

사과에서 분리한 *Colletotrichum acutatum*, *C. gloeosporioides* 및 *Glomerella cingulata*의 병원학적 특징

이 두 형*

서울시립대학교 환경원예학과

Etiological Characteristics of *Colletotrichum acutatum*, *C. gloeosporioides* and *Glomerella cingulata* Isolated from Apples

Du Hyung Lee*

Department of Environmental Horticulture, Seoul City University, Seoul 130-743, Korea

ABSTRACT : Pathogenic fungal species associated with apple anthracnose were studied with diseased fruits collected over two major apple growing areas from 1986 to 1988. *Colletotrichum acutatum* Simmonds, *C. gloeosporioides* (Penz.) Sacc. and *Glomerella cingulata* (Stonem.) Spauld. & Schrenk were identified based on their mycological characteristics. *C. acutatum* could be easily differentiated from *C. gloeosporioides* by producing their fusiform conidia and developing apricot~salmon colony colors, non-forming an ascigerous stages. Growth rate of *C. acutatum* were slow in plate culture. The three species of anthracnose fungi tested caused apple rot. Symptoms produced by *C. gloeosporioides* were larger than those of the others. *C. gloeosporioides* and *G. cingulata* produced rot lesions on apples that appeared became brown and later black, but *C. acutatum* produced rot lesions appeared yellowish brown and later reddish brown. *G. cingulata* has the major species responsible for apple anthracnose epidemics in Korea.

Key words : Apple, anthracnose, etiology, *Colletotrichum* spp.

사과의 탄저병은 1856년 Berkeley에 의해서 영국에서 최초로 보고된 이래 많은 연구가 이루어지고 있고(1) 사과를 재배하는 곳에서 흔히 볼 수 있는 병이다. 우리나라에서는 딱섬과 수원 등지(20)에서 발생이 처음 보고된 후 점차 증가하였다. 이 병에 의한 사과의 피해는 1937~1938년 대구지방에서 50%에 이른바 있고 홍옥과 국광이 주요 품종이었던 1960년대까지 전국적으로 피해가 컸으며(15) 최근 후기품종에도 해에 따라 심하게 발생되고 있다.

사과탄저병의 병원균에 대해서는 불완전세대의 경우 여러가지 학명이 쓰였으나 *Gloeosporium fructigenum* Berk.(1856)로 사용되어 오다가 *Colletotrichum fructigenum* (Berk.) Vassiljevsky(1950)로 속명이 바뀌게 되었고(4) 다시 von Arx(3,4)에 의해서 *C. gloeosporioides*로 통합사용되고 있다. 이 병원균의 완전세대는 Clinton(7)에 의해서 *Gnomoniopsis fructigena* Clinton으로 보고되었으나 Schrenk와 Spaulding(23)은 *Glomerella rufomaculans*로 바꾸었으며 Stoneman

(1898)에 의해서 이미 *Gnomoniopsis cingulata*로 종명이 보고된 바 있어서 *Glomerella cingulata* (Ston.) Spauld. & Schrenk로 다시 정리된 이래 현재까지 사용되고 있다(1).

Shear와 Wood(25), Edgerton(9), Struble과 Keitt(27), Shane과 Sutton(24), Sutton과 Shane(31) 및 Lathan(14) 등에 의하면 사과탄저병균인 *G. cingulata*의 불완전세대에는 chromogenic과 non-chromogenic계통이 존재하는 것으로 알려져 있다. 또 *C. acutatum*도 몇 가지 과실에 부패병을 일으킨다는 Simmonds(26)의 연구가 있은후 사과탄저병균으로 추가되어 있다(30).

본 연구는 대구와 예산지방에서 수집한 탄저병에 걸린 병과에서 병원균을 분리하여 배양 및 형태적 특징과 병원성을 조사한 결과를 정리한 것이다.

재료 및 방법

병원균의 분리 및 보존. 1986년부터 1988년까지

*Corresponding author.

매년 7~10월에 걸쳐 대구와 예산지방에서 병든 사과를 수집하여 탄저병균 260균주를 분리하였다. 병징별로 병든 조직을 70% ethanol에 5초간, 차아염소산나트륨액(CI : 1.3%)에서 약 1분간 표면살균하고 살균수로 씻어 PDA에 치상한 후 25°C에서 배양하고 물한천 배지에서 희석법(18)으로 단포자를 분리하여 실험에 공시하였다. 균주는 PDA에 배양하여 5°C에 보관하였다.

