

## 콩 탄저병균의 생장 및 병 진전에 미치는 온도, 수분 존재시간, 살균제의 영향

오정행\* · 김규홍

단국대학교 생명자원과학대학

Influence of Temperature, Wetness Duration and Fungicides on Fungal Growth and Disease Progress of Soybean Anthracnose Caused by *Colletotrichum* spp.

Jeung-Haing Oh\* and Kyu-Hong Kim

College of Bio-resources Science, Dankook University, Cheonan 330-714, Korea

(Received on June 20, 2003)

The effects of temperature, duration of wetness period, and fungicides on the spore germination, appressorium formation, acervulus formation and lesion development by *Colletotrichum* spp., cause of soybean anthracnose, and their pathogenicity were assessed in controlled environment. *C. gloeosporioides* was highly pathogenic on inoculated soybean seeds as high as *C. truncatum*, whereas remarkably low on the soybean leaves. Spore germination, appressorium formation and mycelial growth of *C. gloeosporioides* were best at 25°C, but *C. truncatum* was best at 30°C. It has also done at 15°C, even though it was much retarded. *C. truncatum* showed high sensitivity to the fungicides, fluazinam and benomyl, meanwhile *C. gloeosporioides* showed to fluazinam and triflumizole. At least 8 hrs. of wetness period was required for the pathogen to develop lesions at 30°C. When the wetness period was 32 hrs. lesion size was larger at 25°C than 30°C, however it was traceable at 20°C. Different sensitivity of *Colletotrichum* spp. to fungicides suggests that proper fungicide is required to effective control of soybean anthracnose infected multiply with *Colletotrichum* spp.

**Keywords :** *Colletotrichum* spp., fungicides, temperature, wetness duration

전 세계 대두 재배지역에서 발생하는 콩 탄저병은 특히, 온난 다습한 지역에서 그 피해가 크며(Backman 등, 1982; Sinclair and Backman, 1989), 우리나라에서도 중요 병해중 하나로 알려져 있다. 콩 탄저병의 병원균은 *Colletotrichum truncatum*, *C. destructivum*, *C. gloeosporioides*, *C. graminicola*, *Glomerella glycines* 및 *G. cingulata* 등이 보고되어 있으며, 이들 중 *C. truncatum*과 *G. glycines*의 발병빈도가 가장 높고 그 피해도 큰 것으로 알려져 있다(Sinclair and Backman, 1989). 또 *C. truncatum*과 *C. gloeosporioides*는 콩의 배축 및 떡잎에 심한 감염을 일으켜 식물의 생육장애를 유발하며(Roy, 1982) *C. truncatum*은 콩나물 부패의 중요한 원인으로 보고되어 있다(김 등, 2002). 콩 탄저병은 기주 품종에 따라 감수성에 차이가 있으나, 아직 저항성 품종이 보고된 바는 없으며(Manandhar 등, 1988) 방

제는 주로 살균제에 의존하고 있다(Oh and Kang, 2002).

밭에 버려진 병든 식물의 잔재는 콩 탄저병의 중요한 제1차전염원이 되며, 콩의 생육초기에 식물체를 침입하여 잠재감염 상태를 유지하다가 여름 강우기에 포자를 형성하고 전염하여 잎, 줄기에 발병하며, 어린 꼬투리에 침입하여 이병종자를 만드는 것으로 알려져 있다(Athow, 1987). 이와 관련하여 각종 탄저병균의 균사생장, 포자발아, 부착기 형성, 분생자충 형성 및 병의 발생에 대한 환경조건은 각종 식물에서 연구되었으나(Chongo and Bernier, 2000; Mahmood 등, 1991; Park and Kim, 1994; 윤과 박, 1990), 콩 탄저병에 대한 체계적인 발생생태 연구는 찾아보기 어렵다.

따라서, 본 연구에서는 콩 탄저병균 중 *C. truncatum*과 *C. gloeosporioides*의 콩에 대한 병원성을 비교하고, 균사생장, 분생자충 형성, 포자발아, 부착기 형성 및 병 진전에 미치는 온도, 수분 존재시간, 살균제의 영향을 구명함으로써 콩 탄저병의 효과적인 병 관리를 위한 기초 자료를 얻고자 하였다.

