

## 고추역병의 예찰모형과 컴퓨터 시스템

황의홍<sup>1</sup> · 이순구<sup>2</sup>

<sup>1</sup>산북정보고등학교, <sup>2</sup>안동대학교 농생물학과  
(2000년 12월 7일 접수)

### A Forecasting Model of Phytophthora Blight Incidence in Red Pepper and It's Computer System

EuiHong Hwang<sup>1</sup> and Soongu Lee<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Sanbuk Information High School, <sup>2</sup>Department of Agricultural Biology Andong National University  
(Manuscript received 7 December 2000)

#### ABSTRACT

Regression models were obtained on the base of the correlation between *Phytophthora* blight incidence in red pepper and the microclimate data obtained from automated weather station (AWS) during 1997 and 1998. A computer program (PEPBLIGHT) was constructed based on the model that the R2 value is highest among regression models. This computer program uses the microclimate data from more than one AWS through the common dialogue box easy and it is able provide disease forecasting information. In addition, it could be applied for other diseases and converts the microclimate data of AWS to the input data for Statical Analysis System (SAS). PEPBLIGHT was first developed for the forecasting computer system of red pepper blight in Korea. PEPBLIGHT is operated on the MS Windows, so that it is easy to use.

**Key words** : forecasting model, *Phytophthora* blight, computer program

#### I. 서 론

식물병의 예찰은 병해충 종합관리(Integrated Pest Management: IPM)에 있어서 매우 중요한 요소가 되고있으며, 종합관리체계는 미국 등 선진국에서 많이 연구되고 있고, 식물생장, 병발생, 기상변화 등의 변화 양상을 종합적으로 체계화하여 작물생산에 기여하는 개념이다(이순구, 1997). 식물병 예찰 체계는 구성하고 있는 정보의 형태나 방법에 따라 크게 두 가지로 분류할 수 있다. 즉 예찰체계에 사용한 모형의 형태에 따라서 경험적인 접근방법(holistic approach)과 체계 분석적인 접근방법(system analytical approach)으로 대별된다(Campbell and Madden, 1990; 김규량, 1995).

고추역병은 기상환경과 밀접한 관련을 가지고 있기

때문에(Hwang and Kim 1995) 기상환경 자료를 이용한 발병 예찰모형 및 컴퓨터 시스템은 다른 병해에 대한 예찰 시스템보다 더욱 발병률 추정에 있어 타당성 및 정확성이 있으리라고 여겨졌기 때문에 경험적 접근방법에 의한 예찰모형을 만들고 모형을 이용하여 컴퓨터 시스템으로 구축하였다. 고추역병 컴퓨터 시스템(PEPBLIGHT)은 개인용 컴퓨터에 설치할 수 있으며 무인기상관측기가 기록한 미기상 자료를 불러와서 미기상 자료 정보만 입력하는 것으로서 현재의 예상 발병률과 미래의 예상 발병률까지 쉽게 추정할 수 있는 컴퓨터 시스템이다. PEPBLIGHT는 기상데이터를 이용하는 대부분의 다른 병의 발병 예찰 시스템으로 전용이 가능하겠지만, 전환이 어려운 경우에도 함수나 모듈 단위로 다른 병해에 대한 시스템으로 사용할 수 있을 것이다.

## II. 재료 및 방법

### 2.1. 고추역병 발병 시험포장

경북 안동시 송천동 소재 안동대학교 농생물학과 실험포장에 1997년에는 부강(홍농종묘), 1998년에는 금담(홍농종묘)을 식부하였다. 정식은 1997년에는 5월 23일에 하였고 재식간격은 60×40 cm로 1920주를 식재하여 시험하였다. 1998년에는 기온이 일찍 상승하여 인근의 모든 재배농가에서 정식시기를 앞당기므로 97년보다 아주 빠른 5월 8일에 정식하였다. 안동대 포장에서 발병양상이 상이한 2 군락이 있었다. 그래서 실험포장을 A, B 군락으로 구분하여 조사하였다. A군락은 B군락보다 병진전 속도가 빠르며 발병량이 많은 군락이었고, B군락은 상대적으로 발병양상이 A군락보다 늦고 발병량이 적은 군락이었다.

