

## 고추 탄저병균(*Colletotrichum acutatum*)의 분생포자 비산과 과실병반에 형성된 전염원 밀도

지형진\* · 신순선<sup>1</sup> · 이지현 · 김원일 · 홍성준 · 김용기  
농촌진흥청 국립농업과학원 유기농업과, <sup>1</sup>중국하남농대 식물병리학과

### Conidial Disperse of the Pepper Anthracnose Fungus *Colletotrichum acutatum* and Its Density on Infected Fruits

Hyeong-Jin Jee\*, Shun-Shan Shin<sup>1</sup>, Ji-Hyun Lee, Won-Il Kim, Sung-Jun Hong and Yong-Ki Kim

Organic Agriculture Division, National Academy of Agricultural Science, Rural Development Administration,  
Suwon 441-707, Korea

<sup>1</sup>College of Plant Protection, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China

(Received on February 4, 2010)

This study was aimed to understand conidial disperse of the pepper anthracnose fungus *Colletotrichum acutatum*, elapse time for the disease development, and inoculum potentials on infected fruits. Most (99.2%) conidia of the fungus disseminated from inoculum source on the rainy day, while only 0.8% conidia dispersed on the sunny day. Among the conidia 93.3% were caught under 60 cm height at 30 cm distance; however, conidia were detected at 120 cm height at the distance. Relatively susceptible pepper fruits to anthracnose showed first visible symptoms at 4 days after infection under a mimic field condition. However, it seemed that over 10 days are required for the disease to develop on moderately resistant pepper fruits under unfavorable conditions. The number of conidia formed on a lesion was positively correlated with the lesion size ( $R^2=0.88$ ). Over 10 millions of conidia were formed at a normal lesion size 1.5 cm in length. In some large coalesced lesions ca. 4cm in length produced over 100 millions of the fungal conidia. Results further confirmed that the rainfall is the key factor for the inoculum disperse of the pepper anthracnose pathogen, *Colletotrichum acutatum*, and a long distance dissemination is plausible according to rain and wind intensity. Consequently, rain-proof structures are ideal to avoid the disease, and removal of infected fruits and timely chemical spray are indispensable to reduce the inoculum potential in the field.

**Keywords :** *Colletotrichum acutatum*, Conidia, Disperse, Inoculum

고추는 우리식단에서 없어서는 안 될 가장 중요한 조미채소로써 다음으로 재배면적이 많고 수익성이 높은 경제작물이다. 국내 고추 재배면적은 1980년대에 120,853 ha에 이르기도 하였으나 단위 면적당 생산량이 증가되고 중국산 고추의 수입이 늘어나면서 점차 감소되어 2008년에는 48,825 ha로 줄어들었다(농림부 2008; 농진청 2009). 고추에는 40종 이상의 병해가 발생되고 있지만 *Phytophthora capsici*에 의한 역병과 *Colletotrichum acutatum*에 의한 탄저병의 피해가 가장 크다. 고추 역병은 2000년 이후 저

항성품종과 저항성대목을 이용한 접목 묘가 널리 보급되어 피해를 줄이고 있으나 탄저병은 아직도 저항성 품종이 개발되지 않아 국내외적으로 피해가 극심한 형편이다. 탄저병은 어린 묘, 잎, 줄기 등에 발생하는 경우도 있으나 대부분은 과실에 발생하여 직접적으로 수량을 감소시킨다. 탄저병의 발생정도는 기상조건에 따라 해마다 다르지만 전국적으로 평균 손실량이 약 10%에 이를 것으로 추정된다. 최근에는 친환경농업이 확산되면서 농약을 사용하지 않는 무농약이나 유기농 재배농가에서는 포장 발병율이 90%를 넘어 수확을 거의 하지 못하는 경우도 있다(권과 이, 2002; 지, 2006; 농진청, 2009).

