

## Tolyfluanid에 대한 인삼 잿빛곰팡이병균의 감수성

김주형 · 김가혜 · 김흥태\*

충북대학교 농업생명환경대학 농생물학과

(2011년 6월 7일 접수, 2011년 6월 22일 수리)

### Sensitivity of *Botrytis cinerea* Isolated from Infected Leaves of Ginseng to Tolyfluanid

Joohyung Kim, Gahye Kim and Heung Tae Kim\*

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

#### Abstract

Resistance monitoring for tolyfluanid was conducted over 2 years from 2005 to 2006 with 218 isolates of *Botrytis cinerea* obtained from infected plants of ginseng. All isolates of *B. cinerea* were divided into 3 groups such as highly sensitive (HS) group, sensitive (S) group and less sensitive (LS) group to tolyfluanid. HS group was defined as one showing  $EC_{50}$  value less than  $2.0 \mu\text{g mL}^{-1}$ .  $EC_{50}$  value of S group ranged between  $2.0 \mu\text{g mL}^{-1}$  and  $18.0 \mu\text{g mL}^{-1}$ , while that of LS group was more than  $18.0 \mu\text{g mL}^{-1}$ . Among *B. cinerea* isolates tested in this study, 174 isolates were included into S group, while 22 isolates were done into HS group. The other isolates belonged to LS group. *Botrytis cinerea* isolates showed the high correlation of  $EC_{50}$  value of mycelial growth with that of spore germination to tolyfluanid. This results could be used for the determination of fungicide resistance and the establishment of strategy for fungicide resistance management.

**Key words** *Botrytis cinerea*, Ginseng grey mold, Resistance, Tolyfluanid

#### 서 론

국민들의 건강에 대한 관심이 증가하면서 인삼 수요의 증가와 더불어 인삼의 재배 면적도 점차 확대되고 있는데, 1970년 3,401 ha에 불과하던 전국의 인삼 총 재배 면적은 1980년에 6,754 ha로 증가하였으며, 1990년대에 들어와 1만 ha를 넘어섰고 2005년에는 14,536 ha로 증가하였다. 이처럼 인삼의 재배 면적이 해마다 증가하면서 병해충에 의한 피해도 증가하고 있다. 특히 인삼 잿빛곰팡이병을 일으키는 *Botrytis cinerea*는 인삼의 모든 부위를 가해하는 병원균으로 알려져 있는데, 봄철 새롭게 나오는 뇌두를 가해할 경우 인삼 생산량

에 큰 영향을 미치는 것으로 알려져 있다. 또한 여름 장마기의 습한 기간 동안에도 지상부를 가해하기도 하는데, 김 등 (2007)의 보고에 의하면 7월 중순부터 발병하기 시작하여 장마가 시작되었던 8월 중순 이후에는 발병률이 19.2%까지 상승하였다. 장마기에 인삼의 지상부를 가해한 *B. cinerea*는 포장에서 생존하며 월동하고, 다음 해 인삼의 뇌두와 지하부를 침입하는 전염원의 역할을 할 수 있다. 따라서 인삼의 지하부를 직접적으로 가해하지 않는다고 해서 포장에서의 방제를 소홀히 할 경우, 포장에서 병원균의 밀도가 증가하고 다음 해에는 뇌두와 지하부가 직접적으로 피해를 받을 수가 있다.

인삼의 잿빛곰팡이병에 대한 방제 살균제로는 tolyfluanid를 비롯한 17개 품목, 13개 성분이 알려져 있다(작물보호협회, 2011). 그 중에서 tolyfluanid는 1971년 Bayer AG에 의

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

해서 상품화되어 사용되고 있는 sulphamide계 속하는 살균제로서, 작용기작이 완전히 알려져 있지 않다. 다만 단백질의 SH기에 결합하기 때문에 다양한 효소의 활성을 저해하는 것으로 알려져 있다(Tomlin, 2006). Tolyfluamid의 살균활성 범위는 대체로 넓어서 *B. cinerea*, *Venturia* spp., *Alternaria* spp.와 같은 식물병원균을 비롯해서, 활물기생균으로 알려져 있는 흰가루병균인 *Podosphaera leucotricha*와 *Uncinula necator*, 그리고 난균문에 속하는 노균병균인 *Plasmopara viticola* 등 매우 다양한 식물병원균의 방제에 사용되어 왔다. 또한 응애에 대한 살충활성이 있으면서, 농업 유용곤충에 대해서는 피해가 없는 살균제이다(Tomlin, 2006).

