

살균제 효과 검정을 위한 고추 탄저병의 실내 열매 검정법

이수민 · 장호선 · 김흥태*

충북대학교 농업생명환경대학 식물외과

In vitro Fruit Assay for the Evaluation of Fungicide Activity Against Pepper Anthracnose

Soo Min Lee, Ho Seon Jang and Heung Tae Kim*

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

(Received on May 29, 2014. Revised on June 5, 2014. Accepted on June 24, 2014)

Abstract This study was performed to investigate the effect of conidial density, wetness period and temperature on conidial germination, appressoria formation and disease incidence. While there was not significantly correlated between conidial density and temperature, and conidial germination and appressoria formation, there was a significant correlation between those factors and disease incidence. The longer wetness period was, the higher the ratio of conidial germination, appressoria formation and the disease incidence was. The optimum conidial density, temperature and wetness period was 1×10^6 conidia mL^{-1} , 30°C and 5 days, respectively. In case the wetness period was more than 5 days, the typical symptom was not found on pepper fruits because of the overgrowth of mycelia. Using this fruit assay method, which the pepper anthracnose pathogens were inoculated by spraying spore suspension on non-wounded or wounded pepper fruits, control effect of three fungicides were evaluated against pepper anthracnose by the protective and/or the curative application. Propineb showed high protective control activity, while it showed curative control activity on non-wounded fruits, but did not showed curative control activity on wounded fruits. Tebuconazole, one of curative fungicide, showed higher control activity in non-wound inoculation than wound inoculation. Trifloxystrobin, one of strobilurin group, showed high both protective and control activity against anthracnose. In conclusion, we supposed that the newly developed *in vitro* pepper fruit assay can be used to evaluate antifungal activity of control agents against pepper anthracnose.

Key words *Colletotrichum acutatum*, fungicide activity, *in vitro* fruit assay, pepper anthracnose

서론

고추는 국내에서 재배하는 작물 중에서 생산액으로 비교하였을 때 농업 전체에서 5위이며, 채소류 중에서는 1위를 차지하는 주요 작목이고, 재배 면적을 보더라도 전체 채소류 재배 면적의 21.6%를 차지하고 있다. 하지만 재배 기간이 길기 때문에 병해 관리가 소홀히 되면 다양한 병이 발생하여 연중 생산량이 큰 폭으로 변화하기 때문에 생산량을

예측하기가 어렵다. 고추는 우리의 식생활에서 차지하는 비중이 크기 때문에 생산량이 감소할 경우 경제적으로 큰 혼란을 야기하는 작목이기도 하다.

고추의 생산량에 직접적으로 큰 영향을 미치는 병으로는 탄저병을 들 수 있는데, 병 방제에 실패한다면 고추의 생산량이 매우 심각한 수준으로 감소하기도 한다. 국내에서 고추 탄저병은 7월 초순이나 중순경부터 열매에 발생하기 시작하여 8월과 9월을 지나면서 급격히 발생량이 증가하기 때문에 수량이 감소하고 품질이 저하하게 된다. 이러한 피해는 한국뿐만 아니라, 인도, 인도네시아, 중국 남부와 같이 장마기나 우기가 있는 몬순 기후대의 재배지에서도 막대한 피해가 발생하고 있다(Kim과 Park, 1988; Park과 Kim,

*Corresponding author

Tel: +82-43-261-2556, Fax: +82-43-271-4414

E-mail: htkim@cbnu.ac.kr

1992; Shin 등, 1999).

탄저병의 방제를 위해서는 체계적으로 살균제를 처리하는 것이 가장 실용적이며 효과적인 방법이기 때문에, 침투 이 행성이며 방제효과가 우수한 살균제를 선별하는 것이 필요하다. 살균제의 효과는 배지 상에서 병원균에 대한 항균활 성을 검정하는 방법, 고추 열매를 사용하여 살균제의 특성과 병 방제 효과를 검정하는 방법, 포장에서 직접 살포하여 병 방제 효과를 검정하는 방법 등이 있다. 포장에서 직접 실험하는 방법이 살균제의 효과를 가장 정확하게 검정하는 방법 이기는 하나, 많은 살균제의 효과를 검정하거나 신속하게 효과를 조사하기에는 어려움이 있다. 온실에서 실험하는 방법도 고추를 성체까지 재배하고 열매가 형성 된 후에 실험 해야하기 때문에 실험 재료를 준비하기에도 어려움이 크다. 따라서 실험실 내에서 고추열매를 대상으로 살균제의 효과를 검정할 수 있는 표준화된 방법이 필요하다.