병원균의 배양 및 형태적 특징조사. 공시균주를 PDA배지에 이식하고 사과(홍옥)에 접종한 후 25°C의 항온기에서 배양적 특성은 7일 후, 분생포자의 크기는 15일 후, 완전세대의 조사는 20일 후에 항목별로 각각 조사하였다. 또 감자물배지(PDB : potato dextrose broth)를 이용하여 slide culture법으로 발아시켜 5일 후에 부착기의 형성정도, 모양, 크기, 색깔 등을 조사하였다. 분생자충(acervulus)은 병원균 접종 20일 후의 사과(홍옥)에서 30개씩 무작위로 채취하여 조사하였다. 분리균의 동정은 von Arx(3, 4, 5), Simmonds(26), Mordue(19), Sutton(28, 29) 및 Baxter(6) 등에

의해서 밝혀진 균학적 특징을 참고로 하였다.

병원성 조사. 균주는 PDA에 25°C에서 10일간 배양하고 포자를 수집하여 포자현탁액(10^5 /ml)을 만든 다음, 차아염소산나트륨(CI : 1.3%)으로 표면살균하고 살균수로 충분히 씻어낸 건전한 사과(홍옥)에 유상 및 무상접종을 하고 습실에 24~48시간 두었다가 실온에 보관하면서 발병과정을 조사하였다. 특히 병징과 포자형성의 특징을 조사하였다.

결 과

병원균의 배양 및 형태적 특징. 병든 사과에서 분리된 탄저병균은 배양 및 형태적 특징에 따라 *Colletotrichum acutatum* Simmonds, *C. gloeosporioides* (Penz.) Sacc. 및 *Glomerella cingulata* (Stonem.) Spauld. & Schrenk의 3종으로 분류되었다(Table 1).

*C. acutatum*의 분생포자는 무색, 단포의 방추형이었으며 크기는 PDA에서 $12.6\sim 16.8\times 3.6\sim 4.0\mu\text{m}$ 로 사과의 것보다는 작았다(Table 2, Fig. 1b). PDA에서

Table 1. Cultural characteristics of *Colletotrichum acutatum*, *C. gloeosporioides* and *Glomerella cingulata* isolated from diseased apples on potato dextrose agar

Species of isolates	Spore shape	Formation of ^{a, b}			Colony characteristics	Colony ^c diameters (mm)
		conidia	setae	perithecia		
<i>C. acutatum</i>	Fusiform	++	-	-	gray green mycelial rings interspersed with apricot coloured masses	55
<i>C. gloeosporioides</i>	Cylindrical	+	+	-	dark olive green in a zonate pattern	85
<i>G. cingulata</i>	Conidia : cylindrical Ascospores : cylindrical to fusiform slightly curved	+	-	++	dark olive green in a zonate pattern with small dark spots throughout colony	85

^{a, c} After 7 days cultured on PDA at 25°C. Data are averages of 5 plates.

^b - : none, + : sparse, ++ : abundant.

Table 2. Comparisons of conidial size of *Colletotrichum* spp. associated with apple anthracnose on PDA and apple fruits in this study with those described previously by other researchers

Species of isolates	Conidial size (μm)		
	Potato dextrose agar ^a	Apples (cv. Jonathan) ^a	Others (researcher)
<i>C. acutatum</i>	$12.6\sim 16.8\times 3.6\sim 4.0$ (13.2 \times 3.9)	$12.0\sim 20.0\times 4.0\sim 4.8$ (16.1 \times 4.1)	$8.3\sim 14.4\times 2.5\sim 4.0$ (Simmonds) $13.0\sim 17.0\times 3.4\sim 4.5$ (Baxter <i>et al.</i>)
<i>C. gloeosporioides</i>	$11.5\sim 19.4\times 4.1\sim 5.0$ (16.4 \times 4.5)	$12.8\sim 22.0\times 4.0\sim 6.0$ (17.1 \times 4.4)	$9.0\sim 18.0\times 3.0\sim 6.0$ (Shear <i>et al.</i>)
Imperfect stage of <i>G. cingulata</i>	$16.2\sim 24.0\times 3.7\sim 4.2$ (18.1 \times 4.1)	$15.5\sim 23.2\times 4.0\sim 7.2$ (19.5 \times 4.5)	$9.0\sim 24.0\times 3.0\sim 6.0$ (Mordue)

^a After 15 days on PDA and apple fruit incubated at 25°C. Data are averages of 30 samples in each isolate.

