

| 과제구분 | 기 본 | 수행시기 | | 전반기 | |
|---------------------------------|--|----------------|----------|------------------|-----|
| 중장기 code | | RIMS code | | | |
| 연구과제 및 세부과제명 | | 연구분야 (code) | 수행 기간 | 연구실 | 책임자 |
| 농작물 병해충 발생 예측모델 개발 | | 작물보호 LS0604 | '00~'09 | 농업기술원 환경농업연구과 | 홍순성 |
| 1) 벼 병해 정밀예측 GIS 시스템 실증 및 보완 | | 작물보호 LS0604 | '07~'07 | 농업기술원 환경농업연구과 | 홍순성 |
| 색인용어 | 벼, 도열병, 잎집무늬마름병, 세균성벼알마름병, 예측, 기상, GIS | | | | |

ABSTRACT

This study was carried out to verify and improve the quality of disease forecasting based on a web-based GIS information system. The estimated value based on GIS system showed higher compared to the value based on microclimate data especially in Hwasung, Siheung, Ansung, Icheon, Pochun, Yangju, Paju and Gimpo areas. However, the estimated value in several area based on microclimate data were higher than GIS system especially in Namyang, Yongin, Yeosu, Gwangju, Yangpung, Gapung and Yeoncheon. The occurrence of rice blast was very low at paddy fields and habitual occurring places in Ansung, Yangpyeong, Pocheon and Gimpo. Actual occurrence of rice sheath blight in paddy field was similar to estimated values deduced from GIS system. The occurrence of rice grain was low in the paddy field while estimated value was a little overestimated based on GIS system.

Key words : Rice, Forecasting, GIS, Rice blast, Rice sheath blight, Rice grain

1. 연구목표

지구 온난화의 기후변화에 따라 국내 기상환경도 변화되는 추세이다. 이러한 기상환경 변화에 병해충의 발생 생태가 달라질 것이며 예상치 못한 농작물 병해충의 돌연적인 발생 가능성에 대해 사회적으로 높은 관심을 가지고 있다. 작물병해충의 발생을 사전에 정확히 예측할 수 있다면 적기에 농약살포가 가능하여 병해충에 의한 농작물의 피해를 사전에 예방할 수 있을 뿐만 아니라 농약의 남용을 막을 수 있다.

국내외적으로 어느 정도 실용성을 갖고 있는 식물병 예찰모형들은 무인자동기상관측기를 이용하여 식물군락 내부의 실시간 기상관측자료를 바탕으로 병 발생 가능성을 예측하는 시스템으로 구성되어 있으며(박은우 등 1994, 차광홍 등 2001, Kim etc. 2001) 경기도농업기술원에서도 수년간 논과 배 과수원을 중심으로 무인기상관측기를 설치하여 국지기상자료를 이용하는 병 예측방제 정보시스템 구축하여 인터넷을 통하여 제공하고 있다. 또한 병 발생 예찰시스템 연구는 소규모 지역에서 실시간 관측된 국지기상자료뿐만 아니라 광범위 지역을 대상으로 병 예찰시스템 개발을 목표로 진행되어야 하며, 기상관측 장비가 설치된 지역뿐만 아니라 읍면 단위 이하의 소규모 지역을 대상으로 하는 지역 특이적이며 정확한 식물병 발생 예측정보 생산이 필요하여(Yoon etc. 2000) 농업기술원에서는 ‘GIS를 이용한 고해상도 농업기상과 병해 발생예측 방제 시스템 개발’을 서울대학교에 학술연구용역으로 의뢰하여 경기도 전 지역을 240m x 240m격자의 정밀한 기후도를 작성하고, 병 주요 병해 발생 예측 정보를 동 시스템에서 생산 가능한 시스템 구축한 후 인터넷을 통하여 상시 제공하는 시스템을 2차적으로 구축하였다. 이에 금년도에 각 지역의 실제 도열병 등 병해 발생자료를 조사하여 병 예측자료와 비교 검토한 후 예측모델을 수정 보완하여 예측시스템의 정확도를 높임으로써 일선 기술센터와 농업인의 영농활동에 실질적 도움이 될 수 있는 정보서비스 제공을 목표로 하여 본 시험을 수행하였다.