\*Corresponding author

Phone)+82-41-550-3625, Fax)+82-41-553-1618

E-mail)jhoh@dankook.ac.kr

## 재료 및 방법

**병원균 분리.** 실험에 사용된 콩 탄저병균 *Colletotrichum truncatum*과 *C. gloeosporioides*는 병든 콩 종자에서 분리하여 Sinclair and Backman(1989)이 보고한 균학적 특성과 비교하여 동정하였다. 균주는 병원성을 유지하기 위하여 2주마다 콩 종자에 접종, 새로 형성된 분생포자를 PDA(potato dextrose agar) 배지에 계대배양 하였다. 병원균의 접종실험을 위하여 비교적 발아력이 높은 콩 품종 대원콩, 태광콩, 진품콩의 건전 종자 8립씩을 발토양:모래:vermiculite=2:1:1(V/V) 비율의 혼합토양을 넣은 2l 플라스틱 포트에 파종하고, 출현 후 포트당 5주씩을 남기고 속아 주었다. 이들은 20~28°C 온실에서 V4 생육기까지 재배되었다.

**병원성 검정.** 콩 탄저병균의 종자 병원성을 검정하고자 대원콩, 태광콩, 진품콩의 건전종자 50립씩을 NaOCl 1% 용액에 1분간 침지하여 표면소독하고, 살균수에 세척하여 페트리접시 당 10립씩 5반복으로 치상하였으며, 각 병원균의 포자현탁액( $4 \times 10^4$  conidia/ml)을 종자 표면에 분무 접종한 후 25°C 항온기에서 5일간 발병시켜 콩 종피에 형성된 분생자충을 관찰하였다. 동일 방법으로 접종한 콩 종자를 플라스틱 포트에 파종하여 25°C 온실에 유지하면서 출현율을 조사하였다. 병원균의 경엽 병원성 검정은 병 진단도의 정량화를 위하여 펀칭접종법을 이용하였다. 즉, V4기 콩 식물체의 초생단엽, 제1본엽, 제2본엽에서 잎의 중앙 엽맥 양쪽의 엽육에 펀칭기(Open Industry Co. Ltd.)를 사용하여 직경 3 mm의 가벼운 상처를 만들고, 주사기를 사용하여 포자현탁액을 펀칭한 부위에 한방울(12.5  $\mu$ l)씩 떨어뜨려 접종하였다. 접종한 식물체는 25°C 접종상에서 48시간동안 유지한 후 온실에 옮기고, 3주 후

펀칭 부위에 형성된 병반의 크기를 측정하였으며, 현미경 40배 하에서 병반위의 분생자충 수를 조사하였다.

**온도와 수분 존재시간의 영향.** 균 생장에 미치는 온도의 영향을 조사하기 위하여 PDA 배지에서 5일간 배양한 균총의 가장자리에서 5 mm<sup>2</sup> 크기의 균사체를 잘라 PDA 배지 중앙에 치상한 후 15, 20, 25, 30°C의 항온기에 배양하면서 처리당 5개의 페트리접시(5반복)의 균총 직경을 경시적으로 측정하였다. 분생포자 발아율 및 부착기 형성율은 얇게 분주한 페트리접시 위의 PDA배지 표면에 포자현탁액( $10^2$  conidia/ml)을 분무 접종한 후 현미경 40배 하에서 10반복 조사하였다. 콩 잎에서의 병 진단에 미치는 온도와 수분 존재시간의 영향은 V4기 식물체의 초생단엽, 제1본엽, 제2본엽에 펀칭접종하여 수행하였다. 접종한 식물체는 접종상을 이용하여 20, 25, 30°C에서 각각의 수분 존재시간 1, 2, 4, 8, 16, 32시간을 처리한 다음, 25°C 성장상에 옮겨 그 3주 후에 병반 크기를 측정하였고, 병반 위에 형성된 분생자충의 수를 현미경 40배 하에서 조사하였다. 실험은 5반복으로 수행하였다.

