

FoxPro를 이용한 오이와 토마토의 생육장애 진단 전문가 시스템 개발

고병진¹ · 최영수* · 서상룡

전남대학교 농업생명과학대학 생물산업공학과 (농업과학기술연구소)
¹동양물산(주)

Expert System for Stress Diagnosis of Cucumber and Tomato Using FoxPro

Ko, Byung Jin¹, Yeong Soo Choi*, and Sang Ryong Suh

Department of Biosystems and Agricultural Engineering, Institute of Agricultural Science & Technology,
Chonnam National University, Gwangju 500-757, Korea

¹Tong Yang Moolsan Co., Ltd., Korea

Abstract. An expert system was developed for the stress diagnosis of cucumber and tomato using FoxPro. The principle points in building the system were integration with Korean, effective processing of mass information, and easy access for non-experts such as farmers. The method of inferencing was forward chaining based on pattern matching. Knowledge base was expressed with IF~THEN rules and was expressed in the form of tree. Also, the expert system was designed so that additions and modifications of all information could easily be performed on windows. The results tested by farmers with the developed system showed that the expert system was reliable for the practical use. It was expected the expert system could be directly applied to the stress diagnosis of other vegetable plants by modifying only data bases.

Key words : diagnosis, disease, expert system, FoxPro, nutrition disorder

*Corresponding author

서 언

현대 농업의 경쟁력을 제고할 수 있는 주요 방안 중 하나는 정보화이다. 농업정보는 특성상 필요한 시기에 신속하고 적절한 내용의 전달이 요구되며, 정보화의 실질적 효용 증대를 위해서는 전문가의 지식이 정보 수집 및 활용이 용이한 형태로 정보 활용자에게 전달되어야 한다. 이를 위해서는 기존의 정보 제공 시스템에 비하여 정보의 분류가 용이하고 정보들을 유기적으로 통합하며 전문적이고 비정형화된 지식을 전달할 수 있는 발전된 정보 제공 시스템이 요구된다.

전문가 시스템은 특정 전문 분야에서 전문적인 지식과 경험을 가진 전문가가 당면한 문제에 대해 논리적인 방법으로 추론하여 유용한 결론을 유도하는 과정을 컴퓨터를 통하여 구현할 수 있도록 시스템화한 것이다. 이러한 전문가 시스템을 이용하면 비전문가의 당면한

문제를 전문가의 지식 및 경험을 바탕으로 전문가 수준의 해결책을 용이하게 획득할 수 있게 된다.

최근 국내에 있어 오이와 토마토 등 과채류의 시설 재배가 비교적 빠르게 증가하고 있으며, 그 재배 면적은 2000년 기준으로 오이 7,690 ha, 토마토 4,916 ha에 이르고 있다. 그러나 안정적 재배를 어렵게 하는 오이의 각종 질병과 생리장애는 여러 요인들의 상호작용에 의하여 발생되므로 재배자의 입장에서는 특정 질병이 발생될 경우 병의 진단과 방제방법 등에 대한 전문가적 판단이 필요하게 된다. 그러나 실제로 전문가의 자문기능은 시간 및 공간적으로 제한되고 있어 영농현장에서는 당면한 작물의 질병과 생육장애를 정확하게 진단·처방하기 위한 전문가의 도움을 얻기가 어렵다. 따라서 적기방제 등의 재배 관리가 매우 어렵게 되어 결과적으로 농약의 과다 살포와 노동력의 과잉 투입이 불가피한 실정이다. 그러므로 과채류 재배에 있

어 각종 생육장해의 진단을 위한 전문가 시스템은 농약과 비료를 적절히 사용하여 환경 오염을 줄이고 과채류의 안정적 재배를 가능하게 하여 지속적 농업에 기여할 수 있다.

