

서산, 태안 및 고흥 지역에서 마늘 흑색썩음병을 일으키는 *Sclerotium cepivorum*의 살균제 감수성 조사

김형조 · 최우봉¹ · 김흥태*

충북대학교 농업생명환경대학 식물의학과, ¹동의대학교 생명공학과

Sensitivity of *Sclerotium cepivorum* Causing Garlic White Rot Isolated from Taeahn, Seosan and Goheung Areas to Fungicides

Hyung Jo Kim, Woobong Choi¹ and Heung Tae Kim*

Department of Plant Medicine, College of Agriculture, Life and Environment Science, Chungbuk National University, Cheongju 361-763, Chungbuk, Korea, ¹Department of Biotechnology and Bioengineering, Dongeui University, Busan 614-714, Korea

(Received on June 1, 2013. Revised on June 14, 2013. Accepted on June 22, 2013)

Abstract To investigate the sensitivity of *Sclerotium cepivorum* causing garlic white rot to 5 fungicides, including prochloraz, tebuconazole, flutolanil, iminoctadine and isoprothiolane, 147 isolates isolated from infected garlies from 2008 to 2009 through a single sclerotium isolation were screened. While each mean value of EC₅₀ (effective concentration reducing mycelial growth by 50%) of *S. cepivorum* isolates collected in 2008 to each fungicide was 0.054, 0.012, 23.189, 0.901, and 21.362 µg mL⁻¹, that of 2009 isolates were 0.030, 0.020, 10.367, 1.684, 33.406 µg mL⁻¹. There was a difference in mean value of EC₅₀ of *S. cepivorum* according to regions isolated. EC₅₀ values of *S. cepivorum* isolated in Goheung to flutolanil and isoprothiolane were 14.468 and 24.653 µg mL⁻¹, respectively, which was lower than those of Seosan and Taeahn. Isolates from Taeahn showed the lowest EC₅₀ value to prochloraz as 0.008 µg mL⁻¹. In addition, we could not find any resistant isolates to fungicides tested. The EC₅₀ values in this study will be used in a fungicide resistance monitoring program to determine whether shifts in sensitivity to fungicides included into different groups are occurring in *S. cepivorum* populations.

Key words garlic white rot, *Sclerotium cepivorum*, detection of fungicide response

서 론

전 세계적으로 파속 채소에 큰 피해를 주고 있는 흑색썩음균핵병은 국내 마늘 재배에도 많은 피해를 주고 있다 (Kim, 2001; Kim, 2002; Kim, 2003; Kim, 2004). 국내에서는 1990년대에 들어오면서 백합과 채소작물에서 흑색썩음균핵병의 발생이 보고되기 시작하였고, 백합과 채소 중에서도 마늘에 특히 심하게 발생하는 것으로 보고되었다(Cho와

Kim, 1996). 마늘 흑색썩음균핵균은 균핵 상태로 토양에서 장기간 생존할 수 있기 때문에 한 번 오염된 토양에서는 마늘의 재배가 어려울 뿐만 아니라, 토양 1 g당 0.01에서 0.1개의 균핵이 생존할 경우, 수확기에 병원균에 감염된 마늘이 85%에서 100%에 달하기 때문에 피해가 매우 큰 것으로 보고되어 있다(Crowe 등, 1980). 마늘 흑색썩음균핵병이 발생한 포장의 토양에 균핵이 장기간 생존하게 되면 마늘 생산에 큰 피해를 받기 때문에 병원균의 균핵이 포장에 유입되는 것을 막아야 하며, 유입되었다고 한다면 균핵의 생존을 억제하는 다양한 방법을 강구하여야 한다(Kim 등, 2005). 오래 전부터 흑색썩음균핵병 방제를 위해서 dicloran