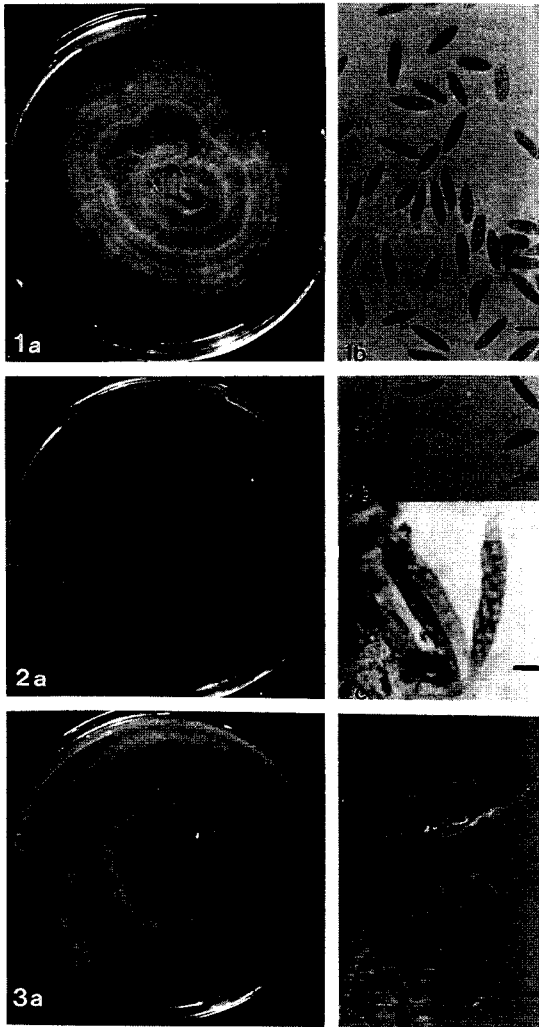


Fig. 1~3. Colony morphology of *Colletotrichum acutatum* (1a), *Glomerella cingulata* (2a) and *C. gloeosporioides* (3a) on PDA and micrographs showing characteristics (bar=10 μ m) of conidia of *C. acutatum* (1b), ascospores (2b) and asci (2c) of *G. cingulata* and conidia of *C. gloeosporioides* (3b) on PDA.

성장하는 균사의 생육을 보면 처음에는 백색~회백색이었다가 회록색으로 변하면서 고리모양의 겹무늬를 만들고 연분홍색의 포자덩어리가 형성되었으며 (Fig. 1a), 균사의 성장속도는 다른 균에 비해서 아주 느렸다. PDA 위에는 많은 분생포자를 형성하였으나 강모와 자낭각의 형성은 없었다. Slide 배양법으로 포자를 받아서 키친 후 부착기를 조사한 결과 (Table 4), 크기는 $7.5\sim 10.5\times 4.0\sim 6.0\ \mu\text{m}$ 이었고 색깔은 담록~흑록색으로 곤봉형~난형이었으나 드물게 형성되었다. 사과의 병무늬에 형성된 분생자충을 조사한 결과 (Table 5), 크기는 $280\sim 840\ \mu\text{m}$ (평균 $395.5\ \mu\text{m}$) 이었고 처음에는 연분홍색이었으나 나중에 갈색으로 변하였고 흑색으로 변하는 것도 있었다.

*C. gloeosporioides*의 분생포자는 무색, 단포이고 원통형~타원형으로 양끝이 둥글었으며 크기는 PDA에서 $11.5\sim 19.4\times 4.1\sim 5.0\ \mu\text{m}$ 로 사과에서 보다는 작았다 (Table 2, Fig. 3b). PDA에서 성장하는 균사의 생육을 보면 처음에는 회백색~회록색이었으나 흑록색으로 변하면서 둥근모양의 짙은 무늬를 만들고 흑색의 분생자충과 같은 덩어리들이 형성되었으며 (Fig. 3a) 균사의 성장속도는 *C. acutatum*보다 빨랐다. PDA 위에는 분생포자와 분생자충에 담갈색의 강모를 형성하였으며 자낭각은 형성되지 않았다. Slide 배양법으로 포자를 받아서 키친 후 부착기를 조사한 결과 (Table 4), 크기는 $6.0\sim 19.5\times 4.0\sim 10.5\ \mu\text{m}$ 이었고 색깔은 갈색으로 곤봉형이었으나 때로는 부정형도 있었으며 형성수가 많았다. 병든 사과의 병무늬에 형성된 분생자충을 조사한 결과 (Table 5) 크기는 $140\sim 1120\ \mu\text{m}$ (평균 $328\ \mu\text{m}$) 이었고 처음에는 갈색이었으나 나중에는 흑색으로 변하였다.

