

병든 고추 종자에서 분리된 탄저병균의 종자전염

이 두 형*

서울시립대학교 환경원예학과

Seed-borne Infection of Anthracnose Fungi Isolated from Diseased Red Pepper

Du-Hyung, Lee*

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

ABSTRACT: *Colletotrichum dematium*, *C. gloeosporioides* and *Glomerella cingulata* were detected in seed samples collected from diseased red pepper (*Capsicum annuum*) using blotter method. *C. gloeosporioides* was the predominant species in seed samples tested and followed by *C. dematium* and *G. cingulata*. When the seed components were plated *C. dematium*, *C. gloeosporioides* and *G. cingulata* were detected from seed coat, endosperm and cotyledon. The three anthracnose fungi were recorded more frequently from seed coat than that of observed in the endosperm and cotyledon. Seed infection with *C. dematium*, *C. gloeosporioides* and *G. cingulata* caused seed rotting, damping off and seedling blight of red pepper plants. According to the inoculation experiments, it was shown that *C. gloeosporioides* was the most virulent among three species. *C. dematium* showed weak virulence when the plants were wounded, and *G. cingulata* was wound parasite or weakly virulent on red fruits. Benlate T (benomyl+thiram) and Homai (thiophanate-methyl+thiram) were effective to anthracnose fungi when treated to infected seeds.

KEYWORDS: *Colletotrichum dematium*, *C. gloeosporioides* and *Glomerella cingulata*, Seed-borne infection, Red pepper

고추의 탄저병은 고추의 전 생육기간을 통해서 발생되나 열매의 발병이 가장 심하여 생산량 감소와 품질저하를 초래하기 때문에 해에 따라 많은 피해를 준다. 현재까지 우리나라에서 발생하는 탄저병의 병원균으로는 *Colletotrichum gloeosporioides*, *Glomerella cingulata*, *C. dematium*, *C. coccodes* 및 *C. acutatum* 등 5종이 보고되어 있고 그중 발생빈도가 가장 높고 고추에 대한 피해도 심한 것은 *C. gloeosporioides*로 알려져 있다(Park 등, 1992).

고추탄저병균중 종자전반을 하는 것으로는 *C. acutatum*(劉 등, 1987), *C. coccodes*(劉 등, 1987), *C. dematium*(Kulshresta 등, 1976; 鄭 등, 1984; 吳 등, 1985) 및 *C. gloeosporioides*(劉 등, 1982; 1987) 등

4종이 알려져 있으며 劉 등(1987)은 특히 고추종자의 탄저병균 검출방법, 종자내 감염부위 및 병든 종자로부터의 유묘전반 등에 관하여 보고하였다.

본 연구는 1986년부터 전국 23개 지역으로부터 탄저병에 걸린 병든 고추에서 수집한 43개 종자시료를 공시하여 탄저병균의 종류, 검출률, 종자위에 형성된 탄저병균의 특성 및 병원성, 종자내의 감염부위, 종자에서 유묘로의 전반양식 및 종자소독 효과 등을 조사하여 그 결과를 정리한 것이다.

재료 및 방법

공시종자

1986년부터 5년간 경기, 충남북, 전북 및 경북 등 23개 고추 재배지역에서 병든 고추를 수집하여 43

*Corresponding author

개의 종자시료를 공시하였다.

탄저병균의 검출법

습지법(ISTA, 1976)에 따라 3배의 습지가 깔려 있는 직경 9cm의 plastic petri 접시에 25개의 종자를 간격을 맞추어 놓은 다음 근자외선이 12시간 간격으로 비추는 20°C의 항온기에 두었다. 종자는 시료별로 300개씩 공시하였다. 7일간의 배양후 종자위에서 자라고 있는 탄저병균의 분생자충, 강모, 분생포자, 자낭각, 자낭 및 자낭포자를 실체현미경과 광학현미경을 통해서 검경 동정하였다. 특히 분생자충 및 자낭각의 특성을 조사하였다.