포장에서 잿빛곰팡이병균은 작용기작이 다른 여러 가지 살균제에 대해서 저항성 발현이 보고된 바 있다. 특히 tubulin 단백질의 중합을 억제하는 살균제, 삼투압 조절에 관여하는 살균제, ergosterol 생합성을 저해하는 살균제 등에 대해서는 이미 많은 연구 보고가 있다(Leroux, 2002). 하지만 앞에서 서술한 것과 같이 thiol기를 지닌 효소에 결합하여 효소의 활성을 저해하여 포자 발아를 억제하는 tolyfluamid에 대한 *B. cinerea*의 반응에 대해서는 거의 조사된 것이 없다. Tolyfluamid는 이미 잿빛곰팡이병을 비롯하여 흰가루병과 탄저병 등의 방제를 위해서 포장에서 사용되어 왔기 때문에, 포장에서 분리한 인삼 잿빛곰팡이병균의 tolyfluamid에 대한 반응은 매우 다양할 것으로 예상되었다. 따라서 본 논문에서는 인삼 포장에서 분리한 잿빛곰팡이병균의 tolyfluamid에 대한 감수성 정도를 조사함으로써 포장에서 병원균 집단의 살균제 반응에 대한 다양성을 알아보려고 하였다.

## 재료 및 방법

### 병원균의 분리 및 보관

실험에 사용한 잿빛곰팡이병균은 2005년과 2006년의 7월과 8월에 전국 14개 시, 군의 주요 인삼 포장에서 잿빛곰팡이병의 전형적인 증상이 보이는 인삼의 잎, 줄기 그리고 열매를 채집하여 분리하였다. 채집한 시료는 건전 부위와 병징 부분이 함께 포함될 수 있도록 적당한 크기로 잘라 petri dish(직경: 90 mm, 높이: 15 mm)에 넣고 20°C 항온기에서 2일간 광처리를 하여 병반 부위에서 병원균의 포자를 형성시켰다. 이 때 petri dish에는 멸균수를 적신 filter paper(직경: 90 mm)를 깔아 내부의 습도를 포화 상태로 유지하였다. 단포자 분리를 위해서 병징 표면에 발생한 포자를 현미경으로 관찰하며 capillary tube(직경: 1.5 mm, 길이: 90 mm)를 사용하여 포

자를 한 개 씩 떼어내어 물한천배지(WA: water agar)에 접종하였다. 분생포자를 접종한 WA는 20°C에서 2일간 배양한 후, 형성된 균사 끝을 떼어내어 새로운 PDA(potato dextrose agar, Difco) 배지에 접종하여 20°C 항온기에서 배양하였다. 분리한 병원균주는 20°C 항온기에서 4일간 배양하고, 균총의 균사 선단부에서 지름 5 mm의 균사 조각을 떼어내어 cryotube vial(직경: 12 mm, 높이: 48 mm, Nunc)에 10조각씩 넣고 5 mL의 멸균수와 6%의 DMSO(dimethyl sulfoxide)를 넣어 상온과 -70°C에서 각각 장기보관하였다. 또한 실험에 사용하기 위해서 *B. cinerea* 균주를 20°C의 PDA 사면배지에서 5일간 배양한 후, 4°C에서 보관하였다.

### Tolyfluamid에 대한 감수성 조사

Tolyfluamid(50%, WP)를 멸균증류수에 용해시켜 각각의 최종농도가 0.032, 0.16, 0.8, 4, 20, 100  $\mu\text{g mL}^{-1}$ 이 되도록 PDA에 첨가하였으며, 세균의 오염을 방지하기 위해서 300  $\mu\text{g mL}^{-1}$ 의 streptomycin을 첨가하였다. 실험에 사용한 모든 균주를 20°C 항온기에서 4일간 배양한 후, 균총 선단 부위에서 직경 5 mm의 균사 조각을 떼어내어 살균제를 농도별로 첨가한 PDA 배지에 접종하였다. 병원균을 접종한 배지는 20°C에서 4일간 배양한 후 균총의 직경을 조사하여 균사생장 억제율(%)을 계산하였다. 살균제에 대한 감수성 정도를 비교하기 위해서 병원균의 균사 생장을 50% 억제하는 농도(EC<sub>50</sub>, effective concentration inhibiting mycelial growth by 50%)와 균사 생장을 완전히 억제하는 최소 억제 농도(MIC, minimum inhibitory concentration)를 구하였다.