고추 탄저병균인 *Colletotrichum acutatum*은 빗물에 의해 전파되는 대표적인 병원균으로 탄저병의 대 발생은 강우

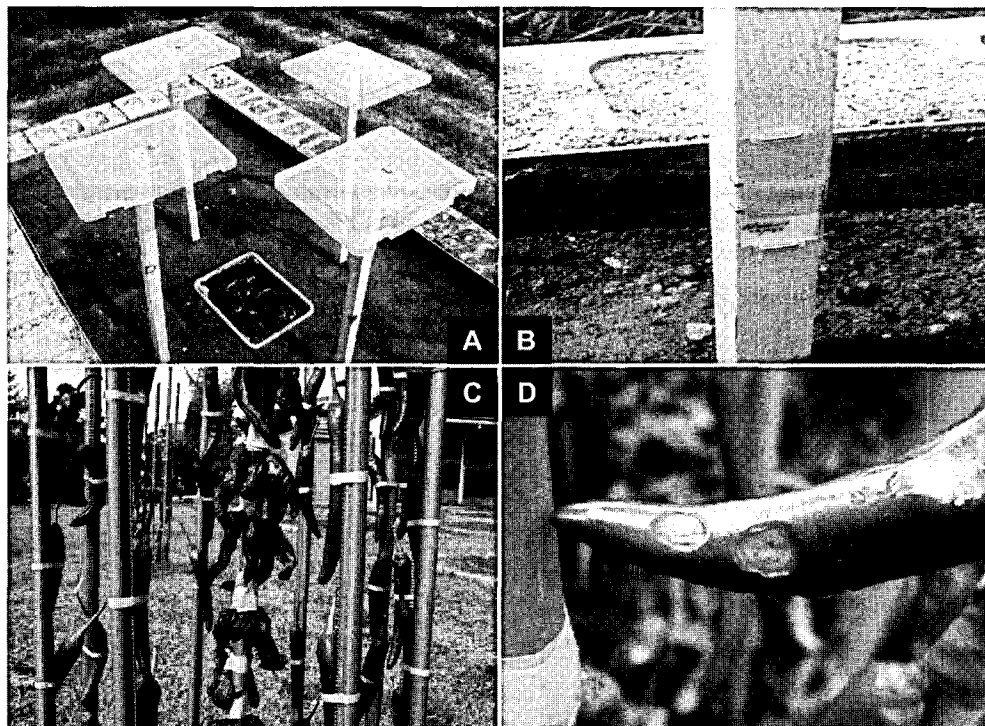
\*Corresponding author  
Phone) +82-31-290-0545, Fax) +82-31-290-0507  
Email) hjjee@rda.go.kr

량, 강우일수, 강우지속기간, 상대습도, 온도 등의 기상환경과 밀접한 관계가 있다(Jeffries 등, 1990; Madden, 1992; Wharton과 Uribeono, 2004). 강우와 탄저병 발생의 상관관계는 딸기를 모델작물로 하여 미국에서 많은 연구가 이루어졌는데, Madden 등(1992, 1993)과 Ntahimpera 등(1999)은 인공강우 시뮬레이션으로 딸기 탄저병의 1차 전염원인 *C. acutatum* 분생포자의 비산과 전파에 관련된 다양한 연구를 수행한 바 있다. 또한 *Colletotrichum*속 균은 잠복기를 가지는 대표적인 병원균으로 알려져 있다(Jeffries 등 1990; Wharton 등, 2004). 탄저병균은 작물 표면에 안착하면 발아관을 내고 흡착기를 형성하여 표면에 단단히 달라붙은 다음 세포의 효소를 분비하거나 물리적인 힘으로 세포를 침입하는데 작물에 생리적인 변화가 일어날 때까지 기다렸다가 발병 조건이 좋아지면 급격하게 증식한다. 하지만 발병환경이 적합하지 않을 경우에는 침입한 작물의 조직 내에서 오랫동안 잠복기간을 가진다고 보고되어 있다(Than 등, 2008; Wharton 등, 2004).

