

고추 세균점무늬병 발생에 따른 수량 변화와 경제적 방제수준 설정

Determination of Economic Control Thresholds for Bacterial Spot on Red Pepper Caused by *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria*김주희^{1*} · 정성수¹ · 이기권¹ · 임주락¹ · 이왕휴²¹전북농업기술원 기후변화대응과, ²전북대학교 농생물학과***Corresponding author**Tel : +82-63-290-6183
Fax: +82-63-290-6198
E-mail: kimjuhee@korea.krJu-Hee Kim^{1*}, Seong-Soo Cheong¹, Ki-Kwon Lee¹, Ju-Rak Yim¹ and Wang-Hyu Lee²¹Division of Climate Change, Jeollabuk-do Agricultural Research and Extension Services, Iksan 570-704, Korea²Department of Agricultural Biology, Chonbuk National University, Jeonju 561-756, KoreaReceived December 15, 2014
Revised March 25, 2015
Accepted April 30, 2015

This study was carried out to develop the economic thresholds for the control of bacterial spot of red pepper. The correlation between diseased leaf rate and yield in field was $Y = -0.724X + 281.58$, $R^2 = 0.78$, $r = -0.88^{**}$. The correlation between diseased leaf rate and yield loss in field was $Y = 0.813X + 15.95$, $R^2 = 0.78$, $r = 0.88^{**}$. We found that control thresholds was below 30.3% diseased leaves rate per plant in field. The economic control thresholds for bacterial spot of red pepper was below 16.3%.

Keywords : Bacterial spot, Control threshold, Economic threshold, Pepper

서론

고추 세균점무늬병은 고추에 발생하는 주요 병해로 잎, 잎자루, 줄기, 과경 및 열매 등 식물체의 각 부위에서 발생하지만 주로 잎에 발생한다. 잎에 발생하면 처음에는 황녹색의 작은 점무늬병을 나타내며 병반 주변은 황색띠를 형성하고 잎의 가장자리는 수침상으로 나타난다. 특히 잎이 젖은 상태에서는 잎과 줄기, 열매에 수침상으로 진행되고 반점의 중앙부위는 괴사되어 함몰한다. 병반이 점차 확대되어 융합되면 엽맥을 따라 병징이 나타나며 잎 전체가 황화되어 조기낙엽을 초래하게 된다. 따라서 세균점무늬병이 발생하면 고추 생육에 영향을 줄 뿐 아니라 생산량에도 직접적인 영향을 미쳐 수량이 감소하게 된다 (Obradovic 등, 2004). 이 병은 온도가 높고 비가 자주 내려 습도가 높을 때 발생이 심하므로(Thieme 등, 2005) 노지재배에서

발생이 많으며 특히 병발생에 환경조건이 적합한 7-8월에 발생이 많다(Lee, 1999). 세균점무늬병을 일으키는 병원균은 잔사물, 발병되어 고사된 잎, 근권, 종자, 재배토양, 주변 잡초 등에 의해 월동하여 생존한 후 병을 일으키고(Bashan 등, 1982) 감염된 종자는 최소 10년 동안 생존가능하다(Bashan 등, 1982). 포장의 관리상태에 따라서는 생육초기부터 발병하여 피해가 심하기도 하고 집중호우 경과 후 병이 다발생하여 100% 발병엽률을 나타내는 포장도 관찰된다. 감염된 고추는 30%까지 손실을 초래하기도 한다(Baker 등, 2014). 세균점무늬병의 감염을 최소화하기 위한 방법으로는 포장위생, 윤작, 포장주변의 잡초 제거 등 예방적인 방법이 우선이나 현재까지 방제에 효과적인 방법은 화학적인 방제방법으로 1950년대에는 세균점무늬병을 일으키는 *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria*가 낮은 밀도에서는 스트렙토마이신이 효과적이거나 저항성이 출현하여 방제 효과가 저조해지는 반면 구리를 함유한 화합물은 효과적인 것으로 알려져 있고(Jones와 Jones, 1985) 감염종자의 종자소독과 구리제 등의 화합물을 주기적으로 살포하는 것이 가장 효과

