

고추 탄저병 발생에 따른 수량변화와 방제수준 설정

Yield Loss Assessment and Determination of Control Thresholds for Anthracnose on Red Pepper

김주희^{1*} · 정성수¹ · 이기권¹ · 임주락¹ · 최선우¹ · 이왕휴²

¹전북농업기술원 기후변화대응과, ²전북대학교 농생물학과

Ju-Hee Kim^{1*}, Seong-Soo Cheong¹, Ki-Kwon Lee¹, Ju-Rak Yim¹, Sun-Woo Choi¹ and Wang-Hyu Lee²

¹Division of Climate Change, Jeollabuk-do Agricultural Research and Extension Services, Iksan 570-704, Korea

²Plant Medical Research Center, Chonbuk National University, Jeonju 561-756, Korea

*Corresponding author

Tel: +82-63-290-6183
Fax: +82-63-290-6198
E-mail: kimjuhee@korea.kr

Received November 24, 2014
Revised January 5, 2015
Accepted February 2, 2015

This study was carried out to develop control thresholds for anthracnose on red pepper. To investigate relationship between anthracnose incidence and diseased fruits, experimental plots with six treatments were established. There existed close correlation between rate of diseased fruits and yields in field ($Y = -16.83X + 327.57$, $R^2 = 0.83$), in rain shelter ($Y = -4.92X + 361.02$, $R^2 = 0.84$), and in rain shelter with rain ($Y = -5.91X + 359.71$, $R^2 = 0.76$). Control thresholds for anthracnose of pepper were 0.9% diseased fruits per plant in field and from 1.7 to 2.3% diseased fruits rate per plant in rain shelter.

Keywords: Anthracnose, Control threshold, Pepper

서 론

고추 탄저병은 주로 과실에 발생하여 피해를 주므로 과실의 상품성을 떨어뜨리고 나아가서는 수량을 감소시키는 병으로 지속적으로 발생하여 피해를 주는 심각한 병이다. 탄저병은 고추뿐만 아니라 각종 작물에 발생하여 피해를 주는데(Charles 등, 2012) 온도가 높고 습도가 높을 경우, 특히 잦은 강우에 의해 발생이 증가하여 피해를 주고 있다(Manandhar, 1995).

작물에 따라서는 탄저병에 감염되면 상품성이 저하될 뿐만 아니라 수량이 현저히 감소하여 발병하면 심각한 피해를 초래하는 중요한 병해로 알려져 있다(John, 2011; Moon 등, 2010; Sharma, 2008; Tyler 등, 2008). 특히 열매에 탄저병이 발생하면

그 피해는 더 증가하는데 Prathibha 등(2013)에 의하면 인도에서 고추에 탄저병이 감염되면 수량의 50%가 감소하는 것으로 보고된 바 있다. 국내에서도 매년 고추 재배기간 중 기상경과에 따라 강우가 잦은 해에 고추 탄저병 피해가 증가하고 있는데(Kim과 Park, 1988; Park과 Kim, 1994; Yoon과 Park, 2001) 평균적으로 탄저병 발생에 대한 국내 피해액은 총생산량의 13%에 달하는 막대한 손실을 주고 있으므로 적극적인 대책이 요구되고 있다(Shin 등, 1999).

이러한 탄저병의 피해를 해결하기 위하여 일반적으로 대다수의 고추 재배농가는 약제방제에 의존해 왔다(Park 등, 1992). 그러나 적절한 방제시기를 놓치거나 예방적으로 방제를 하는 농가에서는 적용약제 사용량이나 살포횟수 등이 기준량을 초과하는 경우가 많아 농약오남용과 작물잔류 우려가 있어 이에 대한 개선책이 요구되고 있다. 그러므로 효율적이면서 친환경적인 방제대책으로 고추 탄저병 방제적기 설정이 무엇보다 시급한 실정이다. 고추 탄저병은 약제 살포 적정시기 선정의 어려

Research in Plant Disease

©The Korean Society of Plant Pathology
pISSN 1598-2262, eISSN 2233-9191

음과 연작에 의한 병원균의 밀도가 증가하여 피해가 매년 증가하는 추세이며 농가소득에 직접 영향을 미치므로 방제적기를 구명하여 궁극적으로는 농약사용횟수를 절감하면서 효율적인 방제를 하고자 피해를 최소화 할 수 있는 요방제 수준을 설정하기 위하여 본 시험을 수행하였다.

