



## 상주와 영동지역 감나무에서 분리한 *Colletotrichum horii*에 의한 탄저병균의 탈메틸화억제(DMI)계 살균제에 대한 감수성 변화

안현정<sup>1</sup> · 나희빈<sup>1</sup> · 임태현<sup>1,2\*\*</sup> · 장태현<sup>3</sup> · 송장훈<sup>4</sup> · 이동운<sup>1\*</sup><sup>1</sup>경북대학교 생태과학과, 생태환경관광학부, <sup>2</sup>주) 누보, <sup>3</sup>경북대학교 생태환경시스템학부, <sup>4</sup>국립원예특작과학원 배연구소

### Sensitivity Variation to Demethylation Inhibiting Fungicides of *Colletotrichum horii*, Isolated Anthracnose Pathogens from Persimmon Tree in Sangju and Yeongdong

Hyeon Jeong An<sup>1</sup>, Hee Been Na<sup>1</sup>, Tae Heon Lim<sup>1,2\*\*</sup>, Taehyun Chang<sup>3</sup>, Janghoon Song<sup>4</sup> and Dong Woon Lee<sup>1\*</sup><sup>1</sup>Department of Ecological Science, School of Ecological Environment and Tourism, Kyungpook National University<sup>2</sup>Nousbo Co., Ltd.<sup>3</sup>School of Environmental System, Kyungpook National University<sup>4</sup>Pear Research Institute, National Institute of Horticultural and Herbal Science.

(Received on August 21, 2018. Revised on August 31, 2018. Accepted on September 3, 2018)

**Abstract** Anthracnose disease caused by *Colletotrichum* spp., was one of the most serious disease in persimmon (*Diospyros kaki*). This study was evaluated to survey of *Colletotrichum horii* isolated from Sangju, Gyeongsangbuk-do and Yeongdong, Chungcheongbuk-do at 2016 growth responses on demethylation inhibitors (DMI) fungicides (prochloraz manganese complex, fluquinconazole+prochloraz, metconazole, tebuconazole) media. All isolates collected Sangju (127 isolates) and Yeongdong (148 isolates) showed inhibited mycelium growth over 91% on media with DMI fungicides in this experiment. Average EC<sub>50</sub> values (μg/ml) was lower in Yeongdong isolates than Sangju excepted prochloraz manganese complex. The lowest EC<sub>50</sub> value was 0.004 ppm from prochloraz manganese complex in Sangju isolates however 0.0046 ppm from fluquinconazole +prochloraz in Yeongdong isolates. DMI fungicides are judged to be sustainable because there is no change in sensitivity to the *Colletotrichum* spp. in two regions.

**Key words** *Colletotrichum* spp., fungicide, persimmon, prochloraz, sensitivity

&lt;&lt; ORCID

Dong Woon Lee

<http://orcid.org/0000-0001-9751-5390>

## 서 론

감(*Diospyros kaki*)은 우리나라를 포함하여 동아시아에 널리 분포하고 오래 전부터 재배되어 온 과실로 원산지는 중국이다(Luo and Wang, 2008). 우리나라에서도 오랜 재배 연혁을 가지고 있어 다양한 지방 중들이 각 지역에서 자생

또는 재배되고 있다(Cho and Cho, 1965). 2016년 감 재배 면적은 25,060 ha, 생산량은 353,655톤으로 재배면적 33,300 ha인 사과 다음으로 넓은 재배면적이다(KOSIS, 2017). 감은 짧은 감과 단감으로 나누게 되는데 짧은 감은 단감에 비해 재배 한계 온도가 낮고, 다른 과수에 비하여 노동투입 시간이 현저히 적으며 농한기인 10월 이후에 노동력을 집중하여 감을 생산한다는 장점 등으로 인하여 2009년도를 기점으로 단감보다 짧은 감의 생산량이 증가하여 2016년도 짧은 감의 생산량은 218,076톤으로 단감의 135,579톤에 비해 약 1.6배

\*Corresponding authors

E-mail: whitegrub@knu.ac.kr (D. W. Lee)

E-mail: tree0112@hanmail.net (T. H. Lim)

많다(Lim et al., 2008; KOSIS, 2017). 특히 꽃감 가공용으로 주로 이용되는 짧은 감은 근래에 꽃감 주산지를 중심으로 재배가 급증하고 있다(Kim et al., 2012).

꽃감은 경북지역이 주산지로 전국 꽃감의 48%가 생산되고 있는데 생산량은 2016년 말 92,013톤에 이르고 있고, 충북지역이 7.6%인 14,350톤이 생산되고 있다(Korea Forest Service, 2016). 꽃감의 주요 산지인 이들 두 지역에서 재배되고 있는 짧은 감은 상주가 경북의 42%를 재배하고 있으며 충북에서는 영동지역이 78.5%인 11,265톤이 생산되고 있다(Korea Forest Service, 2016).