Research in Plant Disease

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

적인 것으로 알려져 있다(Obradovic 등, 2004). 그러나 동일 계통 약제를 지속적으로 사용 할 경우에는 약제 저항성 병원균이 출현하여 문제가 되고 있다(Gore와 Garro, 1999; Pernezny와 Collins, 1997). 현재 농가에서는 세균점무늬병 방제를 하기 위해서 약제 살포를 하고 있으나 다른 세균병들과 마찬가지로 약제효과가 그다지 높지 않으며(Lee와 Hwang, 1994) 약제 살포 적기를 놓치면 방제효과가 저조하므로 방제효과를 높이기 위해서 사용량과 횟수를 증가시켜 기준량을 초과하여 농약을 살포하고 있는 실정이다. 그러므로 농약사용을 절감하면서 효율적이며 친환경적인 방제대책으로 고추 세균점무늬병 방제적기 설정이 무엇보다 시급한 실정이다. 따라서 고추 세균점무늬병의 방제적기를 설정하고자 병 발생수준이 수량에 미치는 영향을 분석하므로 수량감소를 최소화 할 수 있는 경제적 방제수준을 설정하여 농가 현장에서 유용하게 활용할 수 있는 기술을 개발하고자 본 시험을 수행하였다.

재료 및 방법

시험재료 및 시험포장. 고추 세균점무늬병의 발병 정도와 수량변화를 조사하기 위하여 전라북도 임실군 관촌면 노지포장에서 시험을 실시하였다. 시험포장은 고추 표준시비법에 준하여 정지작업 후 90일 육묘한 고추(품종: 대장부)를 재식거리 75×45 cm 간격으로 5월초에 정식하여 농촌진흥청 표준재배법(Rural Development Administration, 2001)에 따라 재배하였다.

세균점무늬병 초기발병 처리수준. 발병수준에 따른 고추의 수량변화를 조사하기 위하여 세균점무늬병의 발생수준을 임으로 9수준(발병엽률 기준)으로 조절하였으며 시험구 배치는 완전임의배치법 3반복으로 처리하였다. 병발생의 수준은 포장(1,000 m²) 전체의 각 주당 발병엽률을 조사하여 크게 9수준으로 구분하여 수준의 ±1-2% 범위수준에서 평균값으로 나타났다. 단 10% 이하의 수준에서는 수준 값의 가장 근사치에 해당하는 포기를 선정하여 평균값을 구하여 수준을 설정하였다. 발병수준 당 20주 이상 확보하여 발생포기 별로 식별할 수 있는 표식을 해두고 시험을 실시하였다. 초기발병수준은 자연발생된 상태에서 수준별로 구분하였으며 세균점무늬병 발생 정도는 발병엽률 0, 0.3, 4.4, 12.5, 27.5, 38.8, 58.3, 70.2, 91.3%의 9수준으로 조절하였고 생육후기에 병이 진전되어 초기에 설정한 발병수준에 구분 없이 동일하게 병발생이 확산되는 것을 막기 위해 초기발병수준을 구획한 후 옥소리니에시드 수화제 등 적용 약제를 발병 초부터 7일 간격으로 살포하였다.

과실 수량 및 특성조사. 고추 세균점무늬병 발병 정도가 처리 수준에 따라 고추 열매의 특성 및 수량의 변화에 어떠한 영향을 미치는지를 분석하기 위하여 각 시험구 당 10주를 대상으로 수확과실의 과중, 과장, 과경을 조사하였다. 수확된 과실의

조사는 수확할 때마다 시험구 당 10주의 수확된 전수를 대상으로 조사하여 총 조사과수에 대한 평균을 구하였다. 또한 시험구 당 전체 수확과수, 수량, 상품과율을 조사하였다. 조사방법은 농촌진흥청 표준조사방법에 준하여 조사하였다(Rural Development Administration, 2003).

세균점무늬병 발생정도 조사. 초기발병수준별 세균점무늬병 발생정도 조사는 2회 약제방제 후 10일 간격으로 발생을 조사하였으며 조사방법은 농촌진흥청 병해충 조사기준(Rural Development Administration, 2003)을 참고로 하여 조사엽수에 대한 발병엽수를 조사하여 발병엽률을 판단하였다.