### 2.2. 고추역병 발병량 조사

이 논문에서 사용한 역병조사 기준은 (1)식, (2)식, Table 1과 같다. 고추역병의 발병량은 전체 개체를 대상으로 조사하였고 발병조사 횟수는 97년에는 17회(5/23~9/16), 98년에는 18회(5/8~9/12)였다. 발병 정도는 발병률(Disease Incidence, DI)과 발병심각도(Disease Severity, DS) 2 가지로 표현하였다.

$$\text{발병률(DI)} = \frac{\text{발병주수(DN)}}{\text{전체조사주수(TS)}} \times 100 \quad (1)$$

$$\text{발병심각도(DS)} = \frac{1a+2b+3c+4d}{\text{전체조사주수(TS)} \times 4} \times 100 \quad (2)$$

### 2.3. 재배군락의 미기상 조사

1997년부터 2년간 경북 안동시 송천동 소재 안동대 농생물학과 시험포장에 미국 Campbell사의 21XL 모델 무인기상관측기(Automated Weather Station, AWS)를 설치해서 운영하였다. 기상자료들은 각 센서들을 통해 1분 간격으로 측정되며 1시간마다 평균값 또는 적산값으로 무인기상관측기의 저장장치인 자료기록기(Campbell Scientific, USA)에 기록되도록 설정하였다.

측정한 기상요인은 상대습도(%), 토양온도(°C), 강우량(mm), 토양습도(bar), 기온(°C), 엽습전도(Ω), 일사량(W/m<sup>2</sup>), 풍향(°), 풍속(m/s)등이었다(윤진일등, 1998).

### 2.4. 발병 예측모형 작성

식물병의 발병추정모형을 만드는 과정은 고추역병 발병추정 모형의 최적변수를 선택하기 위해 SAS(SAS Institute Inc, USA)의 변수선택법(PROC CORR, PROC REG)과 회귀분석법(PROC REG)을 사용했다(조중제, 1998). 그 과정은 발병추정모형의 적합한 기상조건이라고 생각되는 식물병 발생의 유효기간과 유효기상조건을 독립변수로 선발하였고, 선발된 변수의 조합을 가지고 SAS의 회귀분석을 통해 발병추정모형을 작성하였다. 통계처리에 있어서 변수선택을 위한 유의수준은 0.05로 하였다(강근석외, 1993).

고추역병 발생에 영향을 미치는 유효기간을 알기 위해 조사 1일전부터 10, 15, 20, 25, 30, 33, 35, 38, 40, 45, 50전까지 기간의 적산값 내지 평균값을 각각 독립변수로 하여 상관분석을 통하여 고추역병 발생의 유효기간을 선발하였다. 통계분석 결과, 여러 가지 기상요인들 중에서 발병추정모형의 중요한 속성인 식물병 발생의 유효기간과 유효기상을 선발할 수 있었다.

첫째로, 병발생에 영향을 미치는 유효기간이 병발생 1일전부터 40일전까지 기상임을 알 수 있었다. 둘째로, 회귀모형의 최적독립변수로 CRH(Cumulative Hour of RH=100%, RH=100% 적산 시간), CRA(Cumulative hour of Rain, 강우 적산 시간), CST(Cumulative Value of Soil Temperature Deviated from 21°C, 21°C 이격 적산온도) 3가지를 사용하였다. 상호 작용 독립변수로 CHR(Interaction Variable of CRH and CRA), CHS(Interaction Variable of CRH and CST), CRS(Interaction Variable of CRA and CST) 3가지가 선택되었다. 발병추정모형의 종속변수로는 고추역병의 발병률(DI), 발병심각도(DS)별로 각각의 고추역병의 발병추정모형을 작성하였다.

