

## 콩탄저병의 피해 해석 및 요방제 수준 설정

문윤기 · 이재홍 · 최준근\* · 강안석 · 한성숙<sup>1</sup>

강원도농업기술원 환경농업연구과, <sup>1</sup>국립농업과학원 농업미생물과

(2010년 4월 21일 접수, 2010년 5월 3일 수리)

### Yield Loss Assessment and Determination of Economic Thresholds Limits against Soybean Anthracnose

Youn-gi Moon, Jae-hong Lee, Jun-keun Choi\*, An-seok Kang and Seong-sook Han<sup>1</sup>

Agricultural Environment Research Section, Gangwon Provincial Agricultural Research & Extension Services, Chuncheon 200-150, Korea, <sup>1</sup>Agricultural Microbiology Division, National Academy of Agricultural Sciences, Suwon 441-707, Korea

#### Abstract

A field investigation was carried out for two years to analyze yield loss due to soybean anthracnose caused by *Colletotrichum truncatum* and to determine its economic threshold limit. Anthracnose severity in terms of % diseased pods was negatively correlated with yield, number of normal seeds per plant and number of pods per plant, and positively correlated with % abnormal seeds with correlation coefficients of -0.85, -0.78, -0.64, and 0.80, respectively. A simple linear regression model was obtained as  $Y = -1.7781X + 164.22$  with  $R^2 = 0.8092$ , when the soybean yields (Y) were predicted using anthracnose severity (X) as an independent variable. The yield levels could be predicted as high as 80.92%. Based on this equation, spray threshold without economic considerations was estimated as 6.9 in % pods infected with anthracnose. Economic threshold limit and economic spray threshold able to compensate the costs of fungicide sprays were determined as 11.9% and 9.5%, respectively.

**Key words** soybean anthracnose, yield loss assessment, economic threshold

#### 서 론

콩에 발생하는 병해는 우리나라에서 선충을 제외하고 모두 29종이 기록되어 있으며 국내의 병원균으로 *Colletotrichum gloeosporioides*, 와 *C. truncatum* 두 종이 알려져 있다(한국식물병리학회, 2004). 탄저병은 미이라병과 함께 우리나라에서 가장 피해가 큰 진균병해로 전 생육기간동안 발생하여 주로 콩꼬투리, 줄기, 잎자루에 불규칙한 갈색병반을 만든다. 장마철에 병이 진전하게 되면 포기 내 그늘진 줄기 잎에 번저조기낙엽을 초래하여 수량에 영향을 준다. 특히 콩꼬투리와

작은 꽃줄기(소화경)에 발병하면 아예 종실을 형성하지 않거나 꼬투리안의 종실수가 적어지고 크기도 작게 된다(호남농시, 2001).

탄저병균은 포자나 균사의 형태로 종자나 병든 식물의 잔재물에서 월동하여 다음해의 전염원이 되므로 건전종자의 사용, 종자소독, 이병잔재물의 처리 등 포장위생이 방제의 기본이 된다(안 등, 1970). 탄저병균은 기주표피에 도달, 부착기를 형성하여 침입균사를 낸 후 각피와 세포벽을 직접 뚫고 침입하는 것으로 알려져 있다(도 등, 1987; Tiffany, 1951). 생육기에 탄저병의 발생이 심하게 되면 약제방제가 불가피하며 이때에 필요한 것이 오이흰가루병의 경우에서(김 등, 2006) 약제방제의 경제성을 정당화시킬 수 있는 기준의 마련이다.

\*연락처 : Tel. +82-33-258-9721, Fax. +82-33-258-9719

E-mail: cjk5370@korea.kr

이를 위해서는 탄저병이 콩 수량에 얼마나 영향을 끼치는가에 대한 피해 해석이 선행되어야 하는데 이에 대한 연구는 아직 우리나라에서는 찾아보기 어렵다.

본 연구는 콩탄저병의 수량에 대한 영향을 조사하여 약제 살포의 경제적인 방제수준을 설정하기 위하여 포장에서 2006년부터 2년간 수행하였다.

