

감나무 탄저병균 *Colletotrichum gloeosporioides*의 Benzimidazole계 살균제, Mancozeb 및 Propineb에 대한 감수성

임태현·최용화¹·이동운^{2*}·한상섭³·차병진⁴

삼호유비 농생명과학연구소, ¹경북대학교 식물자원학과, ²경북대학교 생물응용학과,
³전북대학교 산림자원학과, ⁴충북대학교 식물의학과

(2009년 4월 22일 접수, 2009년 5월 7일 수리)

Sensitivity of *Colletotrichum gloeosporioides* Isolated from Persimmon to Benzimidazoles, Mancozeb and Propineb

Tae Heon Lim, Yong-Hwa Choi¹, DongWoon Lee^{2*}, Sangsub Han³ and Byeongjin Cha⁴

Research Institute of Agri-Bio Science, Samhoub, Co., Ltd., Sangju 742-130, Korea, ¹Department of Plant Resources and ²Department of Applied Biology, Kyungpook National University, Sangju 742-711, Korea, ³Department of Forest Resources, Chonbuk National University, Jeonju 561-756, Korea, ⁴Department of Plant Medicine, Chungbuk National University, Cheongju 361-763, Korea

Abstract

In 2008, a number of 110 isolates of *Colletotrichum gloeosporioides* were obtained from infected twigs of persimmon (*Diospyros kaki*) collected at Sangju and four fungicides (carbendazim, thiophanate-methyl, mancozeb, and propineb) were evaluated to determine their growth effect on fungicide-medium. Among them, the mycelial growth of 68.2 and 35.5% of isolates was inhibited over 91% in response to carbendazim (415 $\mu\text{g}/\text{mL}$) and thiophanate-methyl (750 $\mu\text{g}/\text{mL}$), respectively, compared to untreated control and the correlation between the two benzimidazole fungicides was higher ($r^2=0.7886$). Moreover, in responses to mancozeb (1,500 $\mu\text{g}/\text{mL}$) and propineb (1,500 $\mu\text{g}/\text{mL}$), the inhibition of mycelial growth of 90% and 53.6% of isolates was inhibited over 91%, respectively. But correlation between these two fungicides was lower ($r^2=0.0174$). There is no cross-resistance response between benzimidazole fungicides and mancozeb / propineb.

Key words Anthracnose, *Colletotrichum gloeosporioides*, fungicide, persimmon

서 론

꽃감 가공을 위한 감 생산은 경북 상주를 포함한 경북 서북부 지역의 주요 농가 소득원이다. 감 생산은 꽃감의 소비 증가와 더불어 상주지역을 중심으로 매년 급속히 증가하고 있다(상주시, 2007). 2006년 현재 상주지역의 묶은 감 재배 면적은 692 ha로 2005년과 비교하여 68 ha 증가하였으나,

생산량은 2004년을 정점으로 감소하고 있다(상주시, 2007). 이러한 재배면적 증가는 묶은 감의 높은 표준소득(2,842,930 원/10 a, 농림수산부, 2004)과 타 과수와 비교하여 수월한 영농작업에서 그 원인을 찾을 수 있다.

이러한 재배면적 증가와 재배품종(상주동시)의 획일화로 병해충의 발생양상과 피해 정도가 다양하게 변화되고 있다. 특히 줄기, 잎자루, 눈 및 과일에 발생하는 *Colletotrichum gloeosporioides*에 의한 탄저병은 꽃감용 원료 감 생산의 주요 제한 요인임과 동시에 등고병균과 중복감염으로 인한 유

*연락처 : Tel. +82-54-530-1212, Fax. +82-54-530-1218

E-mail: whitegrub@knu.ac.kr

목기 고사의 한 원인이다(김 등, 2002; 임 등, 2008). 특히 묘상이나 과수원에서의 잎자루 감염은 빗물에 의한 눈 감염으로 이어져 낙엽 후 진단이 어려우며, 이는 식재 3~4년 후의 고사로 이어져 재배농가의 어려움이 가중되고 있다.

