

## β-Tubulin 단백질의 중합을 억제하는 살균제에 대한 인삼 잿빛곰팡이병균의 감수성 변화

김주형 · 민지영 · 백영순 · 배영석<sup>1</sup> · 김흥태\*

충북대학교 농업생명환경대학 응용생명환경학부 식물의학전공, <sup>1</sup>농촌진흥청 작물과학원 인삼약초연구소

### Variation of the Sensitivity of *Botrytis cinerea* causing Ginseng Grey Mold to Fungicides Inhibiting β-Tubulin Assembly

Joohyung Kim, Ji-young Min, Young Soon Baek, Yeoung-Seuk Bae<sup>1</sup> and Heung Tae Kim\*

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

<sup>1</sup>Ginseng & Medicinal Plants Research Institute, National Institute of Crop Science(NICS),  
RDA, Eumseong Chungbuk 369-873, Korea

(Received on November 14, 2007)

In this experiment, 236 isolates of *Botrytis cinerea* isolated from the lesions of ginseng grey mold in 2005 and 2006 were examined for their sensitivity to fungicide inhibiting β-tubulin assembly. The baselines of fungicide resistance were determined as 10.0 and 0.2 μg/ml of EC<sub>50</sub> values for carbendazim and the mixture of carbendazim and diethofencarb, respectively. The ratios of isolates resistant to carbendazim in 2005 and 2006 was investigated to be 87.6 and 96.6%, respectively. In the case of the mixture of carbendazim and diethofencarb, the ratio of the resistant isolates was 23.6% for 2005 and 24.5% for 2006. The ratio of the resistant isolates to the mixed fungicide was fluctuated according to regions where isolates of *B. cinerea* were obtained. In Yeoncheon of Gyeonggi Province, 4.3% of the isolates used in the experiment was resistant in 2005 and no resistant isolate was obtained in 2006. Among 5 regions, the ratio of resistant isolates was the highest as 70.0% in Yecheon of Gyeongbuk Province.

**Keywords :** Carbendazim, Diethofencarb, Fungicide resistance, Ginseng grey mold

Benzimidazole계 살균제의 하나인 carbendazim은 1973년 개발되고 1974년에 실용화되었으며, *Botrytis cinerea* 외에 *Septoria*, *Fusarium*, *Erysiphe*, *Sclerotinia*, *Alternaria*, *Cercospora*에 의해서 작물과 과수, 잔디 등에서 발생하는 여러 가지의 병 방제를 위해 사용되어 온 대표적인 살균제이다. 현재 carbendazim은 병원균의 β-tubulin이라는 단백질에 결합하여 α, β-dimer의 생성을 저해함으로써 미세소관의 형성을 저해하는 것으로 알려져 있는데(Davidse와 Flach, 1977), 이러한 특이적인 작용기작으로 인해 저항성 병원균이 쉽게 발생한다고 보고되어 있다(Albertini 등, 1999; Taggart 등, 1999). 이러한 저항성 문제를 해결하기 위해서 carbendazim과 역상관 교차저항성 관계에 있다고

알려진 N-phenylcarbamate계 살균제의 하나인 diethofencarb (Sumitomo Chemical Co., Ltd., 1986)가 개발되었고, 포장에서 carbendazim과 합제로 개발되어 사용하고 있다. 하지만 최근에는 위의 두 가지 살균제의 합제에 대해서 저항성을 가진 병원균에 대한 보고가 계속되고 있다(Kim 등, 2000; Lim 등, 2006a, 2006b; Park 등, 1996).

최근 우리나라 주요 인삼(*Panax ginseng*) 재배지에서 인삼 잿빛곰팡이병의 발생으로 인한 피해가 점차 확대되고 있다. 특히 폐쇄적인 인삼 재배 환경과 재배 특성 상 계속적인 연작재배로 인해 병 발생이 문제가 되고 있으며, 살균제를 사용하는 화학적 방제의 효과가 높기 때문에 다년간 살균제가 처리됨으로써 저항성균이 출현할 가능성이 높아지고 있다. 하지만 잿빛곰팡이병을 포함한 다수의 병에 대한 역학 조사 및 경제적, 학술적 조사와 연구가 미비한 실정이다. 잿빛곰팡이병의 경우에는 봄철에

\*Corresponding author

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

E-mail) htkim@chungbuk.ac.kr

뇌두를 통해 병원균이 지제부를 가해하는 경우만을 증시한 나머지 지상부의 잎이나 열매에 발생하는 잣빛곰팡이병균에 대한 연구가 소홀히 다루어져 왔지만, 장마철을 지나면서부터는 지상부 잣빛곰팡이병에 의한 피해는 계속 발생하고 있는 실정이다. 또한 잣빛곰팡이병에 의해 피해를 받은 인삼포장에서는 점무늬병과 탄저병의 발생이 용이하여 다른 포장에 비해서 더 큰 피해를 보고 있다.