*G. cingulata*의 불완전세대인 분생포자는 $16.2\sim 24.0\times 3.7\sim 4.2\ \mu\text{m}$ 로서 사과에 형성된 것보다는 작은 편이었고 완전세대를 형성하지 않은 균주보다는 약간 큰 편이었다 (Table 2). PDA에 형성된 *G. cingulata*의 균사를 보면 처음에는 백색~회록색이었으나 흑갈색~흑록색으로 변하였고 고리모양(동심환)의 짙은

Table 3. Size (μm) of perithecia, asci and ascospores of *Glomerella cingulata* grown on potato dextrose agar and apple fruits

Media	Perithecia ^a		Asci ^b		Ascospores ^a	
	range	average	range	average	range	average
PDA	90.0~255.0×82.5~195.0	147.8×130.2	32.0~62.9×4.0~12.0	51.6×7.1	13.6~19.2×4.0~4.4	15.8×4.1
Apple (Jonathan)	90.0~285.0×82.5~225.0	164.1×144.5	44.0~80.8×5.2~11.6	63.8×7.2	12.0~18.0×4.0~7.2	18.2×4.8

^aAfter 20 days on PDA and apple fruits at 25°C. Data are averages of 30 samples in each isolates.

Table 4. Morphological characteristics of appressoria of *Colletotrichum acutatum*, *C. gloeosporioides* and *Glomerella cingulata* isolated from diseased apples on slide culture

Species of isolates	Size of appressoria (μm) ^a	Appressoria formation degree ^b	Characteristics of appressoria
<i>C. acutatum</i>	7.5~10.5×4.0~ 6.0	+	pale to dark green, clavate or ovate
<i>C. gloeosporioides</i>	6.0~19.5×4.0~10.5	++	brown, clavate, occasionally irregular
<i>G.cingulata</i>	6.0~20.5×4.5~11.0	++	brown, clavate or ovate occasionally irregular

^a From 5-day-old PDB culture on slide glass. Data are averages of 50 appressoria in each isolate.

^b + : sparse, ++ : abundant.

Table 5. Size of acervulus of *Colletotrichum acutatum*, *C. gloeosporioides* and *Glomerella cingulata* grown on apple fruits (cv. Jonadan)

Species of isolates	Size of acervuli (μm) ^a	
	range	average
<i>C. acutatum</i>	280~ 840	395.5
<i>C. gloeosporioides</i>	140~1120	328
Imperfect stage of <i>G. cingulata</i>	280~574	413.9

^a Data were obtained 20 days after inoculation and values are averages of 30 acervuli in each isolate.

무늬 사이에 흑갈색~흑색의 자낭각이 다수 형성되었다(Fig. 2a). 균사의 생장속도는 *C. gloeosporioides*와 같이 빨랐다. PDA 위에 형성된 자낭각은 단생 또는 군생하였으며, 흑갈색~흑색의 구형 또는 서양태모양이었으며 크기는 90~255×82.5~195 μm 로서 병든 사과에 형성된 것보다 약간 작은 편이었다(Table 3). 자낭각의 孔口(ostiole)는 乳頭狀(papillate)이었으며 그 외부에는 다수의 강모 또는 균사가 형성되어 있는 것도 있었다. 자낭은 곤봉형~원통형으로 크기는 32~62.9×4~12 μm 로서 병든 사과에 형성된 것보다 작았다. 자낭의 정단은 후막이었으며 8개의 자낭포

자가 불규칙 2열로 들어 있었다(Fig. 2c). 자낭포자는 단포, 무색의 원통형~방추형 포자로서 가운데가 약간 굽어 있었으며 크기는 13.6~19.2×4.0~4.4 μm 로서 병든 사과에 형성된 것보다 약간 작았다(Fig. 2b).