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

### 포자발아 억제효과

PDA배지에 접종한 *B. cinerea*를 20°C의 암상태에서 5일간 배양하고, 동일한 조건에서 12시간 동안 형광등을 조사하여 포자를 형성시켰다. 1/10로 희석한 potato dextrose broth 용액을 사용하여 형성된 포자를 수확한 후, 현탁액에서의 포자 농도를  $5 \times 10^5$  개  $\text{mL}^{-1}$ 로 조절하여 실험에 사용하였다. 준비한 포자현탁액에 tolyfluamid의 최종농도가 0.0000512, 0.000256, 0.00064, 0.00128, 0.032, 0.16, 0.8, 4.0  $\mu\text{g mL}^{-1}$ 가 되도록 조절한 다음, 멸균한 슬라이드그라스 위에 점적하였다. 병원균의 현탁액을 커버글라스로 덮고 플라스틱 상자에 넣어 8시간 동안 습실을 유지하였다. 각 슬라이드글라스

에서 100개씩의 포자를 관찰하여 발아 여부를 조사하였으며, 모든 처리는 3반복으로 실시하였다.

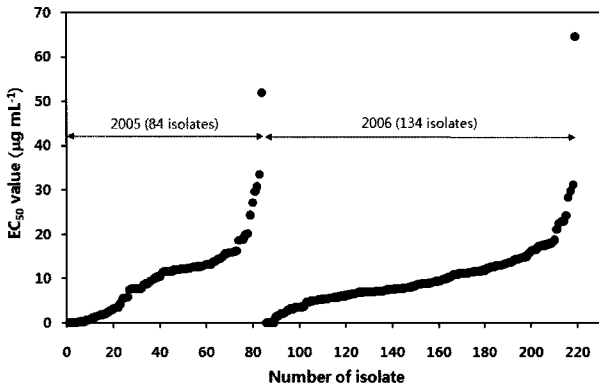


Fig. 1. Distribution of EC<sub>50</sub> values of *Botrytis cinerea* isolates obtained from infected leaves of ginseng in 2005 and 2006 against tolyfluanid.

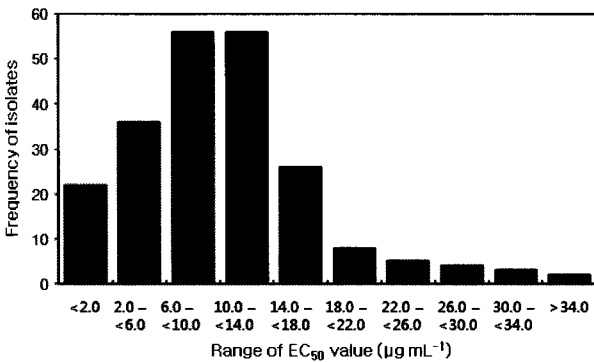


Fig. 2. Distribution of EC<sub>50</sub> value of tolyfluanid based on agar dilution method for 218 isolates of *Botrytis cinerea* from leaves of ginseng.

### 결 과

Tolyfluanid에 대한 EC<sub>50</sub>값을 인삼 잿빛곰팡이병균을 분리한 연도별로 비교하여 보았다(Fig. 1). 2005년에 분리한 84개 균주의 최소와 최대 EC<sub>50</sub>값은 각각 0.011 µg mL<sup>-1</sup>와 51.965 µg mL<sup>-1</sup>이었으며, 평균 EC<sub>50</sub>값은 10.810 µg mL<sup>-1</sup>이었다. 또한 134개의 균주를 분리한 2006년 균주들의 최소 EC<sub>50</sub>값은 0.001 µg mL<sup>-1</sup>, 최대 EC<sub>50</sub>값은 64.568 µg mL<sup>-1</sup>이었으며, 평균 EC<sub>50</sub>값은 10.343 µg mL<sup>-1</sup>로, 연도별로 채집한 균주 집단의 EC<sub>50</sub>값은 커다란 변화가 없었다. Fig. 1에서 보는 것과 같이 2005년에 채집한 GBYP7과 2006년에 채집한 GBGE27 균주의 EC<sub>50</sub>값은 각각 51.965와 65.658 µg mL<sup>-1</sup>로, 다른 균주들에 비하여 특별하게 높은 EC<sub>50</sub>값을 보였다. 하지만 2005년과 2006년에 채집한 218개의 균주는 저항성 균주 집단이 발생되었다기 보다는 포장에서 분리된 균주의 살균제에 대한 감수성 정도가 매우 다양함을 알 수 있었다(Fig. 2). 잿빛곰팡이병균은 EC<sub>50</sub>값이 6과 10 µg mL<sup>-1</sup>사이와, 10과 14 µg mL<sup>-1</sup> 사이에 각각 56개씩의 균주가 분포되어 제일 높은 빈도를 보였는데, 전체 균주의 51.4%에 해당하였다.