감 재배지에서는 다양한 수량감소 요인들이 상존하고 있는데 수량 생산에 가장 영향을 미치는 요인에 대한 인식들은 지역별로 차이를 보여 상주 지역에서는 병과 해충 순이었고(Lim et al., 2008), 영동과 산청 지역에서는 기상과 병으로 나타났는데(Yu et al., 2017) 다양한 병해충들이 감에 발생하여 피해를 주고 있다(Park et al., 2015). 이 중 *Colletotrichum gloeosporioides*(= *C. horii*)와 *C. acutatum*에 의해 발생하는 탄저병은(Park et al., 2015; Jeon et al., 2017) 상주지역 농가에서 가장 문제 되는 병이다(Lim et al., 2008). *C. horii*에 의한 감탄저병은 감나무 전반에 걸쳐 발병되며 초기에는 검은색의 원형 또는 장타원형의 작은 병반이 생기고 병이 진전되면 병반 부위가 커지며 함몰되어 분홍색 분생포자 덩어리가 형성된다(Park et al., 2015). *C. acutatum*에 의한 감탄저병은 과실에만 발병하며 검은 깨 같은 병반을 형성하여 코르크화되고 생육 중 분생포자 형성을 하지 않는다(Park et al., 2015).

*C. horii*에 의한 감나무 탄저병은 주로 빗물에 의해 전파되어 감나무의 거의 전 생육기간 동안 발병되며 방제 시기를 놓치면 방제가 어려운 병해이고, 심하면 나무가 고사하게 되어 농가에 많은 어려움을 주고 있다(Kwon et al., 2007; Lim et al., 2009b). 이러한 탄저병을 비롯한 각종 병해충을 방제하기 위하여 농가에서는 화학적 방제 위주의 관리를 하고 있는데 단감에서는 방제제를 년 8~9회 처리하는 농가의 비율이 가장 높고(Lee et al., 2001), 짧은 감에서는 3~5회 처리 농가의 비중이 가장 높다(Lim et al., 2008; Yu et al., 2017).

다양한 살균제들이 단감 재배지를 비롯한(Lee et al., 2003) 다양한 작물에 사용되어 지고 있는데 스테롤 생합성 억제제인 DMI제는 살균제들 중 가장 많이 사용되는 계통 중 하나이다(Leroux et al., 2008; Sierotzki and Scalliet, 2013). 1980년대 초반부터 다양한 식물병들에 우수한 방제 효과를 보이고 있는 DMI 살균제들은 타 살균제들에 비하여 상대적으로 저항성 병원균의 출현이 낮은 것으로 알려져 있으나 일부 국가에서 감수성의 변화가 보고되고 있고(Stanis and Jones, 1985; Kim, 2000; Stević et al., 2010), 이러한 감수성은 국가간 또는 사용 이력이 다른 포장간에도 나타나

고 있다(Stević et al., 2010; Strobel et al., 2017).

상주지역과 영동지역 모두 대부분의 농가에서 꽃감용 감으로써 '상주동시'를 이용하고 있으며(Lim et al., 2008; Yu et al., 2017) 재배품종 단일화에 따라 동일 기주 재배면적이 증가하고 있다. 또한 대부분의 농가에서 방제제의 선정을 농약판매상이나 경험에 의존하는 경우가 많아(Lim et al., 2008; Yu et al., 2017) 특정 약제가 넓은 면적에 한정적으로 살포될 가능성이 높고, 병해충에 대한 지식과 식별능력 부족 등의 원인으로 탄저병 발병이 조장 될 수 있다(Lim et al., 2008; Yu et al., 2017).

2005년과 2008년 및 2013년에 상주지역의 감나무 과원에서 탄저병균을 분리하여 스테롤 생합성 저해제와 benzimidazole계 살균제에 대한 감수성 정도에 관한 연구에 따르면(Lim et al., 2009a, 2009b; Lim et al., 2015) 살균제나 살충제에 대한 약제 반응 또는 약제 저항성과 관련 된 연구는 방제제 사용의 변화 및 관리 환경과 재배환경 변화와 같은 많은 원인에 의해 변화 될 수 있는 가능성이 높은 것으로 나타났다(Brent and Hollomon, 1998).

이에 본 연구에서 경북 상주지역과 충북 영동지역의 감 과수원으로부터 탄저병의 1차 감염 시기인 6월 이후에 감염 의심 부위로부터 탄저병원균을 분리하여 감에 등록되어 있는 DMI 계 살균제인 prochloraz manganese complex, difenconazole+fluquinconazole, metconazole 등 4개 약제(KCPA, 2018)에 대한 감수성을 조사하여 이전 연구와 비교하며 감수성 변화에 대한 정보를 얻고자 수행 하였다.