*Corresponding author

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

또는 iprodione 등과 같은 살균제를 사용하였으나, 토양에서 빠르게 분해되기 때문에 약효를 기대하기 어렵고, 또한 새로운 살균제를 개발하기 위한 비용과 시장성을 고려하여도 흑색썩음균핵병을 대상으로 살균제를 개발하는 것은 쉬운 일이 아니다(Entwistle, 1992). 살균제를 사용하지 않는 다양한 방법들도 강구되어 왔는데, *Coniothyrium*과 같은 사상균을 이용하여 초기 전염원인 균핵을 방제하거나, 태양열 소독을 통해서 포장에서 균핵의 밀도를 낮춤으로써 병 방제를 하기도 하였다(Entwistle, 1992; Stour 등, 1989; Ulacio-Osorio 등, 2006). 또한 합성한 마늘의 기름 성분인 diallyl disulfide나 마늘 가루를 마늘을 재배하기 전에 토양에 처리하여 *Sclerotium* 균핵의 발아를 촉진시켜 균핵의 생존을 억제함으로써 병을 방제하기도 하였다(Davis 등, 2007; Hovius와 McDonald, 2002). 살균제 사용 이외의 방법들이 다양하게 시도되어 왔지만, 상대적으로 간편하고 균일한 효과를 기대할 수 있는 방법은 살균제를 이용하는 화학적 방제 방법이다(Zewide 등, 2007). 흑색썩음균핵병을 방제하기 위해서 vinclozolin, iprodione, procymidone 등이 종구나 토양 처리에 사용되었으며, 75-95%의 방제 효과를 보였다(Utkhede와 Rahe, 1979; Stewart와 Fullerton, 1991; Fullerton과 Stewart, 1991). Tebuconazole 역시 종구처리함으로써 우수한 병 방제 효과가 있음이 보고되어 있다(Melero-Vara 등, 2000).

국내에서 흑색썩음균핵병 방제용으로 등록되어 사용되는 살균제는 총 41품목이지만, 유효성분으로 보면 15종이 사용되고 있으며, 그 중에서 8종의 살균제가 병원균의 ergosterol 생합성을 저해하는 azole계 살균제이다. 살균제는 흑색썩음균핵병을 방제하기 위해서 토양에 관주처리하거나 마늘의 종구에 직접 처리한 후 마늘을 파종하는 방법 등으로 처리하지만, 토양 중에서 미생물에 의해서 분해되거나, 토양 입자나 토양 내 유기물에 부착되어 방제 효과가 감소하기도 한다. 또한 살균제의 오용과 남용에 의해서 저항성인 병원균이 출현함으로써 살균제의 효과가 감소하기도 한다(Ma와 Michailides, 2005). 따라서 저항성 균의 출현은 살균제의 사용 여부를 결정해야 하는, 살균제 관리에 있어서는 매우 중요한 문제이기도 하다. 하지만 살균제의 효과가 저하되는 원인은 매우 다양하기 때문에 이러한 원인이 저항성의 발현 때문인지를 객관적으로 판단할 수 있는 감수성 기준의 설정이 필요하다. 살균제의 감수성 기준을 설정하기 위해서는 살균제를 사용하기 이전의 병원균을 대상으로 정확한 감수성 정도를 조사하는 것이 필요하지만, 대표 균주가 부재할 경우, 현 상황에서 분리한 병원균의 다양한 감수성을 조사하여 살균제에 대한 감수성 정도의 다양성을 결정할 필요가 있으며, 이 결과를 근거로 감수성 기준을 확립하는 것도 저항성 발현 여부를 판단할 수 있는 근거가 될 수 있다.

본 실험에서는 우리나라 마늘의 주산지인 서산, 태안, 고

흥에서 분리한 흑색썩음균핵병균을 사용하여 prochloraz, tebuconazole, flutolanil, iminoctadine tris-albesilate 그리고 isoprothiolane에 대한 감수성 정도를 조사하여 병원균 집단의 살균제에 대한 감수성 정도의 다양성을 알아보고, 그 결과를 포장에서 저항성 균의 발현 여부를 판단할 수 있는 자료로 사용하고자 하였다.

재료 및 방법

병원균의 분리 및 보관

2008년부터 2009년까지 주요 마늘 재배지역인 태안, 서산, 고흥군에서, 흑색썩음균핵병균에 감염되어 전형적인 시들음 증상을 보이는 마늘을 채집하였다. 채집한 발병마늘의 근부에 형성된 균핵을 1% sodium hypochloride에서 1분간 표면 살균하고 멸균수로 다시 세척한 후, potato dextrose agar (PDA) 배지에 치상하여 20°C 배양기에서 6일간 배양하였다. 치상한 균핵에서 자라나온 균사의 선단에서 균사조각을 떼어내서 다시 새로운 PDA 배지에 옮기고 20°C에서 배양하였다. 병원균의 균주는 다시 새로운 20°C의 PDA 사면배지에 배양한 후, 4°C에서 보관하며 실험에 사용하였다.