지금까지 열매를 이용한 고추 탄저병 검정 방법들은 여러 가지가 제안되었지만(Kim 등, 2007; Manandhar 등, 1995; Susheela, 2012), 고추 표면에서 병원균의 생장과 분화에 미치는 요인들이 병 발생에 어느 정도의 영향을 미치는 지에 대해서는 조사되지 않았다. 따라서 본 실험에서는 고추 열매에 병원균을 무상처 분무 접종하며 병원균의 접종 밀도, 습식처리 시간, 발병온도 등이 고추 열매 상에서 포자 발아, 부착기 형성 그리고 병 발생 등에 미치는 영향을 조사하여 탄저병 검정 방법을 표준화하였다. 또한 표준화한 무상처 접종과 열매에 인위적인 상처를 내고 병원균을 접종하는 각각의 방법으로, 특성이 다른 살균제의 효과를 비교함으로써 고추 열매를 이용한 실내 살균제 효과 검정법의 효용성을 조사하였다.

재료 및 방법

실험에 사용한 병원균

탄저병이 발생한 고추 열매의 발병 부위에서 단포자 분리를 통하여 얻은 탄저병균 *Colletotrichum acutatum* JC24를 25°C의 Potato dextrose agar (PDA) 사면 배지에서 배양한 후, 4°C에서 보관하며 실험에 사용하였다.

접종원 준비 및 병원균 접종

접종원인 분생포자는 병원균을 25°C의 PDA배지에서 10 일간 배양한 후, 멸균 증류수를 탄저병균의 균총에 붓고 균 총 표면에 형성된 분생포자를 긁어서 수확하였다. 수확한 포자 현탁액은 4겹의 거즈에 여과하여 균사 조각 등을 제거 하고 현탁액의 포자 밀도를 정해진 밀도로 조절하였다. 그 런다음 준비한 *C. acutatum* JC24의 포자 현탁액은 상처를 내지 않은 고추 열매 표면에 분무하여 접종하거나, 멸균한 핀으로 고추 열매에 균일하게 상처를 내고 상처 위에 5 µL

의 포자 현탁액을 점적하여 접종하였다.

병 발생에 미치는 요인 실험

모든 실험은 탄저병균인 *C. acutatum* JC24의 포자를 무 상처 분무접종하여 실시하였다. 플라스틱 상자의 바닥에 2 겹의 종이 수를 깔고 100 mL의 증류수를 부어 습실을 유지 할 수 있게 준비한 후, 고추 열매(품종; 왕대박)를 놓고 병원 균을 접종하였다. 이 때 병원균의 포자 밀도는 1×10^4 , 5×10^4 , 1×10^5 , 5×10^5 , 1×10^6 , 5×10^6 개 mL^{-1} 로 조절하여 분무 접종하였다. 병원균을 접종한 고추 열매는 25°C에서 5일간 습식처리 후에 플라스틱 상자 뚜껑을 열어서 보관 하며 발병을 유도하였고, 병원균을 접종한 지 12일 후에 병 발생 정도를 조사하였다.

습식 처리 기간이 병 발생에 미치는 영향을 조사하기 위 해서, 포자 밀도가 1×10^6 개 mL^{-1} 로 조절된 현탁액을 분무 접종하고 25에 보관하며, 각각 1, 2, 3, 5, 7일로 정해진 기 간 동안만 플라스틱 상자의 뚜껑을 덮어 습실을 유지하였다. 정해진 기간 동안 습실을 유지한 후 상자의 뚜껑을 열어 발 병을 유도하였으며, 병 조사는 역시 병원균을 접종하고 12 일 후에 동시에 조사하였다.

발병 온도가 병 발생에 미치는 영향을 조사하기 위해서, 접종한 고추 열매를 습식 처리한 플라스틱 상자에 넣고 20, 25, 30°C에 보관하며 발병을 유도하였다. 이 때 병원균 포자 현탁액의 포자 밀도를 1×10^6 개 mL^{-1} 로 조절하여 분무 접 종하였으며, 5일 동안 습식 처리하였다. 병 조사는 병원균을 접종하고 12일 후에 실시하였다. 모든 무상처 접종 실험구 에서 병 발생 조사는 아래와 같은 발병지수를 사용하여 (Table 1) 열매에서 발병 정도를 조사한 후, 다음과 같은 산 출식에 의거 발병도를 계산하였다.

$$\text{Disease incidence (\%)} = [(1 \times n_1 + 2 \times n_2 + 3 \times n_3 + 4 \times n_4) / 4N] \times 100$$

N: total number of fruits

n_1 : total number of fruits evaluated as disease index 1

n_2 : total number of fruits evaluated as disease index 2

n_3 : total number of fruits evaluated as disease index 3

n_4 : total number of fruits evaluated as disease index 4

Table 1. Anthracnose disease index on a pepper fruit

Disease index	Degree of diseased lesion
0	No lesions on a fruit
1	One or three small lesions
2	Lesion area ranging from 1 to 5%
3	Lesion area ranging from 5 to 25%
4	Lesion area above 25%

병원균 포자 발아율과 부착기 형성을 조사

병원균을 고추 열매에 분무 접종한 후, 포자 발아와 부착기 형성을 조사하기 위해서 고추 표면에 있는 포자를 투명한 테이프를 이용하여 떼어내어 테이프에 부착된 병원균의 포자를 현미경으로 관찰하였다. 반복 당 100개씩의 포자를 관찰하여 발아율과 부착기 형성율을 조사하였으며, 5개의 열매를 반복으로 사용하였고 모든 처리는 3반복으로 실험하였다.

