

고추 유묘에 대한 *Colletotrichum acutatum*의 병원성과 탄저병 발생

한경숙* · 박종한 · 한유경 · 황정환

국립원예특작과학원 원예특작환경과

Pathogenicity and Occurrence of Pepper Seedling Anthracnose Caused by *Colletotrichum acutatum*

Kyung-Sook Han*, Jong-Han Park, You-Kyoung Han and Jung-Hwan Hwang

National Institute of Horticultural & Herbal Science, RDA, Suwon 441-440, Korea

(Received on July 7, 2009)

In 2008, leaf rot and blight on pepper seeding (“Dokya-chungchung”) occurred in a pepper farm at Hwaseong-si, Gyeonggi-do, Korea. The typical symptom is water-soaking and dark brown leaf blight at edges and tips of leaves. The fungal colonies isolated from infected tissues were pinkish at first and turned gradually to gray. Conidia were fusiform, non-septum, and $8.1-17.0 \times 2.0-3.8 \mu\text{m}$ in size. Several specific PCR primers derived from the sequence of the internal transcribed spacer (ITS) region of the rDNA, such as CaINT, CgINT and CcINT were used for the identification of the fungal pathogen. The *C. acutatum*-specific primer CaINT was amplified single fragment of 496 bp that discriminated *C. acutatum* from the other species. The pathogenicity test was performed on seedlings and fruits of red pepper. On the basis of the morphological, molecular characteristics and pathogenicity test, we identified as *Colletotrichum acutatum*. This is the first report on leaf rot and blight on pepper seedling caused by *C. acutatum* in Korea.

Keywords : Anthracnose, *Colletotrichum acutatum*, Pepper, Seedling

고추는 우리 식생활에 매우 중요한 작물로서 고추재배 면적 55,097 ha, 생산량 160.9천톤으로 채소 작물 중에서도 1위를 차지하고 있다(농림수산식품부, 2008). 고추에서 가장 문제되는 병은 탄저병으로 4.0-37.0%의 발생률을 보이며, 피해액은 연간 총 생산액의 약 10%를 차지하고 있다(엄, 1998). 고추 탄저병은 주로 장마기 전후 고온다습한 환경에서 발생하여 수확기 고추열매에 감염됨으로서 수량손실을 일으키는 대표적인 노지작물 병해이다. 국내의 고추 탄저병균으로는 *C. acutatum*, *C. coccodes*, *C. dematium*, *C. gloeosporioides*와 완전세대인 *Glomerella cingulata* 등이 보고되어 있다(박 등, 1992, 한식병, 2004). 특히 *C. acutatum*은 우리나라 고추 탄저병균의 98.2%를 차지하는 우점종으로서 풋고추와 붉은고추 모두에 발생하여 피해가 큰 것으로 보고되어 있다(이, 2006). 고추 유묘에 발생하는 것으로 보고된 *C. coccodes*는 비교적 약

한 병원성을 가지며(Verma, 1973), 오 등(1988)도 *C. coccodes*에 의한 고추 유묘 탄저병에 대해 보고한 바 있으나 비교적 발생이 드문 것으로 알려져 있다.

2008년 4월 경기도 화성시의 노지고추 재배농가에서 육묘중인 ‘독야청청’ 유묘의 잎에 수침상의 점무늬가 형성되고 신초가 말라죽는 피해증상이 발생하였다. 본 연구에서는 병든 고추 유묘의 병반으로부터 분리하여, 균학적, 분자생물학적 특징 및 병원성 검정 결과를 바탕으로 *C. acutatum*으로 동정하였다. *C. acutatum*에 의한 고추 탄저병은 노지에서만 발생하여 수확기 열매에 피해를 주기 때문에 방제도 노지고추를 중심으로 이루어지고 있는 특성으로 볼 때 고추 유묘에 탄저병을 일으킨 균은 유묘 뿐 아니라 성묘 및 열매에도 강한 병원성을 가지고 있어 고추 육묘과정에서부터 탄저병이 감염되어 피해가 확산될 것이 우려되므로 초기감염에 주의하여 탄저병 방제지도가 필요할 것으로 판단되어 그 결과를 보고한다.