균핵 형태 관찰

분리된 병원균의 동정은 균핵의 형태나 크기를 조사하여 실시하였다. 균핵의 형태를 확인하기 위하여 분리한 병원균을 20°C의 PDA 배지에서 10일간 배양하고, 배지 상에서 형성된 균핵을 현미경 하에서 그 형태와 크기를 관찰하여, 균핵의 크기를 가지고서 병원균을 대균핵종과 소균핵종으로 분류하였다.

실험에 사용한 살균제

분리한 총 147개의 마늘 흑색썩음균핵병균의 살균제에 대한 감수성 정도를 조사하기 위해서 ergosterol 생합성을 저해하는 prochloraz(a.i. 25%, EC)와 tebuconazole(a.i. 25%, WP), 병원균의 호흡작용에 필요한 에너지대사를 저해하는 flutolanil(a.i. 15%, EC), 지질 생합성을 저해하는 작용기작을 가지고 있는 것으로 알려진 iminoctadine tris-albesilate(a.i. 40%, WP), 병원균의 단백질합성에 관여하는 SH효소의 활동을 저해하는 isoprothiolane(a.i. 40%, EC)을 선발하여 실험에 사용하였다.

한천희석법을 이용한 살균제 반응 검정

병원균을 PDA 배지에 접종하고 20°C의 배양기에서 4일간 배양한 후 균사 선단 부위에서 직경 5 mm의 균사 조각을 떼어내어 각 약제를 농도별로 첨가한 새로운 PDA 배지에 접종하였다. 각각의 살균제는 멸균수에 용해시켜 PDA 배지에 최종농도가 prochloraz와 tebuconazole은 0.0064,

0.032, 0.16, 0.8, 4 $\mu\text{g mL}^{-1}$, flutolanil과 isoprothiolane은 0.8, 4, 20, 100, 500 $\mu\text{g mL}^{-1}$, iminoctadine은 0.032, 0.16, 0.8, 4, 20 $\mu\text{g mL}^{-1}$ 가 되도록 희석하여 첨가하였다. 이 때 PDA 배지에는 세균의 오염을 방지하기 위해서 300 $\mu\text{g mL}^{-1}$ 의 streptomycin을 첨가하였다. 병원균을 접종한 배지는 20°C에서 4일간 배양한 후 균총의 직경을 측정하였으며, 약제를 첨가하지 않은 배지 상에서의 균총의 직경과 비교하여 균사 성장 억제율(%)을 계산하였다.

균사 성장 억제율 (%) =

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

결과 및 고찰

서산과 태안 지역 마늘 흑색썩음균핵병균의 살균제에 대한 반응

Table 1에서 보는 것과 같이 2008년과 2009년에 서산과 태안 지역에서 분리한 균주들의 살균제에 대한 감수성 반응을 비교하였다. 실험에는 서산 지역에서 2008년에 13균주, 2009년에는 33균주를 분리하여 사용하였고, 태안 지역에서는 51개 균주와 26개 균주를 분리하여 사용하였다. 평균 EC_{50} 값을 가지고서 비교한 결과 flutolanil의 경우에는 2008년과 2009년의 평균 EC_{50} 값이 각각 21.833 $\mu\text{g mL}^{-1}$ 와 23.908 $\mu\text{g mL}^{-1}$ 로 비슷한 경향을 보였지만, prochloraz에 대한 EC_{50} 값은 2008년에는 0.049 $\mu\text{g mL}^{-1}$ 이었고, 2009년에는 0.021 $\mu\text{g mL}^{-1}$ 로 감소하는 현상을 보였다. 하지만 tebuconazole, iminoctadine, isoprothiolane 등은 2008년과 2009년의 EC_{50} 값이 0.012에서 0.021 $\mu\text{g mL}^{-1}$ 로, 0.900에서 1.953

$\mu\text{g mL}^{-1}$ 로, 그리고 20.110에서 38.768 $\mu\text{g mL}^{-1}$ 로 증가하는 경향을 보였다.