전문가 시스템은 농업분야에서 1980년대 초부터 실용적으로 응용되기 시작하면서 주목을 받기 시작하였다. 외국의 주요 연구 결과로는 Donohue 등(1988)이 담배의 병해를 진단하고 그에 따른 살균제의 살포량, 살포 방법에 대한 전문가 시스템을 개발하였다. Latin 등(1990)은 멜론병 전문가 시스템을 개발하여 병해 진단과 살균제 사용 방법을 제시하였다. 또한, Illinois 대에서는 콩이나 옥수수 등 작물의 여러 병해 진단 전문가 시스템과 농업경작에 도움을 주는 지식베이스(CROP, FSA)를 개발하였다. 이렇듯 세계 각국은 작물 관리용 전문가 시스템을 개발함으로써 병 예방 및 진단 기술을 활용한 종합적 질병 방제 체계를 주요 작물 별로 확립하여 농약 사용량을 줄이고 있다.

국내에서 수행된 전문가 시스템의 농업 응용에 관한 연구를 보면, 조 등(1993)은 농업용 한글 전문가시스템의 개발 도구로서, NASA의 CLIPS를 수정/보완한 HCLIPS를 개발하였으며, 이 등(1996)은 농업기계 선정용 전문가시스템을 개발하였다. 조 등(1998)이 CLIPS를 이용한 오이의 주요 병 및 장해 진단 전문가 시스템을 개발한 사례도 있으며, 고려지농업시험장(1999)에서는 Java 언어를 사용하여 인터넷에 기반을 둔 실시간 감자역병을 관리하는 전문가 시스템을 개발한 바 있다.

본 연구는 한글 사용과 대용량 정보처리에 문제가 없고 비전문가의 사용이 용이한 전문가 시스템 개발의 기본 틀을 먼저 구성하고, 이를 이용하여 시설 재배하의 과채류 중 오이와 토마토를 대상으로 생육장해 진단을 위한 관련 규칙을 수립하고 데이터 베이스를 구축하여 오이와 토마토의 생육장해를 진단할 수 있는 전문가 시스템을 개발하고자 수행되었다.

재료 및 방법

개발한 전문가 시스템은 질문과 규칙으로 구성된 지식 베이스와 추론에 필요한 정보를 사용자로부터 얻기 위해 질문하고 답을 얻는 사용자 인터페이스, 그리고 어떤 사실로부터 결론을 얻는 추론 엔진으로 구성된다.

1. 추론 엔진

본 전문가 시스템의 추론 엔진으로는 한글 사용이 용이하고 최근 국내 PC용 운영체제로서 주류를 이루고 있는 MS Window 98 이후의 운영체제에 이식성이 좋을 뿐 아니라 데이터 베이스 전문 엔진이 탑재된 Visual FoxPro 6.0을 이용하였다. 따라서 본 전문가 시스템은 질의와 규칙의 체계적인 판단과 적재가 가능하며, 질의 내역의 통합적 트리 구조를 통하여 질의 응답 관계를 시각적으로 표현할 수 있을 뿐 아니라, 규칙 조건의 단순화와 동시에 단면화 된 메모리에 적재하여 규칙의 탐색과 판단의 효율성을 높이고자 하였다. 또한 visual tool의 장점을 이용하여 완벽한 윈도우형 사용자 인터페이스(GUI)를 구현하고자 하였으며, DB의 up-sizing을 통해 이미 구축된 DB를 web 상의 DB로 전환하기에 용이한 structured query language (SQL) 호환 DB 구조를 채택하였다.

오이와 토마토의 생육장해 진단을 위한 전문가 시스템을 개발하는데 있어 작물의 장해 발생 부위와 증상의 종류가 다양하고 각 현상들이 복합적으로 발생하기 때문에 최적의 결론을 도출하기 위해서는 보다 효율적인 추론 방식이 필요하다. 본 연구에서는 추론을 위해 먼저 사실 진행을 도식화하기 위해 트리 구조를 구성하여 이미 알고 있는 조건으로부터 원하는 목표로나아가는 사건 중심의 추론 방식인 순방향 추론방법을 택하였다. 더불어 제공된 사실들이 주어진 규칙에 만족되는가를 찾기 위해서는 각 사실에 기호를 부여하고 규칙에서는 여러 가지 기호와 일치여부를 물어 결론에 도달하는 pattern matching 방식을 통해 추론하였다.