경제적 방제수준 설정. 세균점무늬병 발생 정도에 따른 과중, 과장, 과경, 수량은 SAS의 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 발병엽률을 독립변수(X)로 하고 수량감소를 종속변수(Y)로 하여 단순직선회귀식을 구하였으며 Fisher test로 회귀모델의 유의성을 검정하고 결정계수(R²)를 구하였다. 성립된 회귀식을 활용하여 수량이 전혀 감소하지 않는 범위의 방제적기를 설정하였다. 또한 도출된 회귀식을 통하여 수량손실 20% 손실을 허용한 범위의 경제적 개념을 고려한 세균점무늬병 경제적 피해수준 수식은 Pedigo(1986)가 제시한 식을 이용하여 경제적 방제수준을 도출하였다. 조사된 데이터는 농가에서 쉽게 활용이 가능하고 결과에 대한 이해를 돕기 위해 국내에서 밭 단위로 사용되는 10a를 기준으로 환산하여 표기하였다.

결과 및 고찰

세균점무늬병 발생정도. 세균점무늬병의 초기발병수준을 9단계로 설정한 후 병 발생변화를 조사한 결과 병발생이 완만하게 진행되었다(Fig. 1). 초기 발병수준 설정 후 적용약제를 이용하여 방제를 7일 간격으로 2회 실시하였고 시험포장이 위치한 전북 임실지역의 강우일수와 강우량이 병 발생조사가 실시된 8월과 9월에 현저히 적어(Fig. 2) 세균점무늬병 발생에 비교적 부적합한 환경이 유지되었기 때문인 것으로 판단된다. 세균점무늬병은 발생이 심하면 낙엽률이 현저히 증가하는데(Lee와 Hwang, 1994) 본 시험에서는 발병엽률은 다소 증가했더라도 잎에 병반이 나타난 상태에서 더 이상 진전되지 않고 유지되어 비교적 낙엽률이 적은 상태에서 병이 발생되었다.

고추 세균점무늬병 초기발병수준에 따른 수확 과실의 특성과 수량변화. 고추 세균점무늬병 초기발병수준에 따른 수확과실의 특성을 보면 먼저 숙과중을 조사한 결과 초기발병수준

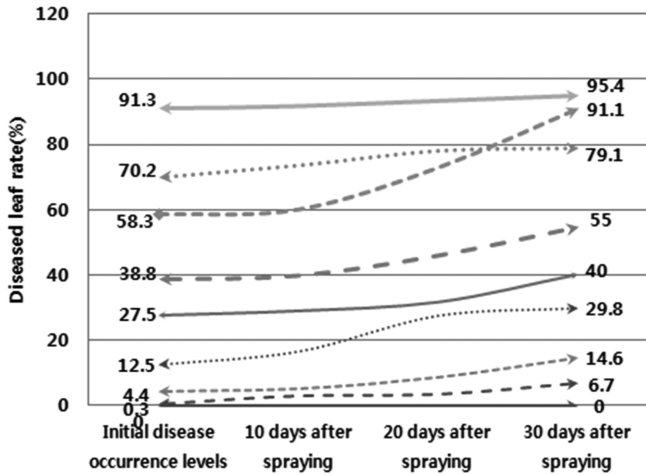


Fig. 1. Rate of bacterial leaf spot disease incidence on leaves with initial disease incidence degree.

이 증가함에 따라 숙과중도 감소하였는데 통계분석하여 본 결과 유의성이 있었으며 초기발병수준 58.3% 이상에서 과장은 약간 감소하는 것으로 보이며 초기발병수준이 91.3%인 시험구가 과중, 과장, 과경이 다른 시험구에 비해서 감소하는 경향을 보였다(Table 1). 세균점무늬병이 발생하면 발생이 심한 잎은 낙엽화하고 병반이 형성되어 광합성량이 감소되고 병 발생 정도에 따라 고추 잎수가 달라지기 때문에 고추 잎수 확보 여부에