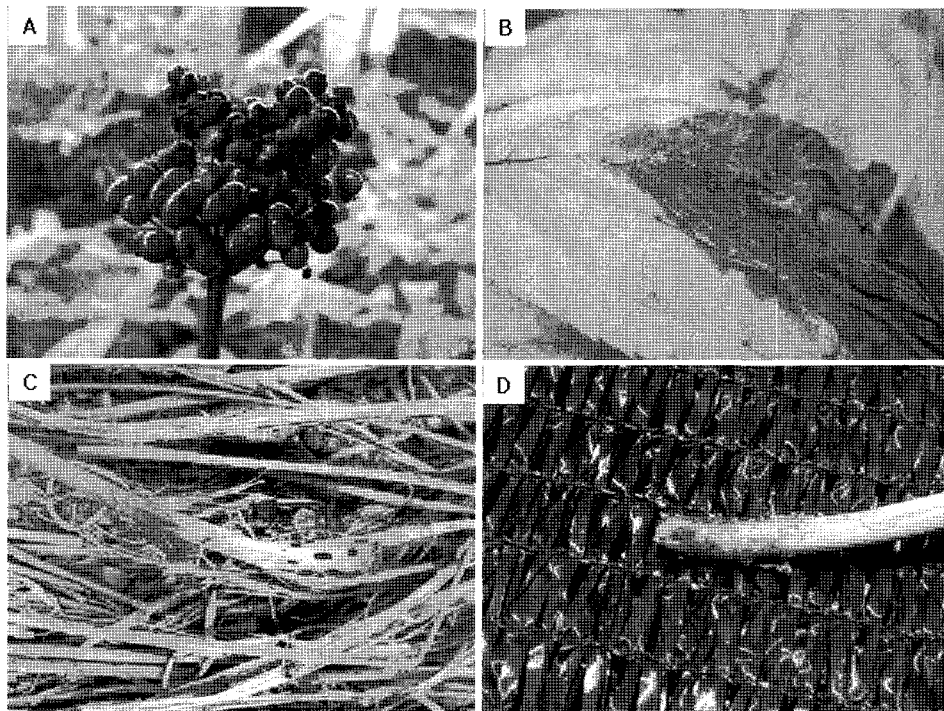
따라서 본 연구에서는 인삼 잣빛곰팡이병을 일으키는 *Botrytis cinerea*를 채집하여 carbendazim과 carbendazim과 diethofencarb의 합제에 대한 감수성 정도를 검정하여, 현재 우리나라 인삼 포장에서 분리한 잣빛곰팡이병균의 carbendazim과 carbendazim/diethofencarb 합제에 대한 baseline을 확립하고, 전국적인 저항성 발현 동향을 살펴보고자 하였다.

## 재료 및 방법

**병원균 분리.** 인삼 잣빛곰팡이병균을 채집하기 위해서 2005년과 2006년에 전국 6개 도, 16개 시, 군의 주요 인삼 포장에서 잣빛곰팡이병의 전형적인 증상이 보이는 인삼의 잎, 줄기 그리고 열매를 채집하였다(Fig. 1). 채집한 시료는 건전 부위와 병징 부분을 함께 적당한 크기로 잘라, 멸균수에 적신 filter paper(직경; 90 mm)를 깔아 놓은

petri dish(직경; 90 mm, 높이; 15 mm)에 넣고 20°C 항온기에서 2일간 광을 처리하여 포자를 발생시켰다. 병징 표면에 발생한 포자를 현미경으로 관찰하며 capillary tube(직경; 1.5~1.8 mm, 길이; 90 mm)를 사용하여 포자를 단포자 분리한 후, 한천배지(water agar, Difco)에 접종하였다. 접종한 배지는 20°C에서 2일간 배양하고, 형성된 균총의 균사 끝을 떼어내어 PDA(potato dextrose agar, Difco)에 옮겨 20°C에서 다시 배양하였다.