Table 1. Description on disease severity of *Phytophthora* blight on red pepper

Disease Level	0	a	b	c	d
Crown Rot	No	Yes or No	Yes or No	Yes or No	Yes or No
Stem Rot	No	No	below 1/4	1/4~2/4	above 3/4
Leaf Wilt	No	slight	moderate	severe	dead

### III. 결 과

#### 3.1. 고추역병 발생

1997년 고추역병 초발은 정식 후 13일인 6월 13일에 A 군락에서 먼저 관찰되었다. 초발 시기의 발병률은 1.24%이었고 발병심각도는 1.24%이었다. A군락에서 9월 16까지의 전체 발병률은 27.76%이었고, 전체 발병심각도는 27.66%이었다. B군락의 고추역병 초발일은 6월 23일이었고 발병률은 0.3%, 발병심각도는 0.08%이었다. B 군락에서 9월 16일까지의 전체 발병률은 29.51%이었고, 발병심각도는 28.63%이었다. 전체 발병률은 9월 12일까지 29.01%이었다. 전체 발병심각도는 27.13%이었다.

1998년에는 고추역병의 초 발생은 6월 29일이었고, A 군락에서 관찰되었으며 발병률은 0.2%, 발병심각도는 0.1%이었다. B 군락의 역병의 초 발생은 8월 10일에 관찰되었고 발병률은 0.07%, 발병심각도는 0.02%이었다. A 군락에서 9월 12일까지의 전체 발병률은 80%이었고, 전체 발병심각도는 78.4%이었다. B 군락에서 9월 12일까지의 발병률은 38.2%이었고, 발병심각도는 37%이었다. 전체 발병률은 52.77%이었으며, 전체 발병심각도는 51.38%이었다.

#### 3.2. 고추역병 발생환경

1997년의 고추역병의 초 발생 일은 정식 후 22일인 6월 13일이었고, 1998년에는 정식 후 53일인 6월 29일이었다. 고추역병 발병에 밀접한 관련을 갖고있어

**Table 2.** Main Microclimatical Data for Disease Onset of *Phytophthora* Blight in Red Peppers at the Field plot during 1997 and 1998

	DTP*	MST <sup>z</sup>	CST <sup>y</sup>	CRH <sup>x</sup>	CRA <sup>w</sup>	DI <sup>v</sup>
97 Onset	22	17.5	144	357	97	1.42
98 Onset	65	17.0	161	372	82	0.05

\*ANU Field: Agricultural Experimental Field of Andong National University.

\*DTP: Growing days after Transplant.

\*ST: Mean of soil temperature in the day(°C).

<sup>z</sup>MST: Mean of soil temperature during 40 days(°C).

<sup>y</sup>CST: Cumulative value of soil temperature deviated from

$$21^{\circ}\text{C}, \sum_{n=1}^i |21 - ST_n| (\text{°C})$$

<sup>x</sup>CRH: Cumulative hours of RH=100%(hr).

<sup>w</sup>CRA: Cumulative hours of Rain(hr).

<sup>v</sup>DI: Disease Incidence on *Phytophthora* Blight in Red Pepper.

독립변수로 선정된 기상조건들에 대한 초발일 1일전부터 40일전까지 적산값과 평균값은 Table 2와 같다. 고추역병이 1997년에는 적었던 반면, 1998년에는 전국적으로 대 발생하는 양상을 보였다.

#### 3.3. 고추역병 발병예측모형

고추역병의 발병추정모형을 작성하기 위해 2년간 재배군락의 미기상을 독립변수로, 발병량을 종속변수로 사용하였다. 병발생의 원인이라고 할 수 있는 기상조건은 병발생 유효기간과 병발생 유효조건 개념으로 나누어서 병발생의 최적환경을 선발했다.

그 결과 상관분석에 의한 변수선택과정에서 고추역병 발생의 유효기간으로 발생 1일전부터 40일 전까지의 기간이 선발되었고, 발병 유효조건으로 CRH(40일간의 상대습도 100% 조건의 누적시간), CRA(40일간의 강우 누적시간), CST(40일간의 지온 21°C 이격 적산온도)과 이들 요인들 끼리의 상호작용까지를 독립변수로 설정하여 발병모형을 추정하였다.