살균제의 효과 검정

고추 탄저병 방제 약제로 사용되는 보호용 살균제인 propineb (a.i. 70%, WP)와 ergosterol 생합성 저해 살균제인 tebuconazole (a.i. 25%, WP), 병원균의 호흡을 저해하는 trifloxystrobin (a.i. 22%, SC)를 사용하여 탄저병에 대한 예방 효과와 치료 효과를 조사하였다. 살균제의 예방과 치료 효과는 병원균을 무상처 접종과 상처 접종 방법으로 나누어 접종하면서 각각 조사하였다. 병원균을 무상처 접종할 경우,

살균제의 예방 효과는 병원균을 분무 접종하기 1일 전에, 치료 효과는 병원균을 분무 접종하고 1일과 5일 후에 살균제를 처리하였다. 병원균의 접종은 포자 현탁액의 포자 밀도를 1×10^6 개 mL^{-1} 로 조절하여 분무 접종하고, 접종한 고추 열매는 25의 플라스틱 상자에서 5일간 습실처리한 후, 뚜껑을 열고 발병을 유도하였다. 병원균을 접종하고 12일 후에 고추 열매 당 발병정도를 조사하였다. 상처 접종 방법으로 살균제의 예방과 치료 효과를 조사할 경우, 고추 열매에 핀으로 균일하게 상처를 내고 병원균을 접종하기 1일 전에 살균제를 처리하여 예방 효과를 구하였고, 병원균을 접종하고 1일과 5일 후에 살균제를 처리하여 치료 효과를 구하였다. 병원균의 접종은 1×10^6 개 mL^{-1} 로 포자 밀도를 조절된 포자 현탁액을 상처 위에 $5 \mu\text{L}$ 씩 점적하여 접종하였다. 병원균을 접종한 고추는 앞의 실험들과 동일하게 25°C에서 습실처리한 플라스틱 상자에 넣어 5일간 습실 처리하였다. 습실 처리 후 플라스틱 상자의 뚜껑을 열고 발병을 유도하였으며, 병원균을 접종하고 12일 후에 상처 위에 형성된 탄저병 병반의 크기를 측정하였다. 살균제의 예방과 치료 효과는 무처리구와 살균제 처리구에서 발병 정도를 비교하여 산출한 방제가를 가지고 비교하였다.

통계 분석

통계 분석은 SAS (SAS Institute, Inc., 1989, Cary, NC) 프로그램을 이용하여 ANOVA 분석을 하였으며, 처리 평균 간 비교를 위하여 Duncan's multiple range test ($P = 0.05$)를 실시하였다.

결과 및 고찰

병원균 포자의 밀도, 습실처리 기간 그리고 발병 온도 가 열매 상에서 포자 발아, 부착기 형성 및 발병도에 미치는 영향

접종한 병원균의 포자 밀도는 Fig. 1에서 보는 것과 같이 열매 위에서 *C. acutatum* JC24의 포자 발아율과 부착기 형성에 영향을 주지 않았다. 탄저병균은 접종한 포자 밀도에 따라서 68.3에서 73.0% 사이의 포자 발아율과 35.3에서 49.3% 사이의 부착기 형성율을 보였지만, 처리 간에 차이가 없었다. 접종 12일 후에 발병도를 조사한 결과, 현탁액에서 포자 밀도를 1×10^6 개 mL^{-1} 로 조절하여 접종한 처리구에서 98.9%로 가장 높은 발병도를 보였다.

병원균을 접종(포자 밀도; 1×10^6 개 mL^{-1})하고 25°C에서 1, 2, 3, 5, 7일간 습실처리하였을 때, 습실처리 기간이 길어짐에 따라서 열매 상에서 포자 발아율과 부착기의 형성율은 상승하였다(Fig. 2). 습실 처리 기간이 늘어나면서 병원균의 발아와 부착기를 형성하는 비율이 증가하는 것을 보면, 상처가 없는 고추 열매 위에서 병원균이 열매를 직접 침입하