## 재료 및 방법

### 콩 재배 및 시험구 설정

콩품종은 다올콩을 선정하여 춘천시 소재 강원도농업기술원 시험포장에 6월 5일에 재식거리를  $40 \times 25\text{cm}$ 로 하여 파종하였다. 기타 관수, 시비 등의 경종방법은 농촌진흥청 콩옥수수재배 표준영농교본(1989)을 따랐다. 탄저병의 발병수준은 무발병구, 발병협율 5, 16, 30%의 4수준으로 시험구를 두었으며 초기 발병을 유도하기 위하여 콩 생육중기에 탄저병균의 분생포자현탁액을  $1 \times 10^5$ 개/ml로 조절하여 무발병구를 제외한 시험구에 살포하였다. 접종 시험구는 의도한 수준의 발병을 얻기 위하여 베노밀수화제를 2000배액으로 희석하여 초기 발생 후 5~10일 간격으로 4회 살포하였다. 시험구 크기는 구당  $3.3\text{m}^2$ 로 하고 난괴법 3반복으로 배치하였다.

### 콩탄저병 발병 및 수량조사

탄저병은 2007년 8월 초순에 초발 후 5일 간격으로 발병 추이를 조사하였으며 조사방법은 농업과학기술 연구조사 분석기준(농촌진흥청, 2003)을 참고로 하여 조사협수에 대한 발병협수를 조사하여 발병협율을 산출하였다. 콩수량 및 수량구성요인을 조사하기 위하여 각 시험구에서 생산된 줄기 꼬투리, 종실을 대상으로 줄기무게(경중), 꼬투리수(협수), 완전립수, 불완전립수, 100립중을 조사하였다. 수량은 시험구에서 생산된 모든 종실의 무게를 합하여 구하였다.

### 콩탄저병의 피해 해석 및 경제적 방제수준의 산출

탄저병의 발병협율과 줄기무게, 꼬투리수, 완전립수, 불완전립수, 100립중 등의 수량구성요인과의 상관을 SAS 통계프로그램을 이용하여 변이를 분산분석(ANOVA)하고 유의성을 검정하였으며 상관계수를 산출하였다. 발병협율을 독립변수(X)로 하고 수량을 종속변수(Y)로 하여 단순직선회귀식(simple linear regression)을 구하였으며 Fisher test로 회귀모델의 유의성을 검정하고 결정계수( $R^2$ )를 구하였다. 산출된 회귀식을 기반으로 수량에 영향을 미치기 시작하는 탄저병의 발병

수준(요방제 수준)을 구하고 약제방제비용을 정당화시킬 수 있는 경제적 방제수준을 Pedigo 등(1996)이 제시한 방법을 이용하여 도출하였다.

## 결과 및 고찰

### 콩탄저병의 발생추이

탄저병은 생식생장초기(착합기)인 2007년 8월 초순에 발생하기 시작하여 주로 꼬투리, 줄기, 잎자루에 불규칙한 모양의 흑갈색 병반을 형성하였으며 종실이 비대하기 시작하는 생식생장 중기이후인 8~9월 사이에 지속되는 고온과 잦은 강우로 인한 식물체 포기내의 습도 증가에 따라 발병이 급격히 늘어나는 경향이었다(Fig 1). 탄저병은  $28 \sim 30^\circ\text{C}$ 의 고온과 포화습도가 12시간이상 지속될 때 발생이 많아진다는 것은 Bailey and Jeger(1992)에 의해 이미 보고된 바 있다. 9월 하순 이후는 기온이 떨어지고 건조해짐에 따라 발병도 점차 감소하였다. 심하게 감염된 꼬투리는 종실을 형성하지 못하거나 꼬투리 당 종실의 수가 적고 그 크기도 작으며 꼬투리의 모양이 뒤틀려 쭈그러진 모양이 되었다(Fig 2B). 병든 꼬투리 감