탄저병균의 종자내 감염부위 조사

탄저병균의 종류별 감염율이 높은 3개의 종자시료를 1%의 차아염소산나트륨(chlorine) 용액에 5분간 처리후 살균수로 씻은 처리구와 살균수 침종처리구로 나누어 종자를 불린 다음 무균적으로 종피, 배유 및 자엽(혹은 배)으로 나누어 분리하였다. 분리된 종자의 각 부위는 습지법으로 배양하여 탄저병균의 종류별 검출율을 조사하였다. 종자는 시료 및 처리별로 100개씩 공시하였다.

탄저병균의 유묘전반 조사

물한천시험관법(Khare, 1977)에 따라 물한천이 15 ml 씩 들어 있는 20×150 mm의 시험관에 종자 1개씩 넣고 20~25°C의 실온에서 20~30일간 배양하면서 유묘의 발병상태를 조사하였다. 종자는 탄저병균의 종류별 감염율이 높은 3개 시료를 선별하여 시료별로 100개씩 공시하였으며 2회 반복 시험하였다.

종자에서 검출된 병원균의 병원성 조사

고추종자에서 검출된 3종의 탄저병균을 상법으로 분리하고 PDA 배지에서 근자외선이 12시간 간격으로 조사되는 25°C의 항온기에서 10~14일간 배양하였다. *Colletotrichum dematium*과 *C. gloeosporioides*의 분생포자 현탁액(10^5 /ml) 및 *Glomerella cingulata*의 자낭포자 현탁액(10^5 /ml)을 만들어 접종원으로 사용하였다. 고추(품종: 기호고추)의 종자를 베노람 수화제로 소독후 포트에 심어 재배한 다음 미숙과와 숙과를 1% 차아염소산나트륨 용액으로

표면살균후 살균수로 다시 씻고 無傷 및 有傷(곤충침 10개 묶음으로 상처를 낸)으로 나누어 접종원을 분무접종하였다. 접종후 48시간 습실에 두었다가 20~28°C의 하우스로 옮겨 발병상태를 조사하였다.

탄저병균에 대한 종자소독 시험

C. dematium, *C. gloeosporioides* 및 *G. cingulata*의 종자감염율이 높은 3개 시료를 100개씩 3반복으로 베노람 수화제(benomyl+TMTD)와 지오람 수화제(thiophanate-methyl+TMTD)의 100배 및 200배액에 1시간 및 2시간 처리구로 나누어 침지소독하였으며 무처리구는 살균수로 처리한 다음 습지법으로 탄저병균의 종별로 검출율을 조사하였다.

결과 및 고찰

고추 종자에서 검출된 탄저병균의 종류

검출된 탄저병균은 von Arx(1957, 1970), Kulshrestha 등(1976), Sutton(1980, 1992) 및 Park 등(1992) 등의 검색법에 따라 *Colletotrichum dematium*, *C. gloeosporioides* 및 *Glomerella cingulata* 등으로 분류되었다(Table 1). *C. dematium*의 검출은 26개 시료에서 1~83%의 범위이었으며 평균 검출율은 11.7%이었다. *C. gloeosporioides*는 공시된 모든 시료에서 2~100%의 범위로 검출되었으며 평균 49%로서 3종중 가장 높았다. *G. cingulata*는 19개 시료에서 1~24%로 검출되었으며 평균은 5.1%로서 가장 낮았다. 또 같은 시료에서 3종의 탄저병균이 모두 검출된 것은 8개 시료이었고, 2종의 탄저병균이 동시에 검출된 것은 28개이었으며 1종만이 검출된 것은 8개뿐이고 검출되지 않은 시료는 없었다.

본 실험결과 종자에서의 탄저병균의 검출율이 높은 것은 병든 열매에서 종자를 채취하였고 고추열매가 탄저병에 걸릴 경우 과육이 얇아서 병원균의 침투로 쉽게 썩고 종자까지 병들기 때문이라고 생각된다. 5개년간의 탄저병균의 종자감염을 병원균의 종류별로 보면 해에 따라 약간의 차이는 있으나 대개 비슷한 경향을 보였는데 이는 포장에서의 탄저병 발생경향과도 같았다(Park 등, 1992). 따라서 심하게 탄저병에 걸린 고추에서 수집한 종자에서 검출된 탄저병균의 종류는 *C. dematium*, *C. gloeosporioides*와 그 완전세대인 *G. cingulata*이었다.