그 결과 고추역병의 발병률(DI), 발병심각도(DS)별로 안동대 고추역병 포장의 발병추정 모형식 (3)식과 (4)식이 작성되었다. (3)식은 발병심각도를 종속변수로 구한 식으로 이 발병추정모형은 환경조건변수로 발병률의 변이를 52% 설명할 수 있었다(R<sup>2</sup>=0.52). (4)식은 발병률(DI)을 종속변수로 구한 식으로 이 발병모형은 발병률의 변이를 60%까지 설명할 수 있었다(R<sup>2</sup>=0.60).

Fig. 1과 Fig. 2는 가장 R<sup>2</sup> 값이 높고 가장 신뢰성이 있다고 판단되는 (4)식을 사용하여 년도별로 실제 발병률과 발병모형이 추정하는 값을 비교해 본 그림이다.

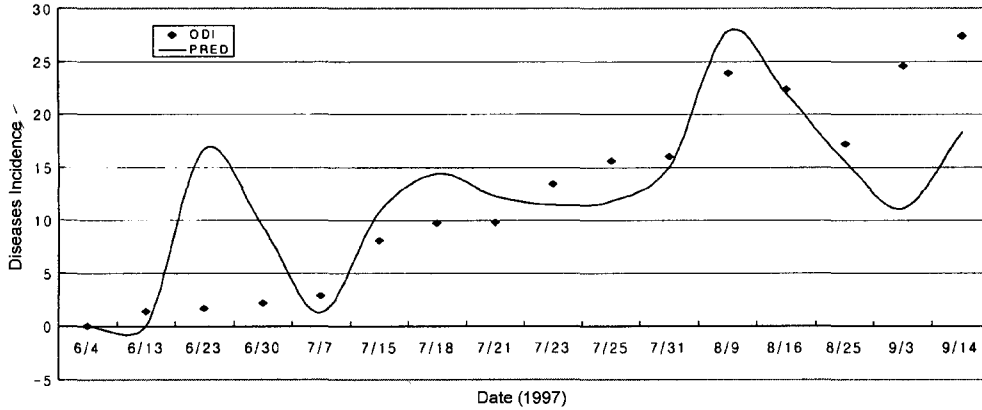
$$PB-DS=245.457-0.705(CRH)-1.380(CST)+0.002(CHR)+0.005(CHS)-0.007(CRS) \quad (3)$$

$$PB-DI=280.582-0.797(CRH)-1.651(CST)+0.002(CHR)+0.005(CHS)-0.006(CRS) \quad (4)$$

#### 3.4. PEPBLIGHT의 구조

PEPBLIGHT은 윈도 프로그래밍 언어인 Visual Basic 6.0으로 제작하여 MS사의 Windows OS에서 원활하게 작동되도록 설계하였다(주경민, 박성완, 1999).

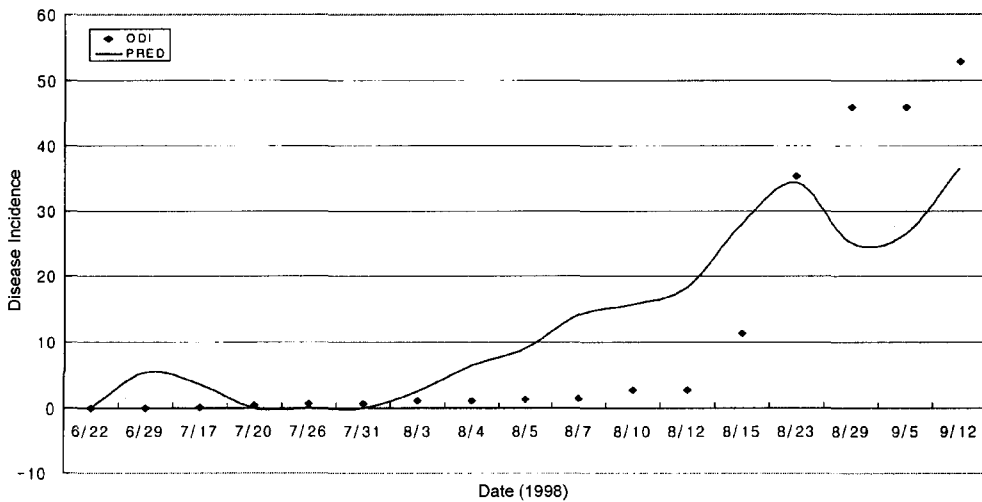
이 프로그램(PEPBLIGHT)의 구조는 5개의 프레임 frmMain, frmPreview, frmSeletData, frmPreInfection



**Fig. 1.** Observed and predicted disease incidence(DI) values of disease progress curve on *Phytophthora* blight in red pepper at the Field plot.