**살균제의 영향.** *C. truncatum*과 *C. gloeosporioides*의 살균제에 대한 반응을 콩 탄저병 방제가가 높은 살균제 benomyl WP, fluazinam WP, iprodione + propineb WP, triflumizole WP를 사용하여 조사하였다. 각 살균제를 0.1, 1, 10, 100, 500, 1000  $\mu$ g/ml 농도가 되도록 조제한 PDA+살균제 배지에 각 균주를 접종하고, 25°C 항온기에 유지하면서 위 실험과 동일한 방법으로 포자 발아율, 부착기 형성율 그리고 균사생장율을 조사하였다.

## 결 과

**병원성.** 콩 종자에서 분리한 *C. truncatum*과 *C. glo-*

**Table 1.** Pathogenicity of *Colletotrichum truncatum* and *C. gloeosporioides* on soybean

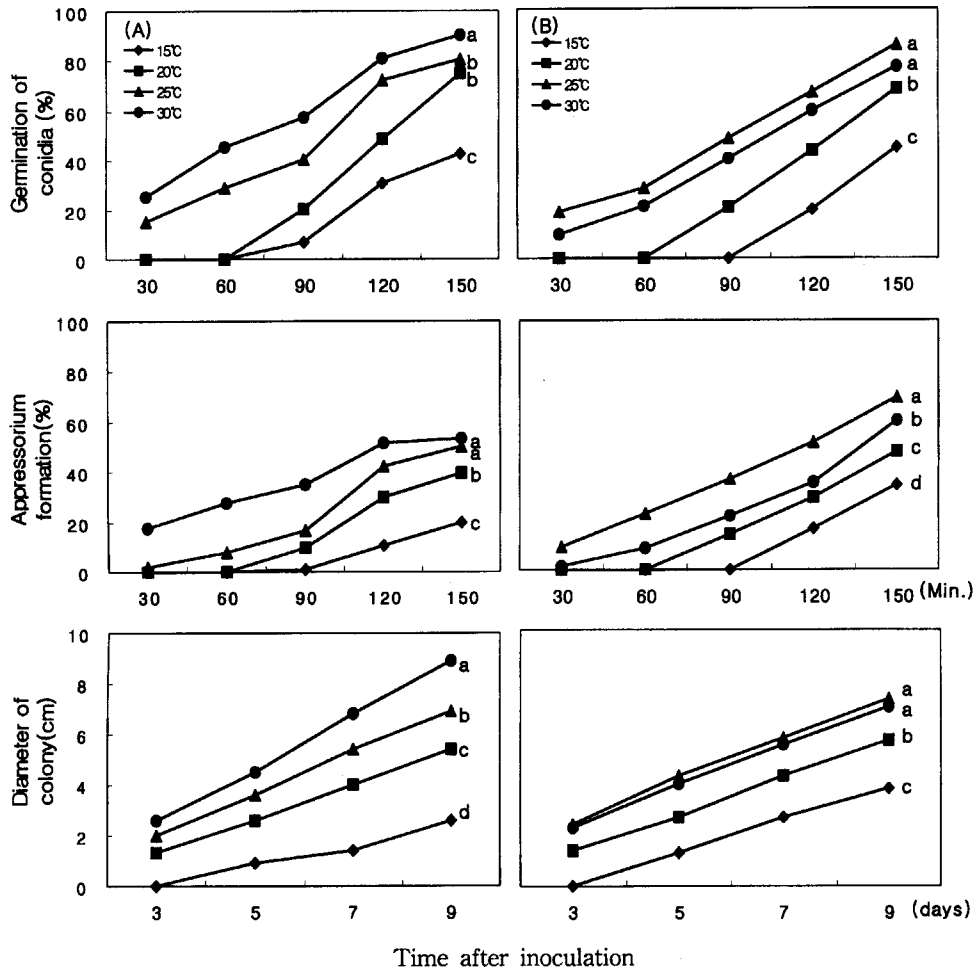
Pathogen	Cultivar	Seed inoculation <sup>a</sup>	Leaf inoculation	
		Reduction of emergence (%)	Lesion diameter (mm)	No. of acervulus
<i>C. truncatum</i>	Daewonkong	91.1	7.0	19.5
	Jinpumkong	83.0	5.0	17.0
	Taegwangkong	90.5	7.0	18.0
	Ave.	88.2	6.3	18.2
<i>C. gloeosporioides</i>	Daewonkong	86.0	1.0	0
	Jinpumkong	77.0	1.0	0
	Taegwangkong	85.6	1.0	0
	Ave.	82.9	1.0	0