재료 및 방법

시험재료 및 시험포장. 고추 탄저병의 발병정도와 수량변화를 조사하기 위하여 3년정도 고추를 연작재배 한 전라북도농업기술원(익산) 포장에서 시험을 실시하였다. 시험포장은 고추 표준시비법에 준하여 정지작업 후 90일 육묘된 고추(‘마니따’ 품종)를 재식거리 75×45 cm 간격으로 농촌진흥청 표준재배법에 따라 재배하였다. 시험포장은 기상환경에 영향을 받아 병 발생이 극심하거나 미약하여 시험처리 구간을 구분하기 어려울 정도의 병 발생이 될 가능성을 우려하여 노지재배와 비가림 재배로 구분하여 처리하였다. 비가림 재배는 강우조건과 무강우 조건으로 구분하였다. 강우조건은 하우스 상부에 스프링클러를 설치하여 발병 초부터 매일 2시간씩 연속 살포하여 강우조건을 주었다.

탄저병 초기발병 처리수준. 탄저병의 발생수준은 6수준(발병과율 기준)으로 조절하였으며 시험구 배치는 난괴법 3반복으로 처리하였다. 노지재배 시험포장의 각 처리구의 면적은 20 m^2 로 구획하였으며, 비가림 하우스 포장의 각 처리구를 10 m^2 로 구획하였다. 발병정도별 6수준 처리구의 병발생은 인위접종을 통하여 조절하였다. 접종 병원균은 병원성이 확인된 *Colletotrichum gloeosporioides* 균주를 사용하였다. 접종방법은 핀으로 과실표면에 상처를 준 후 1×10^6 conidia/ml 농도의 포자현탁액을 $10 \mu\text{l}$ 씩 올려 놓아 발병을 유도하였다. 모든 처리구 별로 전체과수 중 과장이 3 cm 이하인 열매를 제외한 전수개수를 조사하고 초기접종수준에 맞는 열매를 조사하여 해당 열매에 인위접종하여 수준을 조절하였다. 인위접종 시기는 고추가 착과하여 성숙하기 시작하는 7월 상순에 접종하여 14일 경과한 후 발병정도를 조사하여 초기 발병수준을 구획하였다. 초기 발병수준을 결정할 때는 인위접종한 열매와 자연발생한 열매를 모두 조사하여 수준에 포함하였으나 초기발병수준을 설정할 당시 자연 발생한 탄저병에 감염된 열매는 많지 않아 초기설정 수준에 크게 벗어 나지 않았으며 처리구의 발병수준을 포장 상태에서 3반복 모두 동일하게 조절하기 어려우므로 발병과율이 0, 0.1-2, 2.1-4, 4.1-6, 6.1-8, 8.1-10% 범위 안에 발생한 시험구를 구분하여 3반복 처리하였고 이에 대한 평균값을 구하여 각 처리구의 초기발병수준 대표값으로 표기하였다.

노지재배 시험구에는 탄저병 초기 발생정도를 발병과율 0, 1.6, 3.5, 5.2, 7.7, 9.3%로 조절하였으며 비가림 재배 강우조건은 0, 0.8, 2.9, 4.7, 7.1, 9.7% 발병과율로 조절하였고 비가림 재배 무

강우 조건은 0, 1.5, 3.4, 4.8, 7.5, 9.6% 수준으로 조절하였다. 방제약제는 아족시스트로빈액상수화제를 2000배로 희석하여 발병초부터 7일 간격으로 3, 5회, 무방제구로 구분하여 초기발병 처리수준과 조합처리하였다.

과실수량 및 특성조사. 고추 탄저병 발병정도가 처리 수준에 따라 고추열매의 특성 및 수량의 변화에 어떠한 영향을 미치는지를 분석하기 위하여 각 처리구에서 수확된 과실을 대상으로 과중, 과장, 과경을 조사하였고 전체 수확과수(발병과를 제외한 상품성 있는 열매만 조사) 수량을 조사하였다. 조사방법은 농촌진흥청 표준 조사방법에 준하였다(Rural Development Administration, 2003).

탄저병 발생정도 조사. 처리별 탄저병 발생정도 조사는 수확과를 대상으로 주기적으로 수확을 하면서 전체수확과수 중 탄저병 발병과율을 조사하였다.