2. 전문가 시스템의 기본 구조 및 트리 구성

사용한 Visual FoxPro에서는 open-DB 구조를 갖는 Fox Tool을 채택함으로써 binary 형태를 갖는 데이터들을 적재하는데 있어 스크립트내 방대한 양의 텍스트 내용을 효율적으로 관리할 수 있으며, 다양한 DB 관리 유틸리티를 이용하여 DB의 수정 또는 유지 보수가 용이하다. 이러한 구조에서는 DB를 자유롭게 처리할 수 있는 반면에 많은 양의 프로그램 코딩과 약간의 복잡화된 인터페이스를 필요하다. 하지만 DB의 유지보수는 기존 개발 도구의 스크립트(script)의 수정과는 비교할 수 없게 빠르고 체계적이면서 문법오류를 최소화시킬 수 있는 장점이 있다.

추론엔진 내에서의 지식의 표현방법으로 규칙기반(rule-based)방식을 사용하였고, 지식베이스는 “만약~조건이면”(IF~), “~이다.”(THEN ~)의 형식으로 이루어졌다. 다음은 사용된 지식 표현의 한 예이다.

```
IF
정식전
출기
지제부 변색
모쓰러짐
연부된 부분의 변색
THEN
모잘록병 80
```

지식베이스에서의 트리 구조는 추론에 영향을 미칠 뿐만 아니라 질의 응답 내용과 규칙 탑재 성능에 영향을 미치게 된다. 따라서 본 전문가 시스템에서는 Visual FoxPro의 표 작성 기능을 사용하여 주제(title), 질의와 응답, 규칙 구성에 관한 표를 구성하고 이들을 상호 연계(module화)함으로써, 일단 트리를 구성하면 질의와 응답의 내용은 자동적으로 일괄 처리되도록 하였다. 트리에서 분기되는 질의에 대한 답변인 작품의 제반 증상에는 일련 번호가 주어져 모아지고, 이렇게 부여된 일련 번호들은 추론 결과들의 주어진 번호와 pattern matching에 사용된다. 트리 구조는 전문가 시스템의 정확도에 직접적으로 영향을 미치기 때문에 질의 응답에서 불필요한 질문이 나오지 않도록 구성하였

으며, 선행된 증상에 따라 세부적 증상으로 분기되어 나가는 형식을 취하였다.

3. 사용자 인터페이스 및 윈도우 구성

사용자 인터페이스용 윈도우는 질문내용과 사용자에게 답을 얻는 답변내용, 그리고 사용자의 이해를 돕기 위해 도움그림과 도움말로 구성하였다. 기본적으로 기존의 DOS 기반의 시스템에서는 PCX 형식의 그래픽 파일만을 사용할 수 있는 반면 본 시스템에서는 BMP, PCX, GIF, JPG, TIFF 등 윈도우 내에서 거의 모든 형식의 그래픽 파일 형식이 지원된다. 사용자 인터페이스 윈도우에는 이전질문과 다음질문, 종료버튼 등을 설치함으로써 사용자에게 질문 전후간의 이동이 용이하도록 하였다. Fig. 1은 전문가 시스템 개발용 윈도우로서 시스템 개발자가 정보를 입력하는 화면을 나타낸 것이다.

시스템 개발용 윈도우에는 윈도우 작업의 기본 기능 키만을 배열하였기 때문에 개발자는 마우스 클릭과 관련 내용의 입력만으로 시스템 개발이 가능하도록 하였다. 시스템 개발 윈도우에 설치한 컨트롤 기능은 다음의 5가지 작업으로 요약할 수 있으며, Fig. 1에 해당 번호를 표시하였다.