Table 2에서는 2009년에 고흥, 서산, 태안 등 세 곳에서 분리한 병원균의 살균제에 대한 평균 EC_{50} 값을 비교하였다. 실험에 사용한 균주는 고흥 지역에서 분리한 24개 균주, 서산과 태안 지역에서 분리한 33개 균주와 26개 균주를 사용하였다. Flutolanil, iminoctadine, isoprothiolane에 대해서는 고흥 지역에서 분리한 병원균이 서산과 태안이 위치한 충남 지역의 균주보다도 감수성이 컸다. 하지만 병원균의 ergosterol 생합성을 저해하는 살균제로 알려진 prochloraz와 tebuconazole에 대해서는 태안 지역에서 분리한 병원균의 평균 EC_{50} 값이 가장 낮았다. 이처럼 지역에 따라서 살균제에 대한 감수성이 다른 이유는 지역에 따라서 병 방제를 위해서 사용하는 살균제의 종류가 많이 다르기 때문이라고 생각한다. 따라서 주요 작물병에 대한 살균제의 감수성 기준을 결정하기 위해서는 주요 생산지를 중심으로 하는 병원균의 분리가 이루어져야 한다. 분리된 병원균의 지역 집단들에 대해서는 우선적으로 전국적인 저항성과 감수성 균주의 기준이 정해져야하고, 더불어 각 주요 재배지의 병원균 집단에 대한 저항성 정도가 조사되어야 한다. 이러한 살균제 저항성 모니터링의 결과는 국내에서 저항성 병원균의 출현 여부를 결정할 수 있는 정보로 사용될 수 있을 뿐만 아니라 각 지역에서 효과적으로 사용할 수 있는 살균제를 선발하는데도 효과적인 정보를 제공할 수 있을 것이다.

살균제에 대한 마늘 흑색썩음균핵병균의 EC_{50} 값 분포

Fig. 1은 실험에 사용한 마늘 흑색썩음균 전체의 EC_{50} 값의 분포를 보여주고 있다. 2008년에는 고흥 지역에서 병원균을 분리하지 못하였으나, 전체 균주의 각 살균제에 대

Table 1. Sensitivity^a of *Sclerotium cepivorum* isolates collected in Seosan and Taean during 2 years from 2008 to 2009 to each fungicide

Fungicides	Isolation year			
		2008		2009
Prochloraz	0.049 ^b	(0.001 - 0.257) ^c	0.021	(0.001 - 0.257)
Tebuconazole	0.012	(0.001 - 0.070)	0.021	(0.001 - 0.171)
Flutolanil	21.833	(0.548 - 110.175)	23.908	(2.638 - 117.506)
Iminoctadine	0.900	(0.001 - 3.797)	1.953	(0.303 - 5.577)
Isoprothiolane	20.110	(0.437 - 55.029)	38.768	(16.133 - 91.473)

^a; Sensitivity of each isolate to each fungicide was represented as EC_{50} value (effective concentration ($\mu\text{g mL}^{-1}$) reducing mycelial growth by 50%).

^b; Figures indicated the mean value ($\mu\text{g mL}^{-1}$) of EC_{50} .

^c; Figures in parentheses indicated minimum and maximum value ($\mu\text{g mL}^{-1}$) of EC_{50} .

^d; For observing the sensitivity of each isolate to each fungicide, inhibitory effect of mycelial growth of a fungicide was investigated by measuring the colony diameter on PDA with or without each fungicide after incubation during 4 days at 20°C, and calculating it the formula as follow.

$$\text{Mycelial inhibitory effect (\%)} = \left(1 - \frac{\text{Colony diameter on PDA with each fungicide}}{\text{Colony diameter on PDA without each fungicide}}\right) \times 100$$

Table 2. The mean of EC₅₀ values of *Sclerotium cepivorum* isolates collected from gallic field of 3 regions in 2009 to each fungicide

Fungicides	Isolation regions		
	Goheung	Seosan	Taeha
Prochloraz	0.058 ^a	0.038	0.008
Tebuconazole	0.020	0.033	0.012
Flutolanil	14.468	21.434	25.647
Iminoctadine	1.136	1.715	2.120
Isoprothiolane	24.653	41.919	36.553

^a; Figures indicated the mean value (µg mL⁻¹) of EC₅₀.