방제수준 설정. 탄저병 발생정도에 따른 과중, 과장, 과경, 수량은 SAS(Statistical analysis system, SAS Institute, USA)의 분산분석(ANOVA)을 실시하여 Duncan의 다중검정방법으로 유의성을 검정하였으며 이들 초기와 후기의 발병수준과 상호요인간의 상관을 구하여 발병과율과 상관인 높은 요인들에 대하여 회귀분석법을 이용하여 회귀식을 구하였다. 회귀식은 발병과율을 독립변수(X)로 하고 수량을 종속변수(Y)로 하여 단순직선회귀식을 구하였으며 Fisher test로 회귀모델의 유의성을 검정하고 결정계수(R^2)를 구하였다. 성립된 회귀식을 활용하여 수량이 전혀 감소하지 않는 범위의 방제적기를 설정하였다. 조사한 데이터는 결과에 대한 이해를 돕고 농가에서 쉽게 활용이 가능하도록 국내에서 발 단위로 사용되는 10a를 기준으로 환산하여 표기하였다.

결과 및 고찰

초기 접종수준에 따른 고추 탄저병 후기 발생정도. 고추 탄저병의 발생은 모든 시험구에서 초기 발병과율이 높을수록 후기의 발병과율이 증가하는 경향을 보였다. 그러나 병 발생 양상은 노지재배와 비가림재배(강우조건, 무강우조건) 포장에 따라 다르게 나타났다. 노지재배 시험구는 병이 발생할 수 있는 환경에 노출되어 있으므로 후기 병발생이 비가림 재배포장에 비해 급속하게 증가하였다. 그러나 노지재배에서 약제를 전혀 살포하지 않은 무살포구에서는 초기발병과율이 1.6% 수준의 처리구가 후기에는 28.7%까지 발병을 하였으며 초기 9.3% 발병수준의 처리구는 후기에는 50.2%까지 발병을 보여 노지에서 발병에 적합한 환경이 주어지면 급속하게 병이 발생하는 반면 비가림 재배와 같이 병 발생에 부적합한 환경이 주어지면 방제를 하지 않더라도 병 발생이 거의 진전되지 않거나 서서히 진

행되는 것으로 조사되었다(Table 1). 노지재배 시험 포장에서 방제를 하는 경우 발병초부터 적용 약제를 3회 처리한 시험구는 약제를 살포하지 않은 구에 비해 후기 발병과율도 낮은 경향을 보였다. 약제를 초기에 처리하면 초기 발병과율이 1.6%일 때 90.2% 상품과율을 얻을 수 있는 반면 9.3% 수준에서는 57.2% 상품과율을 얻어 병발생이 진행된 이후에는 방제를 하더라도 발병 억제 효과가 낮았다. 약제 5회 처리구 역시 3회 처리구보다 약간 방제효과가 높았으며 그 경향은 유사하였다. 그러나 비가림재배포장의 고추에서는 탄저병 발생정도가 완만하게 증가하여 후기 병발생정도가 노지재배보다 낮았다. 비가림재배시 무강우 조건과 강우조건 모두에서 고추 탄저병은 초기 발병과율이 높을수록 후기 발병과율도 높았다. 강우 조건에서 약제 무살포구에서는 초기 발병과율이 1.8%일 때 상품과율이 92.9%이었으며 무강우 조건에서는 1.5%일 때 94%이었다. 비가림재배에서는 발병 초부터 적용 약제를 3회 처리한 시험구는 약제를 살포하지 않은 구에 비해 후기 발병과율도 낮고 상품과율도 높은 경향이었으며 강우조건의 경우 약제를 초기에 처리하면 초기발병과율이 1.8%일 때 97.3% 상품과율을 얻을 수 있는 반면 9.7% 수준에서는 87.1% 상품과율을 얻어 노지재배에서 보다 발생이 적었다(Table 2). 무강우 조건의 경우 약제를 초기에 처리하면 초기이병과율이 1.5%일 때 94% 상품과율을 얻을 수 있는 반면 9.6% 수준에서는 88.6% 상품과율을 얻어 노지재배에

서 보다 발생이 적었다. 약제 5회 처리구 역시 3회 처리구보다 약간 방제효과가 높았으며 그 경향은 유사하였다(Table 3). 강우조건에서 9.7% 발병과율일 때 88.1% 상품과율을 얻었고 무강우조건에서는 9.6% 발병과율일 때 88.6% 상품과율을 얻었다. 강우조건을 준 비가림재배 포장에서도 노지재배보다 병발생이 적은 이유는 인위적인 강우조건이 자연적인 강우에 비해 병이 발생하기에 부적합한 환경이었기 때문으로 판단된다.