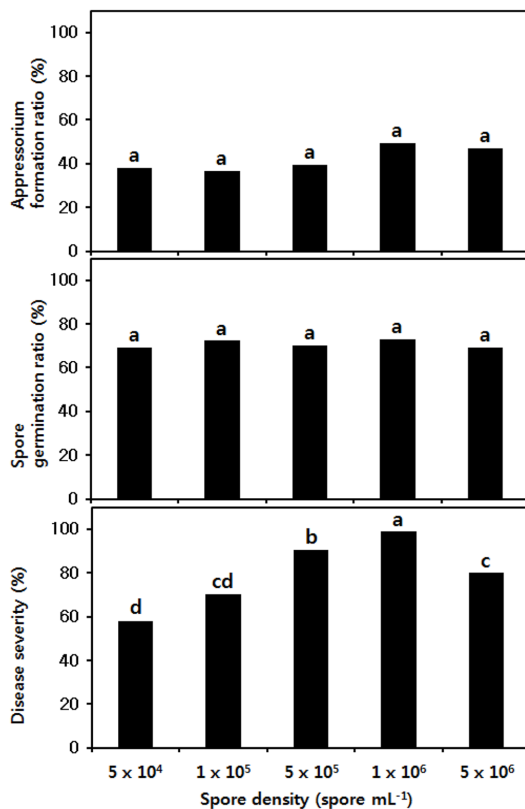


Fig. 1. Effect of conidial density on conidial germination, appressorium formation and disease severity on pepper fruits. *C. acutatum* JC24 was inoculated with spraying conidial suspension adjusted to each indicated conidial density. Inoculated fruits were kept in a humidity plastic box at 25°C for 5 days, and then disease incidence was investigated 12 days after inoculation. Values in the labeled with the same letter are not significantly different in Duncan's multiple range test at $P = 0.05$.

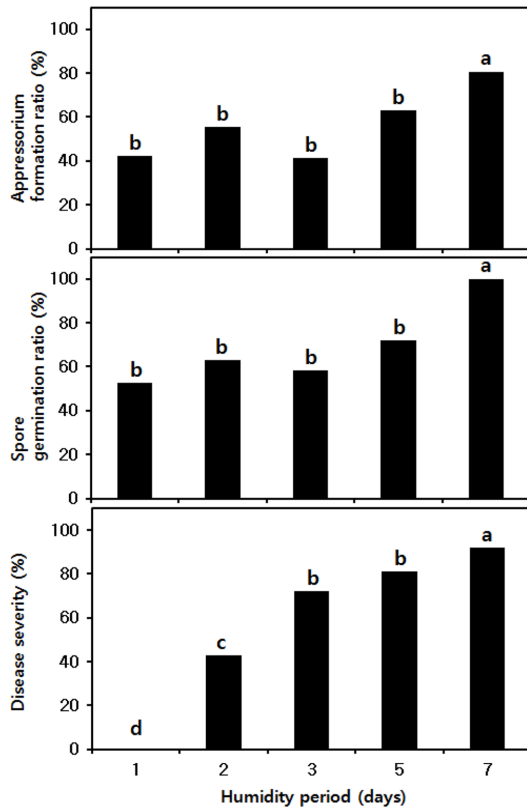


Fig. 2. Effect of wetness period on conidial germination, appressorium formation and disease severity on pepper fruits. *C. acutatum* JC24 was inoculated with spraying conidial suspension adjusted to 1×10^6 spores mL^{-1} . Inoculated fruits were kept in a humidity plastic box at 25°C for each indicated wetness period, on which disease incidence was investigated 12 days after inoculation. Values in the labeled with the same letter are not significantly different in Duncan's multiple range test at $P = 0.05$.

기 위해서는 습실 처리 기간이 매우 중요함을 알 수 있었다. 병 발생도 1일간 습실처리하였을 때에는 전혀 발생되지 않았지만, 2, 3, 5, 7일간으로 습실처리 기간이 증가함에 따라, 44.4, 75.6, 82.2, 95.6%로 증가하였다. 딸기의 잎 상에서 딸기 탄저병균인 *C. acutatum*의 포자 발아, 2차 분생포자 형성, 부착기 형성 등도 습실처리 기간에 영향을 받는다 (Leandro 등, 2003b). 또한 본 실험의 결과와 같이 습도가 높고 기간이 길어질수록 딸기 열매에서 발병도가 증가하였다 (Fernando 등, 1999; Wilson 등, 1990). 이처럼 습실처리 기간은 병원균의 초기 침입 관련 분화와 발병 정도에 큰 영향을 미친다. 하지만 고추 탄저병의 경우 5일 이상 습실 처리를 할 경우, 고추 열매 위에서 병원균의 균사 생장이 급격하게 증가하여 포장에서 관찰하는 것과 같은 전형적인 탄저병의 병반을 발견하기 어려웠다.