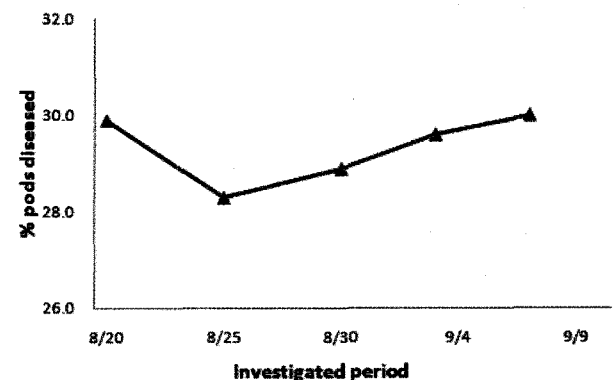


Fig. 1. Seasonal occurrence of soybean anthracnose caused by *Colletotrichum truncatum* in the check plots spray at Chuncheon, Gangwon province in 2007.

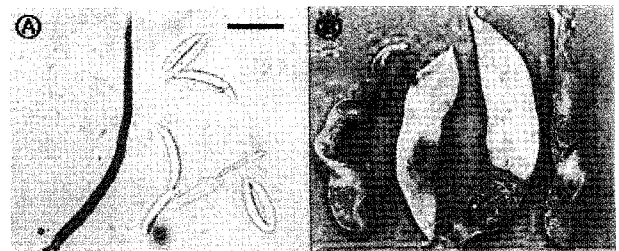


Fig. 2. Setae and shaped of conidial *Colletotrichum truncatum*, a causal organism of soybean anthracnose(A, bar=30  $\mu\text{m}$ ), and its symptom on soybean pods(B).

염조직에서 *C. truncatum*은 잘 발달된 자좌에 분생자충을 형성하였으며 그 안에 흑색 내지는 흑갈색 가시모양의 강모가 있었고 무색, 단포의 낫 모양의 분생포자를 무수히 생성하였다(Fig 2(A)). 병원균의 형태는 한 등(1995)이 기술한 형태와 유사하였다.

### 탄저병 발병 수준별 수량 및 수량 구성요인

콩탄저병 처리구별 수량특성을 보면(Table 1), 발병수준은 줄기무게에 큰 영향을 주지 못하였으나 주당 꼬투리(협)수와 완전립수는 발병이 많을수록 적어지는 경향이였다. 이와는 반대로 주당 불완전립율은 발병이 심할수록 현저하게 높아졌으나 100립중에는 발병수준간에 유의적인 차이를 보이지 않았다. 처리구당 종실무게의 합인 수량은 발병이 높을수록 감소하는 경향이 뚜렷하였다. 따라서 발병이 많을수록 콩종실 수량이 떨어지는 것은 100립중의 차이보다는 주로 종실의 불완전립율이 높아지기 때문으로 풀이된다.

### 탄저병과 수량구성요인과의 상관

탄저병과 수량구성요인들과의 상관을 보면 Table 2와 같다. 탄저병 발병정도와 주당협수, 주당완전립수, 불완전립율, 수량과의 상관계수는 각각 -0.64, 0.80, -0.85로 통계적으로

유의성을 나타내었지만 줄기무게, 주당불완전립수, 100립중과는 상관이 없었다. 수량구성요인들간의 상관을 보면 주당협수와 주당완전립수는 상관계수 0.90, 주당완전립수와 불완전립율은 상관계수 -0.60, 불완전립율과 수량과는 상관계수 -0.80으로 유의성이 인정되었다. 이와 같은 관계로 볼 때 탄저병은 주당꼬투리수를 적게 하고 완전립수를 감소시키며 불완전립율을 증가시킴으로서 결과적으로 수량(총종실무게)을 감소시키는 것으로 생각된다. 100립중은 탄저병 발병수준과 유의적인 상관관계를 보이지 않았는데 이것은 꼬투리내 발병종실이 인접 종실에 영향을 미쳐 그 보상 효과 등에 의한 면이 폭이 커진 데에 원인이 있을 것으로 추정된다.