① 버튼 컨트롤 : 선택작업

② 텍스트 박스 컨트롤 : 짧은 문장 또는 수치 입력작업

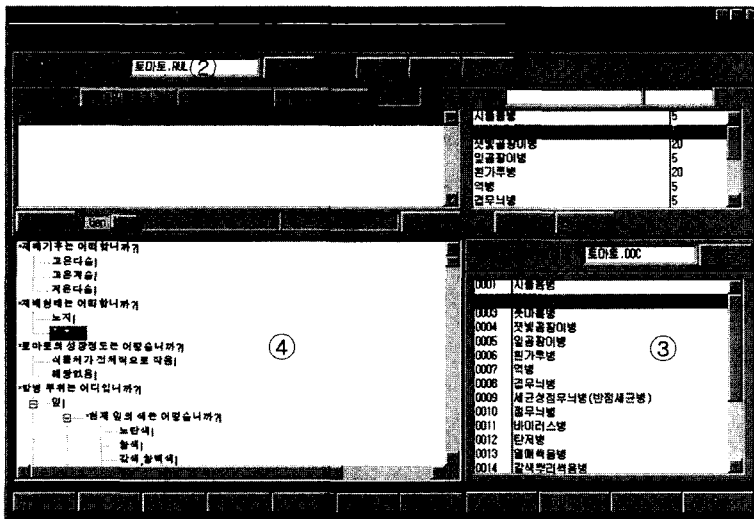


Fig. 1. Window of the expert system builder for interfacing data.

③ 리스트 박스 컨트롤 : 열거된 문항 중 하나 혹은 다수를 선택하는 작업(리스트 항목을 추가하기 위해서는 “Add Note” 버튼을 눌러 추가)

④ Tree-View 컨트롤 : 입체 또는 계층화된 자료 중에서 하나를 선택하는 작업

⑤ 옵션 버튼 컨트롤 : 다수의 작업 내용 중 한가지를 선택하는 작업 (필요한 경우만 표시)

여기서 트리 구조의 표현은 트리 구조를 저장하는 Windows Tree-View의 기본 ActiveX 컨트롤을 사용하여 구현하였으며, 원하는 루트(root)와 노드(node)를 추가할 수 있도록 하였다. 따라서 트리에서 루트와 노드의 추가와 삭제가 가능하여 질문형성이라는 버튼을 통해 질의 응답을 자동으로 처리할 수 있게 된다.

각각의 질병과 장애를 진단하는 규칙 설정에 있어 진단의 근거가 되는 모든 증상에 대해 진단의 확신도(certainty factor: CF)를 부여하였고, 다음과 같은 MYCIN 규칙에 의해 추론 결과의 확신도를 산출하도록 하였다.

$$CF_{12} = CF_1 + CF_2 (1 - CF_1) \text{ both } CF_1 \text{ and } CF_2 > 0$$

$$CF_{12} = \frac{CF_1 + CF_2(1 - CF_2)}{1 - \min(|CF_1|, |CF_2|)} \text{ } CF_1 \text{ or } CF_2 < 0$$

$$CF_{12} = CF_1 + CF_2 (1 + CF_1) \text{ both } CF_1 \text{ and } CF_2 < 0$$

여기서, CF_1, CF_2 = 질병과 장애에 대한 각 증상의 확신도

CF_{12} = 두 가지 복합증상에 대한 추론 결과의 확신도

결과 및 고찰

1. 오이 · 토마토 생육장애 진단 시스템 개발

1.1. 지식 베이스

전문가 시스템의 지식 베이스는 시스템의 정확도에 가장 큰 영향을 미치는 부분으로 전문가들의 경험적 지식을 적절한 지식 표현법으로 체계화시킨 것이다. 본 연구에서는 오이는 대표적인 12 종류 질병(노균병, 모잘록병, 흰가루병, 탄저병, 역병, 세균성점무늬병, 잿빛곰팡이병, 만할병, 만고병, 흑성병, 균핵병, 바이러스병)과 13 종류의 영양장애(질소결핍, 칼슘결핍, 칼륨결핍, 인결핍, 질소과다, 아연결핍, 망간결핍, 붕소결핍, 마그네슘결핍, 망간과다, 붕소과다, 철결핍, 아연과다), 그리

고 토마토는 14 종류의 질병(시들음병, 반시들음병, 풋마름병, 잿빛곰팡이병, 잎곰팡이병, 흰가루병, 역병, 겹무늬병, 세균성점무늬병, 점무늬병, 바이러스병, 탄저병, 열매썩음병, 갈색뿌리썩음병)과 6 종류의 영양장애(질소결핍, 칼슘결핍, 철결핍, 마그네슘결핍, 인결핍, 칼륨결핍)에 대한 증상에 관한 정보를 정리하였다.