2. 재료 및 방법

지형기후학적 변량 그물망 기후도(240m×240m급 정밀도)작성을 작성하고 경기도내 기상관측자료(경기도원, 기상청)를 이용, 보간(거리역산가중&고도보정)법으로 기상요소별로 지역별 실시간 예측분포도에 따라 병 도열병, 잎집무늬마름병, 세균성벼알마름병 발생을 예측하는 경기도농업기술원 홈페이지에 구축하였다.

GIS 병해 발생예측 시스템의 정확도를 검토하기 위하여 국지기상관측자료를 이용한 병해 예측량과 비교하였으며 실제 병 발생량과 비교하기 위하여 경기도 병 재배지역을 나누어 경기 남부지역은 화성, 안성, 동부 지역은 양평, 북부지역은 포천, 서부해안지역은 김포를 선정하고 각 조사시군의 병해충 예찰담, 각 지역의 도열병 발생 상습지 및 인근 비상습지를 대상으로 병 발생량을 조사하였다. 조사지점은 시군당 예찰담 1개소, 상습지 10필지, 비상습지 10필지를 시기별로 조사하였으며 조사 병해는 도열병, 잎집무늬마름병, 세균성벼알마름병이며 6월 1일부터 9월 30일까지 2주 간격 조사하였다. 도열병은 조사필지당 3개 지점의 병반면적율을 조사하였으며, 잎집무늬마름병은 동일지점의 병든 포기율 및 병반높이, 세균성벼알마름병은 동일지점의 발병이삭율을 조사하였다.

벼 병해 발생 예측시스템에 의한 병 발생 예측량 조사는 관리자 홈페이지에 등록하여 병해별로 포장 조사시기에 동일 지점의 병 진행 세부상황을 수집하였으며 도열병은 발생 위험도 및 예측 병반면적을 및 발병이삭율을 조사하였다. 잎집무늬마름병은 발생위험도 및 병든포기율, 병반높이를 조사하고 세균성벼알마름병은 발생위험도 및 발병이삭율을 조사하여 실제 포장 발생량과 비교하였다.

국지기상자료에 의한 예측량 비교와 실제 발생량 비교에 의한 오차 정도를 GIS 예측 모델 수정 자료로 이용하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 국지기상관측자료와 보간법에 의한 도열병 발병 위험지수 지역별 비교

각 시군 농업기술센터 벼 병해충 예찰답에 설치하여 수집하는 국지기상자료에 의한 벼 병해 예측은 2002년부터 2005년까지 4년간 연구하여 경기도농업기술원 홈페이지에 구축하였다. 그러나 국지기상자료를 이용한 벼 병 예측은 벼 병해충 예측은 인접지역의 벼 병해 발생은 추정할 수 있으나 경기도 전 지역의 벼 병해 발생은 추정할 수 없는 어려움이 있다. 따라서 2006년도에 학술용역과제로 지리정보시스템과 고도보정 내삽모형을 이용하여 경기도 전 지역의 벼 병해 발생을 240m×240m 단위로 예측하는 시스템을 개발하여 농업기술원 홈페이지에 구축하였다.

