz는 0.038 µg/ml에서 0.06 µg/ml로 1.6배씩 상승하였다. 2002년에 채집한 고추 탄저병균의 prochloraz에 대한 감수성 정도를 지역별로 비교하여 보면, 보호용 살균제에 대한

감수성이 저하되었던 충북 지역의 균주가 가장 감수성이었으며, 충남, 경남, 경북 등지에서 분리한 탄저병균의 감수성은 저하하는 것으로 나타났다. 2002년의 탄저병 균주는 경기, 강원, 충북 지역보다는 경북, 경남, 전북, 충남 등의 지역에서 감수성이 저하되는 균주의 빈도 수가 높게 나타나고 있었다(Fig. 4). 충북의 경우에는 타 지역과 비교하여 감수성이 가장 높은 것으로 나타난 것을 보면, 이 지역에서 prochloraz와 같은 ergosterol 생합성 저해 살균제의 사용이 타 지역에 비하여 빈번하지 않았을 것으로 추측한다.

Fig. 2와 4에서 보는 바와 같이 지역에 따라 살균제에 대한 감수성 정도가 다르게 나타나는 것을 가지고 각 지역에서 사용하는 살균제의 종류가 다르다는 것은 예상할 수 있다. 또한 강원과 경기 지역에서 분리한 탄저병균들은 타 지역에서 분리한 병원균에 비해서 보호용 살균제나 ergosterol 생합성 저해 살균제에 대한 감수성이 높게 나타나고, 충북, 충남, 경북, 경남 지역의 감수성이 떨어지는 것은, 고추를 대단위로 재배하는 지역의 살균제 사용량이 다른 지역보다 많았을 것으로 예상할 수 있다. 따라서 대단위의 면적에서 고추를 재배하는 지역에서는 효과적인 저농약 사용 방제 체계가 반드시 확립되어야 할 필요가 있다.

충북에서 분리한 고추 탄저병균의 살균제에 대한 시기별 모니터링. 충북의 고추 재배지에서 2002년 7, 8, 9월에 단포자 분리를 통하여 탄저병균을 39균주, 61균주, 139균주를 분리하여, 동일한 연도의 단기간의 고추 재배기간 중에 탄저병균들의 살균제에 대한 감수성이 변화하는지를 조사하였다.

고추 재배 생육 후기인 9월 달에 분리한 고추 탄저병균의 4가지 보호용 살균제 모두에 대한 EC₅₀ 값이 현저하게 감소하는 것을 보아, 고추 생육 초기에 분리하였던 균주보다도 후기에 분리한 균주가 보호용 살균제에 대한 감수성이었음을 알 수 있었다(Fig. 5). Propineb에 대한 7, 8, 9월에 분리한 모든 탄저병균의 평균 EC₅₀ 값은 436.5, 204.2, 85.4 µg/ml로 3개월이라는 사이에 살균제에 대한 병원균의 EC₅₀ 값이 5배나 감소하였다. 그러나 Tebuconazole, hexaconazole, prochloraz와 같은 EBI 살균제들은 3개월이라는 단기간 동안에 위에서 기술한 4개의 보호용 살균제에 대한 병원균의 감수성 정도의 변화만큼 큰 폭의 변화를 찾을 수가 없었다(Fig. 7). 시기별로 분리한 각각의 균주들이 보호용 살균제와 ergosterol 생합성 저해 살균제에 대한 각각의 농도에서의 균사 생장 억제 효과를 비교하여 보았다(Fig. 6과 8). 실험에 사용한 4가지의 보호용 살균제들은 7월중에 분리한 02JB07과 02JJ01에 대하여, 8

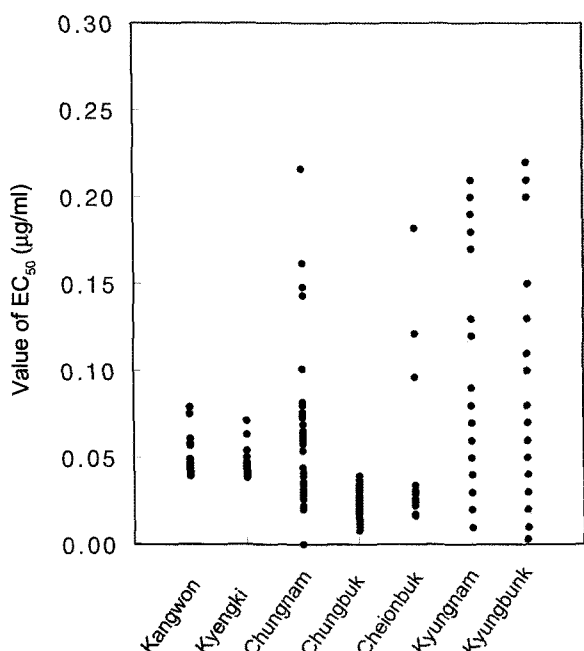


Fig. 4. Regional differentiation of EC₅₀ towards prochloraz of the *Colletotrichum* isolates isolated from pepper fruits at pepper field of several provinces in 2002.