오이와 토마토의 생육장애 진단을 위한 각 장애에 관한 데이터는, 먼저 문헌을 통하여 기초 자료를 수집하여 이를 생육장애별로 그 원인과 처방 등을 정리하였다. 이를 위하여 오이와 토마토 재배 분야의 병리관련 연구를 30여년 수행한 수명의 전문가들로부터 지문을 얻어 오류는 수정하고 부족한 자료는 보완하였으며, 전문가의 지식이 정리된 데이터는 다시 현장 경험이 많은 농민과 관련 지도사들과의 대담과 조연을 바탕으로 최종 보완 · 정리하였다. 이러한 경로를 통하여 수집한 오이와 토마토의 생육장애 진단용 제반 자료는 앞에서 논의한 트리 구조에 의거한 시스템 개발용 원도를 사용하여 수록하였다. 구축한 전문가 시스템의 지식 베이스의 기본 형식은 크게 3 단계로 구분하였다. 1 단계는 작물의 재배시 기후, 재배장소, 식물의 성장 정도에 관한 정보, 2 단계는 장애가 나타나는 부위(잎, 줄기, 열매, 뿌리) 별의 일반적인 증상에 관한 정보, 3 단계는 장애가 나타나는 부위에 따라 세부적 증상에 관한 정보를 수록하도록 하였다. 본 시스템은 사용자에게 위의 지식 베이스 내용과 같은 단계로 질의하도록 하였는데, 이러한 3 단계의 사용자에게 대한 질문 구조는 선행된 질문의 응답을 근거하여 불필요한 질문을 제거할 수 있기 때문에 전문가 시스템의 운영 효율을 향상시킬 수 있다.

오이 생육장애 진단용 트리는 먼저 재배시의 기후를 고온다습, 고온저습, 저온다습으로 나누고, 재배형태(장소)를 노지와 플라스틱 하우스로 구분하고, 식물의 발병부위나 성장정도로서 잎, 줄기, 열매, 뿌리에 대한 기본적인 인자들을 표시한 후 발병부위에 따른 세부적인 증상들로 구성하였다. 발병 부위는 잎, 열매, 줄기, 뿌리로 분기하고, 잎에서는 다시 발병 부위가 생장점 부근과 잎 전체로 나뉘며, 이는 또 잎의 색깔과 잎에 나타나는 증상으로 나누었다.

잎에 나타나는 증상에는 잎의 황화, 하위엽부터 황화, 잎에 하안가루 형성, 병반(병 무늬)이 있고, 여기서 병반은 다시 병반의 모양과 병반의 색깔로 분기되

며, 병반 모양은 또 다시 여러 가지 형태로 분기된다. 잎의 증상을 더욱 세분화하기 위해서 잎의 다른 증상을 첨가하여 보다 상세한 증상을 나타내도록 하였다.

열매는 크게 두 가지 인자로 구성하였는데, 이는 열매의 변색 증상과 기타 증상으로 구분하였다. 열매의 변색 증상은 수침상 변색과 일반 변색으로 분기하고, 일반 변색은 다시 세부적인 증상을 나타내도록 하였다. 열매의 기타 증상은 곰팡이 발생과 반점, 열매의 작음으로 분기하였고, 곰팡이 발생과 반점은 다시 세부적인 증상을 나타내도록 하였다. 줄기와 뿌리에 대해서도 잎과 열매처럼 분기하여 증상들을 나타내었다.