## 재료 및 방법

### 병원균 분리 및 보관

2016년 6월 이후 충북 영동지역과 경북 상주지역의 짧은 감 과원을 대상으로 탄저병균 감염이 의심되는 가지, 잎 및 과실을 채집하여 탄저병균을 분리하였다. 분리한 병원균 균주는 An et al. (2017)이 선행연구에서 사용한 균주와 동일한 것을 이용하였다. 병원균 분리는 플라스틱 용기(250 × 250 × 70 mm, L × W × H)에 2겹의 Kim wiper (Yuhan Kimberly, Korea)를 겹쳐 깔고, 50 ml의 살균 증류수를 넣어 포화습도를 유지시켜 채집한 가지, 잎 및 과실을 치상하였다. 그 후 25~28°C 항온기(GC-1000TLH, JEIO TECH, Korea)에서 24~48시간 동안 포자를 유도하였다. Streptomycin을 300 µg/ml 농도로 감자한천배지(PDA 39 g+멸균수 1 L)에 혼합하여 배지내 세균을 발생을 억제하였다. 배양된 plate는 2~3일간 25~28°C 항온기에서 배양한 후 탄저병균 균총 선단을 새로운 감자한천배지에 옮겨 배양한 후 최종 분리하였다. 살균제 검정은 상주 지역은 10개 과원에서 분리한 127개, 영동 지역은 6개 과원에서 분리한 148개의 균주를 사용하였다.

**Table 1.** Fungicides used in this study and sorted by FRAC (Fungicide Resistance Action Committee) code

Common name	Formulation <sup>a)</sup>	Content (%) of active ingredient	Recommend concentration (ppm) <sup>b)</sup>	Chemical group	FRAC Code <sup>c)</sup>	Target site
Prochloraz manganese complex	WP	50	250	Imidazole	3	G1 <sup>d)</sup>
Fluquinconazole +Prochloraz	WP	Fluquinconazole5 +Prochloraz25	300(50+250)	Triazole	3	G1
Metconazole	SC	20	67	Triazole	3	G1
Tebuconazole	WP	25	125	Triazole	3	G1

<sup>a)</sup>WP represents wettable powder, SC represents suspension concentrate.

<sup>b)</sup>Korea Crop Protection Association (2018).

<sup>c)</sup>Code are used to distinguish the fungicide groups according to their cross resistance behavior (FRAC, 2018).

<sup>d)</sup>G1: C14-demethylase in sterol biosynthesis (*erg11/cyp51*) (FRAC, 2018).

분리된 병원균들은 코르크 보어를 이용하여 균총 선단에서 직경 5 mm 크기로 떼어낸 뒤 직경 18 mm 길이 · 20 cm의 시험관 사면배지에 접종한 후 7일간 25°C 항온기에서 배양 후 4°C 냉장 보관하며 실험에 사용하였다. 분리된 탄저병균들은 1차적으로 광학현미경(De Axio Imager M1, ZEISS, Germany)에서 형태적 분류를 하였으며 유전체 DNA 분석을 통해 *Colletotrichum horii*로 동정되었다(Jeon et al., 2017).

### 살균제 감수성 검증

감 탄저병의 방제를 위하여 등록되어 사용되고 있는 살균제 중 DMI 계 약제인 prochloraz manganese complex, fluquinconazole+prochloraz, metconazole, tebuconazole 등 4종의 살균제에 대한 감수성을 조사하였다(Table 1). 이들의 제형과 활성성분의 함량 및 활성성분의 권장처리농도를 Table 1에 정리하였으며 각각의 농약은 시판중인 살균제를 구입하여 사용하였다.

지역에서 분리된 균을 대상으로 Lim et al. (2009a)이 선행연구에서 사용한 한천희석법을 이용하여 살균제에 대한 감수성을 조사하였으며 살균제 농도는 선행연구와 같이 모두 권장농도로 처리하였다. 권장농도의 살균제가 처리된 감자한천배지에 5-mm 코르크 보어로 탄저병균의 균총 선단을 떼 내어 접종 한 뒤, 25°C 항온기에서 일주일간 배양하였다. 균사의 생장량은 자를 이용하여 측정하였다.

감수성 차이는 두 지역의 각 과원에서 1개 이상의 균주를 포함하여 영동 53개, 상주 46개 총 99개 균주를 임의로 선발하여 각각의 살균제에 대하여 농도별 균사 생장 억제율을 조사하였다. 살균제의 농도별 균사생장 억제율 조사를 위해 감자한천배지 내 최종농도가 시판 농도 기준으로 0.01, 0.1, 및 1 µg/ml가 되도록 공시살균제가 희석된 살균증류수를 넣어 조절하였다. 병원균 접종은 냉장 보관 중인 균을 새로운 감자한천배지에 옮겨 25°C에서 일주일간 배양 후에 균총 선단에서 직경 5 mm의 균사 조각을 코르크 보어로 떼 내어 사용하였다.

탄저병이 접종된 각각의 농도별 살균제 배지들은 7일간 25°C에서 배양 후 균총 직경의 길이를 측정하여 각 농약의 농도별에 대한 균사 생장 억제율을 산출한 뒤 엑셀 프로그램을 이용하여 약제 간 단순 상관관계를 분석하였다. 다음 식을 이용하여 억제율(%)을 산출하여 비교하였다.

$$\text{억제율 (\%)} = \{1 - [\text{처리구 균총 길이(mm)} / \text{대조구 균총 길이(mm)}]\} \times 100.$$

Petri dish 한 개를 1반복으로 3반복하여 탄저병의 살균제 감수성 검증에 대한 실험을 수행하였으며 약제들에 대한 EC<sub>50</sub> 값은 SAS program을 이용하여 probit 분석하였다(SAS Institute, 1999).