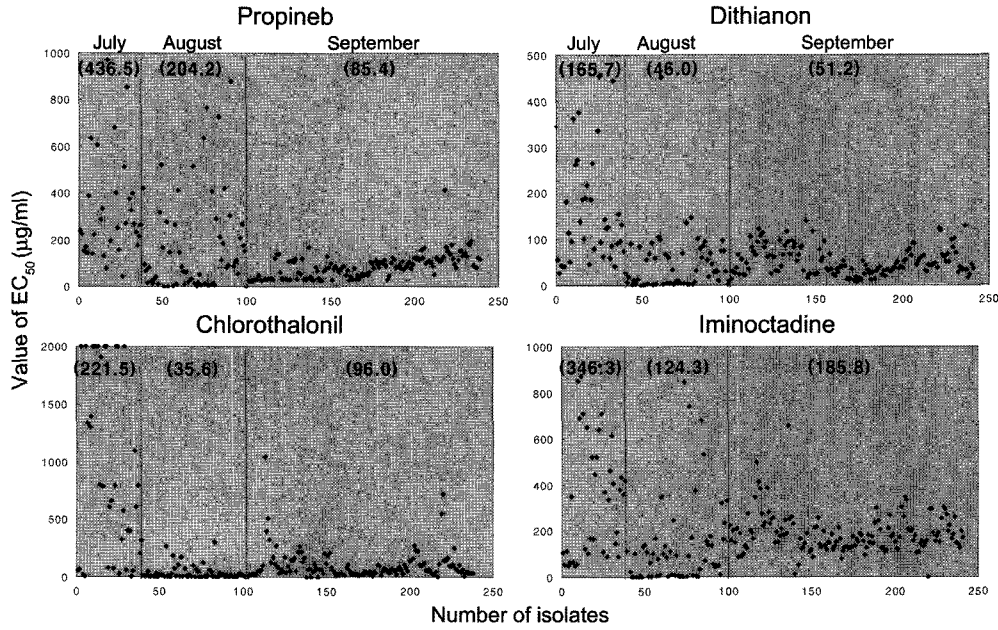


Fig. 5. Seasonal variation in the sensitivity distribution to 4 protective fungicides of the *Colletotrichum* isolates obtained from red pepper fruits at fields in 2002. Sampling the infected fruits of pepper was conducted only in Chungbuk one time per month at July, August, and September, 2002. EC₅₀ values of the *Colletotrichum* isolates were determined by measuring the colony diameter of pathogen on PDA incorporated with different concentrations of each fungicide after 5 days incubation at 25°C.

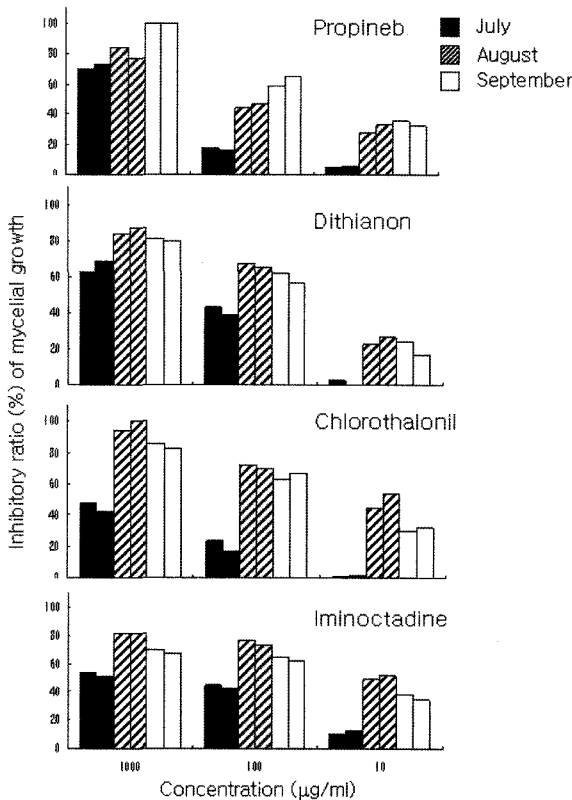


Fig. 6. The effect of 4 protective fungicides such as propineb, dithianon, chlorothalonil, and iminocadine on the mycelial growth of several *Colletotrichum* isolates. The isolates used in this experiment were selected from the bulk sample randomly.