*Corresponding author

Phone) +82-31-290-6233, Fax) +82-31-290-6259

E-mail) kshan9@rda.go.kr

재료 및 방법

병원균분리. 2008년 4월 경기도 화성시의 노지고추 재배농가에서 육묘중인 고추 품종 ‘독야청청’ 유묘의 잎에 수침상의 점무늬증상이 형성되고 신초가 말라죽는 피해 증상이 발생하여 병든 식물체로부터 병원균을 분리하였다. 병든 식물의 줄기 조직을 5×5 mm 크기로 잘라 1% NaOCl 용액에 표면 살균하고 살균수로 세척한 후 멸균된 여과지에서 물기를 말린 다음 불한천배지(WA) 위에 치상하였다. 그리고 25°C 항온기에서 3일간 배양 후 균사 선단부를 떼내어 감자한천배지(PDA, Difco)에 옮겨 시험균주로 사용하였다.

균학적 특징. 분리된 병원균을 형태적·배양적 특징을 가지고 동정하기 위해 PDA 위에 옮겨 25°C 항온기에서 4일간 배양 후 균총의 색깔과 형태, 균핵의 형성유무 등을 조사하였다. 또한 광학현미경(Zeiss, Germany) 하에서 포자의 형태적 관찰은 분생포자의 크기, 모양 등을 관찰하였다.

분자생물학적 특성. 병원균의 유전학적 동정을 위해 탄저병균을 감자액체배지(PD broth, Difco)에 접종하고 25°C에서 3일간 진탕배양하여 균사체를 수확하였다. 1.5 ml microtube에서 동결건조한 균사체를 마쇄한 뒤 AccuPrep Genomic DNA Extraction Kit(Bioneer)를 이용하여 genomic DNA를 추출하였다. *Colletotrichum acutatum* 특이적 primer인 CaInt(GGGGAAGCCTCTCGCGG), *C. gloeosporioides* 특이적 primer인 CgInt(GGCCCTCCG-CCTCCGGGCGG)와 *C. coccodes* 특이적 primer인 CcInt(TCTCCCCGTCGCGGGTGG)를 이용하였으며 ITS4(TCCTCCGCTTATTGATATGC)를 쌍으로 PCR을 실시하였다. PCR 반응액은 2 µl의 DNA, 2.5 U *Taq* polymerase (Takara, Japan), 100 mM Tris-HCl(pH 8.3), 1.5 mM MgCl₂, 50 mM KCl, 각각의 dNTP 0.2 mM, primer 50 pmol을 넣고 멸균수로 최종 반응용액의 부피를 25 µl로 조절하였다. PCR은 Takara PCR thermal cycler MP(Takara, Japan)를 이용하였으며, 94°C에서 4분간 pre-denaturation을 실시하였고, denaturation, annealing, elongation 단계를 94°C에서 30초, 65°C에서 30초, 72°C에서 1분간을 30회 반복하였다. 마지막 elongation 단계는 72°C에서 7분간 실시하였다. 각각의 프라이머에 대해 반응시킨 후 증폭된 PCR 산물은 1.2% agarose에 전기영동하고 염색 후 생성된 band 크기를 비교하였다. 또한 유묘에서 분리된 병원균 1개와 고추 잎에서 분리된 *C. acutatum* 1개, 열매에서 분리된 *C. acutatum* 13개 및 난과 살구에서 분리된 *C. gloeosporioides* 2개, 난에서 분리된 *G. cingulata* 2개의 균주에 대한 유전

적 다양성 분석을 위해 primer ITS1(TCCGTAGGTGA-ACCTGCGG)와 ITS4(TCCTCCGCTTATTGATATGC)를 사용하여 ITS 영역을 증폭하였고 MegAlign 프로그램의 Clustal W 방법을 이용하여 유연 관계도를 작성하였다. 또한 유묘 분리균의 염기서열을 NCBI database의 blast search를 통해 기존에 알려진 탄저병균들의 염기서열을 비교하였다.