\*CDI: Observed values of Disease Incidence(%).

\*Pred: Predicted values of Disease Incidence( $R^2=0.60$ ).



**Fig. 2.** Observed and predicted disease incidence(DI) values of disease progress curve on *Phytophthora* blight in red pepper at the Field plot.

frmFutureInfection과 1개의 Module로 구성되어 있다. frmMain 프레임은 전체 프로그램을 총괄적으로 제어 하는 메인 화면 프레임으로 나머지 4개의 서브 프레임들을 호출해서 사용할 수 있는 메뉴가 있다. frmSeletData 프레임은 일별 자료와 시간별 자료의 총 개수를 입력하고 시간별 자료 중에서 상대습도, 강우량 자료 위치 정보를 일별 자료 중에서 토양온도의 위치 정보를 입력하는 프레임이다. 또한 이 프레임은 AWS 기상 데이터를 참고하여 AWS 기상자료에는 기록되어 있지 않지만 발병모형이 필요로 하는 상대습도 100% 누적시간, 강우시간, 21°C 이격 절대값적산온도 등의

자료를 생성하여 프로그램에 의해 미리 지정된 데이터베이스 파일로 입력하는 역할을 하는 프레임이다.

frmPreInfection 프레임은 frmSeletData 프레임을 통하여 만들어 놓은 데이터베이스(DB) 자료 중에서 고추역병 발병모형 회귀식에 대입할 40일간의 기상데이터만을 선별하여 각 요소별 합계를 구하여 발병모형의 회귀식이 필요로 하는 최종 독립변수의 값을 구하고 회귀식을 계산하여 예상 고추역병 발병률을 산출하여 화면에 제시하는 역할을 한다.

frmFutureInfection은 frmSeletData 프레임을 통하여 만들어 놓은 DB 자료에서 최근 일주일간의 평균 기

상이 미래에 계속된다는 가정으로 미래에 관측되지 않은 날들은 최근 1주일간의 기상 값 평균으로 대체해서 고추역병 발병모형 회귀식에 대입할 40일간의 기상 데이터만들어 회귀식을 계산하여 원하는 일 수 만큼의 미래의 고추역병 예상발병률을 산출하여 화면에 제시하는 역할을 한다.

그리고 frmSeletData과 frmPreInfection은 축적된 AWS 기상자료를 회귀분석 입력자료로 변환하여 텍스트 파일과 DB 파일로 저장해 주는 기능을 가지고 있다.

이 시스템은 농업기술센터나 농업인들도 개인용 컴퓨터에 프로그램을 설치하여 이용할 수 있으며, 미기상 파일을 파일 불러오기 대화상자를 통하여 불러와서 발병모형이 필요로 하는 기상 자료 순서만을 입력하는 것으로 발병을 쉽게 추정할 수 있도록 구성되었다.

### IV. 고 찰

고추역병 발병추정 모형의 독립변수로 사용된 고추역병의 발병 유효온도 조건은 15~24°C 범위에 있으며 최저온도는 20~22.5°C이었다. 여기에다 유효습도 조건은 free water 상태나 최소한 상대습도 100%가 되는 조건을 포함해야 한다. 온도나 상대습도 100% 유지시간과 발병정도는 정비례 관계를 보였고 강우누적시간 역시 값이 클수록 발병정도가 심각한 것으로 나타났다.