2005년과 2006년에 분리한 균주들의 tolyfluanid 농도에 따른 반응을 가지고 감수성이 높은 집단(highly sensitive (HS) group), 감수성 집단(sensitive (S) group), 감수성이 떨어지는 집단(less sensitive (LS) group) 등으로 구분할 수 있었다 (Fig. 3). 2005년에 분리한 균주들 중에서 감수성이 높은 집단(HS group)에 속하는 GBYD12, 1, 7 등 3개 균주의 EC<sub>50</sub>값은 0.030, 0.052, 0.150 µg mL<sup>-1</sup>이었으며, 감수성 집단(S group)의 GBBB1-14, GBYD8, GBKA2-2는 5.514, 5.627, 5.879 µg mL<sup>-1</sup>, 감수성이 떨어지는 집단(LS group)의 GBYC1,

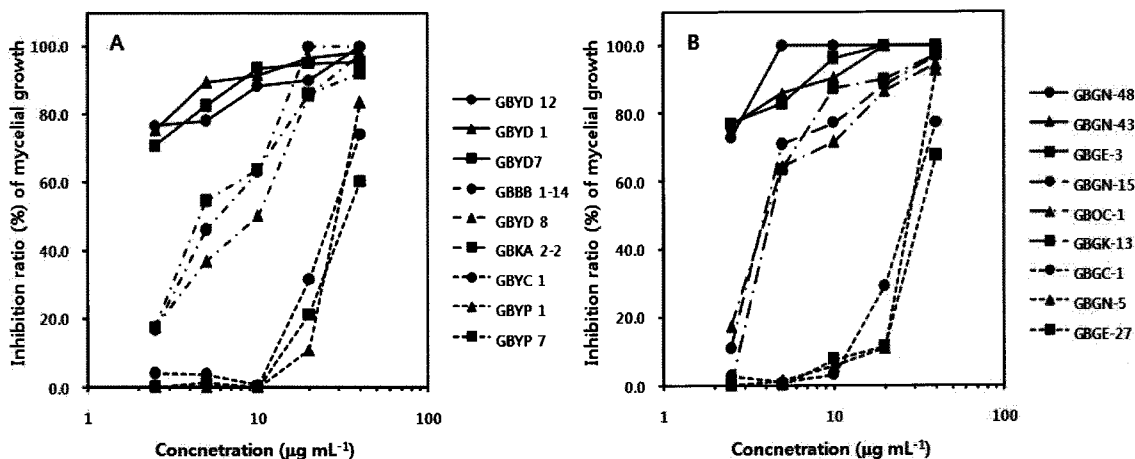


Fig. 3. Inhibition ratio (%) of the mycelial growth of *Botrytis cinerea* isolates obtained from infected leaves of ginseng in 2005 (A) and 2006 (B) on PDA amended with each concentration of tolyfluanid.

GBYP1, GBYP7은 각각 30.781, 33.589, 51.965  $\mu\text{g mL}^{-1}$  이었다(Fig. 3A). 이 세 집단에 속하는 균주들의 tolyfluanid에 대한 감수성 반응은 10  $\mu\text{g mL}^{-1}$ 의 tolyfluanid 처리구에서 뚜렷한 차이를 나타내었다. Tolyfluanid 10  $\mu\text{g mL}^{-1}$ 의 처리구에서 HS 집단에 속하는 GBYD12, 1, 7에 대한 군사생장 억제효과는 88.3, 91.6, 93.7%이었던 반면에 S 집단과 LS 집단에 속하는 균주에 대한 방제효과는 점차 감소하였다. S 집단에 속하는 GBBB1-14, GBYD8, GBKA2-2에 대한 방제효과는 63.2, 50.2, 63.9%이었으며, LS 집단에 속하는 GBYC1, GBYP1, GBYP7에 대한 효과는 GBYC1에서 0.5%의 극히 저조한 효과가 나타났을 뿐, GBYP1과 GBYP7에 대해서는 전혀 군사 생장을 억제하지 못하였다. 이러한 경향은 2006년에 분리한 균주들에서도 동일하게 나타났다(Fig. 3B).