국내에서도 고추 탄저병의 발생생태를 이해하기 위한 연구가 일부 시도된 바 있다. Park과 Kim(1994)은 실내에서 고추 탄저병 발생에 미치는 온도와 상대습도 및 전염원의 농도에 관한 연구를 수행하였고, 권과 이(2002)는

기상요인과 탄저병 발생의 상관관계를 이해하기 위해 포장에서 탄저병 발생소장과 기상요인을 분석하였다. 하지만 고추 탄저병균이 비가 오는 날과 맑은 날에 어느 정도 비산하는지와 비산거리는 얼마나 되는지, 그리고 탄저병균의 분생포자가 빗물에 의해 전파된 후 몇 일만에 과실에 병징이 나타나는지 등에 대한 정확한 정보가 없었다. 본 연구는 노지상황에서 고추탄저병균의 비산과 병징 발현 소요일수 및 고추 과실에 형성된 분생포자의 밀도 등을 이해하여 합리적인 방제대책 수립의 기초 자료를 얻고자 수행하였다.

**고추 탄저병균의 비산.** 2007년 5월부터 9월 사이에 매일 비가 오는 날과 맑은 날을 선정하여 Fig. 1과 같이 탄저병에 걸린 과실을 바구니에 담아 가운데 두고 사방 30 cm 거리에 20, 40, 60, 80, 100, 120 cm 높이로 비산되는 분생포자를 글리세린제리를 바른 슬라이드글라스로 포집하였다. 시험은 국립농업과학원 내에 위치한 유기재배 온실 옆 야외 포장에서 실시하였다. 글리세린제리는 권과 박(2004)의 방법에 따라 삼각플라스크에 증류수 100 ml과 젤라틴 40 g을 첨가하여 가스버너 위에서 완전히 녹인 다음 글리세린 80 ml를 첨가하여 골고루 섞고 냉각하여 만들었다. 슬라이드글라스의 한쪽 끝에 작은 글리세린제리



**Fig. 1.** Conidial disperse and natural infection of *Clletotrichum acutatum* on the rainy day were investigated as shown A-D. Inoculum source of pepper anthracnose was placed in the center (A) and slide glasses coated with glycerin jelly were attached at the designated distance (B). Naturally infested pepper fruit was placed in the center pole and healthy pepper fruits surrounded the inoculum (C) and lesions developed on a fruit at 7 days after the rainy day (D).

**Table 1.** Comparison of dispersed conidial number of *Colletotrichum acutatum* at the rainy day and the sunny day

Experimental period	Precipitation at the rainy day (mm/24 hr)	No. of conidia captured / cover glass <sup>a</sup>	
		Rainy day	Sunny day
5. 24-29	48.5	27.6	0.8
6. 22-25	27.0	1.8	0.3
7. 24-26	20.5	17.4	0.6
8. 8-16	109.0	34.8	0.3
9. 6-10	32.5	189.7	0.3
Mean	47.5	54.26 (99.2%)	0.46 (0.8%)

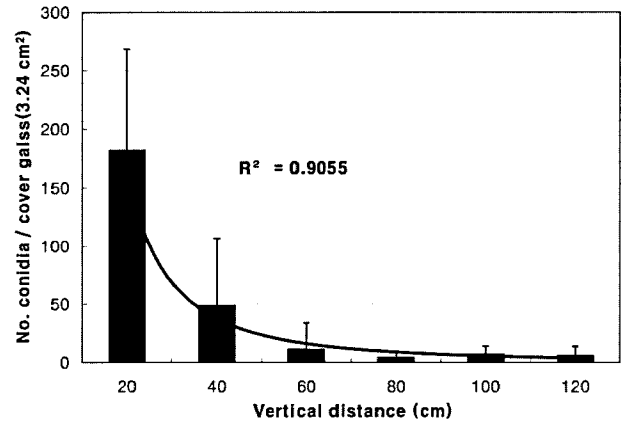
<sup>a</sup>The size of cover glass was 3.24 cm<sup>2</sup> (18×18 mm).

조각을 떼어놓고 알콜 램프로 서서히 가열하여 녹인 후 균일한 피막을 형성하기 위해 둥근 유리봉으로 한번만 살짝 문질러 바르고 그림과 같이 나무막대에 높이별로 설치하였다. 비가 오기 직전과 맑은 날에 설치한 슬라이드 글라스는 24시간 후에 실험실로 가져와 가운데에 커버글라스(18×18 mm)를 덮고 100배 혹은 200배 현미경하에서 포집된 분생포자 수를 세었다.