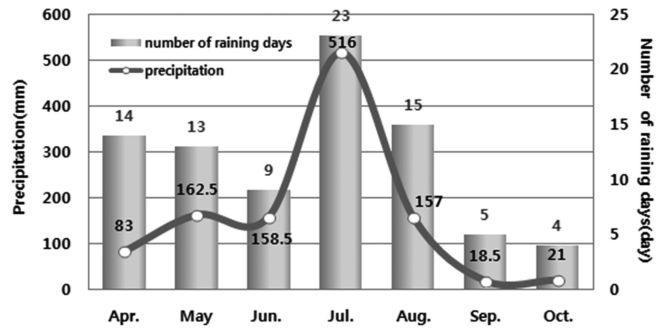


Fig. 2. Weather changes during the growing seasons in Imsil.

따라 열매의 크기나 중량도 차이가 있는 것으로 판단이 된다. 고추 수확과수는 초기발병수준별 수치적으로 차이는 있었으나 통계적으로 유의한 차이는 없었다. 수확과수는 많다고 하더라도 상품성이나 과실의 크기 등의 품질이 떨어지므로 일정한 경향치를 보이지 않은 것으로 판단된다. 그러나 수량은 초기발병수준과 후기발병정도가 증가 할수록 감소하는 경향을 보였으며 초기발병수준이 0-12.5%인 시험구에 비해 27.5% 이상에서는 통계적으로 분석하였을 때 수량이 감소하는 것으로 조사되었다(Table 2). 따라서 세균점무늬병이 발생하였더라도 바로 낙엽이 되지 않고 병반이 있는 상태에서 잎이 포기에 남아 있으므로 발병엽률이 낮게 발생한 시험구에서는 초기발병수준별 수

Table 1. Fruit characteristics, number of fruits per plant and yield with initial disease incidence degree of bacterial spot of red pepper in field

Initial diseased leaf rate (%)	Fruit weight (g)	Fruit length (cm)	Fruit diameter (mm)	Number of fruit/plant	Yield (kg/10a)
0	13.7 ab	12.2 ab	20.0 a ¹⁾	34.7 a	278.0 ab
0.3	14.4 ab	12.4 a	19.3 a	34.7 a	303.5 a
4.4	14.4 a	12.2 ab	19.4 a	33.0 a	271.4 b
12.5	13.9 ab	12.2 ab	19.4 a	37.5 a	280.7 ab
27.5	12.2 ab	11.3 abc	19.0 a	37.3 a	245.6 c
38.8	12.0 ab	11.8 abc	19.2 a	33.3 a	236.2 c
58.3	11.7 ab	10.2 bc	18.9 a	36.0 a	242.5 c
70.2	11.5 ab	10.2 bc	18.7 ab	38.7 a	235.5 c
91.3	10.5 b	9.8 c	16.7 b	33.7 a	222.2 c

¹⁾Duncan's multiple range test, p < 0.05.

Table 2. Correlation and regression of the change in yield, fruit characteristics according to the disease incidence levels

	Diseased leaf rate (%)	Fruit characteristics			Number of fruit	Yield (kg/10a)
		Weight (g)	Diameter (mm)	Length (mm)		
Initial diseased leaf rate (%)	0.96**	-0.94**	-0.84**	-0.95**	-0.16ns	-0.88**
	R ² = 0.93	R ² = 0.89	R ² = 0.71	R ² = 0.91		R ² = 0.78
	Y = 1.067X + 9.96	Y = -0.04X + 14.07	Y = -0.023X + 19.74	Y = -0.029X + 12.37		Y = -0.724X + 281.58
Diseased leaf rate (%)		-0.91**	-0.75**	-0.94**	-0.20ns	-0.87**
		R ² = 0.83	R ² = 0.57	R ² = 0.88		R ² = 0.75
		Y = -0.035X + 14.34	Y = -0.019X + 19.83	Y = -0.026X + 12.58		Y = -0.644X + 286.79

** : significant at 1% level. ns: not significant.

량에 뚜렷한 차이를 보이지 않았으나 일정 수준이상에서는 수량에 현저한 차이를 보이는 것으로 생각된다. 세균점무늬병에 감염된 토마토는 수량이 감소되고(Pohronezny와 Volin, 1983) 심하면 관행에 비해 30%까지 수량이 감소하기도 하고 상품성이 30-43% 감소하였다(Pernezny 등, 1996). 또한 고추에서도 토마토보다 더 심각한 피해를 야기하기도 하며(Baker 등, 2014) 단고추에서도 발병되면 심각한 수량감소를 초래하는 것으로 보고된(Gupta와 Durga, 2011; Thieme, 2005) 바와 같이 본 시험에도 세균점무늬병이 발생정도에 따라 고추의 수량변화에 영향을 미친 것으로 판단된다.