**살균제 모니터링.** 잣빛곰팡이병의 전형적인 병반으로부터 분리한 총 236개의 인삼 잣빛곰팡이병균에 대해 carbendazim(a.i. 60%, WP)과, carbendazim과 diethofencarb의 합제(a.i. 50%, WP)를 사용하여 살균제에 대한 반응을 조사하였다. 병원균을 PDA 배지에 접종하고 20°C의 항온기에서 4일간 배양한 후 균사 선단 부위에서 직경 3 mm의 균사 조각을 떼어내어 각 약제를 농도별로 첨가한 새로운 PDA 배지에 접종하였다. 각 약제는 멸균수에 용해시켜 PDA 배지에 최종농도가 carbendazim과 carbendazim/diethofencarb 합제 모두 20, 4, 0.8, 0.16, 0.032 µg/ml가 되도록 희석하여 첨가하였다. 이 때 PDA 배지에는 세균의 오염을 방지하기 위해서 300 µg/ml의 streptomycin을 첨가하였다. 병원균을 접종한 배지는 20°C에서 4일간 배양한 후 균총의 직경을 측정하였으며, 아래와 같이 약제를 첨가하지 않은 PDA 배지 상에서의 균총의 직경과 비교



**Fig. 1.** Natural symptoms and signs of gray mold of *Botrytis cinerea*. **A:** lesions of fruits, **B:** lesions of leaf, **C:** sclerotia on stem, **D:** conidiopores on stem.

하여 균사 성장 억제율(%)을 계산하였다. 또한 각각의 약제가 병원균의 균사생장을 50% 억제하는 농도인 EC<sub>50</sub> 값을 계산하여 저항성 균주와 감수성 균주의 기준을 결정하고자 하였다.

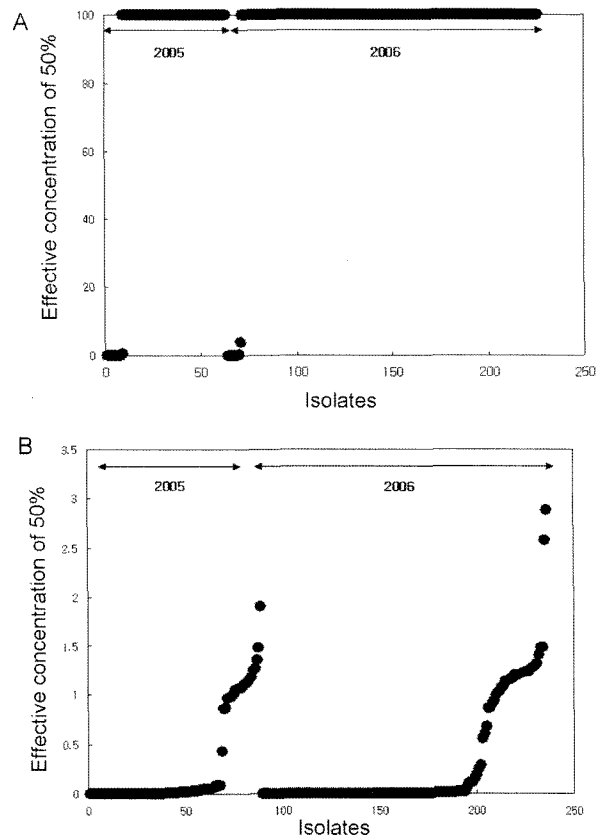
균사 성장 억제율(%)

$$= \{1 - (\text{살균제 배지에서의 균총의 지름} / \text{무처리 배지에서의 균총의 지름})\} \times 100$$

**인삼 재배 포장에서 저항성균의 발생 조사.** 균사 성장 억제율(%)과 EC<sub>50</sub> 값을 가지고 살균제에 대한 병원균의 감수성과 저항성의 기준을 결정하고 carbendazim과 carbendazim/diethofencarb 합제에 대한 병원균의 반응을 가지고 분리한 잣빛곰팡이병균을 저항성과 감수성으로 구분하였다. 또한 병원균을 채집한 연도에 따라서, 채집한 지역에 따라서 감수성과 저항성 균주의 분리빈도를 구하고 포장에서의 저항성 발현 정도를 조사하였다.