^b; For calculating EC₅₀ value able to compare the sensitivity of each isolate to each fungicide, inhibitory effect of mycelial growth of a fungicide was investigated by measuring the colony diameter on PDA with or without each fungicide after incubation during 4 days at 20°C, and calculating it the formula as follow.

$$\text{Inhibitory effect (\%)} = \left(1 - \frac{\text{Colony diameter on PDA with each fungicide}}{\text{Colony diameter on PDA without each fungicide}}\right) \times 100$$

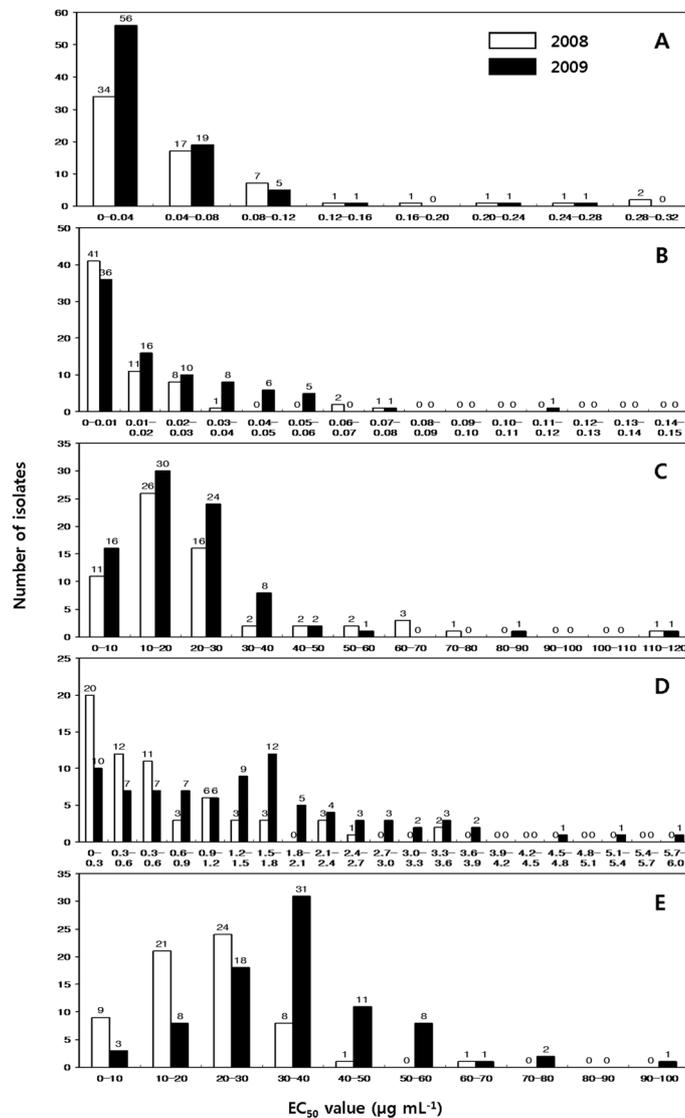


Fig. 1. Distribution of EC₅₀ values of *Sclerotium cepivorum* isolates collected from infected garlic over 2 years from 2008 to 2009. EC₅₀ value were evaluated by measuring the colony diameter on PDA with or without each fungicide after incubation at 20°C for 4 days. A; prochloraz, B; tebuconazole, C; flutolanil, D; iminocadine, E; isoprothiolane.

Table 3. Mean of EC₅₀ value to each fungicide against *Sclerotium* spp. producing large type or small type of sclerotia

Fungicides	Large type of sclerotia	Small type of sclerotia
Prochloraz	0.031 ^a (0.001 - 0.174) ^b	0.044 (0.001 - 0.257)
Tebuconazole	0.010 (0.001 - 0.079)	0.021 (0.001 - 0.171)
Flutolanil	17.122 (0.548 - 57.987)	24.200 (2.342 - 117.506)
Iminoctadine	1.236 (0.001 - 4.134)	1.462 (0.001 - 5.577)
Isoprothiolane	26.055 (0.449 - 59.656)	30.170 (0.437 - 91.473)

^a; Figure was EC₅₀ value (effective concentration (µg mL⁻¹) reducing by 50%).