표 1. 국지기상관측자료와 보간법에 의한 도열병 발병 위험지수 지역별 비교

| 월 일 | 화성 | | 남양 | | 시흥 | | 평택 | | 안성 | | 용인 | |
|-------|----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|
| | 국지 예측 | GIS 예측 |
| 6월 상순 | 3 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6월 중순 | 0 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 |
| 6월 하순 | 7 | 36 | 14 | 18 | 8 | 38 | 3 | 28 | 4 | 30 | 4 | 12 |
| 7월 상순 | 5 | 20 | 11 | 16 | 8 | 12 | 1 | 18 | 0 | 15 | 0 | 3 |
| 7월 중순 | 18 | 27 | 9 | 24 | 12 | 24 | 3 | 22 | 3 | 21 | 9 | 18 |
| 7월 하순 | 10 | 11 | 17 | 9 | 3 | 10 | 1 | 7 | 3 | 6 | 7 | 10 |
| 8월 상순 | 1 | 19 | 19 | 18 | 3 | 27 | 2 | 23 | 1 | 24 | 25 | 40 |
| 8월 중순 | 7 | 0 | 25 | 0 | 16 | 0 | 4 | 0 | 11 | 0 | 31 | 6 |
| 8월 하순 | 12 | 1 | 27 | 0 | 2 | 2 | 9 | 0 | 12 | 0 | 16 | 19 |
| 9월 상순 | 31 | 41 | 44 | 13 | 20 | 39 | 47 | 41 | 72 | 19 | 36 | 8 |
| 9월 중순 | 28 | 38 | 38 | 35 | 26 | 36 | 25 | 43 | 20 | 39 | 26 | 17 |
| 9월 하순 | 26 | 19 | 25 | 14 | 14 | 20 | 12 | 26 | 14 | 27 | 12 | 4 |
| 누 계 | 148 | 212 | 234 | 147 | 116 | 208 | 107 | 208 | 144 | 181 | 166 | 137 |

표 2. 국지기상관측자료와 보간법에 의한 도열병 발병 위험지수 지역별 비교(계속)

| 월 일 | 이천 | | 여주 | | 광주 | | 양평 | | 가평 | | 포천 | |
|-------|----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|
| | 국지 예측 | GIS 예측 |
| 6월 상순 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 8 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 |
| 6월 중순 | 0 | 0 | 3 | 0 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6월 하순 | 5 | 35 | 0 | 25 | 10 | 33 | 12 | 35 | 14 | 14 | 0 | 22 |
| 7월 상순 | 0 | 14 | 4 | 16 | 6 | 15 | 22 | 22 | 5 | 13 | 0 | 9 |
| 7월 중순 | 0 | 22 | 4 | 19 | 15 | 16 | 16 | 10 | 25 | 18 | 0 | 20 |
| 7월 하순 | 0 | 9 | 12 | 6 | 19 | 6 | 40 | 10 | 20 | 8 | 1 | 6 |
| 8월 상순 | 22 | 36 | 27 | 27 | 27 | 35 | 62 | 36 | 21 | 41 | 0 | 27 |
| 8월 중순 | 22 | 6 | 25 | 6 | 12 | 7 | 38 | 6 | 39 | 17 | 0 | 4 |
| 8월 하순 | 17 | 17 | 37 | 10 | 18 | 9 | 48 | 7 | 24 | 13 | 0 | 2 |
| 9월 상순 | 23 | 8 | 65 | 9 | 42 | 24 | 77 | 26 | 64 | 26 | 4 | 10 |
| 9월 중순 | 2 | 39 | 18 | 43 | 34 | 36 | 28 | 30 | 33 | 29 | 16 | 28 |
| 9월 하순 | 26 | 21 | 44 | 21 | 21 | 24 | 25 | 13 | 39 | 13 | 5 | 7 |
| 누 계 | 117 | 207 | 240 | 182 | 214 | 205 | 376 | 195 | 289 | 192 | 26 | 135 |

표 3. 국지기상관측자료와 보간법에 의한 도열병 발병 위험지수 지역별 비교(계속)