포장에서 분리한 *B. cinerea* 균주는 tolyfluanid에 대한 감수성 정도에 따라서  $\text{EC}_{50}$ 값이 2.0  $\mu\text{g mL}^{-1}$  이하인 균주들을 HS 집단으로, 2.0에서부터 18.0  $\mu\text{g mL}^{-1}$  사이에 속하는 균주들을 S 집단으로, 그리고 18.0  $\mu\text{g mL}^{-1}$  이상인 균주들을 LS 집단으로 구분하였다. 이러한 기준을 가지고서 실험에 사용한 모든 병원균을 조사하여 보면, HS와 LS 집단에 속하는 병원

균은 각각 10.1%이었으며, S 집단에 속하는 병원균은 79.8% 이었다(Fig. 4). 각 지역별로 채집한 병원균의 tolyfluanid에 대한 감수성 정도를 비교하여 보면 대부분의 병원균이 S 집단에 속하였는데, 지역별로는 충북과 전북지역이 100%와 95.8%, 그리고 경기, 충남, 경북 지역이 각각 70.4, 79.5, 70.3%에 달하였다(Fig. 5). 감수성이 높거나 떨어지는 집단인 HS 집단과 LS 집단의 비율을 비교하여 보면, 경기 지역에서 분리한 병원균 집단에서 HS 집단의 비율이 22.2%로 가장 높았으며, 충남과 경북 지역에서 분리한 병원균들은 LS 집단의 비율이 12.3%와 18.9%로, 다른 지역의 LS 집단의 비율보다 높았다. 반면 충북과 전북 지역의 병원균 집단에서는 HS 집단에 속하는 병원균이 없었으며, LS 집단에 속하는 균주도 전혀 없었던 충북 지역과는 다르게 전북 지역에서는 LS 집단에 속하는 균주가 4.2%를 차지하였다.

HS, S, LS 집단에 속하는 균주를 각각 두 균주씩 선발하여 군사생장 억제 정도와 포자발아 억제 정도를 실험하였다. HS 집단에 속하는 GBGE8과 GBGE3의 군사생장에 대한  $\text{EC}_{50}$ 값은 0.001과 0.107  $\mu\text{g mL}^{-1}$ 이었으며, 포자발아에 대한  $\text{EC}_{50}$ 값은 0.008과 0.031  $\mu\text{g mL}^{-1}$ 이었다. LS 집단에 속하는 GBGC8과 GBGE27의 군사생장에 대한  $\text{EC}_{50}$ 값은 22.530과 64.568  $\mu\text{g mL}^{-1}$ 로 매우 높게 나왔으며, 포자발아에 대한  $\text{EC}_{50}$ 값도 0.040과 0.097  $\mu\text{g mL}^{-1}$ 로 HS와 S 집단의 균주들보다 높았다. 그러나 S 집단에 속하는 GBCU2의 군사생장에 대한  $\text{EC}_{50}$ 값은 7.743  $\mu\text{g mL}^{-1}$ 로, HS 집단에 속하는 GBGE3보다 약 72배 이상 높았지만, 포자발아에 대한  $\text{EC}_{50}$ 값은

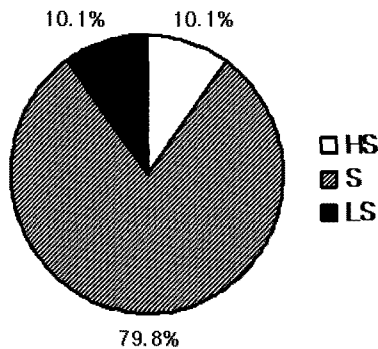


Fig. 4. Proportion of 3 different groups based on the sensitivity of *B. cinerea* to tolyfluanid in the population of *Botrytis cinerea* isolated from infected leaves of ginseng from 2005 to 2006. HS; highly sensitive group of *B. cinerea* to tolyfluanid, S; sensitive group, and LS; low sensitive group.

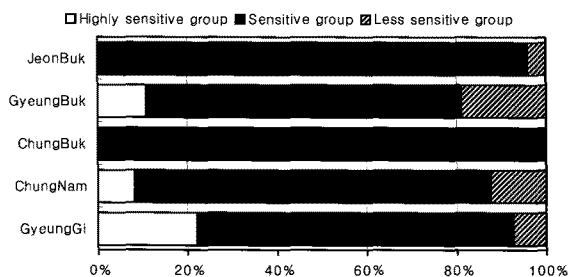


Fig. 5. Sensitivity response of 3 groups of *Botrytis cinerea* to tolyfluanid in various regions.