초기발병수준에 따른 발병엽률과 과실특성, 수량 등 각 요인과의 상관과 수량변화 관계. 고추 세균점무늬병의 초기발병수준별로 조사된 요인들 간의 상관분석 결과 초기발병수준과 후기발병엽률은 $r = 0.96^{**}$ 로 1% 수준에서 고도의 유의한 정의 상관관계가 있었으며 수확과수를 제외한 수량, 과장, 과중, 과경은 초기발병수준과 후기발병정도와 각각 $r = 0.94^{**}$ 로 정의 상관관계가 있었으며, $r = -0.84^{**}$, $r = -0.95^{**}$, $r = -0.88^{**}$ 로 1% 수준에서 고도의 유의한 부의 상관이 있는 것으로 조사분석되었다(Table 2). 이와 같은 상관관계 분석결과는 세균점무늬병의 발생은 과장, 과경, 과중을 감소시키므로 결국 수량을 감소시키는 결과를 초래한 것을 설명해주는 것으로 추정된다. 따라서 상관분석 결과를 토대로 발병엽률을 독립변수(X)로 하고 수량감소율을 종속변수(Y)로 하여 고추 세균점무늬병 발생정도가 수량에 미치는 영향을 분석하기 위하여 단순직선회귀식을 구한 결과 초기 발병수준별 과장, 과경, 과중, 수확과수를 각각 회귀 분석해 본 결과 초기발병수준이 증가함에 따라 과중, 과경, 과장이 감소하는 경향을 보여 각각 $Y = -0.04X + 14.07$, $R^2 = 0.89$, $Y = -0.023 + 19.74$, $R^2 = 0.71$, $Y = -0.029X + 12.37$, $R^2 = 0.91$ 회귀식을 얻었다. 수확과수는 일정한 경향치를 얻을 수 없었다(Table 2). 후기발병정도와 과장, 과경, 과중, 수확과수를 각각 회귀분석해 본 결과 초기발병수준별 요인들 간의 회귀분석결과와 유사한 경향을 보여 후기발병정도가 심할수록 과중, 과경, 과장이 감소하는 경향을 보였다. 회귀식은 과중 $Y = -0.035X + 14.34$, $R^2 = 0.83$, 과경 $Y = -0.019X + 19.83$, $R^2 = 0.57$, 과장 $Y = -0.026X + 12.58$, $R^2 = 0.88$ 이었다(Table 2). 초기발병수준과 후기발병정도를 회귀 분석한 결과 초기발병수준이 증가할수록 후기발병정도도 증가하여 $Y = 1.067X + 9.96$, $R^2 = 0.93$ 회귀식을 얻을 수 있었고, 초기발병수준과 후기발병정도에 따른 수량을 회귀 분석한 결과 초기발병수준이나 후기발병정도가 증가할수록

수량은 감소하여 $Y = -0.724X + 281.58$, $R^2 = 0.78$, $Y = -0.644X + 286.79$, $R^2 = 0.75$ 회귀식을 얻을 수 있었다(Table 2).