<sup>a</sup>Soybean seeds were inoculated by spray of conidial suspension at a concentration of  $4 \times 10^4$  conidia/ml, while leaves were inoculated by dropping with 12.5  $\mu$ l of the conidial suspension on punched area of 3 mm diameter. Seed emergence and lesion size were measured a week after seeding and 3 weeks after leaf inoculation, respectively. Average emergence of soybean at control plot was 82.5%.

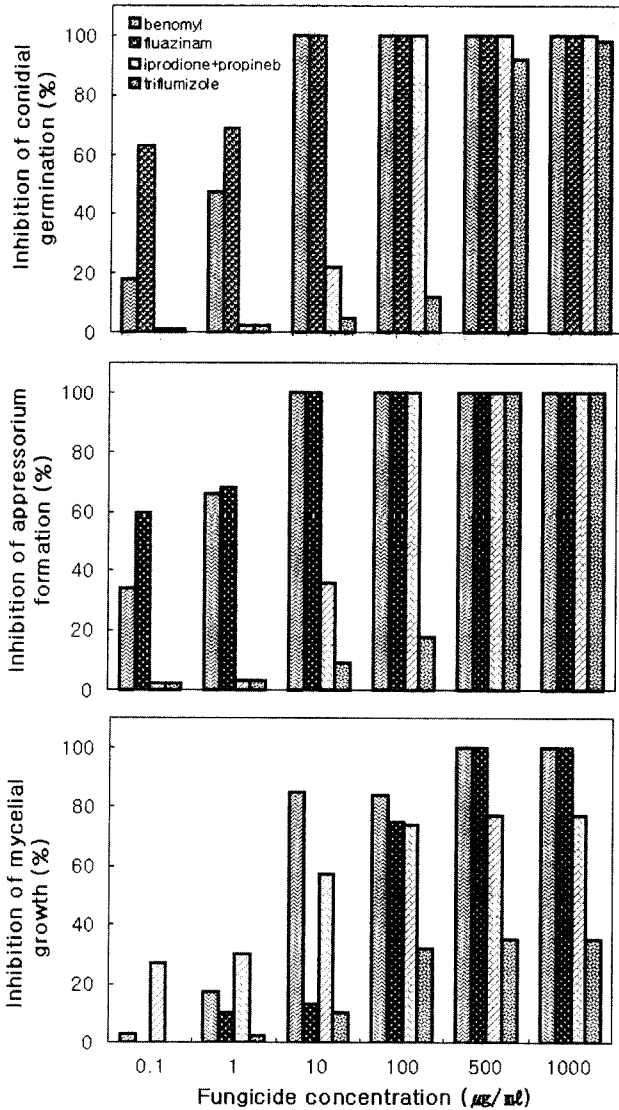
*eosporioides*의 포자현탁액을 콩 종자와 잎에 접종하여 병 원성을 검정한 결과는 Table 1과 같다. 품종에 따라 정도의 차이는 있으나 접종종자의 출현율은 현저히 감소하였는데, *C. truncatum* 접종구는 88.2%, *C. gloeosporioides* 접종구는 82.9% 감소하여 높은 종자 병원성을 보였다. 종자는 종피에 무수히 많은 분생자충을 형성하면서 부패하고, 발아한 종자도 대부분 배축이 암흑색으로 부패하여 출현하지 못하였다. 잎에 형성된 암갈색 병반의 크기는 *C. truncatum*이 6.3 mm였으나, *C. gloeosporioides*는 1.0 mm로 거의 병 진전이 없었으며, 잎의 병반에 형성된 분생자충 수는 *C. truncatum*이 18.2개였고, *C. gloeosporioides*에서는 관찰되지 않아 *C. gloeosporioides*의 경엽 병원성은 *C. truncatum*에 비해 매우 낮은 것으로 나타났다.