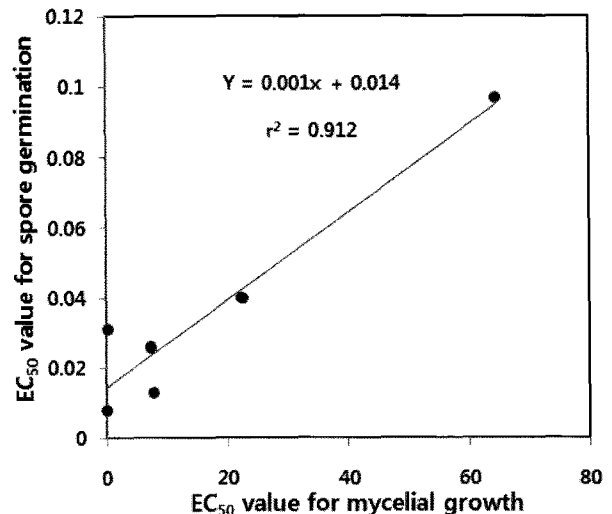


Fig. 6. Relationship of the effective concentration of tolyfluanid needed to reduce by 50% ( $\text{EC}_{50}$  value) between mycelium growth and spore germination of each isolate of *Botrytis cinerea*.  $r^2$  is the correlation value for the relationship.

0.013  $\mu\text{g mL}^{-1}$ 로 GBGE3이 약 2.4배 정도 높았다. 균주에 따라서 차이가 있었지만, 실험 균주들의 군사생장과 포자발아에 대한  $\text{EC}_{50}$ 값 사이에는 높은 양의 상관관계가 있었다 (Fig. 6).

## 고 찰

젯빛곰팡이병균은 세대 기간이 매우 짧으며, 포장 상태에서 많은 분생포자를 만들기 때문에 대부분의 젯빛곰팡이병 방제용 살균제는 저항성이 발현되기 쉬운 살균제로 분류되고 있다 (Brent와 Holloman, 1998; Jarvis, 1992). 특히 포도에서는 병원균의 호흡, 미세소관의 형성, 삼투작용, 그리고 methionine과 ergosterol의 생합성을 저해하는 5가지의 서로 다른 기작을 갖는 여러 종류의 살균제들이 젯빛곰팡이병의 방제에 사용되고 있는데, 포장에서 각각의 살균제에 대한 저항성인 균주들이 나타나서, 사용에 많은 제약을 받고 있다 (Leroux, 2002). *B. cinerea*는 앞에서 서술한 작용점이 특이한 살균제뿐만 아니라 작용점이 다양한 것으로 알려진 dichlofluanid, captan, fluazinam 등과 같은 살균제들에 대해서도 저항성을 보인다 (Pollastro 등, 1996; Barak과 Edgington, 1984; Tamura, 2000). 특히 tolyfluanid와 동일한 계열로 알려져 있는 dichlofluanid에 대해서는 *Dic1*과 *Dic2*와 같은 최소한 2개의 유전자 저항성 발현에 관여하고 있다 (Pollastro 등, 1996).

인삼 젯빛곰팡이병균은 tolyfluanid에 대한  $\text{EC}_{50}$ 값이 2.0  $\mu\text{g mL}^{-1}$  이하인 HS group의 균주들과, 2.0에서부터 18.0  $\mu\text{g mL}^{-1}$  사이인 S group에 속하는 균주들, 그리고 18.0  $\mu\text{g mL}^{-1}$  이상인 LS group에 속하는 균주들로 구분할 수 있었다. 이러한 구분은 저베라에서 분리한 *B. cinerea*의 dichlofluanid에 대한 감수성 정도를 구분한 기준과 매우 유사하였다. Pollastro 등(1996)은 dichlofluanid에 대한 *B. cinerea*의  $\text{EC}_{50}$ 값이 1 - 3  $\mu\text{g mL}^{-1}$ 인 균주를 감수성으로, 그리고 3 - 10  $\mu\text{g mL}^{-1}$ 인 균주를 낮은 저항성으로, 10 - 30  $\mu\text{g mL}^{-1}$ 인 균주를 높은 저항성으로 구분하였다. 또한 dichlofluanid의 *B. cinerea*에 대한 군사생장 억제효과와 포자발아 억제효과 간에는 높은 상관관계가 있어, 군사생장 억제효과의 결과를 가지고서 감수성과 저항성으로 구분한 결과는 포자발아 억제효과로 dichlofluanid에 대한 반응을 구분한 결과와 유사하였다. 본 연구 결과에서도 Fig. 6에서 보는 것과 같이 군사생장 억제효과와 포자발아 억제효과 사이에는  $r^2$ 값이 0.912인 높은 정의 상관관계가 있음을 보여주었다. 이 결과는 군사생장 억제효과와 포자발아 억제효과 중에서 어떠한 방법을 사용하여도 살균제에 대한 감수성 정도는 동일한 경향을 얻을 수 있음을 보여준다. 따라

서 tolyfluanid에 대하여 다수의 *B. cinerea* 균주의 저항성 정도를 모니터링하고자 할 때, 군사생장 억제효과와 포자발아 억제효과 중 어떤 하나의 방법을 선택하여 실험하여도 포장의 젯빛곰팡이병균에 대한 유사한 살균제 모니터링 결과를 얻을 수 있을 것으로 생각한다.