Table 1. Percentage of seed-borne anthracnose fungi recorded from 43 seed samples from diseased red pepper fruits determined by the blotter method.

Tested year	No. of seed samples tested	Range of isolation frequency (%) ²		
		<i>Colletotrichum dematium</i>	<i>C. gloeosporioides</i>	<i>Glomerella cingulata</i>
1986	7	1~83(27.6)	19~ 88(58.3)	20(2.9)
1987	13	3~81(21.2)	2~ 99(59.5)	1~10(1.5)
1988	13	2~18(5.7)	54~100(79.4)	2~ 4(0.6)
1989	5	2~ 9(4.0)	31~ 55(36.6)	1~13(5.4)
1994	5	1(0.2)	2~ 31(12.2)	1~24(9.6)
Average infection percentage of each anthracnose fungus		11.7	49.0	5.1
Frequency of species of anthracnose fungi in seed lots		60.5	100.0	41.9

²Average infection percentage based on 100 seeds from each seed sample in each of 3 replicates.

종자전염에 관하여 Kulshrestha 등(1976)은 *C. dematium*의 검출을 보고하였고, 劉 등(1982)은 한국산 고추 종자에서 *C. acutatum*과 *C. gloeosporioides*를, 鄭 등(1984)과 吳 등(1985)은 *C. dematium*을 추가하였으며 劉 등(1987)은 *C. coccodes*의 검출을 확인하였다. *C. gloeosporioides*의 유성세대인 *G. cingulata*가 종자에서 특징적으로 검출되었다는 보고는 본 연구결과 처음이라고 생각된다. *C. acutatum*과 *C. coccodes*의 검출을 확인할 수 없었던 것은 자연상태의 포장에서 이들 탄저병균에 의한 열매의 발병이 적었기 때문이라고 생각된다(Park 등, 1992).

고추 종자위에 형성된 탄저병균의 특성

*Colletotrichum dematium*을 실체현미경으로 보았을 때 분생자충은 단독 또는 2~3개가 모여있으며 모양은 대체로 둥근(dome shape)모양이었다. 강모는 흑갈색~흑색이며 여러개가 분생포자의 덩어리 사이로 길게 뻗어 있고 포자덩어리는 백색~어두운 백색(dull white)이며 때로는 연한 orange 색을 나타내는 것도 있다. 균사는 많지 않으며 백색인 것이 특징이다(Fig. 2a). 분생자충의 일부를 광학현미경으로 자세히 보면 무색, 단포, 낫모양의 분생포자와 trichiform의 흑갈색~흑색의 강모를 관찰할 수 있다

(Fig. 2b).

*C. gloeosporioides*를 실체현미경으로 보았을 때 분생자충은 단독 또는 여러개가 모여 있으며 모양은 둥근 것도 있으나 부정형이며 몇개가 모여서 덩어리 모양을 하고 있는 것도 있다(Fig. 1a). 강모는 없거나 불확실하다. 분생포자의 덩어리는 어두운 백색도 있으나 대체로 연분홍색을 나타내었다. 균사는 거의 없으며 있을 경우에는 백색이었다. 분생자충의 일부를 광학현미경으로 자세히 보면 무색, 단포의 원통형 분생포자를 관찰할 수 있었는데 양끝이 둥글거나, 한쪽이 뾰족한 것, 방추형인 것 등이 있었다(Fig. 1b).

*Glomerella cingulata*를 실체현미경으로 보았을 때 자낭각은 단독 또는 2~3개가 모여 있으며 흑색을 나타내고 보통 구형~서양배 모양을 나타내며 孔口 근처에는 많은 균사에 의해서 덮혀 있다(Fig. 3a). 분생자충의 형성은 확인할 수 없었다. 자낭각을 광학현미경으로 보면 곤봉형~원통형의 자낭이 나오며(Fig. 3b) 그 속에 8개의 원통형~방추형이며 약간 구부러진 단포, 무색의 자낭포자(Fig. 3c)를 관찰할 수 있었다. 이상 3종의 탄저병균을 실체현미경으로만 관찰하더라도 분생자충 또는 자낭각의 특징 때문에 쉽게 동정이 가능하였다.