병원균의 종류별 병원성. 성숙된 사과(품종 : 홍옥)에 3종의 탄저병균을 무상 및 유상으로 접종한 결과(Table 6), 모든 처리구에서 발병이 되었으며 *C. gloeosporioides*의 접종구가 무상 및 유상에 관계없이 병무늬의 크기가 가장 커서 병원성이 강한 것으로 나타났다. 병징의 색깔을 보면 *C. acutatum*에 의한 병무늬는 황갈색~적갈색을(Fig. 4a), *C. gloeosporioides*와 *G. cingulata*는 갈색~흑색을 나타냈으며(Fig. 4 b) 분생자층의 색깔도 *C. acutatum*은 황갈색, *C. gloeosporioides*와 *G. cingulata*는 흑색을 나타내었다.

병원균을 사과에 접종한 다음 3~5일 후부터 접종부위에 얇은 갈색의 병무늬가 나타나기 시작하였으며 계속해서 둥글게 진전이 되면서 가운데 부분은 좀 들어가고 10일 후부터 분생자층이 생기면서 접무늬가 생기는 것도 있었고 연분홍색의 점액(분생포자)으로 덮여 있는 것도 볼 수 있었다. 또 분생자층의 형성은 병무늬의 중심부에 주로 형성되었는데 가장자리부분에 까지 확대하여 형성되는 것도 있었으나 경우에 따라서는 분생자층의 형성이 현저히 적으면

Table 6. Pathogenicity of *Colletotrichum acutatum*, *C. gloeosporioides* and *Glomerella cingulata* isolated from diseased apples

Species of isolates	Pathogenicity on apple (cv. Jonathan) ^a			
	lesion diameter (mm) ^b		Conidial mass formed ^c	Symptom colour
	WI	NWI		
<i>C. acutatum</i>	27.0	17.0	+	reddish brown
<i>C. gloeosporioides</i>	34.0	62.0	+	brown to black
<i>G. cingulata</i>	20.0	33.0	+	brown to black

^a Data were obtained 23 days after inoculation and values are averages of 10 apple fruits in each isolate.

^b WI: wound inoculation, NWI: non-wound inoculation.

^c + : conidial mass formed on acervuli

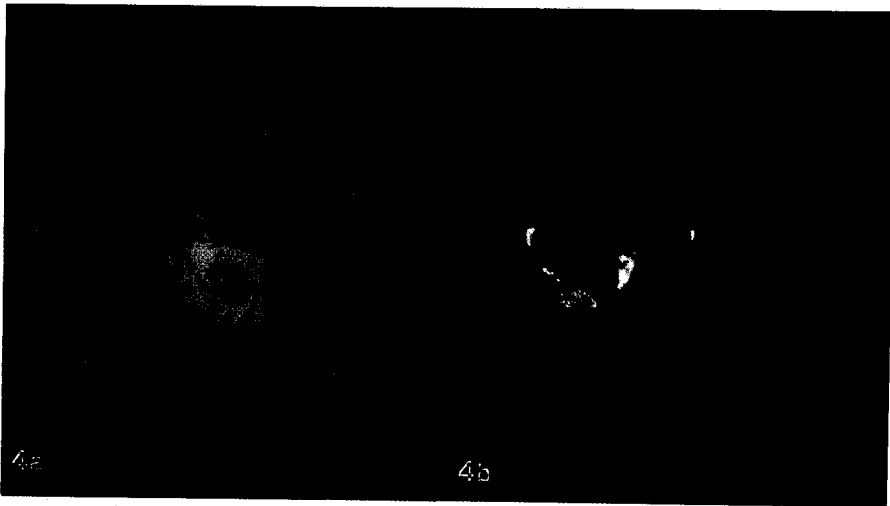


Fig. 4. Anthracnose symptoms appeared on apples (cv. Jonathan) 23 days after inoculation with *Colletotrichum acutatum* (4a) and *Glomerella cingulata* (4b).

Table 7. Isolation frequency of *Colletotrichum acutatum*, *C. gloeosporioides* and *Glomerella cingulata* from diseased apples sampled over major growing areas in Korea

Species of isolates	Isolation frequency ^a
<i>C. acutatum</i>	7.7
<i>C. gloeosporioides</i>	26.9
<i>G. cingulata</i>	65.4

^a 260 isolates collected from diseased apple fruits.