초기접종수준과 후기발생정도에 따른 과실 특성과 수량변화.

노지재배와 비가림 재배(강우조건, 무강우조건) 고추시험구에서 탄저병의 초기접종 수준과 후기발병정도에 따라 수확된 과실의 특성변화를 관찰한 결과 탄저병 발생이 증가하더라도 고추의 과중, 과장, 과경의 변화에는 영향을 미치지 않았다(Table 1, 2, 3). 탄저병은 잎이나 줄기 등에 발생하지 않고 주로 열매에만 발생하여 고추의 생육에 영향을 미치지 않고 열매의 상품성에만 영향을 미치므로 과중, 과장, 과경 등 열매의 특성은 발병 여부에 영향을 받지 않은 것으로 판단된다. 그러나 수확과수나 수량에는 직접적인 영향을 미쳐서 발병정도가 증가할수록 수확과수와 수량이 감소하는 경향을 나타냈다. 노지재배 시험구는 초기접종 수준이 3.5% 이상 수준에서 수량이 급격히 감소하는 경향을 보였으며(Table 1) 무강우조건의 비가림재배에서는 초기접종수준 9.6% 이상, 강우조건의 비가림재배에서는 4.7%

Table 1. Disease rates and fruit characteristics of red pepper with field cultivation

Treatment		Diseased rate (%)	Marketable fruit rate (%)	Fruit weight (g)	Fruit length (cm)	Fruit diameter (mm)	Number of fruit/plant	Yield (kg/10a)
Initial disease rate (%)	Number of fungicide treatment							
0	0	19.4	80.6	13.2 a ^x	18.4 a	13.4 a ^x	47.9 bcd	303.7 cd ^x
	3	4.8	95.2	13.0 a	18.5 a	15.0 a	53.1 ab	331.1 a
	5	4.1	95.9	12.7 a	17.6 a	14.6 a	56.3 a	343.0 ab
1.6	0	28.7	71.3	12.9 a	18.0 a	13.5 a	40.0 efgh	247.5 efg
	3	9.8	90.2	12.9 a	17.9 a	13.7 a	51.7 abc	320.3 bc
	5	7.4	92.6	13.4 a	17.3 a	14.8 a	53.0 ab	340.9 ab
3.5	0	36.2	63.8	12.8 a	18.1 a	15.1 a	35.2 ghij	216.5 gh
	3	18.5	81.5	13.0 a	17.8 a	14.6 a	46.5 bcde	290.2 cd
	5	17.4	82.6	13.6 a	18.5 a	14.4 a	45.1 cdef	294.2 e
5.2	0	38.5	61.5	12.1 a	17.7 a	13.7 a	37.9 fghi	220.3 fgh
	3	27.2	72.8	13.0 a	18.0 a	14.6 a	39.9 efgh	248.8 de
	5	26.4	73.6	12.9 a	17.6 a	15.4 a	40.6 defg	251.6 ef
7.7	0	46.9	53.1	13.1 a	18.4 a	13.9 a	19.8 k	124.3 i
	3	39.8	60.2	12.9 a	18.8 a	14.6 a	32.0 ij	197.9 h
	5	34.0	66.0	12.8 a	17.9 a	13.7 a	32.8 hij	201.5 h
9.3	0	50.2	49.8	13.3 a	17.5 a	13.9 a	29.1 j	186.0 h
	3	42.8	57.2	12.4 a	18.2 a	14.0 a	31.8 ij	189.5 h
	5	39.7	60.3	13.4 a	17.8 a	14.1 a	30.0 j	192.7 h

^xWithin columns, means followed by the same letters are not significantly different ($p = 0.05$) according to Duncan's multiple range test.