**균 생장에 대한 온도의 영향.** PDA 배지에서의 콩 탄저병균 분생포자 발아율은 온도가 높을수록 증가하여 *C.*

*truncatum*은 30°C에서, *C. gloeosporioides*는 25°C에서 가장 높았다. 발아 최적온도에서는 치상 30분 후에 이미 25%와 20%의 포자가 발아하였으나, 15°C에서는 발아 시작이 지연되어 *C. truncatum*은 치상 60분 후에, *C. gloeosporioides*는 치상 90분 후에 발아가 관찰되었으며, 치상 150분 후의 발아율은 처리 온도간에 유의차가 있었다. 부착기 형성율은 *C. truncatum*은 30°C에서, *C. gloeosporioides*는 25°C에서 가장 높았다. 최적온도에서는 치상 30분 후에 이미 20%와 10%의 부착기 형성을 보였으나, 15°C에서는 *C. truncatum*은 60분 후에, *C. gloeosporioides*는 치상 90분 후에 부착기 형성이 시작되었으며, 150분 후의 부착기 형성율은 처리온도간에 유의차를 보였다. 균사생장율은 *C. truncatum*은 30°C에서, *C. gloeosporioides*는 25°C에서 가장 높았고, 접종 9일 후의 균사생장율은 처리온도간에 유의차가 있었다(Fig. 1).

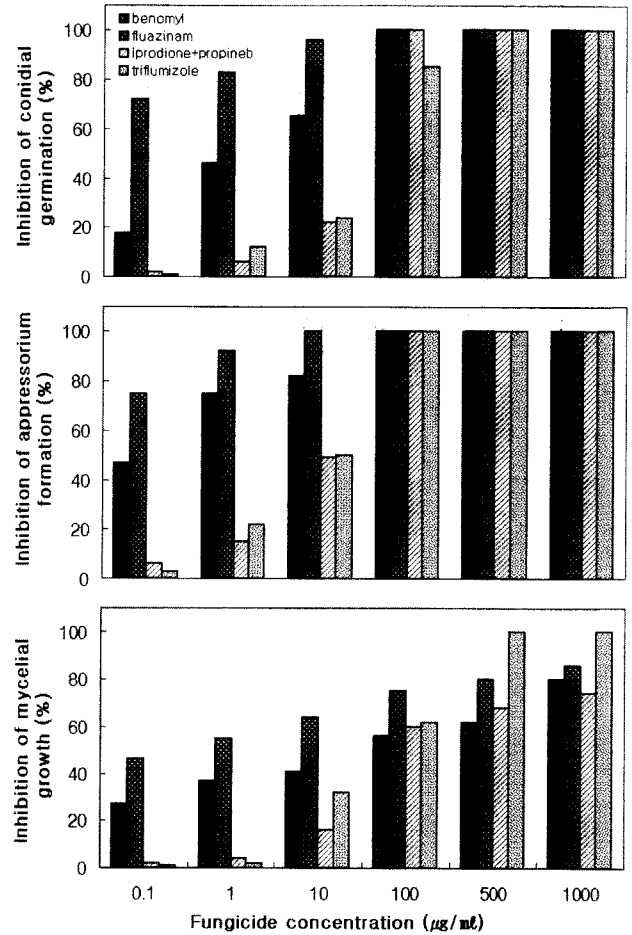


**Fig. 1.** Effect of temperature on germination of conidia, formation of appressorium and diameter of colony of *Colletotrichum truncatum* (A) and *C. gloeosporioides* (B) on PDA. With each experiment, bars with the same letter are not significantly different ( $p>0.05$ ) according to DMRT.