서도 병무늬의 색깔이 균의 종류에 따라 차이가 나는 특징이 있었다.

병원균의 종류별 분리빈도. 1986년부터 3년간 대구 및 예산지방에서 병든 사과를 수집하여 탄저병균 260균주를 분리하고 종류별로 분리비율을 조사한 결과는 Table 7과 같다. 분리비율이 가장 높은 것은 *G. cingulata*로서 65.4%이었으며 *C. gloeosporioides*가 26.9%이었고 *C. acutatum*은 7.7%로서 가장 낮았다.

고 찰

본 연구에서는 우리나라의 사과에 발생하는 병원균으로서 3종이 있음을 확인하였다. 우리나라에서는 그동안 사과탄저병균으로서 *G. cingulata* 외에 *Colletotrichum* sp.가 추가로 보고(20)된 바 있으나 *G. cingulata*와 어떤 관계에 있는지에 대해서는 연구된 바 없다.

사과에서 분리된 *C. acutatum*은 PDA에 연분홍의 분생자충을 윤문상으로 형성하고 균사의 생장이 느

렸으며 강모를 형성하지 않고 분생포자를 분생자충이나 균사상의 phialide 위에 형성하였다. 분생포자는 무색, 단포로서 곧고 방추형이며 양끝이 뾰족한 것이 특징이었다(Fig. 1b). 또 완전세대인 자낭각은 자연상태에서나 배지에서 형성되지 않았다. 발아과정에서는 발아속도가 늦고 발아관 대신 딸세포가 형성되어 수지상으로 형성되는 특징이 있었으며 부착기의 형성도 적었다(16). 그러나 *C. gloeosporioides*는 PDA에서 처음에는 회백색이었으나 나중에 흑록색을 나타내고 균사의 생장이 빨랐으며 강모를 형성하였고 분생포자는 분생자충이나 균사상의 phialide 위에 형성하였으나 계대배양을 하는 동안에 형성능력을 상실하는 것도 있었다. 분생포자는 무색, 단포로서 곧고 원통형~타원형이며 양끝이 둥근 것이 특징이었다. 크기도 *C. acutatum*보다는 컸으며 발아과정에서는 발아속도가 비교적 빠르고 발아관은 길며 부착기의 형성이 많았다(16). 이와 같이 *C. acutatum*은 *C. gloeosporioides*와는 구별이 확실하기 때문에 사과의 탄저병균으로서 추가하는 것이 타당하다고 생각된다.

미국에서도 사과탄저병균에 대해서 많은 연구보고가 있으며 특히 *C. gloeosporioides*의 chromogenic, non-chromogenic과 *G. cingulata*로 나누어 보고한 예가 많다(7, 9, 14, 27, 32). 그 특징을 보면 chromogenic계통은 *C. acutatum*과 비교할 때 배양 및 형태적 특징이 비슷하다. Gorter(10)는 chromogenic계통을 *C. gloeosporioides*와 비교했을 때 von Arx(3, 4)의 의견과 달리하여 *C. fructigenum*이라고 주장하였으며 이는 Shear와 Wood(25), Andes와 Keitt(2) 및 Ram-

sey 등(22)의 연구결과를 토대로 한 것이다. 또 Simmonds(26)는 각종 과실의 부패병을 일으키는 탄저병원균 중 강모의 형성이 잘 안되고 배지에서 연한 pink색을 띠며 느리게 자라는 분리균을 *C. acutatum* Simmonds라는 새로운 종으로 발표하게 되었다. 그 후 von Arx(5), Hindorf(11, 12), Peredo 등(21), Dyko와 Mordue(8) 및 Sutton(28, 29) 등에 의해서 인정을 받게 되었다.

최근 Baxter 등(6)은 Gorter(10)에 의해서 제기된 *C. fructigenum*(Berk.) Vassilj.와 Simmonds(26)에 의해서 신종으로 추가된 *C. acutatum*과는 형태적으로나 배양적 특징이 유사하기 때문에 같은 종으로 하는 것이 타당하다고 보고한 바 있다. 또 미국에서는 *C. acutatum*을 사과와 탄저병원균으로 추가하고 있다(30).