| 월 일 | 연천 | | 양주 | | 파주 | | 김포 | |
|-------|------|-----------|------|-----------|------|-----------|------|-----------|
| | 국지예측 | GIS 예측 | 국지예측 | GIS 예측 | 국지예측 | GIS 예측 | 국지예측 | GIS 예측 |
| 6월 상순 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6월 중순 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6월 하순 | 16 | 36 | 6 | 39 | 0 | 40 | 6 | 36 |
| 7월 상순 | 41 | 23 | 3 | 16 | 0 | 16 | 7 | 10 |
| 7월 중순 | 44 | 20 | 14 | 18 | 1 | 18 | 10 | 22 |
| 7월 하순 | 26 | 8 | 6 | 11 | 0 | 11 | 8 | 14 |
| 8월 상순 | 61 | 46 | 5 | 41 | 0 | 32 | 5 | 27 |
| 8월 중순 | 3 | 0 | 10 | 0 | 1 | 3 | 12 | 0 |
| 8월 하순 | 3 | 8 | 5 | 11 | 0 | 7 | 7 | 6 |
| 9월 상순 | 13 | 13 | 35 | 21 | 4 | 28 | 15 | 30 |
| 9월 중순 | 10 | 23 | 14 | 27 | 0 | 31 | 9 | 30 |
| 9월 하순 | 10 | 8 | 29 | 3 | 5 | 18 | 8 | 21 |
| 누 계 | 227 | 185 | 127 | 187 | 11 | 204 | 87 | 196 |

GIS에 의한 농업기상 추정은 도시주변의 학교, 공원 등에 설치한 기상대 자동기상관측자료를 이용하기 때문에 농업기상자료로 이용하기에는 다소 어려움이 있다. 따라서 기상청 기상자료에 의한 벼 병해 예측값의 정확도를 검증하기 위해 농업기술원에서 관측되어 추정되는 벼 병해 예측값과 GIS를 이용한 벼 병해 예측값을 비교 검증하였다. 그 결과 표 1, 2 3과 같이 도열병 발병 위험지수가 차이가 있었으며 화성, 시흥, 평택, 안성, 이천, 김포 등 서부 평야지역은 GIS를 이용한 발병 위험도가 높았으며, 포천, 양주, 파주 등 한수이북 지역도 GIS 이용 발병 위험도가 높았다. 용인, 여주, 광주, 양평, 가평, 연천 등 동부내륙지역과 북부 내륙지역은 국지기상자료에 의한 발생위험도가 높은 경향이였다. 이는 서부 해안 및 평야지역의 기상자료는 온도 및 습도 보간이 높게 나타나 발병 위험도가 높게 나오는 것으로 추정되며, 내륙 산간지역은 온도 보간이 고도에 따라 급격히 떨어지거나 낮은 습도 보간으로 발생위험도 수준이 낮아진 것으로 추정된다. 따라서 서부 해안 평야 지역의 온습도 보간과 내륙산간지역의 보간을 달리하여 벼 도열병 발병 위험도 표출이 필요하다. 표 4와 같이 실제 벼 재배지에서 2007년도 벼 도열병 발생은 없거나 매우 낮아 예측값에 의한 병 발생율과 비교가 어려웠다. 특히 하천이나 곡간 주변의 도열병 발생 상습지에서도 병 발생이 낮아 비 상습지간 비교가 불가능하였으며 무방제 포장인 시군 벼 병해충 예찰답에서도 병 발생이 매우 낮은 경향이였다.

표 4. 지역별 벼 재배지역에서 도열병 발생량

| 조사지역 | 임도열병 (병반면적율 %) | | | 목도열병 (발병이삭율 %) |
|------|-------------------|--------|--------|-------------------|
| | 6/26 | 7/18 | 8/8 | 9/5 |
| 안성 | 예찰답 | 0 | 0 | 0.02 |
| | 상습지 (금강면 내우리) | 0 | 0.0005 | 0.015 |
| | 상습지 인근 | 0 | 0.0005 | 0.01 |
| 양평 | 예찰답 | 0 | 0 | 0 |
| | 상습지 (지제면 곡수리) | 0.0005 | 0.0005 | 0.005 |
| | 상습지 인근 | 0 | 0.0005 | 0.001 |
| 포천 | 예찰답 | 0 | 0 | 0 |
| | 상습지 (영북면 자일리) | 0 | 0.001 | 0.005 |
| | 상습지 인근 | 0 | 0.001 | 0 |
| 김포 | 예찰답 | 0 | 0 | 0 |
| | 상습지 (월곶면 고막리) | 0 | 0.0005 | 0 |
| | 상습지 인근 | 0 | 0.003 | 0 |