Table 1에 나타난 비산 포자수는 동서남북 4곳에 높이별로 설치된 슬라이드글라스에 포집된 전체 포자의 평균값이다. 고추 탄저병균 포자는 비가 오는 날에 99.2%가 비산하였으며 맑은 날에 비산한 포자는 0.8%에 불과하였다. 비 오는 날의 분생포자 비산량은 평균 1.8개부터 189.7개까지 현격한 차이가 있었다. 포자 비산량은 그날의 강우량이나 바람에 영향을 받을 것이나 본 시험에서는 매월 사용한 전염원이 달랐기 때문에 포자 비산량과 기상요인과의 상관을 분석하기 어려웠다. 또한 조사 날짜별로 비바람의 방향이 달랐기 때문에 동서남북 4곳에 포획된 포자의 수가 현저히 다르게 나타났다. 따라서 반복별 처리별 통계적 유의차 분석은 무의미하여 커버글라스 내에 있는 포자수의 평균값만 제시하였다.

Fig. 2에 나타난 바와 같이 고추 탄저병균의 비산 포자량은 전염원으로부터 가까울수록 많았고 멀어질수록 적었다. 대부분의 포자는 전염원으로부터 30 cm 거리의 60 cm 높이까지 비산되었고(93.3%), 80 cm 이상에서는 비산량이 적었지만 120 cm 높이까지도 비산되는 것을 알 수 있다. 고추 탄저병균의 전파는 수직비산과 함께 수평비산이 중요하지만 본 시험에서 수평으로 전파되는 거리를 측정하기 어려웠다. 이는 앞에서 언급한 바와 같이 포자의 비산은 강우량과 비바람의 영향을 받기 때문에 노지상태에서 실제 비산거리를 측정하기 위해서는 좀 더 진전되고 정밀한 연구가 필요하다고 생각된다.

Madden 등(1993)은 한 개의 빗방울이 *C. acutatum* 분



**Fig. 2.** Vertical disperse of the fungal spore of pepper anthracnose pathogen, *Colletotrichum acutatum*, at the rainy day. Data were means of 3 times investigation from July to September in 2007.

생포자를 비산시키는 거리는 10 cm 이하로 짧기 때문에 포자가 멀리 전파되기 위해서는 빗방울이 연속으로 내려야 한다고 하였고, Yang 등(1992)은 한 개의 빗방울 속에 6개에서 134개의 탄저병균 포자를 40 cm까지 전파된다고 보고하였다. 본 실험에서는 하루 동안 내린 비에 의해 고추 탄저병균의 분생포자가 전염원에서 30 cm 거리의 120 cm 높이까지 비산되는 것으로 조사되어 실제 포장상태에서 전염원은 비바람의 강도에 따라 수 미터까지도 전파될 것으로 판단되었다.

**병 증상 발현 일수.** 노지에서 자연 감염된 고추과실에 병징이 나타나는 시기를 알아보기 위해 선행연구에서 탄저병에 대해 상대적으로 감수성 정도가 높은 ‘독야청청’과 낮은 ‘PR불사조’ 2품종의 과실을 이용하였다. 포장에서 재배되는 두 품종의 건전과실을 수확하여 0.1% NaCl 용액에 약 10분간 침지하여 소독하고 살균수로 3번 이상 세척하여 사용하였다. Fig. 1과 같이 고추 탄저병에 감염된 병든 과실과 2품종의 건전 과실을 플라스틱 막대에 일렬로 테이프로 감아 매단 후 전염원을 가운데 두고 반경 30 cm 간격으로 2품종의 과실을 교호로 배열하였다. 비가 오기 직전에 설치하고 24시간 후에 가운데 있는 전염원을 제거하였다. 두 품종의 과실은 실험실로 가져와 페이퍼타올로 습실 처리된 플라스틱 박스에 담아 실온에 두고 병증상이 나타나는 시기를 조사하였다.