병원균을 고추 열매에 집중하고 발병을 유도하기 위한 온도를 20, 25, 30°C 로 각각 조절하여 보관하였을 때, 포자 발아와 부착기 형성에는 차이가 없었지만, 발병도는 31.1,

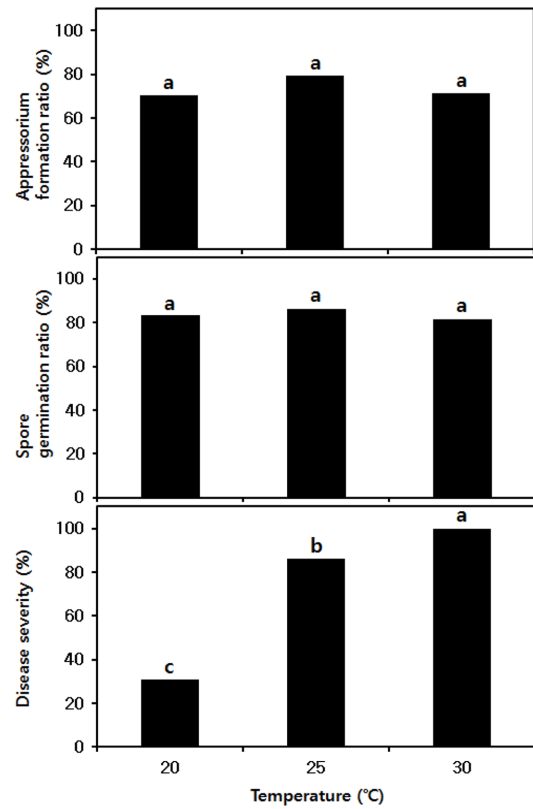


Fig. 3. Effect of incubation temperature on conidial germination, appressorium formation and disease severity on pepper fruits. *C. acutatum* JC24 was inoculated with spraying conidial suspension adjusted to 1×10^6 spores mL^{-1} . Inoculated fruits were kept in a humidity plastic box for 5 days, and then disease incidence was investigated 12 days after inoculation. Values in the labeled with the same letter are not significantly different in Duncan's multiple range test at $P = 0.05$.

86.7, 100%로, 실험한 세 가지 온도 중에서는 30°C 에서 발병이 가장 심하였다 (Fig. 3). 딸기에서는 병원균의 포자 발아 적은은 $23\text{-}27^\circ\text{C}$ 이었으며, 35°C 이상에서는 균사의 생장과 포자 발아뿐만 아니라 발병도까지도 감소하였다 (Leandro 등, 2003a). 본 실험에서는 30°C 이상의 온도에서 실험을 실시하지 않았지만, PDA상에서 *C. acutatum*의 균사 생장이 25°C 보다 30°C 에서 저하하는 것을 보면 30°C 이상의 고온은 고추 탄저병인 *C. acutatum*이 생장하거나 병이 발생하기에 좋은 환경이 아닐 것으로 생각되었다 (Kim 등, 2008).

이상의 결과에서 보면 고추 열매 상에서 병원균이 포자 발아를 하거나 부착기 형성을 하기 위해서는 포자 밀도 집중 후 발병 온도보다 습실처리 기간이 더 큰 영향을 미쳤다. Fig. 1과 3에서 보는 것과 같이 포자 발아율과 부착기 형성에 유의적인 차이가 없는데도 불구하고 발병율에서 차이가 있는 것을 보면, 열매를 침입하는 초기의 포자 발아율과 부착기 형성율은 고추 열매에 대한 병원균과 상관 관계는 낮은 것으로 생각되어진다. 병원균에 따라서는 벼 도열병균

과 같이 기주 식물을 침입하는데 부착기를 형성하는 것이 필수적인 과정인데 비하여, 딸기 잎에서 *C. acutatum*은 침입보다는 생존을 위해서 부착기를 만들기도 한다(Emmett와 Parberry, 1975; Galhano와 Talbot, 2011; Leandro 등, 2003a). 하지만 Fig. 2에서 습실처리 기간이 길어지면서 병원균의 포자 발아율과 부착기 형성율이 높아지고 발병도 또한 증가하는 것을 보면, 고추 탄저병균의 경우도 열매 상에 형성하는 부착기가 병원균이 기주식물을 직접 침입하는데 비록 낮은 상관관계이지만 영향을 미치고 있다고 생각한다. 고추 탄저병균의 병원성에 관여하는 요인으로 열매의 형태적 형질이 관여하고 있다. Manandhar 등(1995)은 고추 탄저병균인 *C. gloeosporioides*의 발병 정도는 열매의 큐티클 층과 과피 층의 두께와 관계가 있다고 보고하였다. 고추의 다양한 계통(line)을 이용한 실험에서도 과피의 두께가 두꺼울수록 형성되는 병반의 크기가 작아지고 병반의 증가 속도도 감소하였다. 결국 열매에서 부착기 형성율과 더불어 열매의 형태적 형질도 병 발생에 영향을 미친다는 것을 보여주고 있다. 또 다른 고추 탄저병균인 *C. capsici*를 다양한 생육 단계의 열매에 접종하면, 열매가 성숙한 것일수록 포자발아와 부착기 형성 정도가 증가하며, 열매에 형성되는 병반의 크기도 증가하며(Rajapakse와 Ranasinghe, 2002), *C. capsici*의 경우 고추의 형태적 형질이 병원균의 침입 기구 형성과 발병 정도에 모두 영향을 미친다. 이러한 결과를 보면 고추 탄저병의 발생은 환경 요인뿐만 아니라 고추의 형태적인 요인 역시 관여하고 있기 때문에, 살균제의 활성을 검정하는 경우에는 항상 병원균의 무상처 접종과 상처 접종이 동시에 이루어져서 살균제의 활성을 검정할 수 있어야 한다.