하지만 tolyfluanid는 *B. cinerea*의 군사생장보다는 포자발아에 대한 억제효과가 매우 높다 (Pollastro 등, 1996; Tomlin, 2006). 군사생장 억제효과가 크게 떨어지는 GBGE27 균주의  $\text{EC}_{50}$ 값은 64.568  $\mu\text{g mL}^{-1}$ 로 나타났지만, 포자발아에 대한 tolyfluanid의  $\text{EC}_{50}$ 값은 0.097  $\mu\text{g mL}^{-1}$ 이었다. 이러한 결과는 *B. cinerea* GBGE27과 같이  $\text{EC}_{50}$ 값이 64.568  $\mu\text{g mL}^{-1}$ 인 균주가 포장에 존재한다고 하더라도, *B. cinerea*의 포자발아하기 전에 적정량의 tolyfluanid를 처리한다면 충분한 방제가 가능할 것이라는 것을 예상케한다. 하지만 포장에서 *B. cinerea*가 군사 상태로 월동하고 그 이듬해에 일차전염원이 될 경우, 또 포장에 LS 집단에 속하는 균주의 밀도가 높아진다면 tolyfluanid의 효과는 감소될 뿐만 아니라 포장에서 LS 집단에 속하는 *B. cinerea*의 밀도를 더욱 증가시키는 요인이 될 것으로 생각한다. 따라서 tolyfluanid의 안정적인 사용을 위해서는 인삼 포장에서 군사의 월동처가 될 수 있는 감염된 인삼 잔재물들을 제거하는 포장 위생 처리과정이 매우 중요하다. Beresford 등(2008)은 사과 검은별무늬병 방제를 위하여 tolyfluanid를 낙엽 후 처리한다면 다음 해 포장에서 병원균의 밀도를 감소시킬 수 있으며, 검은별무늬병의 발생을 줄일 수 있다고 보고하였다. 이 결과로부터 tolyfluanid는 사과 검은별무늬병균에 대한 포자발아 억제효과뿐만 아니라 일차 전염원의 생성을 억제하는 효과를 가지고 있는 것으로 생각되어진다. 이처럼 tolyfluanid의 다양한 효과를 파악하고 처리 방법을 개발한다면 포장에서 *B. cinerea*를 효과적이고 지속적으로 방제할 수 있을 것으로 생각한다. 또한 특이적인 작용점을 지닌 살균제와는 다르게 tolyfluanid는 작용점이 다양한 살균제로서 중요한 여러 대사과정의 효소 활성을 억제하는 살균제이기 때문에, 포장에서 저항성의 발현이 낮은 것으로 알려져 있다 (Pollastro 등, 1996; Leroux, 2002; MacQuilken과 Thomson, 2008). 이런 특성 때문에 MacQuilken과 Thomson(2008)은 *B. cinerea*에 대한 *Calluna vulgaris*의 방제 체계를 만드는데, 특이적 살균제의 저항성 관리를 위해서 tolyfluanid의 사용을 추천하고 있다.

2005년과 2006년 전국의 인삼 포장에서 분리한 젯빛곰팡이병균의 tolyfluanid에 대한 반응은 3가지의 형태로 구분할 수 있었으며, 그 중에서 감수성이 떨어지는 LS 집단에 속하는 균주는 전체 균주의 10.1%에 해당하였다. 실제 LS 집단에 속

하는 균주들이 살균제 사용에 따라 저항성이 발견되어 형성된 집단인지를 조사하기 위해서는, 앞으로 포장에서 잿빛곰팡이병에 대한 tolyfluanid의 방제 효과 검정과 LS 집단에 속하는 균주를 이용하여 인삼 식물체 상에서 실제로 tolyfluanid의 효과가 저하되는지의 여부, 그리고 LS 집단에 속하는 균주들의 포장 적응능력 등을 조사하여야 한다. 또한 본 실험에서 LS 집단에 대한 기준은  $18 \mu\text{g mL}^{-1}$ 로 결정하는 것이 타당하며, 이 기준으로 포장에서 분리한 잿빛곰팡이병의 tolyfluanid에 대한 모니터링을 지속해야 할 것으로 생각한다.