이에 본 연구에서는 상주지역 감 과수원으로부터 탄저병의 1차 감염시기인 5~6월 감염 신초로부터 탄저병원균을 분리하여 benzimidazole계 살균제와 농가 선호가 높은 보호 살균제인 mancozeb와 propineb에 대한 감수성을 비교하여 지역 현장 요구형 탄저병 방제체계 확립을 위한 기초 자료를 확보하고, 또한 임 등이 2005년 조사한 결과와 비교하여 해당 약제에 대한 포장 분리균의 감수성 변화를 조사하고자 하였다.

재료 및 방법

병원균 분리 및 보관

2008년 5~6월 사이에 상주 지역의 감 과수원에서 탄저병균에 의한 감염이 의심되는 신초를 채집하여 탄저병균을 분리하였다. 병원균 분리는 2겹의 키친타올을 깔고, 50 ml의 살균 증류수를 넣어 포화습도를 유지시킨 플라스틱 용기(250×250×70 mm, L×W×H)에 넣어 24~48시간 동안 25~28°C 항온기에서 포자를 형성 시켰다. 살균 증류수로 병반부위에 형성된 포자를 수확·현탁하여 100~200 spores/ml로 포자 농도를 조절하였다. 포자현탁액은 세균의 생육을 억제하기 위하여 300 µg/ml 농도의 streptomycin이 함유된 감자한천배지에 100 µl 씩 분주 후 도말 건조하였다. 포자현탁액이 접종된 plate는 25~28°C 배양기에서 2~3일간 배양 후 균총 선단을 떼어내어 새로운 감자한천 배지에 옮겨 배양하였다.

분리된 탄저병균들은 균총 선단에서 직경 5 mm의 균사 조각을 cork borer로 떼어내어 직경 18 mm, 길이 20 cm의 시험관 사면배지에 접종하여 25~28°C에서 7일간 배양 후 4°C 냉장 보관하며 실험에 사용하였다.

살균제 감수성 검정

현재 감 탄저병의 방제를 위하여 등록되어 사용되고 있는 살균제 중 benzimidazole계 약제인 carbendazim과 thiophanate-methyl 및 보호 살균제인 propineb와 mancozeb 등 총 4종의 살균제에 대한 감수성을 조사하였다(Table 1).

이들의 제형과 활성성분의 함량 및 활성성분의 권장처리 농도를 표 1에 정리하였다.

살균제에 대한 감수성은 한천 희석법에 의한 균사 생장억제 실험을 통하여 조사하였는데 실험에 사용한 살균제 농도는 모두 권장농도로 처리하였다(Table 1).

살균제 함유 배지는 공시 살균제를 살균 증류수에 적정 농도로 희석한 후 배지 내 최종 농도가 각 살균제의 포장 적용 농도가 되도록 조절하였다. 감수성 조사를 위한 병원균의 접종원은 냉장 보관 중인 균을 25~28°C에서 7일간 배양 후 균총 선단에서 직경 5 mm의 균사 조각을 cork borer로 떼어내어 사용하였다. 접종된 살균제 plate들은 25~28°C에서 7일간 배양 후 균총의 길이를 측정하였다. 억제율(%)은 다음 식에 의하여 산출 비교하였다. 억제율(%) = {1-[처리구 균총 길이(mm)/대조구 균총 길이(mm)]} x 100.

결과 및 고찰

*C. gloeosporioides*에 의한 탄저병은 줄기, 잎자루, 눈 및 과일에 발생하며 동고병균과 중복 감염으로 인한 유목기 감나무 고사의 중요한 원인의 하나이다(Fig. 1; 김 등, 2002). 특히 묘상이나 과수원에서의 잎자루 감염에 이은 눈 감염은 낙엽 후 진단이 어려우며 식재 3~4년 후의 고사로 진행되어 재배농가의 피해가 증가하고 있다(Fig. 1C&D).