이러한 특성은 살균제 효과 검정뿐만 아니라 탄저병에 대한 다양한 유전자원의 저항성 정도를 검정하는데도 동일하게 영향을 미칠 것으로 생각한다. Kim 등(2012)은 탄저병균에 대해서 고추의 유전자원 896점의 저항성 검정을 실시하였는데, 그 중 34점이 저항성으로 특히 9점은 전혀 병이 발생하지 않는 유전자원으로 판정하였다. 하지만 병원균을 상처 접종한 결과, 5점만이 3% 미만의 발병율을 보였는데, 이는 상처가 병원균에 대해서 초기에 저항성 요인으로 작용할 수 있는 큐티클층과 세포벽 등에 영향을 미치기 때문이라고 보고하였다. 이 결과는 탄저병균이 고추를 침입하는데 있어서 열매 상에 형성된 상처가 큰 영향을 미친다는 것을 보여준다. 이러한 상처는 병원균을 접종하기 위해서 인위적으로 낸 상처뿐만 아니라 포장에서 발생하는 다양한 상처가 병 발생에 큰 영향을 주는 것이기 때문에, 열매를 이용하여 살균제의 효과검정을 실시하거나 유전자원의 저항성 검정을 실시할 경우에는 특히 주의해야 할 사항이 된다.

고추 탄저병에 대한 살균제의 예방 및 치료 효과

보호용 살균제인 propineb는 병원균을 접종하고 살균제를 처리하는 치료효과가 병원균을 접종하기 전에 처리하는 예방효과보다 낮았다(Table 2). 특히 열매에 상처를 내고 접종하였을 경우에는 무상처 접종에서 병원균을 접종하고 1일과 5일 후에 살균제 처리하였을 때 얻은 61.1%와 36.1%의 치료효과보다도 더 낮은 13.3%와 13.3%의 효과가 나타나, 병방제 효과를 볼 수가 없었다. 하지만 예방 효과의 경우는 무상처 접종구에서 77.8%, 상처 접종구에서 62.2%의 효과를 보였다. 이 결과는 예방 살균제의 경우 포장에서 병이 발생

Table 2. Efficacy of fungicides and inoculation methods on the development of pepper anthracnose caused by *Colletotrichum acutatum*

Fungicide	Application ^{a)} time	Control efficacy (%)	
		Non-wound inoculation ^{b)}	Wound inoculation
Propineb	1 DBI	77.8 ^{c) b^{d)}}	62.2 b
	1 DAI	61.1 bc	13.3 d
	5 DAI	36.1 d	13.3 d
Tebuconazole	1 DBI	50.0 cd	44.4 c
	1 DAI	75.0 b	60.0 b
	5 DAI	13.9 e	2.2 d
Trifloxystrobin	1 DBI	100 a	88.9 a
	1 DAI	71.1 b	91.7 a
	5 DAI	0.0 e	11.1 d

^{a)}Each fungicide was applied by spraying on pepper fruits one day before inoculation (DBI), and one day and 5 days after inoculation (DAI) with *C. acutatum* JC24. Fungicides were sprayed by a recommended concentration in the field.

^{b)}The conidial suspension of *C. acutatum* JC24, which were adjusted to 1×10^6 spores mL⁻¹, was inoculated by spraying with spore suspension and 5 µL-dropping on a wound. Inoculated fruits were kept in a humidity plastic box at 25°C for 5 days. Disease incidence on a fruit was investigated 12 days after inoculation.

^{c)}Figures presented the control value (%).

^{d)}Values followed by the same letter are not significantly different at P = 0.05 based on Duncan's multiple range test.