### 탄저병의 수량 예측 모델

탄저병 발병협율을 독립변수(X)로 하고 수량 및 수량구성요인을 종속변수(Y)로 하여 탄저병 발병정도로 수량을 예측할 수 있는 단순직선회귀식을 작성하였을 때 모델의 적합도가 가장 높은 것은 불완전립율(Fig. 3(A))과 꼬투리수(협수)(그림 3(C))이며 탄저병 발병협율로 이들의 변이요인을 각각 97.3% 와 92.0% 해석이 가능하였다. 완전립수를 예측하는 모델의 경우(그림 3(B))는 이들보다 적합도가 약간 낮아 결정계수( $R^2$ )가 0.8514로 나타났다. 탄저병 발병협율(X)로 콩

**Table 1.** Differences in yield and yield components of soybean at varying levels of anthracnose development in fields at Chuncheon, Gangwon province in 2007

area (% diseased pods)	Stem wt (g)	No. pods /plant	No. normal seeds/plant	% abnormal seeds	100seeds wt (g)	Yield (kg/10a)
0	36.7 a*	31.7 a	44.0 a	0.15 a	33.0 a	151.9 a
5	40.8 a	28.2 a	34.5 ab	0.16 ab	35.8 a	146.9 b
16	40.5 a	26.8 ab	28.7 b	0.17 ab	36.1 a	124.7 c
30	41.8 a	23.5 b	24.8 b	0.19 c	38.5 a	118.2 c

\* Values followed by the same letter are not significantly different at P=0.05 based on Duncan's multiple range test (DMRT).

**Table 2.** Studies on correlation coefficient between anthracnose severity, yield, and yield components of soybean in the field experiments

Factors	Stem wt (g)	No. pods /plant	No. normal seeds/plant	% abnormal seeds	100seeds wt (g)	Yield (kg/10a)
% diseased pods	0.22	-0.64*	-0.78**	0.80*	0.40	-0.85**
Stem wt (g)		0.40	0.19	0.35	-0.19	-0.23
No. pods/plant			0.90**	-0.36	-0.26	0.52
No. normal seeds/plant				-0.60*	-0.42	0.76
% abnormal seeds					0.54	-0.80**
100 seeds wt (g)						-0.48

\* and \*\* are significant at P=0.05 and P=0.01, respectively.