^b; Figures in parentheses indicated minimum and maximum value (µg mL⁻¹) of EC₅₀.

한 감수성 변화를 비교하기 위해서 2008년과 2009년의 균주 전체를 비교하였다. Prochloraz에 대한 병원균의 EC₅₀값을 조사하여 보면 2008년에 분리한 균주의 평균 EC₅₀값은 각각 0.054 µg mL⁻¹이었으며 최소값과 최대값의 범위는 0.001 - 0.319 µg mL⁻¹이었고, 2009년에 분리한 균주의 평균 EC₅₀값은 0.030(0.001 - 0.257) µg mL⁻¹로 나타났다. Tebuconazole에 대한 EC₅₀값을 보면, 2008년에 분리된 균주의 평균 EC₅₀값은 0.012(0.001 - 0.071) µg mL⁻¹, 2009년은 0.020(0.001 - 0.171) µg mL⁻¹로, 평균 EC₅₀값이 증가한 것 같지만 각 구간 간 빈도수의 변화가 크지 않았다(Fig. 1). Flutolanil 역시 2008년과 2009년의 평균 EC₅₀값은 각각 23.189(0.548 - 119.449) µg mL⁻¹와 21.304(2.342 - 117.505) µg mL⁻¹로 큰 차이가 없었으며, 분포도 역시 유사하게 나타났다. 그러나 Iminoctadine과 isoprothiolane은 2008년의 전체 균주의 평균 EC₅₀값보다 2009년에 분리한 균주의 EC₅₀값이 더 상승하였는데, iminocadine에 대한 2008년과 2009년의 평균 EC₅₀값은 각각 0.901(0.001 - 3.797) µg mL⁻¹와 1.684(0.001 - 6.287) µg mL⁻¹로 나타났으며, isoprothiolane에 대한 2008년과 2009년의 평균 EC₅₀값은 각각 21.362 (0.436 - 63.382) µg mL⁻¹와 33.406(0.449 - 91.472) µg mL⁻¹이었다. 분포도를 비교하여 보아도 iminocadine의 경우에는 1.8 - 2.1 µg mL⁻¹ 구간의 균 빈도 수가 2008년보다 2009년에 증가하였으며, isoprothiolane의 경우도 2008년의 최빈도수는 20 - 30 µg mL⁻¹ 구간에서 24균주이었으나, 2009년에는 최빈도수 구간이 30 - 40 µg mL⁻¹ 구간으로 변화하였고, 31균주가 포함되었다.

균핵 형태의 집단에 따른 흑색썩음균핵병균의 살균제에 대한 반응

국내에서 분리되는 마늘 흑색썩음균핵병균은 소형의 균핵(균핵 직경: 340 - 570 µm)을 형성하는 *S. cepivorum*과 다소 큰 균핵(420 - 750 µm)을 형성하는 *Sclerotium* sp.가 보고되어 있다(Cho 등, 2003; Kim 등, 2004). 실험에 사용한 147개의 흑색썩음균핵병균도 형성하는 균핵의 형태에 따라 대균핵종과 소균핵종으로 구별하였으며, 두 형태적 집단의 살균제에 대한 반응을 비교하였다. Table 3에서 보는 것과 같

이 두 집단의 각 살균제에 대한 EC₅₀값을 비교하면 전체적인 유의성은 없지만, 평균 EC₅₀값은 대균핵을 형성하는 집단이 소균핵을 형성하는 집단보다 감수성이 높은 것으로 나타났다. 소균핵을 형성하는 *S. cepivorum*은 마늘 포장에서 여러 가지의 한지형과 난지형 마늘 품종에 대해서 모두 강한 병원성을 보인 반면에, 대균핵을 만드는 *Sclerotium* sp.는 난지형 마늘 품종에 대해서는 *S. cepivorum*과 유사한 병원성을 보였지만 한지형 마늘 품종에 대해서는 다양한 병원성을 나타냈다(Kim 등, 2004). 특히 의성 마늘에 대해서는 발병주율이 5% 이하인 낮은 병원성을 보였다. Cho 등 (2003)의 보고에 의하면 포장에서 2001년 이전에는 *Sclerotium* sp.가 우점종이었고, 그 후에는 소균핵을 만드는 *S. cepivorum*의 집단이 점점 확대되고 있다고 한다. 결국 포장에서 병원성이 강한 *S. cepivorum*의 밀도가 증가하고, 본 실험의 결과처럼 *Sclerotium* sp.보다도 *S. cepivorum*이 살균제에 대한 감수성 정도가 떨어진다면, 병 방제를 위하여 포장에서 사용하는 살균제의 선별뿐만 아니라, 효과를 증대시킬 수 있는 살균제 처리 방법 등에 대한 현장 연구가 진행되어야 할 것으로 본다.