Carbendazim과 thiophanate-methyl을 포함하는 benzimidazole계 살균제는 1970년대 후반 국내에 도입되어 다양한 작물의 잣빛곰팡이병이나 흰가루병, 잣빛무늬병 및 각종 토양병 방제 약제로 등록 사용되고 있다(Lim 등, 1998). 그러

Table 1. Fungicides used in this study

Common name	Formulation	Active ingredient and content (%)	Recommend concentration (µg/ml)
Carbendazim	WP ^a	Methyl benzimidazol-2-yl-carbamate, 60	415
Thiophanate-methyl	WP	Dimethyl 4,4'-(0-phenylene) bis (3-thioallophanate), 70	700
Mancozeb	WP	Manganese ethylenebis(dithiocarbamate) (polymeric) complex with zinc salt, 75	1,500
Propineb	WP	Polymeric zinc propylenebis (dithiocarbamate), 70	1,500

^aWP represent wettable powder.

나 이들 약제에 대한 저항성 균의 출현에 따른 약효 저하 현상이 국내뿐만 아니라 국외에서도 보고 되어왔다(Jones와 Ehert, 1976; Fry, 1982; Delp, 1988; Kim 등, 1995; Lim 등, 1998; Adaskaveg와 Förstner, 2000).

관장 사용 농도에서 91%이상 균사생육이 억제되는 균주의 비율은 carbendazim에 대하여 68.2%, thiophanate-methyl에 대하여 35.5%였다. 또한 51~90%의 균사생육이 억제되는 균주의 비율은 각각 30%와 61.7%였다(Fig. 2). 50% 이



Fig. 1. Symptoms of anthracnose on persimmon by *Colletotrichum gloeosporioides*.

A: shoot, B & C: main trunk and twig, D: a petiole and E & F: fruits. Arrows indicates symptoms.

하로 균사생육이 억제되는 균주의 비율은 각각 1.8%와 2.7%였다. 이는 임 등 (2006)이 2006년에 보고한 2005년 포장 분리 균주의 이들 약제에 대한 감수성과 비교할 경우, 91% 이상 균사생육이 억제되는 균주의 비율은 약제에 따라 각각 10%와 46.3% 감소한 것으로 나타났으며(임과 최, 2006) 80% 이하의 균사생육이 저해되는 균주 비율은 각각 15.6와 46.5% 감소 된 것으로 나타났다(Fig. 2).

2005년과 2008년에 분리한 균주의 이들 약제에 대한 감수성 변화는 지역 내 감 재배 농가의 방제 약제 사용 현황과 밀접한 관계가 있을 것으로 생각된다. 실제로 상주시역 농협을 상대로 조사 한 결과, carbendazim 처방 비율은 전무하며, thiophanate-methyl의 처방은 다른 약제에 비하여 낮은 비율로 처방 약제의 3.6%로 나타났다(자료 미제시). 분리한 균주를 대상으로 교차 저항성을 분석한 결과, $r^2=0.7862$ 로 상관관계가 높은 것으로 인정되며, benzimidazoles 살균제간 교차 저항성을 고려할 경우 지역 내 이들 약제의 처방과 사용에 있어 각별한 주의가 요구된다(Fig. 3; Delp, 1988; Lim 등,

1998). 이들 약제에 대한 다른 병원균의 저항성 발생과 생태 적응력을 고려할 경우 상주시역의 탄저병 방제에 있어 이들의 사용에 제한을 받을 수 있을 것으로 생각된다(Delp, 1988; Lim 등, 2006). 이러한 감수성 저하는 탄저병 발생 증가에 따른 약제 살포 횟수의 증가와 밀접한 관계가 있을 것으로 생각된다(임 등, 2008). 특히 2005년과 2008년 분리 균주 사이의 감수성 차이는 포장에서의 저항성 균주의 출현에 따른 약효 저하현상이 이미 진행되고 있음을 시사한다. Carbendazim을 비롯한 benzimidazole계 살균제와 같은 약제들의 지속적 사용을 위해서는 정기적으로 포장 분리 균을 대상으로 한 모니터링을 통해 사용 횟수의 제한 등의 노력이 필요할 것으로 생각된다(Fry, 1982; Delp, 1988; Kim 등, 1995; Lim 등, 2006). 특히 benzimidazole계 살균제와 같은 특이적 작용점을 지닌 살균제의 사용에 있어 상표명에 의존한 처방 및 사용에 각별한 주의가 필요할 것으로 판단된다(Delp, 1988; Lim 등, 1998).