## 결 과

### 사용 살균제들에 대한 감수성

2016년도에는 두 지역에서 분리된 모든 균주들은 prochloraz manganese complex에 대한 91% 이상의 억제율을 보였다(Fig. 1A).

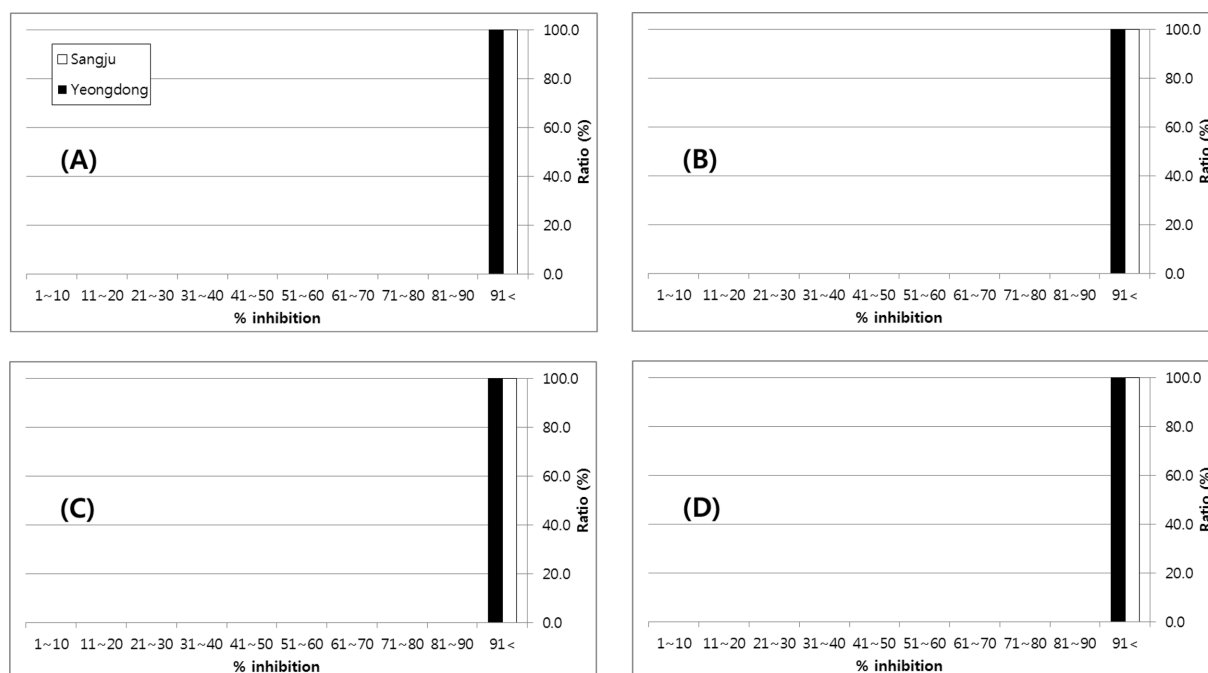
Imidazole과 triazole 합제인 fluquinconazole+prochloraz도 단제인 prochloraz manganese complex와 동일하게 모든 균주가 91% 이상의 억제율을 나타내었다(Fig. 1B).

실제 포장 사용농도인 67 ppm으로 제조한 배지를 이용하여 metconazole의 감수성 검정을 한 결과 영동, 상주지역 모든 균주가 91% 이상의 억제율을 나타내었다(Fig. 1C).

Tebuconazole 단제의 경우 125 ppm이 적용농도로 이 농도에서 감수성을 조사 한 결과 영동, 상주지역 모든 균주가 91% 이상의 억제율을 나타내었다(Fig. 1D).

### EC<sub>50</sub> 값 비교

DMI 살균제에 대한 EC<sub>50</sub> 값을 조사한 결과, prochloraz에 대한 평균 EC<sub>50</sub> 값은 상주지역에서 0.004 ppm, 영동지역에서 0.027 ppm으로 유의미한 차이를 나타내었다(Table 2).



**Fig. 1.** Sensitivity to Prochloraz manganese complex (250  $\mu\text{g/ml}$ ) (A), Fluquinconazole+Prochloraz (300  $\mu\text{g/ml}$ ) (B), Metconazole (0.0672  $\mu\text{g/ml}$ ) (C) and Tebuconazole (125  $\mu\text{g/ml}$ ) (D) of *Colletotrichum horii* isolates obtained from persimmons collected at Sangju, Yeongdong in 2016.

% Inhibition =  $\{1 - [\text{mycelial growth (mm) on fungicide medium} / \text{mycelial growth (mm) on control medium}]\} \times 100$ .