하기 전에 예방적으로 처리한다면 열매에 상처가 있다고 하더라도 탄저병에 대해서 방제 효과를 나타낼 수 있지만, 병이 발생한 후에 치료용 방제약제로 처리할 경우에는 효과가 크게 감소하기 때문에 탄저병을 방제하기 어려울 것으로 예상된다. 따라서 예방 살균제의 경우에는 처리하는 일정을 잘 조절하여 병이 발생하기 전에 처리하는 것이 중요하다. 치료효과가 우수한 것으로 보고되어 있는 *tebuconazole*은 상처 접종구와 무상처 접종구 모두에서 병원균을 접종하고 1일 후에 처리하는 치료 효과가 예방효과보다 우수하였다. 일반적으로 *tebuconazole*과 같이 *ergosterol* 생합성을 억제하는 살균제는 병원균의 포자 발아 억제 효과보다는 균사 생장을 억제하는 효과가 더 크기 때문에 열매 표면에서도 병원균의 포자가 발아하고 균사 생장을 하는 단계에서의 효과가 더 우수하기 때문에 예방효과보다 치료효과가 우수하게 나타났을 것으로 생각한다(Amponsah 등, 2012). 병원균의 호흡을 억제하여 병 방제 효과를 나타내는 *strobilurin*계에 속하는 *trifloxystrobin*은 병원균에 대해서 우수한 포자 발아 억제효과와 균사생장 억제효과를 모두 지니고 있는 것으로 알려져 있다. Table 2에서 탄저병균을 상처 혹은 무상처 접종하였을 때 모두에서 *trifloxystrobin*은 예방과 치료 효과가 모두 우수하였다. 하지만 병원균을 접종하고 5일 후에 처리한 경우, 방제효과는 0%와 11.1%로 크게 감소하였다. 이러한 결과는 동일한 계통의 *pyraclostrobin*의 포도 탄저병과 감귤 과양병 방제 효과에서도 얻을 수 있었다(Mondal 등, 2007). 병원균을 접종하기 전과 접종 1일 후에 처리하였을 때, 80-100%의 효과가 병원균을 접종하고 4일 후에 처리하였을 때에는 30-40%로 감소하였다. 본 실험에 사용한 *propineb*와 *tebuconazole* 역시 병원균을 접종하고 5일 후에 처리할 경우 방제효과가 2.2%에서 36.1% 사이로 매우 낮게 나타났다. 따라서 살균제는 각각의 특성이 다르다고 하더라도 병이 발생하고 너무 시기가 늦은 상태에서 처리할 경우, 탄저병을 방제할 수 있는 가능성은 매우 희박해지기 때문에 포장에서 병 발생을 지속적으로 모니터링하면서 처리 시기를 결정하는 것이 필요하다.

고추 탄저병균을 열매에 무상처 접종할 때, 병원균 접종 밀도, 습실처리 기간, 발병 온도 등이 병원균의 침입 기구 형성과 열매에서의 발병도에 영향을 주기 때문에 살균제 효과 검정에서 무처리구의 발병도가 실험 조건에 따라서 상당한 차이를 보일 수 있다. 그런데 살균제 무처리구의 발병도는 살균제 효과에 영향을 미치기 때문에 검정하는 정확한 조건을 표준화하는 것이 필요하다. 또한 병원균을 무상처 접종하는 방법과 상처 접종하는 방법은 살균제가 갖는 특성에 따라서 효과가 감소할 수도 있기 때문에 포장과 동일한 조건에서 살균제의 효과를 정확하게 조사하기 위해서는 두 가지의 접종 방법을 동시에 실시하는 것이 타당하다. 이처럼 검정 방법의 표준화는 살균제의 효과 검정과 작용 특성

을 연구하는데 꼭 필요한 과정이며, 유용하게 사용될 수 있을 것으로 생각한다.

감사의 글

이 논문은 농림수산부의 “종자수출 확대를 위한 해외 맞춤형 품종개발” 과제의 연구비 지원에 의하여 진행된 연구의 결과로, 연구비의 지원에 감사드립니다.

Literature Cited

- Amponsah, N. T., E. Jones, H. J. Ridgway and M. V. Jaspers (2012) Evaluation of fungicides for the management of *Botryosphaeria dieback* diseases of grapevines. *Pest Manag. Sci.* 68:676-683.
- Emmett, R. W. and D. G. Parbery (1975) *Appressoria*. *Annu. Rev. Phytopathol.* 13:147-167.
- Fernando, T. H. P. S., C. K. Jayasinghe and R. L. C. Wijesundera (2000) Factors affecting spore production, germination and viability of *Colletotrichum acutatum* isolates from *Hevea brasiliensis*. *Mycol. Res.* 104:681-685.
- Galhano, R. and N. J. Talbot (2011) The biology of blast: Understanding how *Magnaporthe oryzae* invades rice plants. *Fungal Biol. Rev.* 25:61-67.
- Kim, C. H. and K. S. Park (1988) A predictive model of disease progression of red-pepper anthracnose. *Kor. J. Plant Pathol.* 4:325-331.
- Kim, J. T., S. K. Park, W. Choi, Y. H. Lee and H. T. Kim (2008) Characterization of *Colletotrichum* isolates causing anthracnose of pepper in Korea. *Plant Pathol. J.* 24:17-23.
- Kim, S. G., N.-Y. Ro, O.-S. Hur, H.-C. Ko, J.-U. Gwang and Y.-C. Huh (2012) Evaluation of resistance to *Colletotrichum acutatum* in pepper genetic resources. *Res. Plant Dis.* 18:93-100. (In Korean)
- Kim, S. H., J. B. Yoon, J. W. Do and H. G. Park (2007) Resistance to anthracnose caused by *Colletotrichum acutatum* in chili pepper (*Capsicum annuum* L.). *J. Crop Sci. Biotech.* 10:277-280.
- Leandro, L. F. S., M. L. Gleason, F. W. Nutter, Jr., S. N. Wegulo and P. M. Dixon (2003a) Influence of temperature and wetness duration on conidia and appressoria of *Colletotrichum acutatum* on symptomless strawberry leaves. *Phytopathology* 93:513-520.
- Leandro, L. F. S., M. L. Gleason, F. W. Nutter, Jr. S. N. Wegulo and P. M. Dixon (2003b) Strawberry plant extracts stimulate secondary conidiation by *Colletotrichum acutatum* on symptomless leaves. *Phytopathology* 93:1285-1291.
- Manandhar, J. B., G. L. Hartman and T. C. Wang (1995) Anthracnose development on pepper fruits inoculated with *Colletotrichum gloeosporioides*. *Plant Dis.* 79:380-383.
- Mondal, S. N., A. Vicent, R. F. Reis and L. W. Timmer (2007)