## 결 과

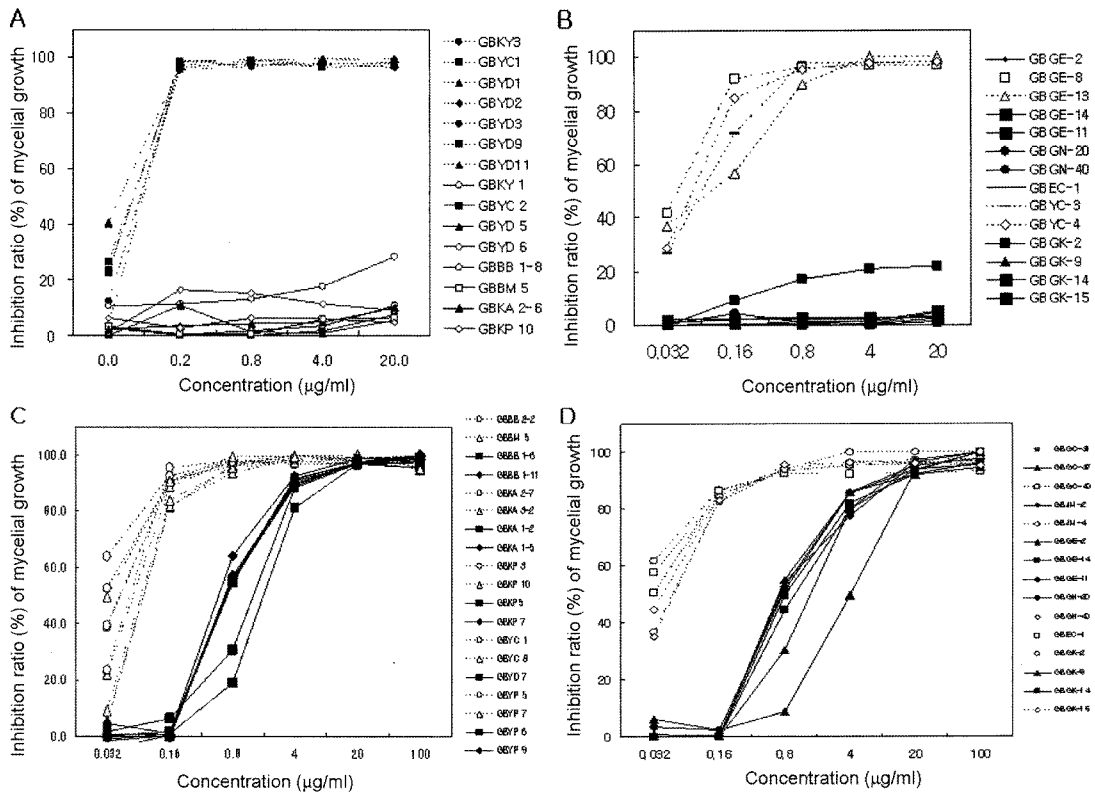
**분리한 연도에 따른 병원균의 살균제에 대한 EC<sub>50</sub>값의 변화.** 2005년과 2006년에 인삼 잣빛곰팡이병균을 각각 89개와 147개씩을 분리하여 실험에 사용하였다. Fig. 2A에서 보는 것과 같이 carbendazim의 경우에는 2005년에 분리한 89개 균주 중에서 78개 균주의 EC<sub>50</sub> 값이 10 µg/m 이상인 균주로 밝혀졌는데, 실험에 사용한 전체 균주의 87.6%를 차지하고 있었다. 2006년에 분리한 147개의 균주 중에서 EC<sub>50</sub> 값이 10 µg/m 이상인 균주는 142개로, 전체의 96.6%를 차지하였다. Carbendazim/diethofencarb 합제의 경우에는 2005년과 2006년의 균주에서 각각 21개 균주와 36개 균주의 EC<sub>50</sub> 값이 0.2 µg/m보다 높게 나타났다(Fig. 2B). Carbendazim/diethofencarb 합제를 배지에 정해진 농도로 첨가하고 병원균의 균사 성장 억제효과를 조사하여 보면, 0.16 µg/m에서 70% 이하의 균사생장 억제효과를 보이는 균주의 EC<sub>50</sub> 값은 모두 0.2 µg/m 이상으로 나타났다(Fig. 3C,D). Fig. 2와 3을 가지고서 전국적으로 분리한 잣빛곰팡이병균 균주들의 carbendazim과 carbendazim/diethofencarb 합제에 대해서 감수성과 저항성을 구분할 수 있는 기준을 정할 수 있었다. Carbendazim의 경우는 EC<sub>50</sub> 값을 가지고 결정하는데, 10 µg/m를 기준으로 감수성 균주와 저항성 균주를 나눌 수 있었다. Carbendazim/diethofencarb 합제의 경우도 EC<sub>50</sub> 값을 가지고서 감수성과 저항성을 나눌 수가 있었는데, 0.2 µg/m 이하를 감수성, 이상을 저항성 균주로 구분하기로 하였다(Fig. 5). 이와 같은 기준을 가지고서 2005년과 2006년에