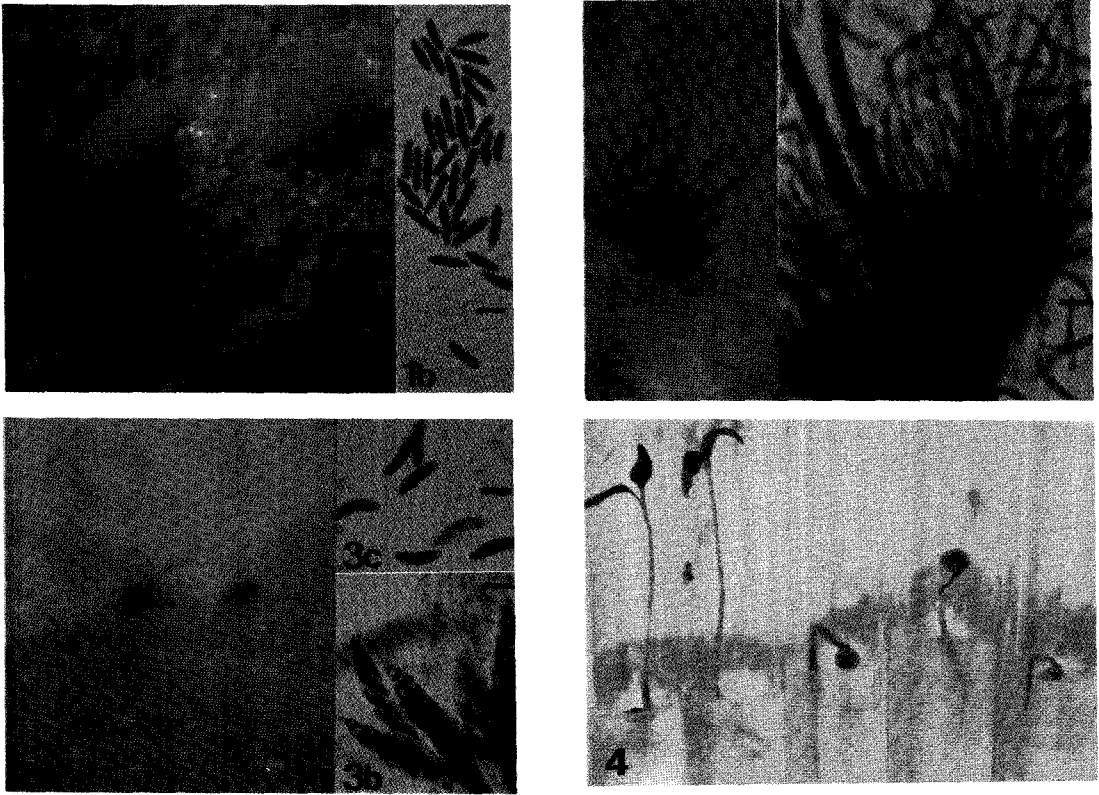


Fig. 1-4. Characteristics of acervuli (1a) and conidia (1b;bar=10 μ m) of *C. gloeosporioides* and acervuli (2a), seta and conidia (2b;bar=10 μ m) of *C. dematium* and perithecia (3a), asci (3b;bar=10 μ m) and ascospores (3c;bar=10 μ m) of *G. cingulata* on seeds of red pepper and initial appearance of symptoms on seedlings from naturally infected seeds of red pepper (4).