**Fig. 2.** Influence of benomyl, fluazinam, iprodione + propineb and triflumizole on inhibition of conidial germination, appressorium formation and mycelial growth of *C. truncatum* in PDA amended with fungicides.

**병원균의 살균제에 대한 반응.** 콩 탄저병 방제용 살균제 benomyl, fluazinam, iprodione + propineb 및 triflumizole에 대한 *C. truncatum*과 *C. gloeosporioides*의 반응을 농도별 살균제 첨가 배지에서 조사하였다(Fig. 2, Fig. 3). 포자 발아는 *C. truncatum*의 경우 benomyl과 fluazinam 10 µg/ml에서 100% 억제되었으나, iprodione + propineb 10 µg/ml에서는 20% 억제에 불과하였고, triflumizole 10 µg/ml에서는 거의 억제되지 않았다. 반면, *C. gloeosporioides*는 fluazinam 10 µg/ml에서만 완전 억제되었고, benomyl과 iprodione + propineb은 100 µg/ml에서, triflumizole은 500 µg/ml에서 완전 억제되었다. 살균제의 부착기 형성 억제



**Fig. 3.** Influence of benomyl, fluazinam, iprodione + propineb and triflumizole on inhibition of conidial germination, appressorium formation and mycelial growth of *C. gloeosporioides* in PDA amended with fungicides.

효과는 *C. truncatum*의 경우 포자발아 억제효과와 유사한 경향을 보였으나, *C. gloeosporioides*는 fluazinam 10 µg/ml에서만 완전 억제되었고, benomyl, iprodione + propineb, triflumizole은 100 µg/ml에서 완전 억제되었다. 살균제의 균사생장 억제효과는 *C. truncatum*의 경우 benomyl 10 µg/ml에서 약 90% 억제되었으나, fluazinam과 iprodione + propineb에서는 각각 10%와 60% 억제되었고, triflumizole은 농도의 증가에도 균사생장 억제효과는 크게 증가하지 않았다. *C. gloeosporioides*의 경우에는 억제정도는 낮았으나, benomyl에 비해 fluazinam에 의한 억제효과가 더 컸다.

**병 진전에 대한 온도와 수분존재시간의 영향.** *C. truncatum*의 접종으로 잎에 형성된 병반의 크기는 잎 표면의 수분 존재시간이 증가할수록 정비례적으로 증가하는 경향을 보였으나, 그 증가정도는 온도조건에 따라 차이가 있었다. 즉, 25°C에서는 수분존재시간 8시간까지는

**Table 2.** Disease progress of *Colletotrichum truncatum* on soybean leaves in response to temperature and wetness duration

Wetness duration (hr)	Lesion diameter <sup>a</sup> (mm)				No. of acervulus			
	20°C	25°C	30°C	Ave.	20°C	25°C	30°C	Ave.
1	5.4	6.0	6.0	5.67 b <sup>b</sup>	7.9	12.1	10.0	10.37 c
2	5.4	6.0	6.0	5.80 b	8.3	12.6	10.4	10.48 c
4	5.4	6.0	6.0	5.80 b	8.9	12.5	12.2	11.23 b
8	5.4	6.0	6.2	5.93 a	9.1	12.7	12.7	11.53 b
16	5.6	6.4	6.2	6.07 a	9.0	13.0	12.9	11.65 b
32	5.8	8.0	6.4	6.73 a	11.7	23.3	15.0	16.71 a
Ave.	5.5b	6.4a	6.1 a <sup>b</sup>		9.2c	14.5a	12.2b	
F-value	Temperature			23.55 <sup>c*</sup>				77.65 <sup>*</sup>
	Wetness duration			10.65 <sup>*</sup>				78.09 <sup>*</sup>
	Interaction			3.59 <sup>ns</sup>				15.90 <sup>ns</sup>

<sup>a</sup> Lesion size and number of acervulus were measured 2 weeks after punch inoculation.

<sup>b</sup> Means followed by a common letter are not significantly different at 5% level by DMRT.

<sup>c\*</sup>, <sup>ns</sup> indicate significant and nonsignificant difference at 5% level.