병원성검정. 고추 유묘에서 분리한 병원균의 병원성을 검정하기 위해 ‘독야청청’ 품종을 플라스틱 플리그판에 파종한 다음 30일묘, 60일묘, 90일묘로 생육단계를 나누어 묘령에 따라 각각의 식물체를 직경 8, 12, 20 cm 크기의 플라스틱 포트에 정식한 후 사용하였다. 순수분리한 병원균은 PDA배지에 6일간 배양후 균총표면에 형성된 포자를 살균수를 붓고 4겹의 거어즈에 걸러내고 1×10⁶ conidia/ml 농도로 포자현탁액을 만들어 분무접종하였다. 접종한 후 식물체는 24시간동안 dew-chamber(다슬기기, DS-53C)에 두어 포화습도를 유지한 후 25~30°C의 온실에 두고 병징을 관찰하였다. 또한 고추열매에 대한 병원성 검정을 위하여 풋고추와 붉은고추를 30% 알콜로 표면소독하고 플라스틱 용기(20×15×8 cm)에 담았다. 열매 표면의 물기가 마른 후 곤충표본제작용 핀(6호)으로 과실당 2군데씩 상처를 준 뒤 포자현탁액을 10 µl씩 점적 접종하였다. 접종 후 28°C 항온기에 두고 병징발생 여부를 조사하였다.

결과 및 고찰

병징 및 병원균 분리. 2008년 4월 중순 경기도 화성시의 노지고추 재배농가에서 육묘중인 고추 품종 ‘독야청청’ 유묘의 잎에 수침상의 점무늬증상이 형성되고 신초가 말라죽는 피해증상이 발생하였다(Fig. 1A). 잎 가장자리로부터 흑갈색의 잎이 썩으면서 마르는 증상을 보였고 오래된 병반 중앙부는 갈색으로 변하여 말랐다(Fig. 1B). 신초와 어린 잎은 수침상으로 물러썩는 피해를 나타내었으며 병든 식물체로부터 병원균을 분리한 결과 핑크색 내지 회색을 띤 균총을 형성하는 탄저병균을 분리하였다. 국내의 고추 탄저병균으로는 *C. acutatum*, *C. coccodes*, *C. dematium*, *C. gloeosporioides*와 완전세대인 *Glomerella cingulata* 등이 보고되어 있다(박 등, 1992, 한국식물병리학회, 2004).

균학적 특징. 병든 유묘로부터 분리한 균을 PDA배지에 배양한 후 균총의 색깔과 형태, 포자의 모양과 크기를 관찰한 결과(Table 1) 균총의 색깔은 처음에는 핑크색 띠나 차츰 회색으로 변하였고(Fig. 1I), 분생포자는 오렌지