고추탄저병균의 종자내 감염부위

종자감염율이 높은 3개 시료를 1% sodium hypochloride(chlorine) 처리구와 살균수 처리구로 나누고 종피, 배유, 자엽으로 분리하여 탄저병균의 감염상태를 조사한 결과는 Table 2와 같다. sodium hypochloride 처리구에서는 살균수 처리구보다 병원균의 종류, 종자의 부위, 종자시료 등에 관계없이 검출율이 현저히 낮았다. *C. dematium*, *C. gloeosporioides* 및 *G. cingulata*의 종자부위별 검출율을 보면 3종 모두 유아(배와 자엽)에서 가장 낮았고 그 다음이 배유였으며 종피에서 가장 많았다. 특히 종자의 감염율이 높은 시료에서는 유아까지도 감염되어 있었으며 chlorine을 처리해도 발병되는 것이 있었다. 劉 등(1987)도 *C. dematium*과 *C. gloeosporioides*의 종자내 감염부위가 본 연구의 결과와 일치됨을 보

고하였다.

고추탄저병균의 유묘전반

탄저병균에 자연감염된 종자를 물천천시험관법(Khare 등, 1977)으로 발아시켜 유묘의 발병상태(Fig. 4)를 조사한 결과는 Table 3과 같다. 병징발현의 특징은 첫째로 발아없이 종자가 병원균에 의해서 썩은 종자부패(seed rot)현상이 나타났으며 그 비율은 3종의 탄저병균 모두 높았다. 이 경우 포장에서는 발아전 모잘록병(pre-emergence damping off)으로 나타난다고 생각한다. 둘째로 발아가 되면서 대개 배측과 뿌리에서 발병이 시작되고 결국은 뿌리썩음으로 나타나는 잘록병으로서 3종의 탄저병균이 모두 관여하였으며 발병율은 종자부패보다는 낮았다. 이 경우에는 포장에서 발아전 또는 발아후 모잘록병으

Table 2. Location of *Colletotrichum dematium*, *C. gloeosporioides* and *Glomerella cingulata* in naturally infected seed of red pepper.

Seed sample	Anthracnose fungi	Percentage of infection in ²					
		Seed coat		Endosperm		Embryo or Cotyledon	
		Chlorine treated	Water treated	Chlorine treated	Water treated	Chlorine treated	Water treated
86-6	<i>C. dematium</i>	9	35	2	8	0	2
	<i>C. gloeosporioides</i>	16	62	3	13	1	5
86-7	<i>C. dematium</i>	0	3	0	0	0	0
	<i>C. gloeosporioides</i>	14	62	2	11	1	6
	<i>G. cingulata</i>	3	16	0	3	0	0
87-8	<i>C. dematium</i>	10	40	2	9	0	3
	<i>C. gloeosporioides</i>	17	67	3	14	1	6
	<i>G. cingulata</i>	3	12	0	2	0	0

²Average percentage based on 100 seeds from each seed sample.

Table 3. Disease development on seedlings from naturally infected seeds of red pepper incited by *Colletotrichum dematium*, *C. gloeosporioides* and *Glomerella cingulata* in test tube agar.

Seed sample	Infection percentage on different plants of plant ²								
	<i>C. dematium</i>			<i>C. gloeosporioides</i>			<i>G. cingulata</i>		
	Seed ^y rot	Damping ^x off	Seedling ^w blight	Seed rot	Damping off	Seedling blight	Seed rot	Damping off	Seedling blight
86-6	11	7	3	16	8	7	0	0	0
86-7	1	0	0	18	8	4	5	3	1
87-8	15	9	4	20	9	6	4	2	1

²Average percentage based on 100 seeds from seed sample in each of 2 replicates.

Infections mixed with 2 or 3 species of anthracnose fungi on same plant were found.

^yNo germinated.

^xDamping off occurred through root rot.

^wSeedlings with disease lesion at cotyledon or hypocotyl.

로 나타난다고 생각된다. 셋째는 발아후 대개 자엽 혹은 배측에서 발병이 시작되어 유묘고사되는 병징으로서 심하면 모마름병으로 나타나기도 하고 포장병(field disease)으로 연결될 수 있는 기회를 제공하게 되는데 3종의 탄저병균이 모두 관여하였으나 그 비율은 낮았다. 따라서 *C. dematium*, *C. gloeosporioides* 및 *G. cingulata*는 종자감염을 통해서 유묘 전반이 이루어지며, 분생자충에 형성되는 많은 분

생포자 때문에 종자의 병든 비율이 낮더라도 포장병의 일차전염원으로서 대단히 중요시 된다. 이와 같은 실험결과는 劉 등(1987)에 의해서 보고된 것과 비슷하다.