**Table 2.**  $\text{EC}_{50}$  of *Colletotrichum horii* isolates obtained from persimmon trees in Sangju and Yeongdong

Fungicides	Location	$\text{EC}_{50}$ (ppm)	
		Average <sup>a)</sup>	Minimum-maximum
Prochloraz manganese complex	Sangju	0.0040	0.000028-0.0091
	Yeongdong	0.027	0.00005-0.16103
Fluquinconazole+Prochloraz	Sangju	0.0052	0.00014-0.010
	Yeongdong	0.0046	0.000014-0.0086
Metconazole	Sangju	0.43	0.046-2.80
	Yeongdong	0.34	0.000023-1.80
Tebuconazole	Sangju	0.077	0.012-0.603
	Yeongdong	0.047	0.0016-0.187

<sup>a)</sup>Average data from 99 isolates by probit program (SAS Institute, 1999).

**Table 3.** Cross-responses among DMI fungicides used in this study

Combination <sup>a)</sup>	Recommend concentration ( $\mu\text{g/ml}$ ) <sup>b)</sup>	Values of r		
		2008 <sup>c)</sup>	2013 <sup>d)</sup>	2016
Prochloraz+Tebuconazole	250/125	0.42	0.42	0.12
Prochloraz+FP	250/300	0.61	0.44	0.09
Prochloraz+Metconazole	250/0.0672			0.21
Tebuconazole+FP	125/300	-0.01	0.27	0.03
Tebuconazole+Metconazole	125/0.0672			0.24
FP+Metconazole	300/0.0672			0.02

<sup>a)</sup>FP; Fluquinconazole+Prochloraz.

<sup>b)</sup>Korea Crop Protection Association (2018).

<sup>c)</sup>Lim et al. (2009a).

<sup>d)</sup>Lim et al. (2015).

Tebuconazole은 EC<sub>50</sub> 값이 상주 0.077 ppm, 영동 0.047 ppm로 상주지역이 영동지역보다 약 2배 높았다(Table 2).

Fluquinconazole+prochloraz, metconazole의 EC<sub>50</sub> 값은 각각 상주지역이 0.0052, 0.43 ppm, 영동지역이 0.0046, 0.34 ppm으로 지역간의 차이가 적었으나 EC<sub>50</sub> 값은 전체적으로 상주지역이 영동지역보다 높았다(Table 2).

분리된 99균주의 평균 EC<sub>50</sub> 값 중에서 상주지역은 prochloraz가 0.004 ppm, 영동지역은 fluquinconazole+prochloraz가 0.0046 ppm으로 감수성이 가장 높은 것으로 나타났다(Table 2).

### DMI 약제간 교차저항성 비교

DMI 각 약제간 교차저항성을 알아보기 위해 r 값을 조사한 결과 tebuconazole+metconazole이 0.24로 가장 높게 나타났으며(fluquinconazole+prochloraz)+Metconazole은 0.02로 가장 낮게 나타났다(Table 3).

## 고 찰

농업생산성 향상을 위한 살균제 사용은 증가하고 있는데 이러한 현상은 농업인구 감소, 농가 연령의 고령화, 기후변화, 재배작물의 변화나 시설재배의 증가 등 다양한 농업현장의 변화 요인들의 상존에도 불구하고 보편화 되고 있다. 동일한 약제의 반복적 사용은 병원균의 약제 감수성을 떨어트려 약효감소로 이어질 수 있는데 우리나라에서 살균제 저항성 균주에 대한 보고들은 1980년대 초반부터 지속적으로 보고되고 있다(Kim, 2000). 하지만 우리나라에서 살균제 저항성에 관한 연구들은 외국에 비해 부족한 실정으로 포장 내에서 병원균 집단의 약제 감수성 분포에 대한 연구가 시급한 실정이다(Kim, 2000).

스테롤 생합성 저해제인 DMI계통 살균제는 quinone-oxidase inhibitor (Qoi)와 더불어 FRIC (Fungicide Resistance Action Committee, 2018)에서 제시된 55개 살균제 계열들 중 가장 상업적으로 농업현장에서 많이 이용되고 있다(Sierotzki and Scalliet, 2013). 우리나라에서도 1980년부터 사용되기 시작하여 흰가루병, 녹병, 검은별무늬병, 탄저병, 잣빛곰팡이병, 점무늬병 등 다양한 병원균 방제에 적용되고 있는데(Kim, 2000) Kim (2000)은 각종 작물의 흰가루병, 녹병, 검은별무늬병, 탄저병에 대한 DMI제의 저항성 검정의 필요성을 제기하였다.

뚝은 감은 꽃감의 수요 증가에 따라 단감의 재배면적은 감소하고 있음에도 불구하고 증가 되고 있는 실정으로 특히 경북 상주와 충북 영동, 경남 산청 등 주산지를 중심으로 근년에 재배면적이 급증하고 있다(Yu et al., 2017). 따라서 단기간에 재배면적이 증가되고, 재배지가 집중화 되고 있으며 탄저병에 감수성이 높은 품종이 주로 재배되고 있는 경북

상주와 충북 영동지역의 뚝은 감 과원을 대상으로 사용빈도가 높은 살균제 계통의 하나인 DMI 계통에 대한 약제 감수성 변화를 조사하였는데 이들 지역에서 2016년 분리된 *Colletotrichum horii* 탄저병균들은 감수성이 높은 것으로 나타났다. 이는 이들 지역의 뚝은 감에서 탄저병이 주요 방제 대상이고, 지속적으로 피해를 주고 있음에도 불구하고, 단감에 비해 상대적으로 적은 방제 횟수(Lee et al., 2001; Lim et al., 2008; Yu et al., 2017)와 DMI 계통 약제들만을 이용한 방제를 하지 않아(Choi, H.C., personal communication) 이들 약제에 대한 감수성 변화가 초래 될 정도의 약제 노출이 없었기 때문으로 생각된다.

