

# 과거 발병 자료를 이용한 고추 세균성 점무늬병 예찰 모형 타당성 평가

김지훈, 손미진, 김동일, 윤성철\*

선문대학교 의생명과학과

## Validation of a Forecast Model for Bacterial Spot on Chili Pepper Using Disease Measurement Records

J. H. Kim, M. J. Son, D. I. Kim, S. C. Yun\*

Department of Biomedical Sciences, Sun Moon University

(Correspondence: scyun@sunmoon.ac.kr)

### 1. 서 언

고추 점무늬병은 잎 표면 서식 세균성 병원균(*Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria*) 이 기주를 감염하여 잎에 점무늬 증상을 보이고 심할 경우 고추 열매를 가해하는 병이다. 온실가스 증가로 인한 기후변화는 세균병과 같은 열대성 고온병의 돌발적인 발병이 예상되므로 발병을 예측할 수 있는 식물병 예찰 모형을 만들고 이를 평가하는 것이 중요하다(Madden 등, 2007). 기존에 발표한 고추 세균성 점무늬병 모형의 기본 구조는 병원균의 기주 엽면에서의 개체군 증감의 주된 요인을 잎 표면의 기온과 강우량 변화로 제시하였다(Kim 등, 2011). 발병에 충분한 엽면 개체군 밀도는 강우와 온도 조건이 만족되면 지속적으로 증식할 뿐만 아니라 일정 수준 이상의 농도와 환경조건은 성공적인 감염 및 감염 후 병원균 증식이 가능하다. 결국 점무늬병 모형은 엽면 내부 병원균 침입과 증식이 급증하는 시점을 알아보기 위한 것으로서 포장에서 재배기간 중 최초 발병일을 예측하는 모형이다.

현재 만들어진 모형은 AMIS(Agricultural Model Incubation System) 시스템에 탑재하여 시간별 기온 및 강우량의 기상정보를 입력하면, 병원균의 엽면 개체군 크기, 엽내 개체군 크기, 시간별 발병위험을 등이 표출되도록 작성되었다. 고추 재배 중 최초 점무늬병 발병이 시작되는 시점은 대략 엽내 개체군이 급증하는 시점이며 거의 같은 시기에 시간별 발병위험율도 따라서 증가하는 모형이다. 지역과 기후에 따라 작기 내내 엽내 감염이 되지 않을 경우 그해 그 지역의 점무늬병은 발병없음으로 표기된다. 본 발표에서는 개발된 모형의 평가를 위하여 농촌진흥청에서 2000년부터 2007년까지 모니터 링 포장에서 실시한 고추 점무늬병 발병 자료를 바탕으로 해당년도의 해당지역의 점무늬병 발병일치를 알아보았다.

### 2. 재료 및 방법

#### 2.1 고추 점무늬병 초발일 추정모형

실내실험을 통해 온도 및 접종농도에 따른 액체 배양액에서의 점무늬병 병원균 진탕배양을 통해 온도에 따른 기주 식물체 내부에서의 점무늬 병원균 증식 속도를 추정

하였다.

$$N(t) = N(t-1) * 2^{(W/g(T))}$$

N(t): 시간 t에서의 개체군 크기

N(t-1): 시간 t-1에서의 개체군 크기

W: 시간 t에서의 엽면습윤지속시간비율 (hr/hr)

T: 시간 t에서의 온도

g(T): 온도 T에서의 doubling time (hr)

$$g = t * \log 2 / (\log N - \log N_0)$$

t: 증식에 걸린 시간 수(hr)

N: t시간 동안 증식 후의 개체군 크기

N<sub>0</sub>: 초기 개체군 크기

고추 잎 표면에서 건조가 지속되면 잎 표면에 서식하는 세균성 병원균의 개체군 수는 감소될 것이다. 따라서 건조시간 지속에 따른 병원균 반감기(h)를 다음과 같이 구하였다.

$$N(t) = N(t-1) * (1/2)^{(1/h)} ; h: \text{반감기}$$

N(t): 시간 t에서 개체군 크기; N(t-1): 시간 t-1 개체군 크기

잎 표면에 서식하는 병원균은 기회적으로 적절한 조건일 때 잎 내부로 감염할 것으로 가정하였다. 세균은 자신의 힘으로 침입할 수 없으므로 기상 요인 중 바람이 상처를 일으켜 침입할 것으로 가정하고, 이 때 적절한 습도와 최소  $5 \times 10^3$  CFU/ml 이상 엽면 개체군 밀도를 감염 필요조건이라고 가정하였다. 기상 자료와 점무늬병 발병 기록 분석을 통해 시간별 평균 풍속 3 m/s 이상, 강우 5mm/hr 이상이 감염에 필요하다고 가정하였다. 성공적으로 엽내 침입한 세균 농도는 침입 당시의 표면 세균 개체군 추정량의 1/100로 감소한다고 가정하였다. 엽내 개체군이 일정 크기 이상으로 급증하는 시점은 시간별 발병위험율과 시간별 누적 발병위험율이 급증하므로 이 시기를 초발일로 추정하였다.