Table 2. Disease rates and fruit characteristics of red pepper with field cultivation under rain shelter condition (successive rain condition after initial disease occurrence)

Initial disease rate (%)	Number of fungicide treatment	Diseased rate (%)	Marketable fruit rate (%)	Fruit weight (g)	Fruit length (cm)	Fruit diameter (mm)	Number of fruit/plant	Yield (kg/10a)
0	0	7.1	92.9	12.8 a ¹⁾	17.5 a	14.4 a ^x	56.4 cde	346.5 bcd ^x
	3	0	100	13.2 a ⁷	17.9 a	14.6 a	58.9 a	373.4 a
	5	0.7	99.3	13.4 a	18.1 a	15.3 a	58.1 ab	373.5 a
1.8	0	5.3	94.7	12.6 a	17.4 a	14.9 a	55.8 ed	337.3 abc
	3	2.7	97.3	12.8 a	18.0 a	14.4 a	57.9 abc	355.5 bcde
	5	1.8	98.2	13.6 a	17.8 a	15.0 a	55.7 ed	363.8 ab
2.9	0	9.9	90.1	13.4 a	18.3 a	14.7 a	51.9 g	334.0 cdefg
	3	3.6	96.4	12.9 a	18.0 a	14.8 a	56.9 bcd	352.3 abc
	5	2.9	97.1	12.6 a	17.9 a	15.4 a	54.8 ef	331.4 efgh
4.7	0	14.2	85.8	13.1 a	18.2 a	14.2 a	49.2 hij	309.4 gh
	3	7.5	92.5	13.0 a	17.7 a	14.4 a	52.1 g	325.1 cdef
	5	4.7	95.3	13.1 a	17.8 a	15.0 a	53.5 fg	336.4 defgh
7.1	0	15.6	84.4	12.9 a	18.0 a	14.6 a	50.1 h	310.0 gh
	3	10.4	89.6	13.3 a	17.8 a	14.8 a	50.2 h	320.7 efgh
	5	7.1	92.9	13.2 a	18.4 a	14.3 a	49.6 hi	314.3 fgh
9.7	0	15.5	84.5	12.8 a	17.9 a	15.1 a	49.5 hi	304.1 h
	3	12.9	87.1	13.4 a	17.8 a	14.7 a	48.2 ij	310.2 gh
	5	9.7	90.3	13.6 a	18.4 a	14.4 a	47.8 j	311.8 gh

^xWithin columns, means followed by the same letters are not significantly different ($p = 0.05$) according to Duncan's multiple range test.

Table 3. Disease rates and fruit characteristics of red pepper with field cultivation under rain shelter condition (no rain)

Treatment		Diseased rate (%)	Marketable fruit rate (%)	Fruit weight (g)	Fruit length (cm)	Fruit diameter (mm)	Number of fruit/plant	Yield (kg/10a)
Initial disease rate (%)	Number of fungicide treatment							
0	0	5.8	94.2	12.9 a ¹⁾	17.6 a	14.5 a ^x	55.7 bcd	345.1 ab ^x
	3	0	100	13.3 a	17.5 a	15.3 a	56.8 ab	362.4 abcde
	5	0	100	13.4 a	18.0 a	15.6 a	57.2 a	368.1 a
1.5	0	4.4	95.6	13.2 a	18.0 a	14.6 a	54.8 cde	347.2 abcd
	3	0.8	99.2	13.4 a	18.4 a	14.4 a	56.0 bc	360.0 abc
	5	0.9	99.1	13.6 a	18.3 a	13.8 a	54.6 de	356.4 ab
3.4	0	6.7	93.3	13.1 a	17.7 a	14.9 a	53.1 fg	333.7 abc
	3	3.7	96.3	13.0 a	18.2 a	15.2 a	57.2 a	356.9 bcdef
	5	1.5	98.5	13.2 a	18.0 a	14.6 a	55.8 bc	353.8 abc
4.8	0	8.0	92.0	13.0 a	18.1 a	14.5 a	52.9 gf	330.3 bcdef
	3	6.1	93.9	12.9 a	17.9 a	14.7 a	54.6 de	338.1 abcdef
	5	4.2	95.8	13.2 a	18.2 a	14.8 a	53.9 ef	341.3 cdef
7.5	0	10.4	89.6	13.1 a	18.0 a	15.3 a	51.9 gh	326.6 abcdef
	3	10.0	90.0	12.7 a	18.5 a	14.9 a	52.7 g	321.1 def
	5	9.2	90.8	13.1 a	18.4 a	13.9 a	51.0 hi	320.5 def
9.6	0	11.4	88.6	13.5 a	18.1 a	14.0 a	48.1 j	311.7 f
	3	10.8	89.2	13.2 a	17.8 a	14.3 a	49.4 k	313.0 ef
	5	9.7	90.3	13.0 a	17.5 a	13.9 a	50.8 i	316.8 def

^xWithin columns, means followed by the same letters are not significantly different ($p = 0.05$) according to Duncan's multiple range test.