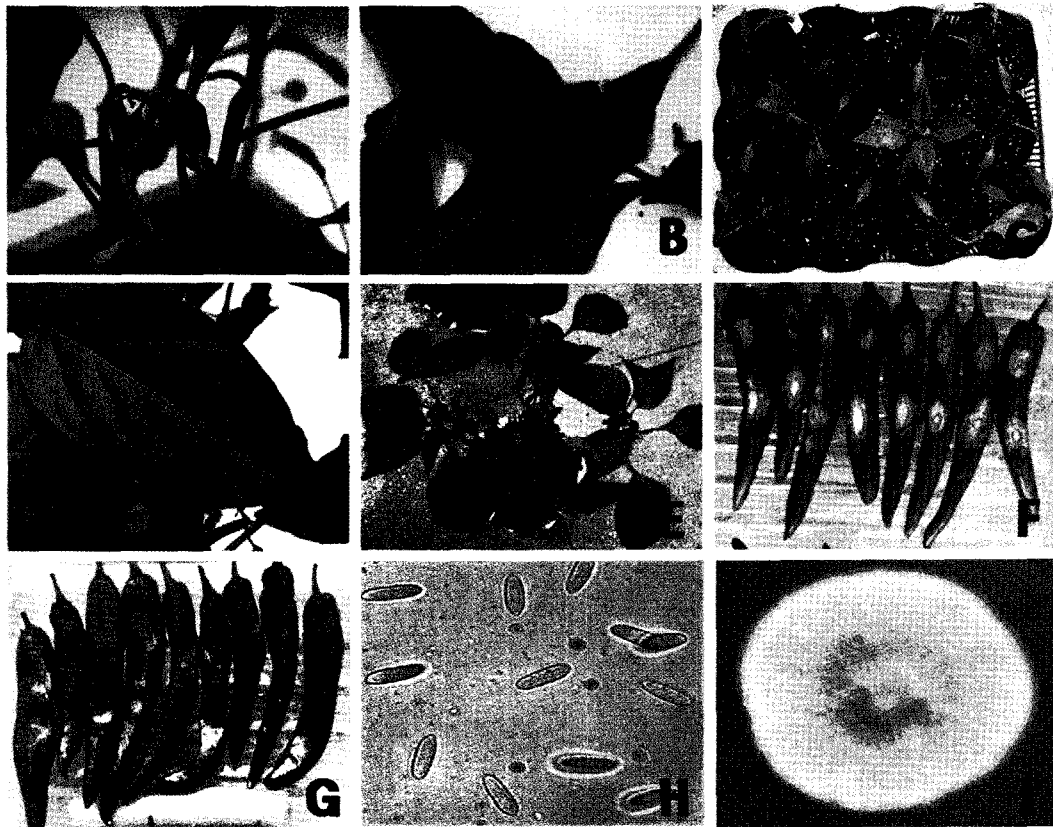


Fig. 1. Symptoms of *Colletotrichum acutatum* isolated from the anthracnose on pepper seedlings and its conidia and colony. A, B: naturally occurred symptoms, C-G: symptoms by inoculation on seedlings (C-E) and fruits (F, G), H: conidia, I: colony on PDA.

Table 1. Characteristics of *Colletotrichum acutatum* isolated from the anthracnose on pepper seedlings in the present study

| Characteristics | Present isolates ^a | <i>C. acutatum</i> ^b |
|---------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|
| Conidial shape | fusiform | fusiform |
| Conidial size (μm) | 8.1-17.0 \times 2.0-3.8 | 8.5-16.5 \times 2.5-4 |
| Colony color on PDA | pinkish grey | pinkish grey |
| Sclerotium | absent | absent |

^aMeasurement was made after 7 days of cultivation on PDA.

^bDescribed by Simmonds (1965).

색의 분생자층에 다량 형성하였고, 격막이 없고 투명하며, 방추형으로 양끝이 약간 뾰족한 형태로서, 크기는 8.1-17.0 \times 2.0-3.8 μm 였다(Fig. 1H). 성장최적온도 25-27 $^{\circ}\text{C}$ 로서 *C. acutatum*의 특징을 보였다. 고추 탄저병은 노지에서만 발생하여 수확기 열매에 피해를 주기 때문에 방제도 노지고추를 중심으로 이루어져 왔던 게 사실이다. 그러나 노지고추 재배를 위해 농가포장에서 직접 육묘중인 고추 유묘에 탄저병이 발생하여 피해를 준 것은 매우 이례적인 일이다. 처음에는 유묘의 신초가 수침상으로 썩는 증상으로 미루어 과도한 고온다습 환경에 의한 생리장애로 인식하였다. 그러나 병반으로부터 탄저병균이 분리되었기

에 유묘탄저병으로 보고되어 있는 *C. coccodes*으로 추정하였다. 분리된 병원균은 배양상에서도 검은색 균핵을 다수 형성하는 것으로 알려진(Simmonds, 1965) *C. coccodes*와는 달리 분홍색을 띤 회색 균층 및 격막이 없고 투명하며, 방추형으로 양끝이 약간 뾰족한 형태의 포자모양인 *C. acutatum*의 특징을 보였다.

분자생물학적 특성. 병원균의 분자생물학적 동정을 위해 고추유묘에서 분리한 균주를 *Colletotrichum acutatum* 특이적 primer인 CaInt(GGGGAAGCCTCTCGCGG)과 *C. gloeosporioides* 특이적 primer인 CgInt(GGCCTCCCG-CCTCCGGGCGG)와 *C. coccodes* 특이적 primer인 CcInt(TCTCCCGGTCCGCGGGTGG)를 이용하여 PCR 분석한 결과 CaInt에서만 496 bp의 증폭 산물을 얻어 *C. acutatum*으로 동정하였다(Fig. 2). 또한 유묘에 탄저병을 일으키는 것으로 보고된 *C. coccodes*나 *C. gloeosporioides* 특이적 프라이머에서는 PCR반응이 없었다. 이처럼 종특이적 프라이머를 이용한 PCR법은 Kim 등(2009)에 의해서도 감과 고추에서 분리한 탄저병균을 동정하기에 효과적으로 사용된 바 있다. 또한 유묘에서 분리한 균주과 이미 알려진 18개의 탄저병균의 ITS 영역의 염기서열을 분석하여