Fig. 3과 같이 탄저병에 상대적으로 감수성인 품종의 과실에는 처리 4일 후에 최초로 탄저병 증상이 나타났으며 9일 후에는 100% 발병되었다. 하지만 감수성이 낮은 품종은 처리 6일 후에 최초 병증상이 발현되어 7일 후에 21% 발병율을 나타내었고 10일 후에는 64%로 감염율이 높아졌다. 이 시험의 결과로 볼 때 노지에서 자연 감염된 고추는 발병최적 환경에서는 4일 만에 병 증상이 발

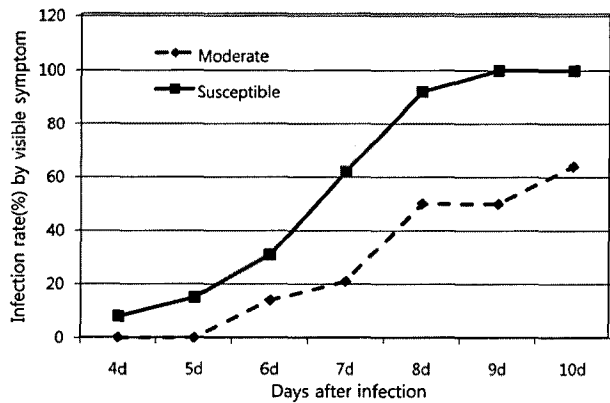


Fig. 3. Development of anthracnose symptom on pepper fruits after infection under a mimic field condition.

현되며 기상환경에 따라 10일 이상 소요될 수도 있을 것으로 판단되었다.

연구자에 따라 병원균 접종 후 병증상이 나타나는 시기를 다소 다르게 보고하고 있으나 대체적으로 접종 4일 후에 최초 병징이 나타난다. Madden 등(1993)은 노지재배 딸기의 이랑 사이에 탄저병균의 전염원을 두었을 때 7일째에 최초로 병징이 나타났다고 보고하였고, Park과 Kim(1994)은 실내접종 시험에서 48시간 후에 최초 병증상이 관찰되었다고 하였다. 하지만, Kwon과 Lee(2002)는 고추포장에서 20일 전에 내린 강우가 고추 탄저병 발생률과 가장 밀접한 관계가 있다고 하였는데 이는 강우로 인한 1차 전염뿐만 아니라 2차 혹은 3차 감염이 복합적으로 일어난 결과일 것으로 판단된다. 앞서 언급한 것처럼 고추 탄저병균인 *C. acutatum*은 잠복기를 가지는 대표적인 병원균으로 감염 후 기상환경에 따라 최소 4일에서 10일 혹은 그 이후에 병 증상이 나타날 가능성이 있는 것으로 추정된다.

**병반에 형성된 전염원의 밀도.** *C. acutatum*은 분생포자나 균사조각 혹은 흡착기 등의 다양한 형태로 병든 식물조직 속에서 수년간 생존하며 전파와 침입의 가장 중

요한 1차 전염원은 분생포자로 알려져 있다(Nair 등, 1983). 유효전염원의 최소단위인 분생포자가 1개의 병반에 얼마나 형성되는지를 이해하는 것은 탄저병 방제방법과 시기를 결정하는데 중요한 요인이라 생각되어 병반 크기별로 형성된 분생포자의 수를 다음과 같이 조사하였다. 노지에서 탄저병에 자연 감염된 고추와 실내 인공 접종으로 감염된 고추 과실을 각각 50개 이상씩 수집하였다. 병반의 직경을 측정된 다음 수술용 칼로 병반부위를 도려내어 크기에 따라 10 ml 혹은 50 ml Falcon 튜브에 담고 살균수를 각각 5 ml 혹은 20 ml를 첨가하여 vortex mixer로 약 5분 간격으로 1-2분간 2회에 걸쳐 강하게 믹스하였다. 현탁액 2 μl를 5반복으로 슬라이드 글라스에 떨어뜨리고 100배 현미경으로 분생포자 수를 직접 계측하였다. 현탁액 속의 분생포자 밀도가 너무 높을 경우에는 10배 혹은 100배로 희석하여 검경한 후 병반별로 형성된 포자수를 조사하였다. 한 개의 시료 당 2번씩 조사하여 평균값을 나타내었다.