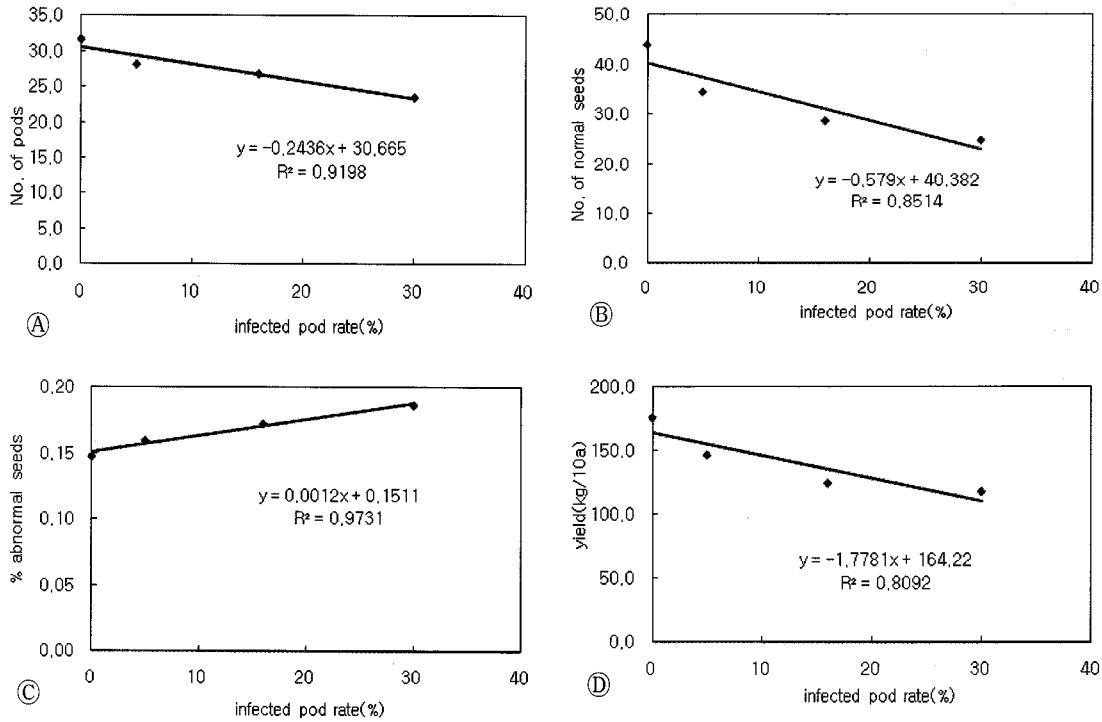


Fig. 3. Simple linear regression models derived for yield and its components of soybean plotted against % infected pods with anthracnose in field experiments; ①: number of pods, ②: number of normal seeds, ③: % abnormal seeds, ④: seed yield(kg/10a).

수량(Y)을 예측하는 모델은  $Y = -1.7781X + 164.22$ 로 이때의 결정계수는 0.8092 이었다(그림 3④). 따라서 이 수량예측모델을 사용했을 때 탄저병 발병으로 해석 가능한 수량의 변이는 최대 81%였고 나머지 19%는 탄저병 발병 외의 환경요인에 의한 것으로 생각된다. 향후 수량예측모델의 변이를 줄이고 적합도를 더 높이기 위해서는 좀 더 다양한 장소에서의 반복적인 포장시험이 필요할 것으로 사료된다.

**콩탄저병 요방제 수준 및 경제적 방제수준 산출**

상기 수량예측모델에 무발병 처리구에서의 실제수량 151.9 kg/10a를 대입하여 방제비용을 고려하지 않았을 때의 최대수량을 얻기 위한 요방제수준을 기존방법(농촌진흥청, 2006)을 참고하여 아래 식에서 산출하였다

$$151.9 = -1.7781X + 164.22$$

위 식에서  $X = (164.22 - 151.9) / 1.7781 = 6.928$  즉 무발병 시 최대 수량을 얻기 위하여 방제비용을 고려하지 않은 요방제수준은 6.9%로 나타났다. 방제비용을 고려했을 때의 경제적 피해수준 및 경제적 방제수준은 필요비용과 생산물(콩)의 판매가격(소득)을 대비하여 농업과학기술원(2003)에서 제시

한 방법에 따라 아래와 같이 구하였다. 콩 생산물의 가격은 2007년 자료(농촌진흥청)를 참고하였다.

방제비용	농약구입비	9,723원/10a × 3회 =	29,169원
	살포노력비	10,613원/시간 × 1.7시간 =	18,042원
	대농구상각비		23,590원
계			70,801원

소득 : 3,356/kg (콩 단가, 2007년 지역별농산물소득자료)

면적당 방제비용 동가 수량:  $70,801(\text{원}/10a) / 3,356(\text{원}/\text{kg}) = 21.1\text{kg}/10a \dots (A)$

경제적 피해수준:  $(A) / \text{피해계수} = 21.1 / 1.7781 = 11.87\% \dots (B)$

경제적 방제수준 (경제적 피해수준의 80%):  $(B) \times 0.8 = 9.50\%$

상기 산출식에서 보는바와 같이 경제성을 고려하였을 때 방제비용을 보상할 수 있는 콩탄저병의 발병협율의 한계는 11.9% 정도였으며, 이 수준 이하에서의 살균제 살포는 경제적으로 이득을 가져오지 않는 것으로 나타나고 있다. 그러나 실용적인 측면에서 경제적인 방제수준은 이 수준의 80%에 해당하므로 실제로 농민들은 탄저병의 발병상황을 조사하여 발병협율이 9.5%에 달하면 농약살포 등의 방제대책을 서둘

리 실행해야 할 것으로 생각된다.