병반 크기에 차이가 없었으나 16시간부터 현저히 증가하여 32시간에서 가장 높았고, 30°C에서는 8시간부터 병반 크기가 증가하여 32시간에서 가장 높았다. 그러나 증가의 정도는 25, 30, 20°C 순으로 높았다. 병반에 형성된 분생자충 수는 수분존재시간이 증가할수록 정비례적으로 증가하였으며, 25, 30, 20°C 순으로 높게 나타났다(Table 2).

## 고찰

콩 탄저병의 병원균은 여러 가지 *Colletotrichum* spp.로 알려져 있으나 콩에 대한 이들의 병원성 비교연구는 없었다. 본 실험의 결과 *C. gloeosporioides*의 종자병원성은 *C. truncatum*과 비슷하게 높았으나, 경엽에서의 병원성은 현저히 낮았다(Table 1). 이 결과는 콩의 종자, 배축 및 경엽에서의 병원성은 *C. truncatum*이 가장 높으며(Sinclair and Backman, 1989; 김 등, 2002; 한과 이, 1995), *C. gloeosporioides*는 콩 종자감염의 경우 발아 직후의 배축과 떡잎에 감염을 일으키기도 하지만, 병원성은 매우 낮다는 다른 연구자들의 보고와 비슷한 것이다(한과 이, 1995). 콩 탄저병균의 균사생장, 포자발아, 부착기 형성의 적온은 *C. gloeosporioides*가 25°C, *C. truncatum*이 30°C였고, 이 최적온도에서는 치상 30분 만에 이미 20% 이상의 포자가 발아하여 부착기를 형성하였으며, 15°C에서도 지연되기는 하지만 포자는 발아하였다(Fig. 1). 그리고 *C. truncatum*을 접종한 잎에서의 병반 진전은 30°C에서 수분 지속시간이 8시간 이상 지속될 때 크게 증가하였으며 20°C에서는 16시간부터 진전되었으나 매우 낮았다(Table 2).

이는 *C. gloeosporioides*의 경우 포도 잎에서의 포자발아, 부착기 형성의 적온은 25°C였고, 발병에는 최소 8시간의 수분존재가 필요하였으며(윤과 박, 1990), 고추 탄저병의 균 생장 적온은 28°C였으나 병 발생율은 32°C에서 가장 높았다는 보고(Park and Kim, 1994; Manandhar 등, 1995)와 *C. truncatum*의 경우 두과작물에서 균 생장 및 유묘 발병 적온은 28~30°C였고(Sinclair and Backman, 1989), 발병에는 15°C 이상에서 최소 16시간의 수분존재가 필요하였다는 보고(Chongo and Bernier, 2000)와 유사한 것이다. 본 실험에서 *C. truncatum*의 균 생장 적온은 30°C였으나, 수분존재시간이 충분히 지속되는 조건에서 발병 적온은 25°C였다. 이는 병원균의 생장 적온과 발병 적온은 항상 일치하지 않는다는 것을 의미하는 것이다(Park and Kim, 1994). 본 실험의 결과를 종합하면 포자의 발아, 부착기 형성, 균사생장 및 병 진전은 온도와 수분존재시간에 따라 큰 차이를 보여 콩 탄저병의 발생에 미치는 환경의 영향이 큰 것으로 보였으며, 따라서, 기온이 25°C 이상이 되고 수분존재시간이 8시간 이상으로 지속되는 여름 장마기에 병이 신속히 진전되어 크게 발병하는 것으로 보였다. 또, benomyl, fluazinam, iprodione + propineb 및 triflumizole이 콩 탄저병의 방제에 효과적인 살균제로 알려져 있으나(Oh and Kang, 2002) *C. truncatum*은 fluazinam과 benomyl에 대해 감수성이 높은 반면, *C. gloeosporioides*는 fluazinam과 triflumizole에 대해 높은 감수성을 보여(Fig. 2, Fig. 3) 콩 탄저병의 발생이 *Colletotrichum* spp.의 중복 감염인 경우 효과적인 방제를 위해서는 살균제의 정확한 선택이 매우 중요할 것으로 보인다.