*C. gloeosporioides*에 의해서 형성되는 자낭각은 균주에 따라서 형성되는 것과 형성되지 않는 것이 있었는데 이는 계통에 따라 homothallic과 heterothallic으로 나누어지기 때문이라고 한다(33). 자낭각을 형성하는 균은 그 특징을 조사한 결과 *Glomerella cingulata*이었다(19).

이상의 결과를 종합하여 보면 우리나라에 발생하는 사과탄저병원균으로는 *C. acutatum*, *C. gloeosporioides* 및 *G. cingulata* 등 3종이 관여한다고 볼 수 있으며 분리빈도를 보았을 때 *G. cingulata*와 불완전 세대인 *C. gloeosporioides*가 우점종이라고 할 수 있다. 그런데 미국(24)에서는 *C. acutatum*이라고 생각되는 chromogenic계통의 분리비율이 *G. cingulata*나 *C. gloeosporioides*와 비교했을 때 해에 따라서 더 높은 경우가 많았던 점으로 보아 기온 또는 품종에 따라서 차이가 있을 것으로 생각된다.

C. acutatum, *C. gloeosporioides* 및 *G. cingulata*를 사과에 접종했을 때 유상 및 무상에 관계없이 모두 발병이 되었으며 *C. gloeosporioides*에 의한 병무늬가 가장 커서 병원성이 강한 것으로 나타났다. 병원성 검정에서 특기할 것은 *C. gloeosporioides*와 *G. cingulata*를 접종했을 때는 병무늬가 흑색이었는데 비해서 *C. acutatum*에 의한 병무늬는 황갈색~적갈색이었다. 사과탄저병의 병징이 흑색 또는 갈색으로 나타나는 원인(7, 13, 14, 17, 23)에 대해서는 의견이 다른데, 본 연구결과 병원균의 종류에 따르는 특징때문이라고 생각된다. 이는 Lathan 등(14)의 의견과 비슷하다고 본다.

요 약

사과탄저병에 관여하는 병원사상균을 조사하기

위하여 1986년부터 1988년까지 2개 주산지에서 병든 과실을 채집하여 병원균을 분리한 결과 *C. acutatum*, *C. gloeosporioides* 및 *Glomerella cingulata* 등을 그 균학적 특성에 따라 동정하였다. *C. acutatum* 분리균은 PDA에다 방추형의 분생포자, 연분홍색의 균총을 형성하고 자낭각을 형성하지 않았으며 균사 생장이 느린 특징 때문에 *C. gloeosporioides* 분리균과 쉽게 구별할 수 있었다. 공시된 3종의 탄저병원균은 사과에 부패현상을 일으켰고 *C. gloeosporioides*에 의한 병징은 다른 종에 비하여 더 컸다. *C. gloeosporioides*와 *G. cingulata*에 의해서 형성된 병무늬는 갈색으로 변한 다음 흑색을 나타냈고 *C. acutatum*에 의한 병무늬는 황갈색으로 변한 다음 적갈색을 나타냈다. *G. cingulata*는 한국에서 발생하는 사과탄저병의 주 병원균이었다.

참고문헌

1. Anderson, H. W. 1956. *Disease of Fruit Crops*. McGraw-Hill Book Co. New York.
2. Andes, J. O. and Keitt, G. W. 1950. Variability of *Glomerella cingulata* (Stonem.) S. V. S. from apple. *Phytopathology* 40: 915-925.
3. Arx, J. A. von. 1957. Die Arten der Gattung *Colletotrichum* Cda. *Phytopath. Z.* 29: 413-468.
4. Arx, J. A. von. 1970. A revision of the fungi classified as *Gloeosporium*. *Bib. Mycol.* 24: 1-203.
5. Arx, J. A. von. 1981. *The Genera of Fungi Sporulating in Pure Culture*. 3rd ed. J. Cramer, Vaduz.
6. Baxter, A. P., G. A. van der Westhuizen and Eiker, A. 1983. Morphology and taxonomy of South African isolates of *Colletotrichum*. *South African J. Bot.* 2: 259-289.
7. Clinton, G. P. 1902. Apple rot in Illinois. *Ill. Agri. Expt. St. Bull.* 69: 189-224.
8. Dyko, B. J. and Mordue, J. E. M. 1979. *Colletotrichum acutatum*. *CMI Descriptions of Pathogenic Fungi and Bacteria*. No. 630.
9. Edgerton, C. W. 1908. The physiology and development of some anthracnose. *Bot. Gaz.* 45: 367-403.
10. Gorter, G. J. M. A. 1962. The identity of the fungus causing anthracnose of olives in South Africa. *Botanica* 7: 769-778.
11. Hindorf, H. 1970. *Colletotrichum* spp. isolated from *Coffea arabica* L. in Kenya. *Z. Pflkrankh. Pflpath. Pflschut.* 77: 328-331.
12. Hindorf, H. 1973. *Colletotrichum*-Population auf *Coffea arabica* L. in Kenya. I. Eine Methode zur Systematischen Trennung von Pilzpopulationen. *Phytopath. Z.* 77: 97-116.