이 연구는 콩 생산에서 가장 큰 문제가 되고 있는 탄저병을 농민들이 농업현장에서 방제할 때 그 경제성을 고려한 방제지침을 우리나라에서 처음으로 수립했다는 데에 큰 의의를 찾을 수 있을 것이다. 물론 이 연구에서 나온 각종 피해수준이나 방제수준은 시기나 지역에 따라 농산물 가격이 달라지고 인건비 등의 환경여건이나 수확량을 좌우하는 콩 품종에 따라 달라 질 수 있을 것이다. 따라서 이러한 연구는 그 신뢰성을 증진하기 위하여 보다 폭 넓은 지역에서 시기를 달리하여 반복적으로 포장시험을 수행함으로써 지속적인 보완이 이루어져야 할 것으로 생각된다.

>> 인 / 용 / 문 / 헌

Bailey, J. A. and Jeger, M. J. (1992) COLLETOTRICHUM : Biology, Pathology and Control. In: B. C. Sutton, The Genus Glomerella and its Anamorph Colletotrichum. International Mycological Institute, Kew, Surrey, UK. pp. 1~26.  
 Pedigo, L. P. (1996) General models of economic thresholds.

pp.41~57. In L. G. Higley and L. P. Pedigo (eds), Economic thresholds for integrated pest management. Univ. Nebraska Press, Lincoln.  
 Tiffany, L. H. (1951) Delayed sporulation of Colletotrichum on soybean. *Phytopathology* 41:975~985.  
 김진영, 홍순성, 이진구, 박경열, 김흥기, 김진원 (2006) 오이흰가루병의 경제적 피해 허용수준 설정. *식물병연구* 12(3):231~234.  
 농촌진흥청 (1989) 콩·옥수수재배 표준영농교본-34,35(개정판) pp. 21~122.  
 농촌진흥청 (2003) 농업과학기술 연구조사 분석기준. 제4판 pp. 330~331.  
 농촌진흥청 (2007) 2006 지역별 농산물 소득자료. pp. 57.  
 농업과학기술원 (2003) 경제적 피해수준 설정 workshop. pp. 39.  
 농업과학기술원 (2006) 2006년도 주요 병해충·잡초 요방제수준설정. 연구사업보고서 pp. 16~20, 42~50.  
 도은수, 백수봉 (1987) 환경조건이 대두 탄저병균의 부착기형성에 미치는 영향. *한국균학회지* 15(3):142~148.  
 안정광, 정봉구 (1970) 콩탄저병에 대한 종자소독제의 효과. *한국식물보호학회지* 9(1):21~24.  
 한국식물병리학회 (2004) 한국식물병명명목록. 제4판, pp. 779.  
 한경숙, 이두형 (1995) 콩, 팥, 녹두에서 분리한 탄저병균류의 동정과 병원학적 특징. *한국식물보호학회지* 11(1):30~38.  
 호남농업시험장 (2001) 콩 병해충·잡초 도감. pp. 24~26.

콩탄저병의 피해 해석 및 요방제 수준 설정

문윤기 · 이재홍 · 최준근\* · 강안석 · 한성숙<sup>1</sup>

강원도농업기술원 환경농업연구과, <sup>1</sup>국립농업과학원 농업미생물과

**요 약** 콩탄저병의 수량에 미치는 영향을 조사하고, 요방제 수준을 설정하기 위하여 2년간 포장에서 시험하였다. 탄저병의 발병협율과 수량, 완전립수, 불완전립수, 협수와의 상관계수가 각각 -0.85, -0.78, 0.80, -0.64로 5% 수준에서 유의성이 있는 협수를 제외하고는 모두 1% 수준에서 고도의 상관성이 있었다. 탄저병 발병협율(X)을 독립변수로 콩수량(Y)을 예측했을 때의 단순직선회기 모델은  $Y = -1.7781X + 164.22$ 로 결정계수( $R^2$ )는 0.8092였다. 상기 회귀식에서 경제성을 고려하지 않고 수량에 영향을 주기 시작하는 요방제 수준은 발병협율 6.9%로 산출되었으며, 방제비용을 보상할 수 있는 경제적 피해수준 및 경제적 방제수준은 각각 발병협율 11.9%와 9.5%로 산정되었다.

**색인어** 콩탄저병, 수량감소평가, 경제적 방제수준