월과 9월에 분리한 02ZB17과 02JJ13, 02CS23과 02UU22 보다도 낮은 균사 성장 억제율을 보였다. 균주의 평균 EC₅₀ 값이 채집한 시기에 따라서 급하게 저하된 propineb는 1000, 100, 10 µg/ml의 propineb-PDA 배지 모두에서 7월에 분리한 02JB07과 02JJ01에 대한 균사생장 억제율이 8월과 9월에 분리한 균주보다 낮았다. 그러나 8월과 9월에 채집한 균주의 평균 EC₅₀ 값에 큰 차이를 보이지 않았던 dithianone, chlorothalonil, iminocadine 등은 1000 µg/ml의 살균제 배지에서만 02JB07과 02JJ01에 대하여 낮은 억제율을 보였을 뿐, 100과 10 µg/ml의 살균제 배지에서의 균주간의 차이는 크게 나타나지 않았다. Tebuconazole과 hexaconazole을 10, 2.5, 0.6, 0.15 µg/ml의 농도로, 그리고 prochloraz를 1.0, 0.1, 0.01 µg/ml의 농도로 PDA 배지에 첨가하고, 7월과 8월, 9월에 분리한 균주 가운데에서 임의로 선발한 02OA03과 02JB04, 02ZB16과 02CO17, 02DM23과 02CB27를 접종하여 각 살균제의 균사 성장 억제 효과가 각각의 균주에 어떤 영향을 주는지를 조사하였다(Fig. 8). 다른 시기별로 분리한 균주는 보호용 살균제에 대한 반응과는 다르게, 분리 시기에 따라서 살균제에 대한 감수성 정도에 변화가 없었다. 충북지역에서 2002년 7월부터 9월까지의 단기간에 시기별로 분리한 균주들의 살균제에 대한 반응은 보호용 살균제에 있어서는 시기별로 차이를 보였지만, ergosterol 생합성 저해 살균제의 경우에는 단기간 내에 살균제에 대한 균주들의 감

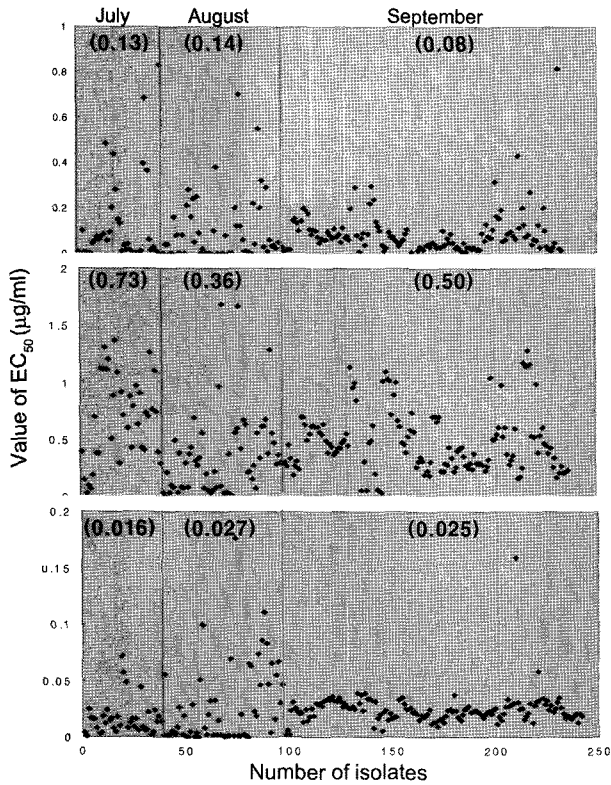


Fig. 7. Seasonal variation in the sensitivity distribution to ergosterol biosynthesis-inhibiting (EBI) fungicides (Upper: tebuconazole, Middle: hexaconazole, Lower: prochloraz) of the *Colletotrichum* isolates obtained from red pepper fruits at fields in 2002. The infected fruits were collected only in Chungbuk one time per month at July, August, and September, 2002. EC₅₀ values of the *Colletotrichum* isolates were determined by measuring the colony diameter of pathogen on PDA incorporated with different concentrations of each fungicide after 5 days incubation at 25°C.

수성이 변화하는 것으로 생각되지는 않는다.

요 약

전국의 고추 재배지에서 1999년과 2002년에 채집한 병든 고추로부터 각각 130개와 258개의 고추 탄저병균을 분리한 후, 4종의 보호용 살균제와 3종의 ergosterol 생합성 저해 살균제에 대한 균사 성장 저해 정도를 측정함으로써 살균제들에 대한 저항성 모니터링을 실시하였다. 1999년에 분리한 균주는 세 가지 보호용 살균제, 즉 dithianon, chlorothalonil 및 propineb에 대해서는 2002년의 균주보다 더 저항성을 보였다. 이에 반하여 다른 보호용 살균제인 iminocyclidine에 대해서는 오히려 2002년의 균주가 더 저항성인 것으로 나타났다. 세 개의 ergosterol 생합성 저해(EBI) 살균제, 즉 tebuconazole, hexaconazole 및 prochloraz에 대해서는 2002년의 균주가 1999년의 균