고추 세균점무늬병 요방제수준 및 경제적 피해수준 설정. 초기 발병엽률 처리수준에 따른 수량을 분석해서 얻어진 회귀식을 통해 수량이 전혀 감소하지 않는 범위의 요방제 수준은 30.3%로 설정되었다. 그러나 이러한 요방제 수준은 경제적 개념을 고려하지 않고 단지 수량감소가 전혀 없는 범위의 수준이므로 경제적 피해수준을 다시 설정하였다. 경제적 피해수준은 단위면적당, 단위 작물 당 또는 단위샘플 당 발병엽률을 말하는 것으로(National Academy of Agricultural Science, 2003) 세균점무늬병에 있어서도 이러한 개념을 도입하여 응용할 수 있을 것으로 판단된다. 따라서 이러한 자료를 근거로 하여 방제비용과 시장가격은 2004 농축산물소득자료 (Rural Development Administration, 2005) 자료를 근거로 하여 산출하여 면적당 방제비용 동가수량을 조사한 결과 면적당 방제비용 동가수량은 16.6 kg/10a로 산출되었다(Table 3). 따라서 경제적 피해수준을 산출하기 위하여 발병엽률 증가에 따른 수량 손실량을 회귀 분석하여 본 결과 $Y = 0.813X + 15.95$, $R^2 = 0.78$ 얻어진 회귀식(Fig. 3)을 통해 면적당 방제비용 동가수량을 피해계수 0.813로 나누면 20.4 kg/10a의 경제적 피해를 일으킬 수 있는 최저 수준의 발병엽률인 경제적 피해수준이 설정되었다(Table 3). 그러므로 경제적 피해수준에 도달하기 전인 경제적 방제수준은 경제적 피해수준의 80%일 때이므로(Kim 등, 2006; National Academy of Agricultural Science, 2003) 경제적 방제수준은 16.3%로 설정되었다(Table 3). 이러한 결과를 활용한다

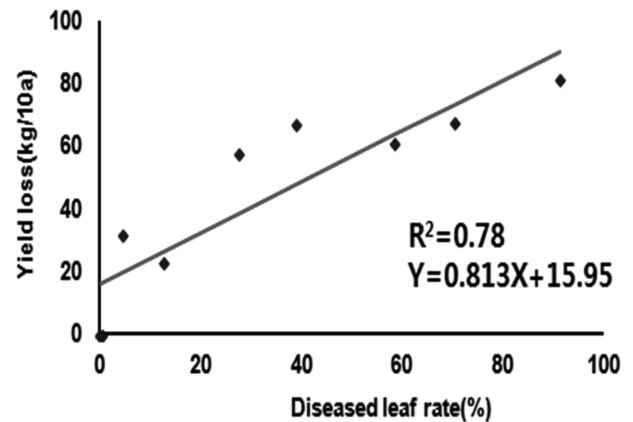


Fig. 3. Relationship between bacterial spot disease incidence of red pepper and yield loss in field.

Table 3. Economic injury level of bacterial spot on red pepper

Control cost (won/10a)	Price (won/kg)	Gain threshold (GT) (kg/10a) = control cost/price	Economic injury level (EIL) (kg/10a) = GT/a (coefficient of damage)	Economic threshold (ET) (%) = EIL (GT/a) × 0.8
139,079	8,400	16.6	20.4	16.3

면 농약의 부적절한 사용에 의한 환경오염, 건강에 대한 위험성, 농약에 대한 저항성균 출현 등의 문제의 심각성을 합리적으로 개선할 수 있을 것으로 생각되며 농약과다사용에 의한 부작용을 줄이고 농가소득에 증대에 기여할 수 있으며 나아가서는 환경보전의 지름길이 되리라 판단된다.

요 약

고추 세균점무늬병이 수량에 미치는 영향을 조사하여 경제적 방제수준을 설정하고자 시험을 수행하였다. 노지고추 세균점무늬병 발생정도와 수량과의 회귀식은 $Y = -0.724X + 281.58$, $R^2 = 0.78$, $r = -0.88^{**}$ 성립하였다. 노지고추 세균점무늬병 발생정도와 수량감소와의 회귀식은 $Y = 0.813X + 15.95$, $R^2 = 0.78$, $r = 0.88^{**}$ 성립하였다. 성립된 회귀식을 이용하여 노지 고추 수량에 영향을 주지 않는 수준의 세균점무늬병 방제적기는 발생 발병엽률이 30.3% 이하이었다. 또한 고추 세균점무늬병 경제적 방제수준은 노지 고추 세균점무늬병 발생정도가 16.3% 이하로 결정되었다.