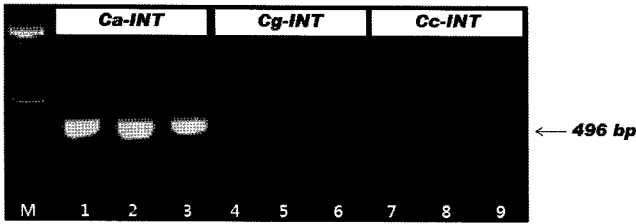


Fig. 2. PCR pattern of the pathogen isolated from anthracnose lesions on pepper seedlings. Ca-INT: *Colletotrichum acutatum*-specific primer, Cg-INT: *C. gloeosporioides*-specific primer, and Cc-INT: *C. cocodes*-specific primer. Lane M: 100 bp DNA ladder marker, Lanes 1-3: Ca-INT, Lanes 4-6: Cg-INT, Lanes 7-9: Cc-INT.

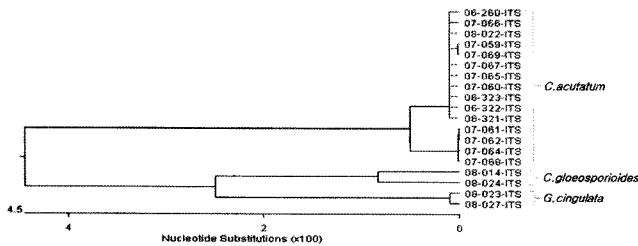


Fig. 3. ITS-based phylogenetic tree of the isolate from pepper seedlings and other *Colletotrichum* isolates. The dendrogram was constructed using cluster analysis with the UPGMA.

병원균간의 다양성을 분석한 결과 크게 3개 그룹으로 나누어졌다(Fig. 3). 분리균주는 대부분의 고추 열매 등에서 분리된 *C. acutatum*과 동일한 그룹을 형성하였고, 기존에 알려진 *C. acutatum*과 100%의 상동성을 나타내었다. 임과 이(2004)과 강(2006)이 국내에서 수집된 *C. acutatum*의 유전적 다양성을 조사한 결과 고추에서 분리한 *C. acutatum* 균주들은 큰 다양성을 보이지 않고 매우 동질의 형질을 보인다고 보고하였다. 김 등(2006)과 Kim 등(2008)도 국내에서 각종 기주로부터 분리된 *C. acutatum*에 대해 유전적 다양성을 조사한 결과 조팝나무에서 분리된 한 균주를 제외하고는 고추 등에서 분리된 균들은 동일한 유전적 그룹에 속하는 것으로 보고한 바 있다.

병원성검정. 고추 유묘에서 분리한 균주의 병원성 검정을 위해 ‘독야청청’ 품종을 파종한 후 생육단계에 따라 30일묘, 60일묘, 90일묘로 구분하여 접종한 결과는 Table 2와 같다. 파종 후 30일된 본엽 6매의 유묘는 접종 3일째부터 잎에 수침상 병반이 생기고 묘전체가 물러섬으로써 말라죽는 병징을 보여 접종 7일 후에는 90% 이병주율을

나타내었다(Fig. 1C). 또한 60일된 고추묘에서는 자연발병한 탄저병 증상과 같이 신초가 썩고 잎이 마르는 병징을 보이며 66.7% 이병엽율을 나타내었다(Fig. 1D,E). 파종 후 90일이 지나 1차 분지된 식물체에서도 어린 잎과 신초에 병징을 보여 87.9% 이병엽율을 나타내었다. 또한 붉은고추와 풋고추에 접종하여 병원성 검정을 한 결과를 보면 각각 75.4%와 82.2%의 이병과율을 나타내었다(Fig. 1F,G). 이상의 결과로 볼 때 유묘에서 분리된 균주는 일반 고추포장에서 발생하는 탄저병균과 동일한 것으로 단지 육묘상에서 탄저병 감염이 이루어진 것으로 추정되었다. 따라서 유묘 분리균은 유묘 뿐 아니라 고추 전생육기에 걸쳐 잎과 신초 그리고 일반 탄저병균처럼 열매에까지 강한 병원성을 나타냈다.