Prochloraz manganese complex는 imidazole 계열의 살균제로 여러 가지 진균성 식물 병 방제에 등록되어 적용 스펙트럼이 넓게 사용되고 있는데(Tomlin, 2006) 2016년도에 영동, 상주 두 지역의 분리 균주 모두 91% 이상의 억제율을 나타내었다(Fig. 1). 상주지역의 경우 2013년도에 분리된 67개 균주 모두가 prochloraz의 실제 권장 처리 농도인 250 ppm 농도의 배지에서 균사생육이 91% 이상 억제 되었었는데(Lim et al., 2015) 3년이 경과한 후에도 이 약제에 대한 감수성 변화가 없는 것을 확인할 수 있었다. 이는 전술한 바와 같이 이들 지역 내에서 prochloraz의 반복적 또는 집중 사용이 없어 감수성 변화에 영향을 미치지 못한 것으로 판단된다.

Imidazole과 triazole 합제인 fluquinconazole+prochloraz는 2013년도와 동일하게 모든 균주가 91% 이상의 억제율을 나타내었는데(Lim et al., 2015) 2008년 분리 균주에서는 prochloraz보다 fluquinconazole+prochloraz 합제에서 감수성을 높게 나타냈지만(Lim et al., 2009a) 2013년도와 2016년도 분리 균주에서는 감수성의 차이가 나타나지 않았다. 이러한 감수성에 대한 차이는 균주를 분리한 포장이 동일한 곳이 아니었기 때문에 약제 사용량 등의 차이로 추측된다(Stević et al., 2010; Strobel et al., 2017).

Tebuconazole은 1986년 개발되어 우리나라에서 1988년부터 사용되어 지고 있는데 국내에서는 감, 사과 및 배 등의 탄저병을 비롯한 다양한 진균성 병 방제에 단제 및 혼합제로 이용되고 있다(KCPA, 2018; Lim et al., 2009a). 상주지역에서 tebuconazole에 대한 약제 감수성은 분리 년도 별에 따라 차이를 보였는데 2008년 분리 균주들 중 1.8%가 90% 이하의 균사생장 억제율을 나타내었고, 2005년이나 2013년 분리 균주들은 2016년 분리 균주들과 동일하게 모든 균주들이 91% 이상의 균사생장 억제를 보였다(Lim and Choi, 2006; Lim et al., 2009a; 2015). 따라서 2008년 이후 분리된 모든 균주들에서는 감수성 변화가 확인되지 않아 지속적 사용이 가능할 것으로 판단되지만 2012년부터 2015년까지 상주지역 농협 계통을 통해 판매된 DMI 계 살균제들 중 판매량이 가장 많았던 점(Choi, H.C., personal communication)이나 감수성 변화 이력이 있었던 약제였기 때문에 지속

적인 감수성 변화 조사가 필요할 것으로 생각된다.

상주와 영동지역에서 분리된 분리된 99개의 감 탄저병 균주들에 대한 평균 EC<sub>50</sub> 값들은 전체적으로 상주에서 분리된 균주들이 영동지역 균주들에 비하여 다소 높게 나타나고 있었는데 이는 개별 농가의 살균제 사용의 차이에 의한 것이 가장 중요한 요인이겠으나 상대적으로 상주지역의 넓은 감 재배면적이 넓고, 생산량이 많으며 재배 농가 수도 많은 점(Korea Forest Service, 2016; KOSIS, 2017) 등으로 넓은 재배면적에 걸친 높은 약제사용량에 따라서 병원균의 약제 감수성 차이를 유발하는 요인으로 생각된다. 한편 EC<sub>50</sub> 값을 기반으로 두 지역에서 탄저병원균의 감수성이 가장 높은 약제는 상주지역은 prochloraz, 영동지역은 fluquinconazole+prochloraz로 나타났는데 단제보다는 혼합제가 살균제 저항성 발달 억제에 효과적인 점을 감안하면 두 지역 모두 fluquinconazole+prochloraz의 사용이 바람직할 것으로 생각된다. 전반적으로 DMI 살균제들은 상주와 영동지역 넓은 감의 *Colletotrichum* spp. 탄저병원균들에 감수성 변화가 적은 것으로 나타나 단기적으로 적용하는 데는 문제가 없을 것으로 판단되나 상주나 영동지역과 같이 ‘상주동시’와 같은 탄저병에 취약한 단일종을 넓은 면적에 장기간에 걸쳐 재배하고 있는 지역은 주기적으로 농가를 대상으로 농약 사용 실태에 대한 정밀한 조사를 하는 것이 약제 저항성 발달에 효과적으로 대응할 수 있는 방안으로 판단된다(Lim et al., 2015). 특히, 기작이 다른 계열간의 약제사용과 단제 보다 합제를 위주로 약제를 활용하고, 농민들에 대해 원제에 대한 인식과 이해를 바탕으로 약제를 선정하여 살포하는 합리적인 병 방제 프로그램 활용이 필요하다(Brent and Hollomon, 1998; Lim et al, 2008; Lim et al., 2015). 아울러 본 조사는 포장에서 발생한 병원균들을 채집하여 실내 배지 상에서 감수성을 평가한 것으로 실제 포장에서 각 약제들의 반복 사용에 의한 저항성 변화 추적 등의 현장 연구도 추후 병행되어야 할 것으로 생각된다. 또한 배지상에서 나타나는 감수성 저항 정도가 실제 포장에서 병 발생 차이와의 관계에 대한 연구도 필요할 것으로 생각된다.