- Efficacy of pre- and postinoculation application of fungicides to expanding young citrus leaves for control of melanose, scab, and *Alternaria* brown spot. *Plant Dis.* 91:1600-1606.
- Park, K. S. and C. H. Kim (1992) Identification, distribution and etiological characteristics of anthracnose fungi of red pepper in Korea. *Kor. J. Plant Pathol.* 8:61-69.
- Rajapakse, R. G. A. S. and J. A. D. A. R. Ranasinghe (2002) Development of variety screening method for anthracnose disease of chilli (*Capsicum annum* L.) under field conditions. *Trop. Agri. Res. Ext.* 5:7-11.
- Susheela, K. (2012) Evaluation of screening methods for anthracnose disease in chilli. *Pest Manag. Hort. Ecosys.* 18:188-193.
- Shin, H. J., Z. J. Chen, J. M. Hwang and S. G. Lee (1999) Comparison of pepper anthracnose pathogen from Korea and China. *Plant Pathol. J.* 15:323-329.
- Wilson, L. L., L. V. Madden and M. A. Ellis (1990) Influence of temperature and wetness duration on infection of immature and mature strawberry fruit by *Colletotrichum acutatum*. *Phytopathology* 80:111-116.

살균제 효과 검정을 위한 고추 탄저병의 실내 열매 검정법

이수민 · 장호선 · 김흥태*

충북대학교 농업생명환경대학 식물외과

요 약 고추 탄저병균을 고추 열매에 무상처 분무 접종할 경우, 접종원의 밀도, 습실처리 기간, 발병 온도 등이 열매 상에서 병원균의 포자 발아, 부착기 형성과 발병 정도에 미치는 영향을 조사하였다. 병원균의 접종 밀도와 발병 온도는 포자 발아와 부착기 형성에는 유의성 있는 영향을 미치지 못하였지만, 발병도에는 영향을 미쳐서 1×10^6 개 mL^{-1} 의 밀도와 30°C의 발병 온도에서 병 발생이 가장 높았다. 습실처리 기간은 포자 발아, 부착기 형성과 발병도에 모두 영향을 미쳤는데, 처리 기간이 길어질수록 포자 발아율, 부착기 형성율과 발병도가 증가하였다. 하지만 7일 이상 기간이 길어지면, 열매에서 균사의 생장이 활발하여 포장에서 보는 것과 같은 전형적인 병징을 관찰하기가 어려웠다. 병원균 밀도를 1×10^6 개 mL^{-1} 로, 습실처리 기간은 5일로, 발병온도는 30°C로 결정하고 병원균을 무상처 접종과 상처 접종하여 살균제의 효과를 비교하였다. 예방 살균제인 propineb는 병원균 접종 1일 전에 처리한 예방효과가 가장 우수하였으며, 병원균을 접종하고 1일 후에 처리한 치료 처리에서는 무상처 접종의 경우에는 효과가 유지되었지만, 상처 접종 시에는 효과가 급감하였다. 치료 살균제인 tebuconazole은 두 가지의 접종 방법 모두에서 치료 효과가 예방효과보다 우수하였다. 예방과 치료 효과를 모두 지니고 있는 trifloxystrobin은 무상처와 상처 접종 모두에서 예방 및 치료 효과가 우수하였다. 하지만 병원균을 접종하고 5일 후에 살균제를 처리하였을 경우에는 3종의 살균제 모두 효과가 아주 미미 하였다. 본 실험을 통하여 표준화된 검정 방법은 병원균을 무상처와 상처 접종하면서 살균제의 효과를 정확하게 검정할 수 있을 뿐만 아니라, 살균제의 작용 특성을 조사하는데도 유용하리라고 생각한다.

색인어 고추 탄저병, *Colletotrichum acutatum*, 실내 열매 검정법, 살균제 활성화