탄저병균의 병원성

고추(기호고추)의 미숙과(뚫고추)와 숙과(붉은고추)에 대하여 병든 고추종자에서 검출된 탄저병균

3종을 접종한 결과는 Table 4와 같다. 풋고추에 대한 무상접종에서 *C. gloeosporioides* 만이 병원성을 나타냈고 *C. dematium*과 *G. cingulata*의 접종구는 발병이 되지 않았다. 그러나 유상접종구에서는 3종의 균주 모두 병원성을 나타냈다. 붉은 고추에 대한 무상접종에서 *C. gloeosporioides*와 *G. cingulata*는 병원성을 나타냈으나 *C. dematium*은 풋고추에서와 같이 발병이 되지 않았으며 유상접종에서는 3종의 균주 모두 병원성을 나타냈다. 본 실험결과 *C. gloeosporioides* 만이 풋고추와 붉은 고추에 대해서 병원성이 가장 강하였고 *C. dematium*과 *G. cingulata*는

약한 편이었다. 병원균의 병원성 발현은 품종과 밀접한 관계가 있기 때문에 본 실험결과로 결론을 내릴 수는 없다고 생각되나 *C. gloeosporioides*의 분리 비율이 다른 탄저병균에 비해서 현저히 높은 점(Park 등, 1992)이 병원성과도 관계가 있을 것으로 생각되며 본 실험에서 분리된 *G. cingulata*는 김 등(1986)이 밝힌 *C. gloeosporioides* R 계통의 완전세대라고 추정할 수 있다.

Table 4. Pathogenicity of *Colletotrichum dematium*, *C. gloeosporioides* and *Glomerella cingulata* isolated from naturally infected seeds of red pepper.

Species	Pathogenicity ² on			
	Green fruit		Red fruit	
	No wound	Wound	No wound	Wound
<i>C. dematium</i>	-	+	-	+
<i>C. gloeosporioides</i>	+	++	++	++
<i>G. cingulata</i>	-	+	+	+

²Average infection based on 10 fruits from each treatment in each of 2 replicates.

-: not pathogenic, +: rotted, ++: severely rotted.

탄저병균에 대한 고추종자소독

탄저병균에 이병된 고추종자에 대한 Benlate T와 Homai의 살균효과는 Table 5와 같다. 살균제에 의한 종자소독효과는 무처리와 비교할 때 5% 이상의 유의차를 나타내었으나 살균제 간이나 처리시간 사이에는 통계적인 유의차가 없었다. 또 균의 종류간에도 통계적인 유의성은 없었다. 따라서 고추종자를 파종하기 전에 Benlate T나 Homai의 200배액으로 2시간 침지소독할 경우 병든 종자로부터 포장으로의 전반을 예방할 수 있으며 건전묘 육성에도 크게 도움을 줄 수 있을 것으로 생각된다.

적 요

병든 고추에서 수집한 종자에서 *Colletotrichum dematium*, *C. gloeosporioides* 및 *Glomerella cingulata* 등이 습지법에 의해서 검출되었다. *C. gloeospo-*

Table 5. Effect of fungicides on seed borne infection of *Colletotrichum dematium*, *C. gloeosporioides* and *Glomerella cingulata* in seed samples of red pepper by the blotter method.

Fungicides and treating method	Infection percentage of ²						
	<i>C. dematium</i>		<i>C. gloeosporioides</i>			<i>G. cingulata</i>	
	86-6	87-8	86-6	86-7	87-8	86-7	87-8
Benlate T ^Y (1 hr treated)	1.0 a	1.5 a	1.0 a	3.1 a	0 a	1.0 a	0 a
Benlate T (2 hrs treated)	0 a	0 a	0 a	2.0 a	0 a	0 a	0 a
Homai ^X (1 hr treated)	2.0 a	2.0 a	1.0 a	4.2 a	1.0 a	2.0 a	0 a
Homai (2 hrs treated)	0 a	0 a	0 a	3.2 a	0 a	0 a	0 a
Control (water treated)	38.0 b	43.0 b	65.0 b	78.0 b	64.0 b	24.0 b	11.0 b

²Average percentage based on 100 seeds from each treatment in each of 3 replicates. Means followed by the same letter are not significantly different at 5% level according to Duncan's multiple range test.