## 2.2 모형의 타당성 검증

얻어진 모형을 AMIS 시스템에 탑재하고 2000-2007년 전국 점무늬병 발병 자료가 있는 해당 지역의 시간별 온도와 강우량 자료를 변수로 입력하여 시간별 발병위험률이 급증되는 최초 시점을 초발일로 추정하였다. 발병 자료는 농촌진흥청에서 구하였으며, 발병 자료와 기상 자료 지역이 일치하는 지역은 대구, 보은 등 총 17지역이었고 경북 안동은 8년간 자료가 모두 있었으나, 대부분의 지역은 1-4년 정도 병 기록이 있었다. 비록 기상 자료와 발병 자료가 일치하지는 않았으나, 반경 30 km 이내 기상관측 지점에 기록이 있는 지역은 총 12 지역이었고 이 발표에서는 “발병지점 (기상관측지점)”으로 표기하였다.

### 2.3 추정값의 신뢰성 검증

본 모델은 초발일을 예측하는 것이었으나 우선 세균성 점무늬병 발병 여부를 먼저 판단하였다. 실제 이 병은 매년 심각히 발생하는 병이 아니므로 발병없음 또는 발병있음으로 나누어 모델의 발병 판단 여부를 알아보았다.

점무늬병 모델 예측

		발병했음	발병안함
실제	발병했음	a	b
	발병안함	c	d

모델과 발병의 일치도 (Agreement)는 다음과 같이 구하였다.

$$\text{Agreement} = (a+d)/(a+b+c+d)$$

### 3. 결 과

점무늬병 예찰 모형의 개요는 Fig. 1과 같다. 처음 잎 표면 미세기상 자료를 이용하여 병원균의 증식과 감소를 습윤 혹은 건조 조건에서 추정하고 최소  $5 \times 10^3$  이상의 엽면 개체군 농도가 도달되면, 세균이 잎 내부로 침입가능한지 기상조건에 따라 판단한다.