대표적 보호용 살균제로 상주시역 감 재배 농가에서 널리 사용되고 있는 mancozeb와 propineb에 대한 감수성을 조사한 결과, mancozeb에 대하여 90%이상의 균주가 91% 이상의 균사생육이 저해되는 것으로 나타났으며, 이는 2005년 분리 균주에 비하여 다소 높은 것으로 나타났다. 또한 71~90%의 억제율을 보인 균주는 전체 분리 균주 중 10%로 나타나 2005년 분리 균주에 비하여 다소 감소한 것으로 나타났다(Fig. 4). 70% 이하의 억제율을 보이는 균주는 조사되지 않았다. 반면 propineb에 대한 감수성은 2005년 분리 균주에 비하여 다소 감소한 것으로 나타났다. 91% 이상 균사생육이 저해되는 균주의 비율이 2005년 80.2% 이상에서 2008년 분리 균주의 비율이 약 53.6%로 감소하였다. 81~90%의 균사생육이 저해되는 균주의 비율은 16.4%, 71~80%의 균사생

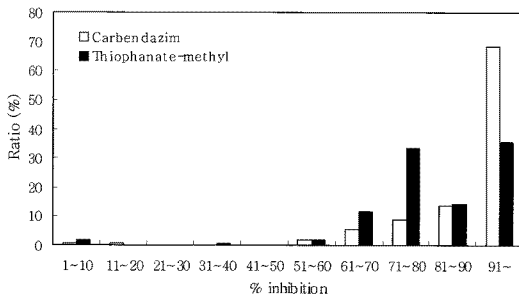


Fig. 2. Sensitivity to carbendazim (415 $\mu\text{g}/\text{mL}$) and thiophanate-methyl (750 $\mu\text{g}/\text{mL}$) of *Colletotrichum gloeosporioides* isolates obtained from persimmons collected at Sangju in 2008. Inhibition (%) = $\{1 - [\text{mycelial growth (mm) on fungicide medium} / \text{mycelial growth (mm) on control medium}]\} \times 100$.

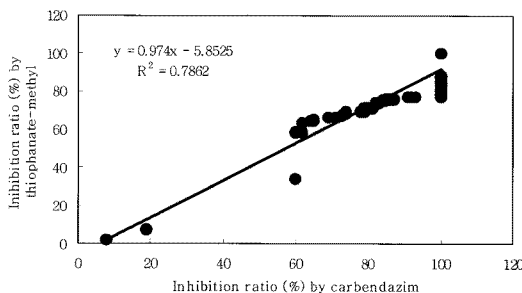


Fig. 3. Correlation of sensitivity of *Colletotrichum gloeosporioides* isolates from persimmons collected at Sangju in 2008 against carbendazim and thiophanate-methyl.

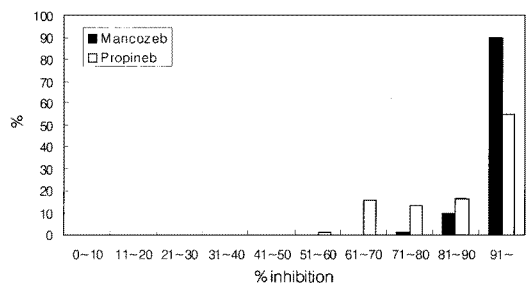


Fig. 4. Response to protective fungicides, mancozeb (1,500 $\mu\text{g}/\text{mL}$) and propineb (1,500 $\mu\text{g}/\text{mL}$) of *Colletotrichum gloeosporioides* isolates from persimmons collected at Sangju in 2008. Inhibition (%) = $\{1 - [\text{mycelial growth (mm) on fungicide medium} / \text{mycelial growth (mm) on control medium}]\} \times 100$.

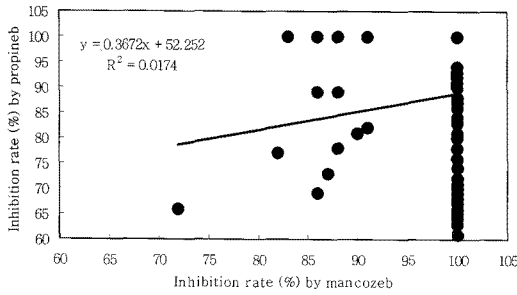


Fig. 5. Correlation of sensitivity of *Colletotrichum gloeosporioides* isolates from persimmons collected at Sangju in 2008 against mancozeb and propineb.