^YMethyl 1-(butylcarbomoyl)-2-benzimidazole carbamate 20% + Tetramethylthiuram disulfide 20%

^XDimethyl-4, 4-(o-phenylene)bis(3-thiollophanate)50% + Tetramethylthiuram disulfide 30%.

*rioides*는 공시된 종자시료에서 우점종이었으며 그 다음이 *C. dematium*, *G. cingulata*의 순이었다. 탄저병균의 종자내 감염부위를 조사한 결과, 종피, 배유 및 자엽에서 *C. dematium*, *C. gloeosporioides* 및 *G. cingulata*가 검출되었으며 3종의 탄저병균의 검출율은 종피에서 더 많았고 배유와 자엽에서는 적었다. *C. dematium*, *C. gloeosporioides*와 *G. cingulata*의 종자감염은 종자부패, 모잘록 및 모마름병을 일으켰다. 접종시험결과 *C. gloeosporioides*가 가장 병원성이 강하였다. *C. dematium*은 상처가 있을 때 약한 병원성을 나타냈으며 *G. cingulata*는 유상 또는 성숙과에 대해서 약한 병원성이 있었다. 탄저병에 대한 종자소독 결과 베노람 수화제와 지오람 수화제의 효과가 우수하였다.

参考文献

- Arx, J.A. von. 1957. Die arten der gattung *Colletotrichum* Cda. *Phytopath. Z.* 29(4): 413-468.
- Arx, J.A. von. 1970. A revision of the fungi classified as *Gloeosporium*. *Bib Mycol.* 24: 1-203.
- 鄭鳳九, 張順花. 1984. 고추에서 분리한 탄저병균(*Colletotrichum dematium*)에 대한 병원학적 연구. *한국균학회지* 12(4): 154-157.
- International Seed Testing Association. 1976. International rules for seed testing. Annexes 1976. *Seed Sci. & Technol.* 4: 51-177.
- 金完圭, 趙義奎, 李銀鍾. 1986. 고추탄저병균(*Colletotrichum gloeosporioides*)의 2계통. *한국식물병리학회지* 2(2): 107-113.
- Khare, M.N., Mathur, S.B. and Paul Neergaard. 1977. A seedling symptom test for detection of *Septoria nodorum* in wheat seed. *Seed Sci. & Technol.* 5: 613-617.
- Kulshrestha, D.D., Mathur, S.B. and Paul Neergaard. 1976. Identification of seed-borne species of *Colletotrichum*. *Friesia* 11(2): 115-125.
- 오인석, 유승현, 우인식. 1985. 고추종자에서 검출된 진균의 종류와 고추탄저병균의 종자전염에 관한 연구. *한국식물병리학회지* 1: 212.
- Park, K.S. and Kim, C.H. 1992. Identification, distribution and etiological characteristics of anthracnose fungi of red pepper in Korea. *Korean J. Plant Pathol.* 8: 61-69.
- Sutton, B.C. 1980. The Coelomycetes. *Commonwealth Mycological Institute*, Kew. England.
- Sutton, B.C. 1992. The *Glomerella* and its anamorph *Colletotrichum*. In: *Colletotrichum, Biology, Pathology and Control*. ed. by Bailey, J.A. and Feger, M.G. pp. 1-26. CAB International, U.K.
- 劉勝憲, 朴鍾聲. 1982. 한국산 주요작물의 종자전염성 진균에 관한 조사. *충남대 농업기술연구보고* 9(1): 275-283.
- 劉勝憲, 朴鍾聲, 李珣範, 金洪琪. 1987. 고추탄저병균의 종자전염에 관한 연구. *충남대 농업기술연구보고* 14(1): 16-25.