본 시험에서 분리된 균주 뿐 아니라 일반적인 탄저병균도 고추 유묘에 병원성을 나타내는지에 대한 검토를 위해 고추 및 다른 기주에서 분리된 탄저병균 19개 균주를 가지고 독야청청 유묘에 대한 병원성을 검정한 결과 고추에서 분리된 탄저병균은 고추유묘에서도 모두 병원성을 나타낸 것으로 조사되었다(Table 3). 특히 고추열매 뿐 아니라 노지에서 재배중인 성숙한 고추잎에 암갈색으로 병반이 형성되며 잎가장자리부터 수침상으로 썩는 증상에서 분리했던 *C. acutatum*도 고추 유묘에 병원성을 나타내었다. 이에 비해 난에서 분리된 *Glomerella cingulata* 1종이 약한 병원성을 보였을 뿐 나머지 균주는 병원성이 없는 것으로 조사되었다(Table 3). 임과 이(2004)도 참깨 등 6종의 기주에서 분리된 각종 탄저병균을 고추열매에 접종한 결과 고추분리균인 *C. acutatum*은 비교적 강한 병원성을 나타내었으나 참깨와 홍화탄저병균인 *C. gloeosporioides*는 20.3%와 16.3%의 병원성을 보였고, 대부분의 다른 기주에서 분리된 탄저병균이 고추 열매에는 약한 병원성을 보이거나 병원성이 없는 것으로 보고한 바 있다.

이상의 결과를 볼 때 유묘탄저병균은 유묘를 새롭게 침입하는 특이한 변이종이 아니라 실제로 고추포장에서 발생하는 탄저병과 동일한 균이며 일반적으로 탄저병이 수확기 고추 열매에만 피해를 준다는 인식과는 달리 유묘 및 전 생육기에서도 감염이 이루어져 피해를 나타낼 수 있는 것으로 판단되었다. 지금까지 국내에서 *C. acutatum*이 유묘에 발생한다는 보고가 없었고, 실제 유묘에서 피

Table 2. Pathogenicity of *Colletotrichum acutatum* isolated from the anthracnose on pepper seedlings

| | 30 days old seedlings (% of diseased plants) | 60 days old seedlings (% of diseased leaves) | 90 days old plants (% of diseased leaves) | Red pepper fruits (% of incidence) | Green pepper fruits (% of incidence) |
|-------------------|---|---|--|---------------------------------------|---|
| Diseased rate (%) | 90.0 | 66.7 | 87.9 | 75.4 | 82.2 |

Table 3. Pathogenicity of *Colletotrichum* spp. on the pepper seedlings cv. Dokyachungchung

| Pathogen | Isolated from | | | Disease rate ^a |
|-----------------------------|-----------------|---------------|---------------------------|---------------------------|
| | Host | Part of plant | Location | |
| <i>C. acutatum</i> | Pepper | seedling | Hwaseong-si, Gyeonggi-do | +++ |
| " | | leaf | Suwon-si, Gyeonggi-do | ++ |
| " | | green pepper | Eumseong-gun, Chungbuk | ++ |
| " | | " | Hwaseong-si, Gyeonggi-do | ++ |
| " | | " | Suwon-si, Gyeonggi-do | +++ |
| " | | " | Eumseong-gun, Chungbuk-do | +++ |
| " | | red pepper | Eumseong-gun, Chungbuk-do | ++ |
| " | | " | Dangjin-gun, Chungnam-do | ++ |
| " | | " | Eumseong-gun, Chungbuk-do | ++ |
| " | | " | Suwon-si, Gyeonggi-do | +++ |
| " | | " | Suwon-si, Gyeonggi-do | ++ |
| " | | " | Suwon-si, Gyeonggi-do | +++ |
| " | | " | Suwon-si, Gyeonggi-do | + |
| " | | " | Hwaseong-si, Gyeonggi-do | ++ |
| " | | " | Eumseong-gun, Chungbuk-do | + |
| <i>Glomerella cingulata</i> | | Ochids | - | Seongnam-si, Gyeonggi-do |
| <i>C. gloeosporioides</i> | Oriental ochids | - | Suwon-si, Gyeonggi-do | - |
| " | Apricot | fruit | Suwon-si, Gyeonggi-do | - |
| " | Cymbidium | - | Hwaseong-si, Gyeonggi-do | - |
| <i>C. dematium</i> | Oriental ochids | - | Mokpo-si, Jeollanam-do | - |

^a- no diseased leaves, + : about 10% or less, ++ : 11~30%, +++ : about 30% or more of diseased leaves.