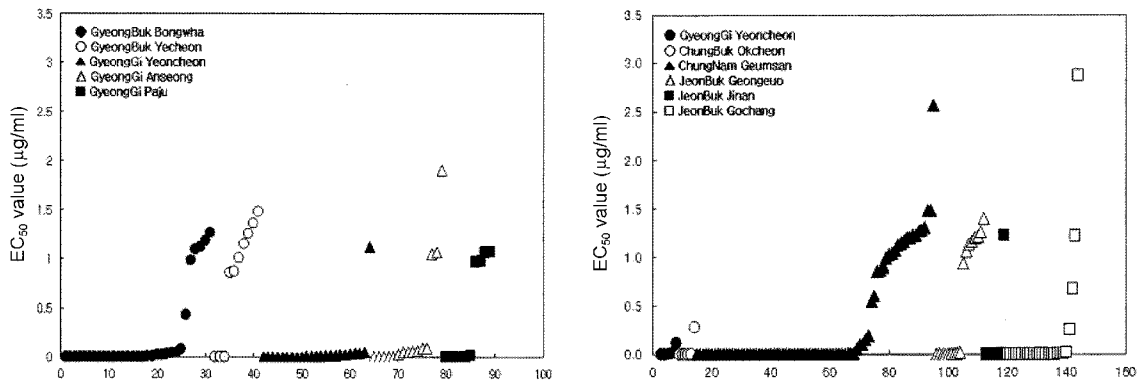
**Fig. 2.** Variations of EC<sub>50</sub> value of *Botrytis cinerea* between 2005 and 2006. A: 50% effective concentration of carbendazim, B: 50% effective concentration of the mixture of carbendazim and diethofencarb.

분리한 균주들의 감수성 정도를 구분하여 보면, carbendazim에 대해서 감수성인 균주는 12.4%와 3.4%를 차지하였다. Carbendazim/diethofencarb 합제의 경우에는 저항성 균주의 비율이 2005년에는 23.6%, 2006년에는 24.5%로 나타나, 2005년과 2006년에 분리한 잣빛곰팡이병균의 집단 간에는 저항성의 변화는 크지 않은 것을 알 수 있었다.

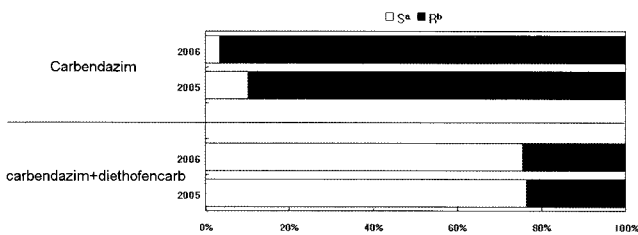
**지역에 따른 carbendazim/diethofencarb 합제에 대한 저항성 발현.** 2005년과 2006년에 채집한 병원균을 분리한 지역별로 구분하여 합제에 대한 EC<sub>50</sub> 값을 조사하여 보면 Fig. 4와 같았다. Carbendazim/diethofencarb 합제에 대한 2005년과 2006년에 분리한 병원균의 평균 EC<sub>50</sub> 값은 각각 0.273(0.001–1.904) µg/m와 0.290(0.001–2.880) µg/m로 나타났다. 2005년에 조사한 5개 지역과 2006년의 6개 지역에서의 저항성 균의 분리 빈도는 다양하게 나타나고 있었다. 2005년에 병원균을 채집한 경북에서는 봉화 지역의 저항성 분리빈도가 35.5%, 예천 지역은 70.0%로 나타났으며, 경기에서는 연천이 4.3%, 파주가 40.0%, 그리고 안성이 20.0%로 나타났다. 2006년에는 경기 연천



**Fig. 3.** Inhibition ratio (%) of two fungicides on the mycelial growth of *Botrytis cinerea* causing ginseng grey mold. **A and B:** Carbendazim in 2005 and 2006, **C and D:** the mixture of carbendazim and diethofencarb in 2005 and 2006.