## 감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 농업과학기술개발사업(과제번호: PJ01169705) “수출용 뚝은감 안전생산을 위한 종합 방제력(안) 개발” 과제의 연구비 지원에 의해 수행되었으며, 시료 채취에 도움을 주신 지역농민들과 작물보호제 자료를 제공해 주신 최현철 및 병원균 채집에 도움을 준 경북대학교 잔디해충·선충학 연구실의 정문기, 김영준, 김현국에게 감사를 표합니다.

## Literature cited

- An, H. J., O. G. Kwon, H. B. Na, T. H. Lim, T. H. Chang and D. W. Lee (2017) Responses of *Colletotrichum horii* isolated from persimmon in Sangju and Yeongdong to carbendazim and thiophanate-methyl. Korean J. Pestic. Sci. 21(4):389-394.
- Brent, K. J. and D. W. Hollomon (1998) Fungicide resistance: The assessment of risk. FRAC: Brussels, Belgium. p48.
- Cho, S. K. and T. H. Cho (1965) Studies on the local varieties of persimmon in Korea. Res. Rept. RDA. 8(1):147-190.
- Fungicide Resistance Action Committee (FRAC). (2018) FRAC code list 2018: fungicides sort-ed by mode of action (including FRAC cord numbering). [http://www.frac.info/docs/default-source/publications/frac-code-list/frac\\_code\\_list\\_2018-final.pdf?sfvrsn=6144b9a\\_2](http://www.frac.info/docs/default-source/publications/frac-code-list/frac_code_list_2018-final.pdf?sfvrsn=6144b9a_2). Accessed 01 October 2018.
- Jeon, J. Y., O. Hassan, T. Chang, D. W. Lee, J. S. Shin and N. K. Oh (2017) Anthracnose of persimmon (*Diospyros kaki*) caused by *Colletotrichum horii* in Sangju, Korea. Res. Plant Dis. 101(6):1035.
- Kim, C. H. (2000) Review of fungicide resistance problem in Korea. Korean J. Pestic. Sci. 4(2):1-10.
- Kim, S. J., J. W. Cho, K. U. Lee, I. K. Song and Y. S. Lim (2012) Story of entertaining persimmon farming. Samwoobusiness. pp. 294.
- Korea Crop Protection Association (KCPA). (2018) A handbook on crop protection. <http://www.koreacpa.org>. Accessed 11 July 2018.
- Korea Forest Service (2016) Forestry product production survey, <http://www.forest.go.kr>, Accessed 11 July 2018.
- Korean Statistical Information Service (KOSIS). (2017) Cultivation areas of open orchards. <http://www.kosis.kr>. Accessed 11 July 2018.
- Kwon, J. H., S. G. Jeong and B. K. Chung (2007) Survey of overwintering inoculum potential of anthracnose of sweet persimmon caused by *Collrtotrichum gloeosporiodes*. Res. Plant Dis. 13(3):204-206.
- Lee, D. W., G. C. Lee, S. W. Lee, C. G. Park, H. Y. Choo and C. H. Shin (2001) Survey on pest management practice and scheme of increasing income in sweet persimmon farms in Korea. Korean J. Pestic. Sci. 5(4):45-49.
- Lee, D. W., S. M. Lee, B. R. Choi, C. G. Park and H. Y. Choo (2003) Current state of pesticide application in sweet persimmon orchards in Korea. Kor. J. Appl. Entomol. 42(1): 85-89.
- Leroux, P., J. Bach, D. Debieu, S. Fillinger, R. Fritz and A. -S. Walker (2008) Mode of action of sterol biosynthesis inhibitors and resistance phenomena in fungi. Pp:85-92 in Modern fungicides and antifungal compounds v. H. W. Dehne, H. B. Deising, U. Gisi, K. H. Kuck, P. E. Russell, H. Lyr (Eds.) 15<sup>th</sup> International Reinhardbrunn Symposium. Friedrichroda, Germany.