## 요 약

콩 탄저병의 효과적인 관리를 위하여 병원균의 병원성을 비교하고, 포자발아, 부착기 형성, 균사생장 및 병진전에 미치는 온도와 수분존재시간의 영향, 그리고 살균제에 대한 반응을 조사하였다. *C. gloeosporioides*의 종자병원성은 *C. truncatum*과 비슷하게 높았으나 경엽에서의 병원성은 현저히 낮았다. *C. gloeosporioides*의 포자발아, 부착기 형성, 균사생장 적온은 25°C였고, *C. truncatum*의 적온은 30°C였으며, 15°C에서는 매우 낮았다. 살균제에 대한 반응은 *C. truncatum*은 fluazinam과 benomyl에 대해, *C. gloeosporioides*는 fluazinam과 triflumizole에 대해 높은 감수성을 보였다. *C. truncatum*에 의한 병의 진전율은 수분존재시간이 8시간이면 30°C에서, 32시간 이상이면 25°C에서 가장 높았으며, 20°C에서는 매우 낮았다. 살균제에 대한 감수성은 병원균에 따라 차이가 있으므로 *Colletotrichum* spp.의 중복감염에 의한 콩 탄저병의 방제를 위해서는 살균제의 정확한 선택이 중요할 것으로 보인다.

## 감사의 말씀

이 논문은 2002학년도 단국대학교 대학연구비의 지원으로 연구되었습니다.

## 참고문헌

- Athow, K. L. 1987. Fungal diseases. In: Soybeans; improvement, production, and uses. ed. by Wilcox, p.712. Madison, Wisconsin, USA.
- Backman, P. A., Williams, J. C. and Crawford, M. A. 1982. Yield losses in soybeans from anthracnose caused by *Colletotrichum truncatum*. *Plant Dis.* 66: 1032-1034.
- Chongo, G. and Bernier, C. C. 2000. Effects of host, inoculum concentration, wetness duration, growth stage, and temperature on anthracnose of lentil. *Plant Dis.* 84: 544-548.
- 한숙경, 이두형. 1995. 콩, 팥 및 녹두에서 분리한 탄저병균류의 동정과 병원학적 특징. *한식병지* 11(1): 30-38.
- 김용기, 류재기, 류재당, 이상엽, 이승돈. 2002. *Colletotrichum* species에 의한 콩나물 부패. *식물병연구* 8(3): 175-178.
- Mahmood Khan and Sinclair, J. B. 1991. Effect of temperature on infection of soybean roots by sclerotia-forming isolates of *Colletotrichum truncatum*. *Plant Dis.* 75: 1282-1285.
- Manandhar, J. B., Hartman, G. L. and Sinclair, J. B. 1988. Soybean germ plasm evaluation for resistance to *Colletotrichum truncatum*. *Plant Dis.* 72: 56-59.
- Manandhar, J. B., Hartman, G. L. and Wang, T. C. 1995. Anthracnose development on pepper fruits inoculated with *Colletotrichum gloeosporioides*. *Plant Dis.* 79: 380-383.
- Oh, J. H. and Kang, N. W. 2002. Efficacy of fluazinam and iprodione + propineb in the suppression of *Diaporthe phaseolorum*, *Colletotrichum truncatum* and *Cercospora kikuchii*, the causal agents of seed decay in soybean. *Plant Pathol. J.* 18(4): 216-220.
- 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(1): 34-38.
- Roy, K. W. 1982. Seedling diseases caused in soybean by species of *Colletotrichum* and *Glomerella*. *Phytopathology* 72: 1093-1096.
- Sinclair, J. B. and Backman, P. A. 1989. Compendium of soybean diseases. 3rd. ed. APS press. St. Paul, Minnesota. 106 pp.
- 윤성철, 박은우. 1990. 온도 및 수분존재시간이 *Colletotrichum gloeosporioides*의 포도 감염에 미치는 영향. *한식병지* 6: 219-228.