이상에서 수량감소가 뚜렷하게 나타나는 것으로 조사되었다. 따라서 노지재배 고추의 경우 초기발병률 1.6% 수준에서 약제 3, 5회 처리한 시험구가 초기발병률 0% 수준과 비교했을 때 5% 수준에서 처리간의 유의성이 없는 것으로 조사되었으며 비가림재배의 경우 2.9%나 3.4% 초기 발병수준의 수량이 초기발병률 0% 수준과 유의성이 없어 유사한 수준의 수량을 얻을 수 있는 것으로 나타났다(Table 1, 2, 3).

초기발병수준별 발병과율과 과실특성, 수량 등 각 요인과의 상관관과 수량변화 관계. 고추 탄저병의 초기 발병수준과 후기 발생정도와 상관 분석 결과 노지재배, 비가림 재배(강우조건), 비가림 재배(무강우조건) 각각 $r = 0.87^{**}$, $r = 0.84^{**}$, $r = 0.88^{**}$ 로 1% 수준에서 고도의 유의한 상관이 있었다. 초기발병수준과 수량과 상관분석 결과 노지재배, 비가림재배(강우), 비가림재배(무강우) 시험구 각각 $r = 0.87^{**}$, $r = 0.91^{**}$, $r = 0.89^{**}$ 로 고도의 유의한 부의 상관이 있는 것으로 분석되었으며 초기 발병수준과 수량과 상관 분석 결과 노지재배, 비가림 재배(강우), 비가림 재배(무강우) 각각 $r = 0.86^{**}$, $r = 0.87^{**}$, $r = 0.91^{**}$ 로 1% 수준에서 고도의 유의한 부의 상관이 있는 것으로 조사 분석되었다(Table 4). 이와 같은 상관관계 분석결과는 탄저병의 발생은 주당 수확과수를 감소시키므로 결국 수량을 감소시키는 결과를 초래한 것을 설명해주는 것으로 추정된다. 따라서 상관분석 결과를 가지고 발병과율을 독립변수(X)로 하고 수량을 종속변수

(Y)로 하여 고추 탄저병 발생정도가 수량에 미치는 영향을 분석하기 위하여 단순직선회귀식을 구한 결과 노지재배 고추의 경우 $Y = -16.83X + 327.57$, $R^2 = 0.83$ 회귀식을 얻었으며, 비가림 재배(무강우 조건) 경우 $Y = -4.92X + 361.02$, $R^2 = 0.84$ 회귀식을 얻었고, 비가림 재배(강우 조건) 경우 $Y = -5.91X + 359.71$, $R^2 = 0.76$ 회귀식을 얻었다(Fig. 1). 얻어진 직선 회귀식을 구한 결과 탄저병 발병과율이 증가할수록 수량이 감소하는 사실을 설명할 수 있으며 성립된 회귀식을 활용하여 수량이 전혀 감소하지 않는 범위의 방제적기를 설정하였다.

고추 탄저병 요방제 수준 설정. 초기 발병과율 수준에 따른 수량을 분석에 의해 얻어진 회귀식을 이용해 값을 대입했을 때 수량이 전혀 감소하지 않는 범위의 방제 수준은 노지재배, 비가림(강우 조건), 비가림(무강우 조건) 각각 0.9%, 2.3%, 1.7%로 설정 되었다. 이와 같은 결과를 통하여 볼 때 탄저병은 발생 초기에 방제하는 것이 무엇보다 중요하다는 결론을 얻을 수 있었으며 탄저병 발생조건이 좋은 노지재배에서는 초기방제를 더욱 적극적으로 해야 할 것으로 판단된다. 박과류가 탄저병에 감염되어 방제를 하지 않았을 때 95–99%의 수량이 감소하므로(Ullasa와 Amin, 1986) 카벤다짐계와 베노밀 등 적용약제로 적기방제를 실시하여 수량을 증수시켰으며, Pakdevaraporn 등(2005)에 의하면 고추 탄저병 발생에 의하여 수량이 50%까지 감소하여 막대한 피해를 초래한 바 있으며, 대만에서는 10–80%까지 수량이 감소하는 것으로 보고된 바 있다(Poonpolgul과 Kumphai, 2007). 따라서 피해를 최소화하기 위한 각종 방제법 개발의 노력이 이루어지고 있으며(Amin과 Ullasa, 1980; Boonratkwang 등, 2007) 각종 개발된 방제수단을 적용할 때는 반드시 적기에 방제하는 것이 중요한 것으로 판단된다. 그러나 본 시험에 사용한 균주는 *C. gloeosporioides*로 Kim 등(2008)에 의해 보고되기 전까지 주 원인균으로 알려져 있었으나 최근 고추 탄저병을 일으키는 우점종은 *C. acutatum*으로 보고되고(Kim 등, 2008) 있으므로 앞으로 이에 대한 추가적인 실험이 필요할 것으로 판단되며, 탄저병은 강우와 밀접한 관련이 있으므로 국지적인 집중호우와 강우변화에 따른 방제적기도 반드시 고려해야 할 것으로 판단된다. 또한 방제적기에 농가현장에서 방제