13. 金文鎬. 1966. 사과탄저병에 관한 연구(1) 사과탄저병의 類型病斑에 관한 研究. 경북대 生産技術, 1: 5-9.
14. Lathan, A. J. and Williams, J. C. 1983. Cultural characteristics and pathogenicity of *Glomerella cingulata* isolates from apples in Alabama. *Plant Disease* 67: 1065-1068.
15. 이두형. 1964. 살균제에 의한 사과탄저병 방제에 관한 연구. 東潮李徽載博士回甲 記念論文集: 125-132.
16. 이두형. 1993. *Colletotrichum acutatum*, *C. dematium* 및 *C. gloeosporioides*의 분생포자 발아 및 부착기 형성에 미치는 온도의 영향. 한국균학회지, 21: 224-229.
17. 李鍾麟. 元昌南. 李應權. 金淵福. 1965. 사과탄저병에 관한 연구(1) 사과탄저병반의 종류. 한식보호지, 4: 44.
18. Matuo, T. 1964. 病原菌の分離と同定 "Fusarium" 土壤病害(I): 57-67. 日本植物防疫協會. 東京.
19. Mordue, J. E. M. 1971. *Glomerella cingulata*. *CMI Descriptions of Pathogenic Fungi Bacteria*. No. 315.
20. 中田覺五郎, 瀧元清透. 1928. 朝鮮作物病害目錄. 勸業模範場研報 第15號.
21. Peredo, H., Osario, M., and Santamaria, A. 1979. *Colletotrichum acutatum* f. sp. *pineae*, a new pathogen of *Pinus radiata* in nurseries in Chile. *Plant Dis. Repr.* 63: 121-122.
22. Ramsey, G. B., Smith, M. A. and Heiberg, B. C. 1951. Anthracnose of peaches. *Phytopathology* 41: 446-455.
23. Schrenk, H. von and Spaulding, P. 1903. The bitter rot of apples. *U. S. Dept. Agr. Bur. Plant Ind. Bull.* 44: 1-54.
24. Shane, W. W. and Sutton, T. B. 1981. The *Glomerella cingulata* perfect stage and apple bitter rot. *Plant Dis.* 65: 135-137.
25. Shear, C. L. and Wood, A. K. 1913. Studies of fungus parasites belonging to the genus *Glomerella*. *U. S. Dept. Agr. Bur. Plant Ind. Bull.* No. 252.
26. 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.
27. Struble, F. B. and Keitt, G. W. 1950. Variability and inheritance in *Glomerella cingulata*(Stonem.) S. V. S. from apple. *Amer. J. Botany* 37: 563-576.
28. Sutton, B. C. 1980. *The Coelomycetes*, Commonwealth Mycological Institute, Kew.
29. Sutton, B. C. 1992. The genus *Glomerella* and its anamorph *Colletotrichum*. pp. 1-26 In: *Colletotrichum: Biology, Pathology and Control*. ed. by Bailey, J. A. and Jeger, M. J. CAB. U. K.
30. Sutton, T. B. 1990. Bitter rot. pp. 15-17 In: *Compendium of Apple and Pear Disease*. ed. by Jones, A. L. and Aldwinckle, H. S. APS Press. St. Paul, USA.
31. Sutton, T. B. and Shane, W. W. 1983. Epidemiology of the perfect stage of *Glomerella cingulata* on apples. *Phytopathology* 73: 1179-1183.
32. Taylor, J. 1971. A necrotic leaf blotch and fruit rot of apple caused by a strain of *Glomerella cingulata*. *Phytopathology* 61: 221-224.
33. Wheeler, H. E. and McGahen, J. W. 1952. Genetics of *Glomerella cingulata* X. genus affecting sexual reproduction. *Amer. J. Botany* 39: 110-119.