표 5. 지역별 앞집무늬마름병 발생량

| 조사지역 | 발병주율(%) | | | | | |
|------|------------------|------|-----|------|------|------|
| | 6/26 | 7/18 | 8/8 | 9/5 | | |
| | | | | 실제치 | 예측치 | |
| 안성 | 예찰답 | 0.02 | 1.8 | 7.0 | 34.0 | 27.9 |
| | 상습지 (금강면 내우리) | 0.11 | 1.9 | 11.0 | 37.5 | - |
| | 상습지 인근 | 0.08 | 1.0 | 10.8 | 37.0 | - |
| 양평 | 예찰답 | 0.00 | 1.6 | 7.0 | 9.0 | 18.9 |
| | 상습지 (지제면 곡수리) | 0.04 | 0.7 | 9.5 | 16.3 | - |
| | 상습지 인근 | 0.01 | 0.5 | 10.5 | 15.3 | - |
| 포천 | 예찰답 | 0.02 | 0.4 | 13.0 | 17.0 | 45.4 |
| | 상습지 (영북면 자일리) | 0.01 | 0.7 | 12.0 | 24.3 | - |
| | 상습지 인근 | 0.01 | 0.5 | 11.8 | 21.8 | - |
| 김포 | 예찰답 | 0.02 | 2.2 | 18.0 | 32.0 | 31.9 |
| | 상습지 (월곶면 고막리) | 0.11 | 1.6 | 14.5 | 28.0 | - |
| | 상습지 인근 | 0.11 | 1.2 | 15.3 | 30.5 | - |

앞집무늬마름병은 표 5와 같이 전 재배지역에서 발생하였고 안성, 김포 등 평야지에서 발생이 높은 경향이었다. 상습지 비상습지의 구분이 없었으며 GIS에 의한 병 예측과 비슷하여 앞집무늬마름병은 농업 현장의 병 방제에 적용해도 문제가 없을 것으로 사료된다.

표 6. 지역별 세균성벼알마름병 발생량

| 조사지역 | 발병이삭율(%) | | |
|------|------------------|------|------|
| | 실측치 | 예측치 | |
| 안성 | 예찰답 | 0.02 | 0.88 |
| | 상습지 (금강면 내우리) | 0.3 | - |
| | 상습지 인근 | 0.1 | - |
| 양평 | 예찰답 | 0.0 | 0.42 |
| | 상습지 (지제면 곡수리) | 0.03 | - |
| | 상습지 인근 | 0.01 | - |
| 포천 | 예찰답 | 0 | 0.37 |
| | 상습지 (영북면 자일리) | 0.01 | - |
| | 상습지 인근 | 0 | - |
| 김포 | 예찰답 | 0.02 | 0.00 |
| | 상습지 (월곶면 고막리) | 0.06 | - |
| | 상습지 인근 | 0.01 | - |

세균성벼알마름병은 표 6과 같이 안성시 금강면의 상습지에서 병 발생이 다소 있었으나 그 외 지역은 발생이 매우 낮았다. 기상자료에 의한 병 발생예측은 실제 발생량보다는 높게 나타났으나 큰 차이는 없어 농업 현장의 병 방제에 이용하여도 별 문제가 없을 것으로 사료된다.

이상의 결과와 같이 벼 병해에 대한 정밀예측 GIS 시스템은 일선 영농현장에서 사용하여 고품질 쌀 생산에 많은 도움이 될 것으로 기대된다.

4. 적 요

본 연구는 학술용역과제로 수행한 ‘GIS를 이용한 고해상도 농업기상과 벼 병해 발생예측 방제 시스템 개발’의 실증 및 보완과제로 벼 병해에 대한 예측값과 실제 벼 재배지에서 발생한 발생량을 비교 검토하여 시스템의 적중률 검토와 시스템을 보완하기 위하여 수행하였으며 그 결과는 다음과 같다.