감사의 글

이 논문은 2011년도 충북대학교 학술연구지원사업의 연구비 지원에 의하여 진행된 연구로, 연구비의 지원에 감사드립니다.

Literature Cited

Cho, W. D. and W. G. Kim (1996) Occurrence of white rot on Alliaceous vegetable crops. Korean J. Plant Pathol. 12:251~254. (In Korean)

Cho, W. D., W. G. Kim, S. K. Hong and W. S. Kim (2003) *Sclerotium* sp. associated with occurrence of a new disease, globular sclerotium rot of garlic. Plant Pathol. J. 18:372 (Abstract).

Crowe, F. J., D. H. Hall, A. S. Greathead and K. G. Baghott (1980) Inoculum density of *Sclerotium cepivorum* and the

- incidence of white rot of onion and garlic. *Phytopathology* 70:64~69.
- Davis, R. M., M. K. Romberg, J. J. Nunez and R. F. Smith (2007) Efficacy of germination stimulants of sclerotia of *Sclerotium cepivorum* for management of white rot of garlic. *Plant Dis.* 91:204~208.
- Entwistle, A. R. 1922. Controlling *Allium* white rot (*Sclerotium cepivorum*) without chemicals. *Phytoparasitica* 20:Suppl. 121S~125S.
- Fullerton, R. A. and A. Stewart (1991) Chemical control of onion white rot (*Sclerotium cepivorum* Berk) in the Pukekohe district of New Zealand. *NZ J. Crop Horticul. Sci.* 19:121~127.
- Haq, M. A., H. A. Collin, A. B. Tomsett and M. G. Jones (2003) Detection of *Sclerotium cepivorum* within onion plants using PCR primers. *Physiol. Mol. Plant Pathol.* 62: 185~189.
- Hovius, M. H. Y. and M. R. McDonald (2002) Management of *Allium* white rot (*Sclerotium cepivorum*) in onions on organic soil with soil-applied diallyl disulfide and di-*N*-propyl disulfide. *Can. J. Plant Pathol.* 24:281~286.
- Kim, C. -H. (2001) Review of disease incidence of major crops in 2000. *Korean J. Pesticide Sci.* 5:1~11. (In Korean)
- Kim, C. -H. (2002) Review of disease incidence of major crops in 2001. *Res. Plant Dis.* 8:1~10 (In Korean).
- Kim, C. -H. (2003) Review of disease incidence of major crops in 2002. *Res. Plant Dis.* 9:10~17 (In Korean).
- Kim, C. -H. (2004) Review of disease incidence of major crops in 2003. *Res. Plant Dis.* 10:1~7 (In Korean).
- Kim, Y. -K., M. -K. Kwon, W. -D. Cho, T. -S. Kim, H. -S. Shim, Y. -H. Lee, C. -J. Lee and S. -C. Lee (2004) Pathogenicity of two species of *Sclerotium* to nine cultivars of garlic cultivated widely in Korea. *Res. Plant Dis.* 10:105~111 (In Korean).
- Kim, Y. -K., M. -K. Kwon, H. -S. Shim, T. -S. Kim, W. -H. Yeh, W. -D. Cho, I. -H. Choi, S. -C. Lee, S. -J. Ko, Y. -H. Lee and C. -J. Lee (2005) Various cultural factors associated with disease development of garlic white rot caused by two species of *Sclerotium*. *Res. Plant Dis.* 11: 28~34 (In Korean).
- Ma, Z. and T. J. Michailides (2005) Advances in understanding molecular mechanisms of fungicide resistance and molecular detection of resistant genotypes in phytopathogenic fungi. *Crop Prot.* 24: 853~863.
- Melero-Vara, J. M., A. M. Parados-Ligero and U. M. S. Basallote (2000) Comparison of physical and chemical and biological methods of controlling garlic white rot. *Eur. J. Plant Pathol.* 166:581~588.
- Satur, M. M., M. F. Abdel_Rahim, T. El-Yamani, A. Grinstein, H. D. Rabinowitch and J. Kata (1989) Soil solarization in onion fields in Egypt and Israel: short- and long-term effects. *Acta Horticul.* 255:151~159.
- Stewart, A. and R. A. Fullerton (1991) Additional studies on the control of onion white rot (*Sclerotium cepivorum* Berk) in New Zealand. *NZ J. Crop Horticul. Sci.* 19:129~134.
- Ulacio-Osorio, D., E. Zavaleta-Mejia, A. Martinez-Garza and A. Pedroza-Sandoval (2006) Strategies for management of *Sclerotium cepivorum* Berk. in garlic. *J. Plant Pathol.* 88: 253~261.
- Utkhede, R. S. and J. E. Rahe (1979) Evaluation of chemical fungicides for the control of onion white rot. *Pesticide Sci.* 10:414~418.
- Zewide, T., C. Fininsa and P. K. Sakhuja (2007) Management of white rot (*Sclerotium cepivorum*) of garlic using fungicides in Ethiopia. *Crop Prot.* 26:856~866.