새로운 발병모형 2개중 발병심각도에 의한 발병모형인 식(3)은 병 조사에 관찰자의 주관적인 측정차이로 인하여 측정오차가 생길 우려가 많고 R<sup>2</sup> 값도 0.52로 발병률 조사에 의해 작성된 식(4)의 R<sup>2</sup>값 0.6보다도

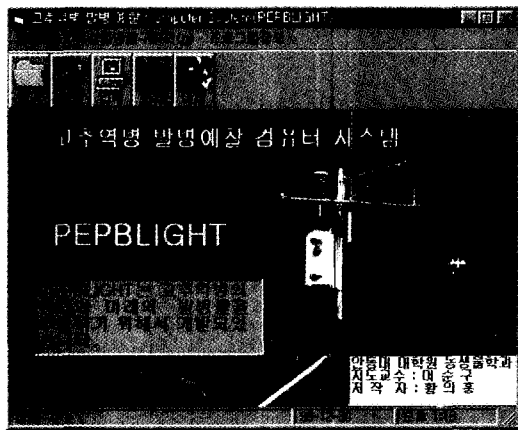


Fig. 3. Main frame of PEPBLIGHT program.

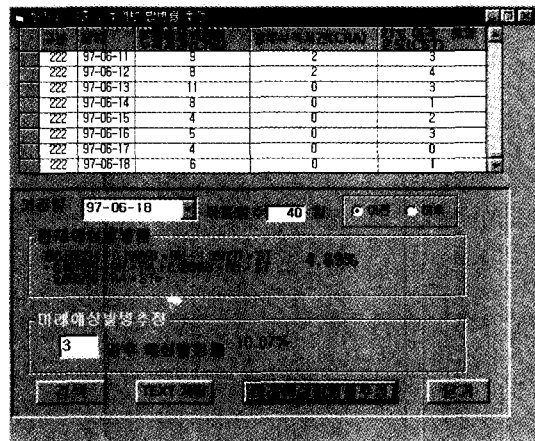


Fig. 5. Present disease incidence ratio frame of PEPBLIGHT program.

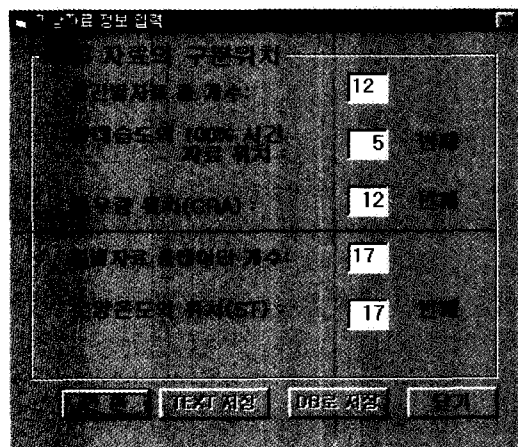


Fig. 4. AWS data information input frame of PEPBLIGHT program.

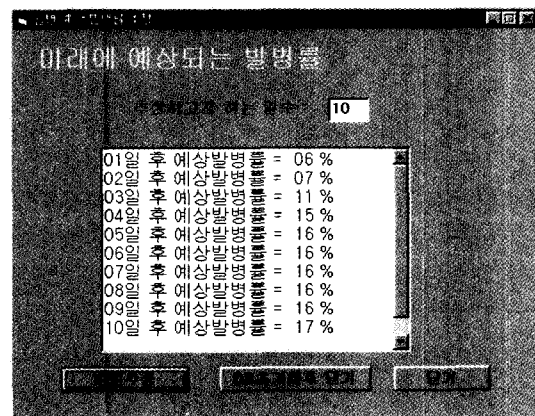


Fig. 6. Future disease incidence ratio frame of PEPBLIGHT program.

낮기 때문에 식(4)을 최종적으로 PEPBLIGHT 컴퓨터 시스템의 발병모형으로 사용하여 컴퓨터 시스템을 구축하였다.

PEPBLIGHT는 아직 정교하게 발병을 예측하지는 못하지만 Fig. 1과 2에서 보는 바와 같이 실제 병탈병 추세를 상당히 근접하고 있다.

미래의 예상발병률 추정은 최근 일주일 평균 기상 디래에도 지속될 것으로 가상하여 발병률을 추정하는 것이기 때문에 먼 미래의 발병률을 예상하기에는 한계가 있을 것이다.