Acknowledgements

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

References

- Baker, R., Bragard, C., Candresse, T., Gilioli, G., Greloire, J. C., Holb, I., Jeg, M. J., Karadjova, E., Magnusson C., Makowski, D., Manceau, C., Navajas, M., Rafoss, T., Schans, J., Schrader, G., Urek, G., Lenteren, J. C., Vloutoglou, I., Winter, S. and Werf, W. W. 2014. Scientific opinion on the pest categorisation of *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* (Doidge) Dye. *EFSA J.* 12: 3720.
- Bashan, Y. 1982. Survival of *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* in pepper seeds and roots in symptomless and dry leaves in non-host plants and in the soil. *Plant Soil* 68: 161–170.
- Gore, J. P. and Garro, L. W. O. 1999. *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* from bell pepper and tomato in Barbados undergoes changes in race structure, virulence and sensitivity to chemical control agents. *J. Phytopathol.* 147: 397–402.
- Gupta, S. K. and Durga, P. 2011. Studies on bacterial spot of bell pepper caused by *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria*. *Plant Dis. Res.* 26: 161.
- Kim, J. Y., Hong, S. S., Lee, J. G., Park, K. Y., Kim, H. K. and Kim, J. W. Determinants of economic thresholds for powdery mildew on cucumber. *Res. Plant Dis.* 12: 231–234. (In Korean)
- Jones, J. B. and Jones, J. P. 1985. The effect of bactericides, tank mixing time and spray schedule on bacterial leaf spot of tomato. *Proc. Fla. State Hort Soc.* 98: 244–247.
- Lee, J. T. and Hwang, B. K. 1994. Relation of plant age to bacterial multiplication in pepper and tomato leaves inoculated with *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria*. *Korean J. Plant Pathol.* 10: 18–24.
- Lee, S. D. 1999. Occurrence and characterization of major plant bacterial diseases in Korea. Ph. D. thesis. Seoul National University, Seoul, Korea.
- National Academy of Agricultural Science. 2003. Determinant of economic injury level workshop. National Academy of Agricultural Science, Suwon, Korea. 39 pp. (In Korean)
- Obradovic, A., Mavridis, A., Rudolph, K., Janse, J. D., Arsenijevic, M., Jones, J. B., Minsavage, G. V. and Wang, J.-F. 2004. Characterization and PCR-based typing of *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* from peppers and tomatoes in Serbia. *Eur. J. Plant Pathol.* 110: 285–292.
- Pedigo, L. P. 1996. General models of economic thresholds, In: Economic Thresholds for Integrated Pest Management, eds. by L. G. Higley and L. P. Pedigo, pp. 41–57. University of Nebraska Press, Lincoln.
- Pernezny, K. and Collins, J. 1997. Epiphytic populations of *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* on pepper: Relationships to host-plant resistance and exposure to copper sprays. *Plant Dis.* 81: 791–794.
- Pernezny, K., Datnoff, L. E., Mueller, T. and Collins, J. 1996. Losses in fresh-market tomato production in Florida due to target spot and bacterial spot and the benefits of protectant fungicides. *Plant Dis.* 80: 559–563.
- Pohronezny, K. and Volin, R. B. 1983. The effect of bacterial spot on yield and quality of fresh market tomatoes. *Hortscience* 18: 69–70.
- Rural Development Administration. 2001. Pepper cultivation method. Rural Development Administration, Suwon, Korea. 261 pp. (In Korean)
- Rural Development Administration. 2003. Research and survey guideline of agricultural science technology. Rural Development Administration, Suwon, Korea. 838 pp. (In Korean)
- Rural Development Administration. 2005. Report on Agricultural and livestock production for agricultural management improvement 2004. Rural Development Administration, Suwon, Korea. 161 pp. (In Korean)
- Thieme, F., Koebnik, R., Bekel, T., Berger, C., Boch, J., Buttner, D., Caldana, C., Gaigalat, L., Goesmann, A., Kay, S. and Kirchner, O. 2005. Insight into genome plasticity and pathogenicity of the plant pathogenic bacterium *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* revealed by the complete genome sequence. *J. Bacteriol.* 187: 8254–8266.