Table 4. Correlation analysis of diseased rate, fruit characteristics and yields of red pepper

	Treatment (Diseased fruit rate)	Diseased rate	Number of fruit	Yield
Field	Initial diseased rate	0.87 ^{**}	-0.87 ^{**}	-0.86 ^{**a}
	Disease rate		-0.96 ^{**}	-0.91 ^{**}
Rain shelter ^b	Initial diseased rate	0.84 ^{**}	-0.91 ^{**}	-0.87 ^{**}
	Diseased rate		-0.92 ^{**}	-0.89 ^{**}
Rain shelter	Initial diseased rate	0.88 ^{**}	-0.89 ^{**}	-0.91 ^{**}
	Disease rate		-0.88 ^{**}	-0.84 ^{**}

^aSignificantly different at 1% level.

^bSuccessive rain condition after initial disease occurrence.

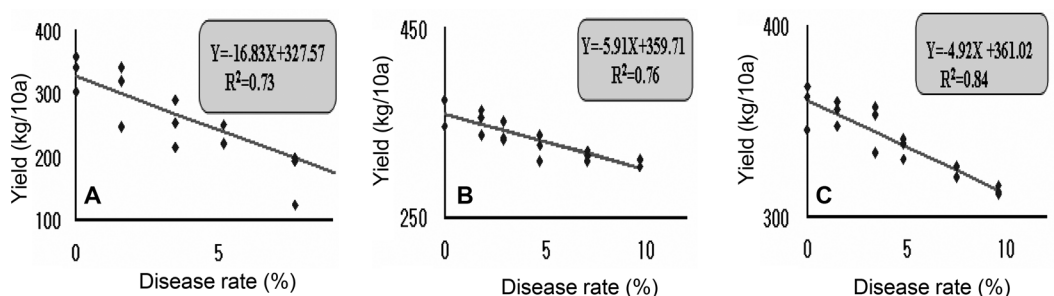


Fig. 1. Correlations between anthracnose disease incidence of red pepper and yield in field (A), rain shelter (B, successive rain condition after initial disease occurrence), and rain shelter (C, no rain).

를 실시하기 위해 방제약제를 선택할 때에는 농약잔류나 약제 내성 출현의 우려가 있으므로 탄저병 적용약제 중 주성분이 다른 약제로 교호 살포하여 방제하는 등 세심한 주의가 필요할 것으로 판단된다.

요 약

고추 탄저병 요방제 수준을 설정하기 위하여 시험한 결과 노지 고추 수량에 영향을 주지 않는 수준의 탄저병 방제적기는 발생정도가 0.9% 이하이었으며, 노지고추 탄저병 발생정도와 수량과의 회귀식은 $Y = -16.83X + 327.57$, $R^2 = 0.83$ 성립하였다. 비가림 재배(무강우 조건) 고추의 수량에 영향을 주지 않는 수준의 탄저병 방제적기는 발생정도가 1.7% 이하이었으며, 고추 탄저병 발생정도와 수량과의 회귀식은 $Y = -4.92X + 361.02$, $R^2 = 0.84$ 성립하였다. 비가림 재배(강우 조건) 고추의 수량에 영향을 주지 않는 수준의 탄저병 방제적기는 발생정도가 2.3% 이하이었으며, 고추 탄저병 발생정도와 수량과의 회귀식은 $Y = -5.91X + 359.71$, $R^2 = 0.76$ 성립하였다.

Acknowledgement

This work was carried out with the support of Cooperative Research Program for Agricultural Science & Technology Development, Rural Development Administration, Korea.