PEPBLIGHT가 개발되기 전에는 회귀식을 만들기 위해서 위에서 언급한 발병추정과정을 발병조사 횟수(1년에 17회 내지 19회)만큼 반복하여 SAS 입력데이터를 만들어야 하기 때문에 새로운 회귀식을 만들기 어렵지 않았다. PEPBLIGHT를 사용하면 SAS 입력데이터 형식으로 사용될 수 있는 데이터베이스 파일 혹은 텍스트 파일로 저장해주는 기능을 가지고 있어서 SAS 입력 데이터를 만드는 시간을 절약할 수 있었다. 이 모듈을 이용하면 새로운 회귀모형을 만드는데 필요한 데이터 처리 과정을 대부분 대신해줄 수 있다.

PEPBLIGHT 프로그램은 기상자료에 관계되는 정보와 독립변수로 사용하고자하는 기간 등의 대부분의 입력정보를 텍스트 상자를 통해서 자유롭게 입력할 수 있도록 융통성 있게 프로그램을 구조화하였기 때문에 약간의 코드 변형과 추가 및 변수의 개수를 늘리는 정도만으로도 고추역병뿐 아니라 기상자료와 연관되어 발병을 추정하는 다른 병해의 발병 프로그램으로 사용할 수 있을 것이다.

고추역병은 집중 강우 후에 많은 포장에서 동시 다발적으로 고추역병이 발생하는 경우가 많은데 이것을 역학적으로 연구하여 수량화, 정량화 시켜서 회귀분석의 새로운 독립변수로 만들어 PEPBLIGHT 시스템에 반영을 하지 못한 것이 아쉬운 점이다. 다음 연구나 다른 연구자들에 의해 이 부분에 대한 연구를 추가하여 발병모형에 반영한다면 더욱 신뢰성이 있는 발병모형으로 개선될 것이다.

## V. 적 요

1997~1998년에 무인기상관측장비(AWS)로부터 얻어진 기상자료와 고추 역병 발병과의 상관관계를 기초로 하여 고추역병 발병모형들을 작성하였다. 그 중에서  $R^2$  값이 가장 높은 모형을 이용하여 AWS 시스템 기상 파일을 입력받아서 발병률을 추정해주는 컴퓨터 시스템(PEPBLIGHT)을 구축하였다. 이 컴퓨터 시스템은 쉽게 무인기상관측장치로부터 기상 자료를 입력받을 수 있으며, 다른 기종의 무인기상관측장치와 다른 발병예측모형으로 이용할 경우에도 호환성이 있도록 하였다. 또한 AWS 미기상 자료를 SAS 입력자료로 사용하기에 적합한 형태로 변환해 파일로 저장해 주는 기능도 가지고 있다. 국내에서 처음으로 개발된 고추역병 예찰 프로그램인 PEPBLIGHT는 MS사의 윈도우 운영체제로 운영되는 PC에서 사용할 수 있기 때문에 농가 수준에서도 이용할 수 있을 것이다.

## 인용문헌

- 강근석, 김성철, 김지현, 이운오, 이정진, 이창수, 1993: PC 통계학. 자유아카데미. 454pp.
- 권재운, 이순구, 1996: 농업기상관측을 위한 무인기상관측 장치의 구조와 운영방법. 농업과학기술연구소 논문집. 안동대학교 농업과학기술연구소. 3, 117~148.
- 김규량, 1995: 군락 미기상 실험 자료를 이용한 벼 도열병 예찰체계의 개발. 서울대학교 농학석사학위논문. 100pp
- 윤진일 등, 1998: 표준기상자료에 의한 벼 군락내 기온, 습도 및 결로 추정. 한국기상학회지, 34(2), 216~221.
- 이순구, 1997: 역사적인 식물병대발생과 식물병역학의 학문발전. 식물병과 농업. 10(3), 18~35.
- 조중제, 1998: SAS 통계 자료분석. 교구사. 300pp.
- 주경민, 박성완, 1999: Visual Basic Programming Bible. 영진출판사. 1587pp.
- Campbell, C. L. and L. V. Madden, 1990: Introduction to Plant Disease Epidemiology. John Wiley & Sons, Inc.
- Hwang, B. K. and C. H. Kim, 1995: *Phytophthora* blight of pepper and its control. Korea Plant Disease, 79, 221~227.