- Lim, T. H. and Y. H. Choi (2006) Response of several fungicides of *Colletotrichum gloeosporioides* isolates obtained from persimmons in Sangju. Res. Plant Dis. 12(2):99-102.
- Lim, T. H., D. W. Lee, O. G. Kwon, S. S. Han, B. J. Cha and I. K. Song (2015) Sensitivity to sterol biosynthesis inhibitors of *Colletotrichum gloeosporioides* isolated from persimmon in 2013 in Sangju, Gyeongsangbukdo. Korean J. Pestic. Sci. 19(3):272-278.
- Lim, T. H., D. W. Lee, Y. H. Choi, S. M. Lee, S. S. Han and B. J. Cha (2009a) Sensitivity to ergosterol biosynthesis inhibiting-fungicides of *Colletotrichum gloeosporioides* isolated from persimmon trees. Korean J. Pestic. Sci. 13(3):171-176.
- Lim, T. H., Y. H. Choi, D. W. Lee, S. S. Han and B. J. Cha (2009b) Sensitivity of *Colletotrichum gloeosporioides* isolated from persimmon to benzimidazoles, mancozeb and propineb. Korean J. Pestic. Sci. 13(2):105-110.
- Lim, T. H., Y. H. Choi, I. K. Song, K. R. Kim, D. W. Lee and S. M. Lee (2008) Survey of actual condition of management of persimmon orchards in Sangju, Gyeongbuk in 2007 and 2008. Korean J. Pestic. Sci. 12(4):414-420.
- Luo, Z. and R. Wang (2008) Persimmon in China: domestication and traditional utilizations of genetic resources. Advances in Horticultural Science 22(4):239-243.
- Park, C. G., J. H. Kwon and D. W. Lee (2015) An illustrated color guide book to insect pests and diseases of persimmon in Korea. Korean Studies Information Co., Paju. pp. 22-29.
- SAS Institute. (1999) SAS OnlineDoc, version 8. SAS Institute, Cary, NC.
- Sierotzki, H. and G. Scalliet (2013) A review of current knowledge of resistance aspects for the next-generation succinate dehydrogenase inhibitor fungicides. Phytopathology 103(9):880-887.
- Stanis, V. F. and A. L. Jones (1985) Reduced sensitivity to sterol inhibiting fungicides in fields isolates of *Venturia inaequalis*. Phytopathology 75(10):1098-1101.
- Stević, M., P. Vukša and I. Elezović (2010) Resistance of *Venturia inaequalis* to demethylation inhibiting (DMI) fungicides. Agriculture 97(4):65-72.
- Strobel, D., R. Bryson, J. Roth and G. Stammler (2017) Field performance of DMI Fungicides against *Zymoseptoria tritici* across Europe compromised by further sensitivity shift? pp. 249-254 in: Modern fungicides and antifungal compounds, VIII. H. B. Deising, B. Fraaije, A. Mehl, E. C. Oerke, H. Sierotzki, G. Stammler Eds. Deutsche Phytomedizinische Gesellschaft, Braunschweig, Germany.
- Tomlin, C. D. S. (2006) Prochloraz, in the pesticide manual, edition no.14; BCPC: Hampshire, U.K. p. 859.
- Yu, H. B., T. H. Lim, M. G. Jung, J. E. Kim, C. J. Park, J. H. Song and D. W. Lee (2017) Survey on actual pest management condition of persimmon orchard in Sancheong, Gyeongsang-nam-do and Yeongdong, Chungcheongbuk-do. Korean J. Pestic. Sci. 21(4):417-426.

## 상주와 영동지역 감나무에서 분리한 *Colletotrichum horii*에 의한 탄저병균의 탈메틸화억제(DMI)계 살균제에 대한 감수성 변화

안현정<sup>1</sup> · 나희빈<sup>1</sup> · 임태현<sup>1,2\*\*</sup> · 장태현<sup>3</sup> · 송장훈<sup>4</sup> · 이동운<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>경북대학교 생태과학과, 생태환경관광학부, <sup>2</sup>주) 누보, <sup>3</sup>경북대학교 생태환경시스템학부, <sup>4</sup>국립원예특작과학원 배연구소

**요약** *Colletotrichum* spp.에 의한 탄저병은 감의 주요 병 중 하나이다. 본 연구는 2016년 경북 상주와 충북 영동 지역에서 *Colletotrichum horii* 감나무 탄저병균의 DMI (Demethylation inhibitors)계 살균제(prochloraz manganese complex, fluquinconazole+prochloraz, metconazole, tebuconazole)에 대한 약제반응을 평가하였다. 상주와 영동의 짧은 감 과원에서 각각 분리된 127, 148개의 탄저병균 균주들은 DMI 계의 살균제 포장적용 농도에서 모두 91% 이상의 균사생육 억제율을 보였다. 평균 EC<sub>50</sub> 값은 prochloraz manganese complex를 제외하고, 영동지역 분리 균주들이 낮았다. 상주지역 분리 탄저병균 균주들은 prochloraz manganese complex에서 0.004 ppm의 가장 낮은 EC<sub>50</sub> 값을 보였고, 영동지역 균주들은 fluquinconazole+prochloraz 처리에서 0.0046 ppm의 가장 낮은 EC<sub>50</sub> 값을 보였다. DMI 살균제들은 두 지역의 짧은 감 탄저병에 대해 대한 감수성의 변화가 없어 지속적 이용이 가능할 것으로 판단된다.

**색인어** 감, 감수성, 살균제, 탄저병, 프로클로라즈