## 감사의 글

이 논문은 2009년도 충북대학교 학술연구지원사업의 연구비 지원에 의하여 진행된 연구로, 연구비의 지원에 감사드립니다.

## >> 인 / 용 / 문 / 헌

- Barak E. and L. V. Edgington (1984) Glutathione synthesis in response to captan: a possible mechanism for resistance of *Botrytis cinerea* to the fungicides. *Pestic. Biochem. Physiol.* 21:412~416.
- Beresford, R. M., P. N. Wood, P. W. Shaw and T. J. Taylor (2008) Application of fungicides during leaf fall to control apple scab (*Venturia inaequalis*) in the following season. *New Zealand Pl. Prot.* 61:59~64.
- Brent, K. J. and D. W. Hollomon (1998) Fungicide resistance: the assessment of risk. FRAC Monograph No. 2, GCPF, Brussels, Belgium.
- Jarvis, W. R. (1992) Managing Diseases in Greenhouse Crops. The American Phytopathological Society, St Paul, MN, p. 228.
- Leroux, P., R. Fritz, D. Debieu, C. Albertini, C. Lanen, J. Bach, M. Gredt and F. Chapeland (2002) Mechanisms of resistance to fungicides in field strains of *Botrytis cinerea*. *Pest Manag. Sci.* 58:876~888.
- MacQuilken, M. and J. Thomson (2008) Evaluation of anilino-pyrimidine and other fungicides for control of grey mould (*Botrytis cinerea*) in container-grown *Calluna vulgaris*. *Pest Manag. Sci.* 64:748~754.
- Pollastro, S., F. Faretra, V. D. Canio and A. D. Guido (1996) Characterization and genetic analysis of field isolates of *Botryotinia fuckeliana* (*Botrytis cinerea*) resistant to dichlofluanid. *Euro. J. Pl. Pathology* 102:607~613.
- Tamura O. (2000) Resistance development of grey mould on beans towards fluazinam and relevant counter-measures: in 10th Symposium of Research Committee of Fungicides Resistance, The Phytopathological Society of Japan, Okoyama, Japan, pp. 7~16.
- Tomlin, C. D. S. (2006) Tolyfluanid. p. 1045-1046.; in A world compendium the pesticide manual. pp. 1349.
- 김주형, 이선욱, 민지영, 배영석, 신명욱, 김선보, 김명기, 연초롱, 임진영, 김홍태 (2007) 살균제 처리에 따른 인삼의 지상부 병해 방제효과. *식물병연구* 13:164~169.
- 작물보호협회 (2011) 농약사용지침서. pp. 1199.

## Tolyfluanid에 대한 인삼 잿빛곰팡이병균의 감수성

김주형 · 김가혜 · 김홍태\*

충북대학교 농업생명환경대학 농생물학과

**요 약** 2005년부터 2006년까지 인삼 재배지에서 분리한 218개의 *Botrytis cinerea* 균주의 tolyfluanid에 대한 감수성 정도를 조사하였다. Tolyfluanid를 농도별로 첨가한 PDA배지에서 *B. cinerea*의 균사생장 억제정도를 조사하여 살균제에 대한 *B. cinerea* 균주들의 감수성 정도를 3 group으로 구분하였다. 분리한 병원균은 감수성 정도에 따라서,  $2.0 \mu\text{g mL}^{-1}$  이하인 균주들을 HS group으로, 2.0에서부터  $18.0 \mu\text{g mL}^{-1}$  사이에 속하는 균주들을 S group으로, 그리고  $18.0 \mu\text{g mL}^{-1}$  이상인 균주들을 LS group으로 구분하였다. 전체 균주 중에서 174개 균주가 S group에 속하였으며, 각각 22개 균주가 HS와 LS group으로 구분되었다. 또한 tolyfluanid의 *B. cinerea*에 대한 균사생장 억제와 포자발아 억제 효과는 높은 정의 상관관계를 보였다. 본 연구의 결과는 포장에서 분리한 *B. cinerea*의 tolyfluanid에 대한 저항성 모니터링의 기준과, 저항성 발현 관리를 위한 기초 자료로 사용될 수 있다.

**색인어** *Botrytis cinerea*, tolyfluanid, 인삼 잿빛곰팡이병, 저항성