Fig. 4에 나타난 바와 같이 병반크기와 병반에 형성된 고추 탄저병균의 분생포자 수는 정의 상관성이 있었다. 병반의 길이가 1.5 cm 이상인 경우에는 대부분 1천만 개 이상의 분생포자를 형성하였으며 병반이 합쳐져서 지름이 4 cm 이상인 대형병반에는 1억 개가 넘게 형성되기도 하였다. 실내에서 인공 접종한 고추과실에 형성된 전염원의 밀도 역시 노지의 자연 감염 고추와 비슷한 경향으로 나타나 병반 크기에 따라 수 천만 개의 분생포자를 형성하였다. 임과 이(2004)는 고추 100일 묘에 탄저병균의 분생포자를 10<sup>2</sup> conidia/ml과 10<sup>6</sup> conidia/ml 농도로 살포 접종한 경우 각각 5.0%와 20.3%의 발병율을 나타내었다고 보고하였고, Park과 Kim(1994)은 고추 과실에 탄저병균의 포자현탁액을 10<sup>5</sup> conidia/ml 이하 농도로 접종했을 때는 발병되지 않았고 10<sup>6</sup> conidia/ml 이상의 고농도에서만 균주에 따라 20-100% 발병율을 나타내었다고 보고하였다. 하지만 노지 포장에서 이와 같이 높은 농도의 전염원이

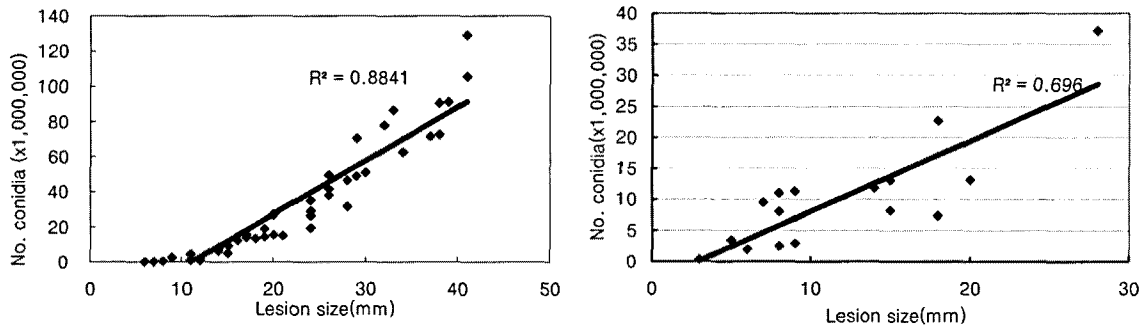


Fig. 4. Number of conidia of *Colletotrichum acutatum* produced in a lesion on pepper fruits collected from fields (left) and artificially inoculated in the laboratory (right).

한 지점에 동시에 감염되어 탄저병을 일으킬 가능성은 매우 희박해 보인다. 이론적으로는 최소 유효전염원인 1개의 분생포자(1 colony forming unit)가 탄저병을 유발할 수 있기 때문에 포장에서 탄저병이 급격하게 번져 나가고 살균제의 살포적기를 놓칠 경우 방제효과가 낮게 나타나는 것은 천문학적인 숫자의 전염원 밀도가 주 원인일 것으로 추정된다. Yang 등(1992)은 딸기 과실에 발생하는 *C. acutatum*이 동일한 강우 조건에서 *Phytophthora cactorum*보다 훨씬 많이 발생하는 것은 두 균의 전염원 농도 차이에 기인한다고 보고하였다.