**Fig. 4.** Variations for respective isolated location of  $EC_{50}$  of *Botrytis cinerea* in 2005 and 2006. **A:** 50% effective concentration of carbendazim in 2005, **B:** 50% effective concentration of the mixture of carbendazim and diethofencarb in 2006.



**Fig. 5.** Ratio (%) of isolates resistant to carbendazim and the mixture of carbendazim and diethofencarb between 2005 and 2006. S and R indicated the isolates sensitive and resistant to fungicides, respectively.

지역에서는 저항성 균주를 분리하지 못하였으며, 충북 옥천에서는 16.7%, 충남 금산에서는 27.2%가 저항성 균주로 판명되었다. 전북에서는 진안 지역이 14.3%, 고창이 16.0%인데 비하여 정읍지역에서는 47.1%로 높게 나타났다.

### 고찰

Beta-tubulin 단백질의 중합을 억제하는 것으로 알려진 carbendazim과 carbendazim/diethofencarb 합제에 대한 인

삼 잣빛곰팡이병균의 저항성 발현 정도를 검정하고, 감수성과 저항성의 기준을 결정하였다. Carbendazim은 10 µg/ml의 EC<sub>50</sub> 값을 가지고서 감수성과 저항성 균주를 구분할 수 있을 것으로 판단하며, 그 기준에 의하면 조사한 대부분의 균주들이 저항성 반응을 나타내고 있었다. Carbendazim/diethofencarb 합제는 0.2 µg/ml의 EC<sub>50</sub> 값으로 감수성과 저항성 균주의 구분이 가능했으며, 2005년과 2006년에 분리된 저항성 균주의 비율은 23.6%와 24.5%로 2006년에 분리한 병원균에서 저항성 균주의 비율이 약간 높게 나타났다.

Carbendazim과 diethofencarb는 식물병원진균의 β-tubulin 단백질과 결합하여 미세소관의 형성을 억제함으로써 병원균의 세포분열과 세포골격계의 형성을 억제하는 것으로 알려져 있다(Davidse, 1973, 1986; Fujimura 등, 1992; Katan과 Yarden, 1993). 또한 carbendazim과 diethofencarb는 역상관 교차저항성의 관계가 있는 살균제로 알려져 있다(Elad 등, 1988; Fujimura 등, 1992; Ishii 등, 1992, 1995; Kato 등, 1984). 따라서 포장에서 발생한 carbendazim에 대한 저항성 균을 방제하기 위해서 두 가지의 살균제를 혼합하여 사용하고 있다. 그런데 Ishii 등(1992)은 benzimidazole계 살균제에 대해서 저항성을 보이는 *Venturia nashicola*에 의한 배나무의 검은별무늬병을 방제하기 위해서 *N*-phenylcarbamate계와 *N*-phenylformamidoxime계 화합물을 사용하였을 때, benzimidazole계 살균제에 대해서 고도의 저항성을 보이는 *V. nashicola*는 방제 효과가 높은 반면에 중도 저항성을 보이는 *V. nashicola*가 우점인 배밭에서는 *N*-phenylcarbamate계와 *N*-phenylformamidoxime계 화합물의 효과가 낮은 것을 발견하였다. Ishii 등(1995)은 계속해서 benzimidazole계 살균제에 대해서 중간 또는 고도 저항성을 보이는 *V. nashicola*와 *B. cinerea*에서 *N*-phenylcarbamate계와 *N*-phenylformamidoxime계 화합물에 대한 감수성이 저하되어, 오이 절편 상에서 실험한 방제 실험 결과 방제 효과가 전혀 나타나지 않는다는 것을 보고하였다. Kim 등(2000)은 dicarboximide계, benzimidazole계, *N*-phenylcarbamate계 살균제에 대한 *B. cinerea*의 다중 저항성을 보고하면서, benzimidazole계와 *N*-phenylcarbamate계 살균제에 대해서 저항성을 보이는 *B. cinerea*는 실험에 사용한 모든 균주 중에서 1.9%를 차지한다고 보고한 바 있다. 그러나 본 실험 결과에 의하면 2005년과 2006년에 분리된 benzimidazole계인 carbendazim과, *N*-phenylcarbamate계인 diethofencarb 모두에 저항성을 보이는 병원균의 비율은 각각 23.6%와 24.5%로 나타났다. 이미 Ishii 등(1995)은 *V. nashicola*를 가지고서 살균제 저항성 유전 실험을 수행하였다. Benzimidazole계 살균제에 대해