서산, 태안 및 고흥 지역에서 마늘 흑색썩음병을 일으키는 *Sclerotium cepivorum*의 살균제 감수성 조사

김형조 · 최우봉¹ · 김흥태*

충북대학교 농업생명환경대학 식물의학과, ¹동의대학교 생명공학과

요 약 주요 마늘 재배지인 서산, 태안, 고흥에서 2008년과 2009년에 채집한 병든 마늘로부터 단균핵 분리를 통하여 총 147개의 흑색썩음균핵병균 *Sclerotium cepivorum* 균주를 분리하여 살균제에 대한 감수성 정도를 조사하였다. 실험에는 현재 방제를 위하여 사용하고 있는 prochloraz, tebuconazole, flutolanil, iminoctadine, isoprothiolane 등 5종의 살균제를 선발하여 한천희석법으로 살균제에 대한 병원균의 감수성 정도를 조사하였다. Prochloraz, tebuconazole, flutolanil, iminoctadine, isoprothiolane에 대한 병원균의 평균 EC_{50} 값을 연도별로 비교하여 보면, 2008년에는 각각 0.054, 0.012, 23.189, 0.901, 21.362 $\mu\text{g mL}^{-1}$ 이었으며, 2009년에는 0.030, 0.020, 10.367, 1.684, 33.406 $\mu\text{g mL}^{-1}$ 이었다. Flutolanil에 대한 평균 EC_{50} 값은 2008년에 확보한 균주에 비하여 2009년에 확보한 균주 집단에서 현저히 감소하였다. 반면 iminoctadine과 isoprothiolane에 대해서는 2008년 균주 집단의 EC_{50} 값보다 2009년 균주 집단의 EC_{50} 값이 더 증가하였다. 병원균 분리 지역 간의 EC_{50} 값을 비교하여 보면 고흥 지역에서 분리한 병원균 집단의 flutolanil과 isoprothiolane에 대한 EC_{50} 값이 14.468과 24.653 $\mu\text{g mL}^{-1}$ 로 서산과 태안에서 분리한 병원균 집단보다 낮았으며, prochloraz에 대해서는 태안 지역에서 분리한 균주의 집단이 0.008 $\mu\text{g mL}^{-1}$ 로 가장 낮았다. 현재 마늘 흑색썩음균핵병방제를 위하여 사용하고 있는 5종의 살균제에 대해서 국내에서 분리한 *S. cepivorum* 균주 집단에는 저항성을 보이는 균주는 찾아 볼 수 없었다.

색인어 마늘 흑색썩음균핵병, *Sclerotium cepivorum*, 살균제 반응 검정