## 요 약

본 연구는 고추 탄저병균인 *Colletotrichum acutatum*의 강우에 따른 비산량과 비산거리 및 포장에서 감염 후 병증상의 발현시기 그리고 병반에 형성된 전염원의 밀도 등을 알아보기 위해 수행하였다. 고추탄저병균의 분생포자는 비가 오는 날에 99.2%가 비산되었고 맑은 날에는 단지 0.8%의 포자만이 비산하였다. 포자의 비산량은 전염원과의 거리와 정의 상관성이 있었다. 고추 탄저병균 포자의 93.3%는 전염원과 30 cm 수평거리에서 60 cm 높이 이하로 전파되었으며 120 cm 높이까지 비산하는 것으로 조사되었다. 노지에서 상대적으로 감수성이 높은 품종의 고추 과실과 낮은 품종의 과실은 각각 4일과 6일 후에 최초로 외부 병 증상을 나타내었다. 하지만 10일 후에 병 증상을 나타내기도 하여 기상환경에 따라 병원균의 잠복기간이 10일 이상일 가능성도 있을 것으로 판단되었다. 고추 병반에 형성된 전염원인 분생포자의 수는 병반의 크기가 클수록 많았는데 병반의 길이가 1.5 cm 이상일 경우에는 병반 당 천만 개 이상의 포자가 형성되었으며 여러 개의 병반이 합쳐져 병반 길이가 4 cm가 넘을 경우 1억개가 넘는 포자가 형성되기도 하였다. 이상의 결과로 고추 탄저병균인 *C. acutatum*이 빗물에 튀어서 전파되고 비바람의 강도에 따라 상당히 먼 거리로 전파될 수 있으며 기상환경에 따라 감염 후 10일 이상의 잠복기를 가질 수 있으며 한 개의 큰 병반에는 수 천만개의 전염원이 형성되는 것을 확인되었다. 따라서 고추 탄저병의 가장 효과적인 방제수단은 빗물을 직접 맞지 않도록 하는 비가림 시설이며, 노지에서는 병든 과실을 조기에 제거하고 병 발생 초기에 적절한 약제를 살포하여 전염원의 밀도

를 낮추는 것이 무엇보다 중요하다.

## 참고문헌

- 지형진. 2006. 고추 주요 병해의 친환경적 종합관리. 한국고추 연구회지 11: 41-53.
- Jeffries, P., Dodd, J. C., Jeger, M. J. and Plumbey, R. A. 1990. The biology and control of *Collectotrichum* species on tropical fruit crops. *Plant Pathology* 39: 343-366.
- 권진혁, 박창석. 2004. 감나무 탄저병균 *Colletotrichum gloeosporioides*의 분생포자 비산과 농가 포장에서 탄저병의 발생과정. *식물병연구* 10: 272-278.
- 권천섭, 이순구. 2002. 고추 탄저병의 발병 생태 특성. *식물병연구* 8: 120-123.
- 임진현, 이순구. 2004. 고추 탄저병균의 배양형 변이 그리고 병원성 차이. *식물병연구* 10: 203-208.
- Madden, L. V. 1992. Rainfall and the dispersal of fungal spores. *Adv. Plant Pathol.* 8: 39-79.
- Madden, L. V., Wilson, L. L. and Ellis, M. A. 1993. Field spread of anthracnose fruit rot of strawberry in relation to ground cover and ambient weather conditions. *Plant Dis.* 77: 861-866.
- Madden, L. V., Wilson, L. L., Yang, X. and Ellis, M. A. 1992. Splash dispersal of *Colletotrichum acutatum* and *Phytophthora cactorum* by short-duration simulated rains. *Plant Pathol.* 41: 427-436.
- 농촌진흥청. 2009. 유기농기술서-5. 고추 유기재배 매뉴얼. 삼미기획. 139 p.
- 농림수산식품부. 2008. 농림수산식품주요통계. 한라인쇄. 586 p.
- Ntahimpera, N., Wilson, L. L., Ellis, M. A. and Madden, L. V. 1999. Comparison of rain effects on splash dispersal of three *Colletotrichum* species infecting strawberry. *Phytopathology* 89: 555-563.
- Park, K. S. and Kim, C. H. 1994. Effect of temperature, relative humidity, and free water period on lesion development and acervulus formation of *Colletotrichum gloeosporioides* on red pepper. *Korean J. Plant Pathol.* 10: 34-38.
- Than, P. P., Prihastuti, H., Phoulivong, S., Taylor, P. W. J. and Hyde, K. D. 2008. Chilli anthracnose disease caused by *Colletotrichum* species. *J. of Zhejiang University Science B.* 9: 764-778.
- Wharton, P. S. and Dieguez-Urbeondo, J. 2004. The biology of *Collectotrichum acutatum*. *Anales del Jardin Botanico de Madrid* 61: 3-22.
- Yang, X., Madden, L. V., Reichard, D. L., Wioson, L. L. and Ellis, M. A. 1992. Splash dispersal of *Collectotrichum acutatum* and *Phytophthora cactorum* from strawberry fruit by single drop impactions. *Phytopathology* 82: 332-340.