서 고도의 저항성을, *N*-phenylcarbamate계 살균제에 대해서는 감수성을 보이는 두 균주를 교잡한 후, 발생한 93개체의 후대를 분석한 결과, 모든 개체가 *N*-phenylcarbamate계 살균제에 대해서 감수성임을, 즉 benzimidazole계 살균제에 대해서는 고도의 저항성을 계속 보임을 알 수 있었다. Benzimidazole계 살균제에 대해서 감수성인 균주 간의 교잡에 의해서 얻은 99개의 개체는 모두 *N*-phenylcarbamate계 살균제에 대해서 저항성을, 즉 benzimidazole계 살균제에 대해서 감수성을 보였다. 그러나 benzimidazole계 살균제에 고도 저항성을 보이는 균주와 감수성을 보이는 균주를 교잡시킨 결과, *N*-phenylcarbamate계 살균제에 대해서는 50개체의 감수성균과, 48개체의 저항성균을 얻을 수 있었다. 결국 포장에서 benzimidazole계 살균제에 대해서 고도 저항성을 보이는 균주와 감수성을 보이는 균주가 교잡하게 되면, 저항성의 유전에는 하나의 유전자가 관여하며, *N*-phenylcarbamate계 살균제에 대해서 감수성인 균주와 저항성인 균주가 1:1의 비율로 나타날 수 있다는 것을 보여주고 있다. 국내의 인삼 재배 포장에서 분리한 대부분의 *B. cinerea*는 benzimidazole계 살균제에 대해서 고도의 저항성을 보이고 있었고, 감수성을 보이는 *B. cinerea*의 비율은 2005년에 12.4%, 2006년에는 3.4%에 지나지 않았다. 그러나 Ishii 등이 보고한 것과 같이 carbendazim에 대해서 고도의 저항성을 보이는 병원균과 감수성을 보이는 병원균의 교잡에 의해서 형성되는 후대들의 diethofencarb에 대한 감수성이 감소하며, 역상관 교차 저항성을 보이는 carbendazim에 대한 감수성 역시 감소하게 됨으로써 carbendazim/diethofencarb 합제에 대한 저항성 정도가 상승하는 것으로 생각되어진다. 따라서 인삼 포장에서는 carbendazim/diethofencarb 합제에 대한 저항성 모니터링과 더불어 그 비율이 적지만, carbendazim에 대한 저항성 모니터링도 동시에 진행되어야 한다. 또한 유전학적인 연구와 분자생물학적인 연구를 통하여 살균제 저항성 유전 기작이 규명되어야 할 것으로 생각한다.

## 요 약

2005년과 2006년에 인삼 잣빛곰팡이병균을 각각 89개와 147개씩을 분리하여 실험에 사용하였다. Carbendazim은 EC<sub>50</sub> 값이 10.0 µg/ml 이상을, carbendazim/diethofencarb 합제는 0.2 µg/ml 이상을 저항성 검정의 기준으로 하였다. 이 기준을 가지고서 두 종류의 살균제에 대한 저항성 균주의 분리 빈도를 조사하면 carbendazim의 경우, 2005년에 87.6%, 2006년에는 96.6%로 나타나, 포장에서 분리되는 대부분의 *Botrytis cinerea*가 저항성균인 것으로 밝

혀졌다. Carbendazim/diethofencarb 합제의 경우에는 저항성 균주의 분리빈도는 2005년과 2006년에 각각 23.6%와 24.5%로 나타났다. Carbendazim/diethofencarb 합제는 지역에 따라서 저항성균의 분리 빈도가 크게 달랐다. 경기도 연천 지역의 경우 저항성 균주의 분리빈도가 2005년에는 4.3%였고, 2006년에는 저항성 균주가 전혀 분리되지 않았다. 이에 비하여 다른 지역의 경우 저항성 균주의 빈도가 크게 높았는데, 2005년에는 경북 봉화와 예천 그리고 경기도 파주의 저항성 균주의 빈도가 각각 35.5%, 70.0% 및 40.0%였고, 2006년에는 전북 정읍의 저항성 균주의 빈도가 47.1%였다. 따라서 carbendazim/diethofencarb 합제에 대한 저항성 검정이 포장에서 지속적으로 수행되어야 한다.