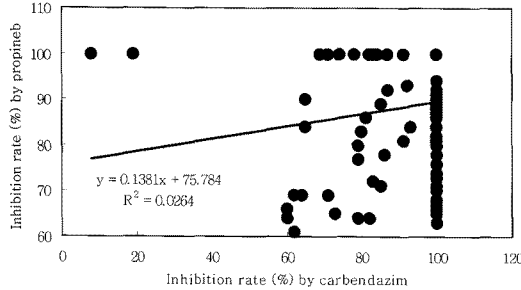
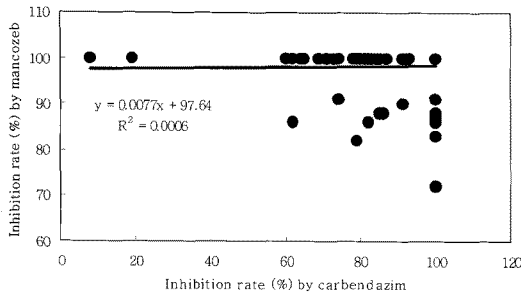


Fig. 6. Correlation of sensitivity of *Colletotrichum gloeosporioides* isolates from persimmons collected at Sangju in 2008 against carbendazim and mancozeb (top), and propineb (bottom).

육 피해를 보이는 균주의 비율은 12.7%로 2005년 분리 균주들에 비하여 증가하였다. 유기유황계인 mancozeb와 propineb에 대한 전체적인 감수성을 비교한 결과, 91% 이상의 억제율을 보이는 균주는 2005년 84.5%와 2008년 76.8%로 나타나 감수성이 다소 낮아진 것으로 조사되었다. 한편, 2008년도 분리한 균주를 대상으로 분석한 mancozeb와 propineb사이의 교차 저항성은 $r^2=0.0174$ 로 아주 낮게 나타나 두 약제간 교차 저항성 위험성은 낮은 것으로 나타났다(Fig. 5).

두 종의 benzimidazole계 살균제와 mancozeb와 propineb사이의 교차 저항성 정도를 2008년 분리한 균주를 대상으로 분

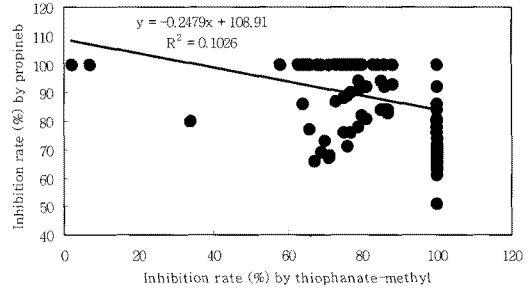
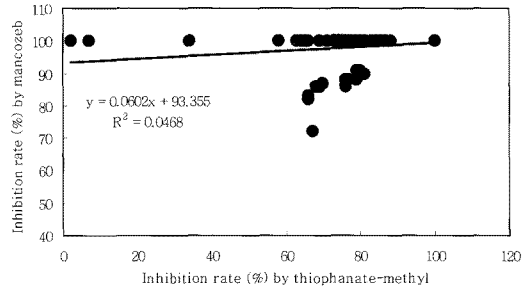


Fig. 7. Correlation of sensitivity of *Colletotrichum gloeosporioides* isolates from persimmons collected at Sangju in 2008 against thiophanate-methyl and mancozeb (top), and propineb (bottom).

석한 결과, carbendazim과 mancozeb와 propineb사이 r^2 값은 각각 0.0006과 0.0264로 나타나 교차 저항성의 위험성은 낮은 것으로 조사되었다. 또한 thiophanate-methyl과 mancozeb와 propineb사이의 r^2 값도 각각 0.0468과 0.1026로 나타나 교차 저항성의 위험성은 낮은 것으로 조사되었다(Fig. 6 & 7).