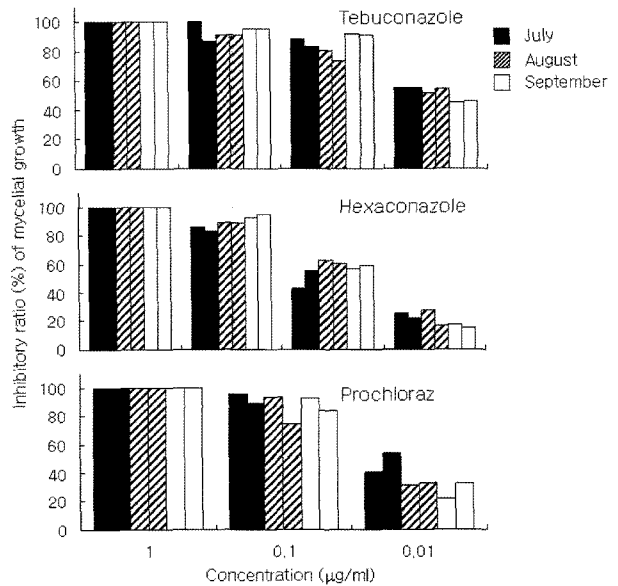


Fig. 8. The effect of ergosterol biosynthesis-inhibiting fungicides such as tebuconazole, hexaconazole, and prochloraz on the mycelial growth of several *Colletotrichum* isolates. The isolates used in this experiment were selected from the bulk sample randomly.

주보다 더 저항성이 컸으며, 2002년도의 균주들의 EC₅₀ 값은 1999년 균주들보다 1.2배 내지 4.4배가 높았다. 위의 살균제들에 대한 탄저병균의 반응을 보면, 채집한 지역 간에 저항성을 차이가 크게 나타나고 있었다. 단기간 내에 충북에서 분리한 균주들은 채집한 시기가 늦어질수록, 고추의 생육 초기에 주로 많이 사용되는 보호용 살균제들에 대한 EC₅₀ 값은 감소하였다. 그러나 ergosterol 생합성 저해 살균제에 대한 균주들의 반응은 정해진 생육 기간 중에는 변화가 거의 없었다.

감사의 글

본 연구 결과는 농림기술센터(연구과제 번호 : 20020595)의 연구비 지원으로 수행된 것으로 본 논문을 발표하는 자리를 빌려 감사를 표합니다.

참고문헌

- Dekker, J. 1995. Development of resistance to modern fungicides and strategies for its avoidance. In: *Modern selective fungicides*, ed. by H. Lyr, pp. 23-28. 595 pp.
- Fletcher, J. S. and Wolfe, M. S. 1981. Insensitivity of *Erysiphe graminis* f. sp. *hordei* to triadimefon, triadimenol and other fungicides. *Brighton Crop Protection Conference: Pests and Diseases* 2: 633-640.

- Kato, M., Mizubuti, E. S., Goodwin, S. B. and Fry, W. E. 1997. Sensitivity to protectant fungicides and pathogenic fitness of clonal lineage of *Phytophthora infestans* in the United States. *Phytopathology* 87: 973-978.
- Lee, C. U. and Kim, H. H. 1986. Cross-tolerance of *Alternaria mali* to various fungicides. *Korean J. Mycol.* 14: 71-78.
- Ogawa, J. M., Manji, B. T., Heaton, C. R., Petrie, J. and Sonoda, R. M. 1983. Methods for detection and monitoring the resistance of plant pathogens to chemicals. In: *Pest resistance to pesticides*, ed. by G. P. Georgiou and T. Saito, pp. 117-162. Plenum Press, New York-London. pp.117-162.
- Park, C. S. 1981. Studies on fungicide resistance against rice blast disease. Cooperation Research Rept. No. 8-1 ORD, 20 pp.
- Schepers, H. T. A. M. 1983. Decreased sensitivity of *Sphaerotheca fuliginea* to fungicides which inhibit ergosterol biosynthesis. *Netherlands J. Plant Pathol.* 89: 185-187.
- Stanis, V. F. and Jones A. L. 1985. Reduced sensitivity to sterol-inhibiting fungicides in field isolates of *Venturia inaequalis*. *Phytopathology* 75: 1098-1101.
- 김병섭, 정영륜, 조광연. 1993. Metalaxyl 저항성 및 감수성 감자 역병균(*Phytophthora infestans*)의 적응력(Fitness) 비교 및 Dimethomorph와 Chlorothalonil에 의한 방제. *한국식물병리학회지* 9: 31-35.
- 日本植物防疫協會. 1997. 植物防疫講座(第3版) pp. 141-147.