References

- Amin, K. S. and Ullasa, B. A. 1980. Effect of thiophanate on epidemic development of anthracnose and yield of watermelon. *Phytopathology* 71: 20–22.
- Boonratkwang, C., Chamswang, C., Intanoo, W. and Junthasri, V. 2007. Effect of secondary metabolites from *Trichoderma harzianum* strain Pm9 on growth inhibition of *Colletotrichum gloeosporioides* and chilli anthracnose control. Proceeding of the 8th National Plant Protection Conference. pp. 323–336. Naresuan University, Phisanulok, Thailand.
- Charles, A. O., Samuel, O. O., Owuru, O. O. and Olufemi, S. S. 2012. Mango fruit anthracnose and the effects on mango yield and market values in Southwestern Nigeria. *Asian J. Agri. Res.* 6: 171–179.
- John, E. E. 2011. Anthracnose field evaluation of sorghum germplasm from Botswana. *Plant Protect. Sci.* 47: 149–156.
- Kim, C. H. and Park, K. S. 1988. A predictive model of disease progression of red-pepper anthracnose. *Korean J. Plant Pathol.* 4: 325–331.
- Kim, J. T., Park, S. Y., Choi, W. B., Lee, Y. H. and Kim, H. T. 2008. Characterization of *Colletotrichum* isolates causing anthracnose of pepper in Korea. *Plant Pathology J.* 24: 17–23.
- Manandhar, J. B. 1995. Anthracnose development on pepper fruits inoculated with *Colletotrichum gloeosporioides*. *Plant Dis.* 79: 380–383.
- Moon, Y. G., Lee, J. H., Choi, J. K., Kang, A. S. and Han, S. S. 2010. Yield loss assessment and determination of economic thresholds limits against soybean anthracnose. *Korean J. Pestic. Sci.* 14: 133–137. (In Korean)
- Pakdeevaporn, P., Wasee, S., Taylor, P. W. J. and Mongkolporn, O. 2005. Inheritance of resistance to anthracnose caused by *Colletotrichum capsici* in Capsicum. *Plant Breeding* 124: 206–208.
- 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: 34–38.
- Park, Y. H., Song, B. H., Kim, Y. K., Park, Y. S. and Shin, C. S. 1992. Development of mixed pesticide for Phytophthora rot and anthracnose control in red pepper. *Res. Rept. RDA(C.P)* 34: 121–125.
- Poonpolgul, S. and Kumphai, S. 2007. Chilli pepper anthracnose in thailand. country report. In: Abstracts of the First International Symposium on Chilli Anthracnose. eds. by D. G. Oh and K. T. Kim, p. 23. National Horticultural Research Institute, Rural Development of Administration, Republic of Korea.
- Prathibha, V. H., Rao, A. M., Ramesh, S. and Nanda, C. 2013. Estimation of fruit quality parameters in anthracnose infected chilli fruits. *Int. J. Agri. Food Sci. Tech.* 4: 57–60.
- Rural Development Administration. 2003. Research and survey guideline of agricultural science technology. Rural Development Administration. Suwon, Korea. 838 pp. (In Korean)
- Sharma, P. N., Sharma, O. P., Padder, B. A. and Kapil, R. 2008. Yield loss assessment in common bean due to anthracnose (*Colletotrichum lindemuthianum*) under subtemperate conditions of North-Western Himalays. *Indian Phytopath.* 61: 323–330.
- Shin, H. J., Chen, Z. J., Hwang, J. M. and Lee, S. G. 1999. Comparison of pepper anthracnose pathogens from Korea and China. *Plant Pathology J.* 15: 323–329.
- Tyler, L. H., Ken, P., Melanie, L., Lewis, L., Sally, A. M. and Paul, J. K. 2008. The etiology of recent pepper anthracnose outbreaks in Florida. *Crop Prot.* 27: 1380–1384.
- Ullasa, B. A. and Amin, K. S. 1986. Epidemiology of bottle guard anthracnose estimation of yield loss and fungicidal control. *Trop. Pest Manage.* 32: 277–282.
- Yoon, J. B. and Park, H. G. 2001. Screening method for resistance to pepper fruit anthracnose : Pathogen sporulation, inoculation methods related to inoculum concentrations and post-inoculation environment. 2001. *J. Korean Soc. Hort. Sci.* 42: 389–393. (In Korean)