- 가. 화성, 시흥, 평택, 안성, 이천, 포천, 양주, 파주, 김포 등 남부 및 서부해안 지역은 상대습도가 높게 관측되어 GIS에 의한 도열병 발병 위험 예측지수가 국지기상 관측자료에 의한 예측지수보다 높은 경향임
- 나. 남양, 용인, 여주, 광주, 양평, 가평, 연천 등 내륙지역은 상대습도가 낮게 관측되어 GIS에 의한 도열병 발병 위험 예측지수가 국지기상 관측자료에 의한 예측지수가 보다 낮은 경향임
- 다. 지대 및 지역별 상대습도 계수를 조정하여 발병 위험 예측지수 보정이 필요함
- 라. 도열병 발생은 안성, 양평, 포천, 김포 지역의 예찰답. 발생상습지. 상습지인근 모두 발생이 매우 낮았음
- 마. 잎집무늬마름병 실제 발생량과 GIS 예측량과 비슷하였음
- 바. 세균성벼알마름병 실제 발생은 낮았으며 GIS 예측량은 약간 높게 예측되었음

5. 인용문헌

- 박은우, 김규량. 1994. 군락미기상 실황자료를 이용한 벼 도열병 예찰. 농업논문집 36:95-107.
- 차광홍, 이용환, 고숙주, 박서기, 박인진. 2001. 출수기 기상환경이 세균성벼알마름병 발생에 미치는 영향. 식물병연구 7:150-154.
- Kim, K. R. 2001. Weather-driven Models for Rice Leaf Blast and Their Implementation to Forecast Disease Development on the Near Real-time Basis. Ph.D. Thesis. Seoul National University. 241 pp.
- Kim, K. R., and Park, E. W. 2000. Plant disease tracking system for rice - Internet User interface. Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology 2(2):68-73. (in Korean)

- Park, E. W., Kim, K. R., Kim, S. K., Hong, S. S., and Yang, J. S. 1998. An information delivery system for implementation of a forecasting system for rice blast development based on real-time weather data. *Agricultural Information Technology in Asia and Oceania* 1:119-124.
- SAS Institute Inc. 1988. SAS/STAT User's Guide, Release 6.03 Edition. Cary, NC. 1028pp.
- Yoon, Y. K., Yun, J. I., Kim, K. R., Park, E. W., Hwang, H., and Cho, S. I. 2000. Air temperature profile within a partially developed paddy rice canopy. *Korean J. Agricultural and Forest Meteorology* 2:204-208 (in Korean)
- Yoon, Y. K., and Yun, J. I. 2001. Using synoptic data to predict air temperature within rice canopies across geographic areas. *Korean J. Agricultural and Forest Meteorology* 3(4):199-205. (in Korean)
- Yun, J. I., Cho, K. S., Hwang, H., Park, E. W., and Cho, S. I. 1998. Estimating microclimatic elements of a fully developed paddy rice canopy based on standard weather data. *Korean J. of Meteorology* 34:216-221. (in Korean)
- Yun, J. I., Shin, J. C., Yun, Y. D., Park, E. W., Cho, S. I., and Hwang, H. 1997. Canopy microclimate of water-seeding rice during internode elongation period. *Korean J. Crop Science* 42:473-482. (in Korean)

6. 연구결과 활용제목

- 농업기상과 병해 방제시스템 홈페이지 구축

7. 연구원편성

| 세부과제 | 구분 | 소속 | 직급 | 성명 | 수행업무 | 참여년도 |
|------------------------------|-------|------------------|-------|-----|--------|------|
| | | | | | | 07 |
| 1) 벼 병해 정밀예측 GIS 시스템 실증 및 보완 | 책임자 | 농업기술원 환경농업연구과 | 농업연구사 | 홍순성 | 세부과제총괄 | ○ |
| | 공동연구자 | " | " | 김진영 | 병해 조사 | ○ |
| | " | " | " | 이진구 | 기상 조사 | ○ |
| | " | " | " | 이현주 | 문헌 수집 | ○ |