해를 받은 사례가 없었다. 고추 유묘에 탄저병 전염 경로에 대해 연구된 바는 없으나 강 등(2005)에 의하면 전년도에 고추를 재배한 토양에서 탄저병균이 다수의 탄저병균이 검출된 결과를 볼 때 육묘용 상토제조시 이병토양 유입이 주요 원인일 것으로 추정되고 있다.

따라서 본 시험에서 분리된 균은 유묘 뿐 아니라 성묘 및 열매에도 강한 병원성을 가지고 있어 고추 육묘과정에서부터 탄저병이 감염되어 피해가 확산될 것이 우려되므로 초기감염에 주의하여 탄저병 방제지도가 필요할 것으로 판단되었다.

요 약

고추 유묘의 신초가 말라죽고 잎에 수침상점무늬 증상으로부터 병원균을 분리하여 균종의 색깔과 형태, 포자의 모양과 크기를 관찰한 결과 균종의 색깔은 처음에는 핑크색 띠나 차츰 회색으로 변하였고, 분생포자는 방추형으로 크기가 8.1-17.0×2.0-3.8 μm이며 성장최적온도 25-27°C이다. 종 특이적 프라이머를 이용하여 고추 유묘에서 분리한 균을 동정한 결과 *C. acutatum*에 특이적인 프라이머인 CaINT에서만 496 bp의 증폭산물을 얻었다. 이들 결

과를 바탕으로 유묘에서 분리한 균은 *Collectotrichum acutatum*으로 동정하였다. 고추 유묘에서 분리한 균주를 고추묘 생육단계별로 병원성 검정한 결과 유묘 뿐 아니라 식물체 전 생육기에 잎 탄저병 증상을 나타내었으며 또한 고추 열매에서도 강한 병원성을 나타내었다.

참고문헌

- 한국식물병리학회. 2004. 한국식물병명목록. 제4판. 한국식물병리학회. 779 pp.
- 강범관, 민지영, 김윤식, 박성우, Nguyen Van Bach, 김홍태. 2005. 고추 탄저병균 *Colletotrichum acutatum*의 포장 밀도 조사를 위한 반선택 배지의 확립 및 활용. 식물병연구 11: 21-27.
- 강범관. 2006. *Colletotrichum acutatum*의 생태적 특징과 고추 탄저병의 방제. 충북대석사학위논문. 256 p.
- 김대호, 전영아, 고승주, 이종규, 홍승범. 2006. 한국농업미생물 자원센터(KACC)에 보존중인 *Colletotrichum gloeosporioides* 와 *C. acutatum*의 재동정. 식물병연구 12: 168-177.
- Kim, J. T., Park, S. Y., Choi, W. B., Lee, Y. H. and Kim, H. T. 2008. Characterization of *Colletotrichum* isolated causing anthracnose of pepper in Korea. *Plant Pathol. J.* 24: 17-23.
- Kim, H. R., Lim, T. H., Kim, J. H., Kim, Y. H. and Kim, H. T. 2009. Potential of *Colletotrichum* cross-infection of species causing anthracnose in persimmon and pepper. *Plant Pathol.*

- J. 25: 13-20.
- 이경희. 2006. 고추 주요병해 발생경감 및 방제연구. 지역특화 사업완결보고서.
- 임진현, 이순구. 2004. 고추 탄저병균의 배양형 변이 그리고 병 원성 차이. 식물병연구 10: 203-208.
- 농림수산식품부. 2008. 2008년도 농림수산식품 주요통계. 586 pp.
- 박경석, 김충희. 1992. 국내 고추 탄저병균류의 동정, 분포 및 병 원학적 특성. 한식병지 8: 61-69.
- 오인석, 우인식, 유승현, 인무성, 이성구. 1988. *Colletotrichum coccodes* (Wallr.) Hughes에 의한 고추 유묘탄저병. 한국균학회지 6: 151-156.
- Simmonds, J. H. 1965. A study of the species of *Colletotrichum* causing ripe fruit rots in Queensland. *Qd. J. Agric. Anim. Sci.* 22: 437-459.
- Verma, M. L. 1973. Comparative studies on virulence of isolates of species of *Colletotrichum* parasitic on Chillies. *Indian Phytopath.* 26: 28-31.
- 엄광흡. 1998. 고추 탄저병균 *Colletotrichum* spp.의 포자발아와 부착기 형성. 서울대석사학위논문. 93 pp.