Carbendazim를 포함한 benzimidazole계열 살균제에 대한 약효 저하 현상 및 1차 감염원 감소를 위한 유기유황계열 약제의 교차 사용은 상주 지역 내 탄저병 발생억제에 있어 유용할 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 특화작목연구개발과제의 연구비 지원에 의해 수행되었으며, 시료채취에 도움을 주신 지역농민들에게 사의를 표합니다.

>> 인 / 용 / 문 / 헌

Adaskaveg, J. E. and H. Försyer (2000) Occurrence and management of anthracnose epidemics caused by *Colletotrichum*

- species on tree fruits crops in California. pp.300~316 in: *Colletotrichum*-host specificity, pathology and host-pathogen interaction. D. Prusky, S. Freeman, and M. B. Dickman, ed. APS Press, Minnesota. USA.
- Delp, C. J. (1988) Fungicide resistance in North America. The American Phytopathological Society, St. Paul, Mn. 133 pp.
- Fry, W. E. (1982) Principles of plant disease management. Academic Press, Orlando. 378pp.
- Jones, A. L. and G. R. Ehret (1976) Isolation and characterization of benomyl-tolerant strains of *Monilinia fructicola*. Plant Dis. Repr. 60:765~769.
- Kim, B. S., T. H. Lim, E. W. Park and K. Y. Cho (1995) Occurrence of multiple resistant isolates of *Botrytis cinerea* to benzimidazole and *N*-phenylcarbamate fungicides. Korean. J. Plant Pathol. 11:146~150.
- Lim, T. H., T. H. Chang and B. J. Cha (1998) Incidence of benzimidazole- and dicarboximide-resistant isolates of *Monilinia fructicola* from overwintering mummies and peduncles on peach trees. Korean. J. Plant Pathol. 14:367~370.
- Lim, T. H., J. H. Kim and B. J. Cha (2006) Characterization and genetic diversity of benzimidazole-resistant and -sensitive *Monilinia fructicola* isolates in Korea. Plant. Pathol. J. 22:369~374.
- 김태춘, 이규철, 이용문 (2002) 감의 생리생태와 재배신기술. 중앙생활사. 332pp.
- 농림수산부 (2004) 농림통계, <http://www.maf.go.kr/index.jsp>.
- 상주시 (2007) 상주시 통계연보. 상주시. 459pp.
- 임태현, 최용화 (2006) 상주지역 감나무로부터 분리한 *Colletotrichum gloeosporioides* 균주들의 방제 약제에 대한 반응. 식물병연구 12:99~102.
- 임태현, 최용화, 송인규, 김국래, 이동운, 이상명 (2008) 2007년과 2008년 경북 상주지역 감 과원의 과원 관리실태 조사. 한국농약과학회지 12:414~420.

감나무 탄저병균 *Colletotrichum gloeosporioides*의 Benzimidazole계 살균제, Mancozeb 및 Propineb에 대한 감수성

임태현¹ · 최용화¹ · 이동운^{2*} · 한상섭³ · 차병진⁴

삼호유비 농생명과학연구소, ¹경북대학교 식물자원학과, ²경북대학교 생물응용학과, ³전북대학교 산림자원학과, ⁴충북대학교 식물외과

요 약 감 과수원으로부터 분리한 탄저병균(*Colletotrichum gloeosporioides*)에 대한 carbendazim, thiophanate-methyl, mancozeb 및 propineb 등 총 4종의 살균제의 약제반응을 조사하였다. Carbendazim(415 µg/ml)과 thiophanate-methyl(750 µg/ml)에 대하여 90%이상의 균사생육 억제율을 보이는 균주의 비율은 각각 68.2와 35.5%로 나타났으며 두 약제 사이의 교차 저항성을 조사한 결과, 상관관계가 높은 것으로 나타났다($r^2=0.7862$). Mancozeb와 propineb에 대하여 91%이상의 균사생육 억제율을 보인 균주의 비율은 각각 90%과 53.6%이상으로 조사되었으며, 두 약제가 교차 저항성의 위험성은 낮은 것으로 나타났다($r^2=0.0174$). 시험에 사용한 두 종의 benzimidazole계 살균제와 mancozeb와 propineb 사이의 교차 저항성은 조사한 결과, 상관관계가 없는 것으로 나타났다.

색인어 탄저병, *Colletotrichum gloeosporioides*, 살균제, 감