## 감사의 글

본 연구 결과는 농촌진흥청의 국책기술개발사업 연구 과제(과제번호: 20070201030025)로 지원받은 과제로 수행된 것으로 본 논문을 발표하는 자리를 빌려 감사를 표합니다.

## 참고문헌

- Albertini, C., Gredt, M. and Leroux, P. 1999. Mutations of the  $\beta$ -Tubulin Gene Associated with Different Phenotypes of Benzimidazole Resistance in the Cereal Eyespot Fungi *Tapesia yallundae* and *Tapesia acuformis*. *Pestic. Biochem. Physiol.* 64: 17-31.
- Davidse, L. C. 1973. Antimitotic activity of methylbenzimidazol-2-yl carbamate (MBC) in *Aspergillus nidulans*. *Pestic. Biochem. Physiol.* 3: 317-325.
- Davidse, L. C. 1986. Benzimidazole fungicides: Mechanism of action and biological impact. *Ann. Rev. Phytopathol.* 24: 43-65.
- Elad, Y., Shabi, E. and Katan, T. 1987. Negative cross resistance between benzimidazole and N-phenylcarbamate fungicides and control of *Botrytis cinerea* on grapes. *Plant pathology* 37: 141-147.
- Fujimura, M., Kamakura, T., Inoue, H., Inoue, S. and Yamaguchi, I. 1992. Sensitivity of *Neurospora crassa* to benzimidazoles and N-phenylcarbamates: Effect of amino acid substitutions at position 198 in  $\beta$ -tubulin. *Pestic. Biochem. Physiol.* 44: 165-173.
- Ishii, H., Josepovits, G., Gasztonyi, M. and Miura, T. 1995. Further studies in increased sensitivity to N-phenylanilines in benzimidazole-resistant strains of *Botrytis cinerea* and *Venturia nashicola*. *Pestic. Sci.* 43: 189-193.
- Ishii, H., van Raak, M. and Inoue, I. 1992. Limitations in the exploitation of N-phenylcarbamates and N-phenylformamidoximes to control benzimidazole-resistant *Venturia nashicola* on Japanese pear. *Plant Pathol.* 41: 543-553.
- Katan, T. and Yarden, O. 1993. Mutations leading to substitutions at amino acids 198 and 200 of beta-tubulin that correlate with benomyl-resistance phenotypes of field strains of *Botrytis cinerea*. *Mol. Plant Pathol.* 83: 1478-1483.
- Kato, T., Suzuki, K., Takahashi, J. and Kamoshita, K. 1984. Negatively correlated cross-resistance between benzimidazole fungicides and methyl N-(3,5-dichlorophenyl)carbamate. *J. Pesticide Sci.* 9: 489-495.
- Kim, B. S., Park, E. W. and Cho, K. Y. 2000. Population Dynamics of sensitive- and resistant-Phenotypes of *Botrytis cinerea* to benzimidazole, dicarboximide, and N-phenylcarbamate fungicides in Korea. *J. Pesticide Sci.* 25: 385-386.
- Lim, T. H., Kim, J. H. and Cha, B. 2006. Responses of peach blossom blight and brown rot fungus *Monilinia fructicola* to benzimidazole and diethofencarb in Korea. *Plant Pathol. J.* 22: 1-6.
- Lim, T. H., Kim, J. H. and Cha, B. 2006. Characterization and Genetic Diversity of Benzimidazole-resistant and -sensitive *Monilinia fructicola* Isolates in Korea. *Plant Pathol. J.* 22: 369-374.
- Park, S. Y., Jung, O. J., Chung, Y. R. and Lee, C. W. 1996. Isolation and characterization of a benomyl-resistant form of  $\beta$ -tubulin-encoding gene from the phytopathogenic fungus *Botryotinia fuckeliana*. *Mol. Cells.* 7: 104-109.
- Taggart, P. J., Locke, T., Phillips, A. N., Pask, N., Hollomon, D. W. Kendall, S. J., Cooke, L. R. and Mercer, P. C. 1999. Benzimidazole resistance in *Rhynchosporium secalis* and its effect on barley leaf blotch control in the UK. *Crop Protect.* 18: 239-243.