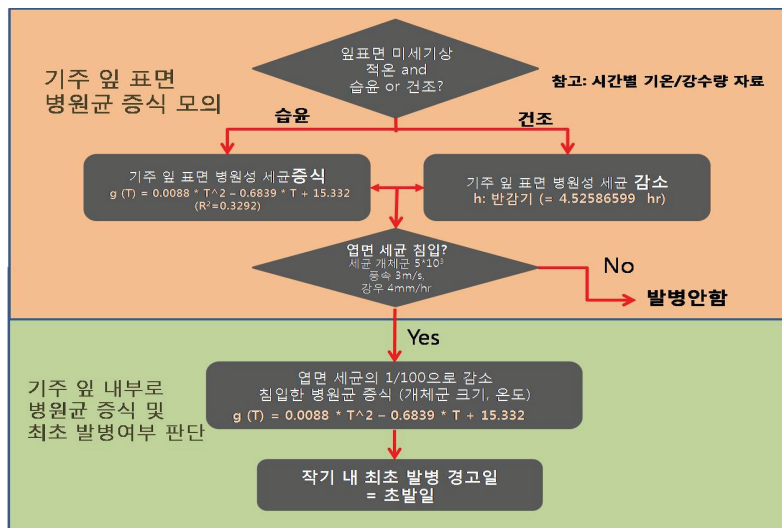


Fig. 1. 세균성 점무늬병 발병 예측 모형의 개요

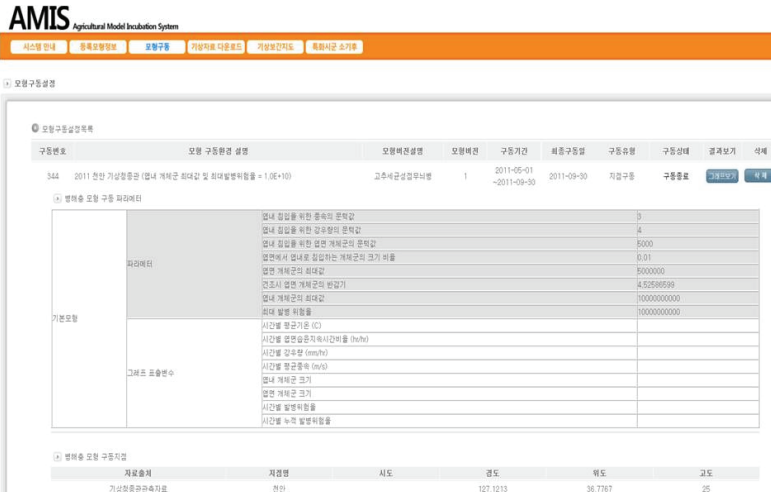


Fig. 2. AMIS 시스템에 탑재된 고추 세균성 점무늬병 모형 파라미터 설정값

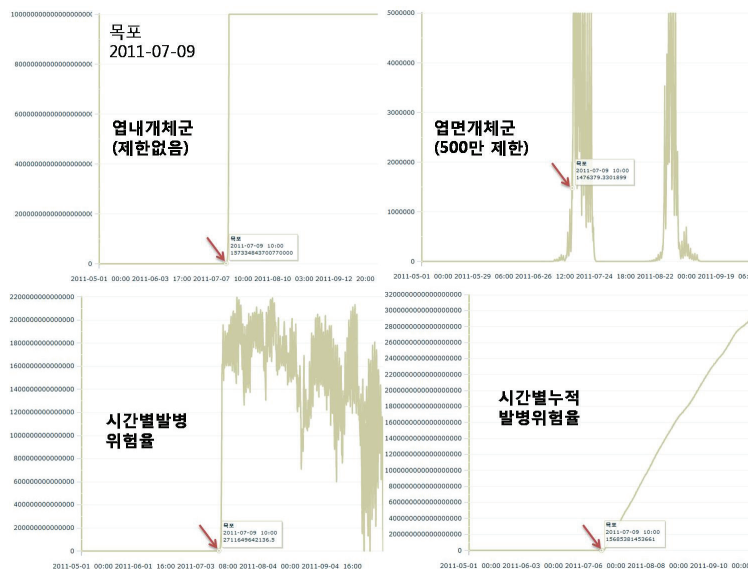


Fig. 3. 2011년 목포지역의 세균성 점무늬병 발병 예측 모형 구동의 예

이 모델은 AMIS 시스템에 Fig. 2와 같이 탑재되었으며, 주어진 파라미터에 따라 엽면 혹은 엽내 병원균 개체군 크기 뿐만 아니라 시간별 발병위험율을 표시할 수 있다. Fig. 3은 2011년 기상자료를 이용한 목포에서의 세균성 점무늬병 예측이다. 초발일은 엽내 개체군이 급증하는 7월 9일로 추정되었다.

농촌진흥청에서 집계한 2000년부터 2007년까지 29개 지점에서 점무늬병 발병이 확인된 자료는 총 94개 이며, 모델이 실제 발병 혹은 발병하지 않음을 정확히 일치하게 보여주는 일치율은 31.9%였다. 대부분의 불일치는 실제 발병이 있었으나 모델은 발병을 감지하지 못하는 경우였는데, 이들 병자료 중 0.1%이하의 매우 미미한 발병을 발병안함으로 간주할 경우 일치율은 55.3%로 증가하였다. 따라서 고추 세균성 점무늬병 발병 모형은 실제 발병이 미미할 경우 발병없음의 결과를 보여 미세한 발병 변화를 찾기

보다는 일정 수준 이상의 발병이 되었을 때에 발병 여부를 판단할 수 있으리라 여겨진다. 모델과 실측 모두 발병을 예측하여 초발일이 제시되거나 관측한 21 자료를 분석한 결과, 이들 사이의 초발일 차이는 1달 이내가 7, 1달 초과 11 자료, 2달을 초과한 것이 3자료로 분석되었다.

#### 인용문헌

Madden, L. V., G. Hughes, and F. D. Bosch, 2007: Decision making in the practice of plant disease management, In: *The Study of Plant Disease Epidemics*. 319-351, APS press, St. Paul, MN, USA

Kim, J. H., S. H. Park, and S. C. Yun, 2011: Population study of *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* of bacterial spot on hot pepper for modeling. *Research in Plant Disease* **17**(3), 435-436.