토마토에 대해서도 오이와 같은 형식으로 구성하였다. 토마토용 트리의 초반부는 오이용 트리와 같이 먼저 재배시의 기후, 재배형태(장소), 식물의 성장정도를 다룬 후 발병부위로서 잎, 줄기, 열매, 뿌리에 대한 기본적인 인자들을 표시하고 발병부위에 따른 세부적인 증상들로 구성하였다. 즉 발병 부위는 잎, 열매, 줄기, 뿌리로 분기하고, 잎에서는 다시 발병 부위가 생장점 부근과 잎 전체로 나뉘며, 이는 또 잎의 색깔과 잎에 나타나는 증상으로 나누었다.

잎에 나타나는 증상에는 잎의 시들음, 푸른 상태로 시들음, 황화, 병반(병무늬), 반점이 대표적 증상이므로 이들 인자에서 분기되도록 하였다. 잎 증상들은 하나의 증상만이 아니므로 기타 증상을 첨가하여 보다 상세한 증상을 나타내도록 하였다. 줄기 관련 증상은 크게 두 가지 인자로 구성하였는데, 이는 줄기 증상과 기타 증상으로 분류하였다. 줄기 증상에는 절단 시 도관부 갈변, 병반(병무늬), 피사 줄무늬, 흑갈색으로 나뉘고 이들에 따른 세부적 증상이 분기되도록 하였다. 줄기의 기타증상은 줄기 증상을 보다 상세히 표현하기 위하여 반점, 얼룩 줄무늬, 가늘어짐으로 나뉘고 이들 또한 각각 세부적 증상으로 분기되도록 하였다. 열매는 하나의 인자로 구성하였는데, 열매의 증상에서 정단부 괴저, 병반(병무늬), 반점으로 나누고 이들에 따른 세부적 증상이 분기 되도록 하였다. 뿌리에서는 어떠한 질병과 영양장해에 대해 판별할 수 있는 증상이 다른 발병부위에 비해 적기 때문에 몇 가지 증상만을 고려하였다.

본 연구에서 개발한 전문가 시스템은 그 사용자가 영농을 담당하는 농민이다. 따라서 본론에서 작성한 지식 베이스는 당연히 농민들이 이해할 수 있는 용어로

표현되어야 할 것이다. 그러나 실제로 문헌과 관련 전문기들을 통해 얻어진 지식의 표현은 전문적인 언어들이 다수 포함되어 있어 농민들이 이해하는데 어려움이 있었다. 본 연구에서는 이러한 문제점을 제거하기 위해 실제 농민 또는 농민과 접촉이 많은 농약소매상을 대상으로 구축한 지식 베이스의 사용 용어를 검토받아 실제 사용자가 이해할 수 있는 표현으로 수정하여 지식베이스를 보완하였다. 이러한 표현들의 일부 예는 아래와 같다.

병반 : 병무늬

윤문 : 가장자리 황색 등근 테

수침상 : 물에 데쳐진 것 같은 증상

괴저윤문 : 원형 병반 안에 테두리가 갈색으로 변하여 씩음

연화 : 열매 씩음

유침상 : 기름에 데쳐진 것 같은 증상

지체부 변색 : 뿌리와 줄기가 연결된 부분의 색이 변함

1.2. 규칙 설정과 확신도 부여

수집한 제반 정보는 체계화하여 전문가 시스템의 규칙(rule)으로 변환이 용이하도록 하였다. 본 연구에서 구축한 지식 베이스의 생육장해를 진단하는 모든 규칙 설정에 있어 진단의 근거가 되는 모든 증상에 대해 진단의 확신도를 부여하여 그 적중 확률을 확신도로 표현하였다.

진단을 위한 규칙의 확신도를 결정하는 것은 결정자의 주관적인 성향이 가미될 수 있으므로 객관성을 갖는 값을 구하는 것은 매우 어려운 작업이다. 본 연구에서는 각 규칙의 확신도를 결정하기 위하여 먼저 이에 대한 관련 전문가들의 의견을 수집하여 각 규칙의 확신도의 개략치를 구한 다음, 이를 개발한 시스템에 부여하고 다양한 종류의 증상을 적용하여 추론 결과를 구하였으며, 그 추론 결과에 대한 관련 전문가의 의견을 다시 받아 이미 부여된 확신도를 다시 수정하는 반복과정을 거쳐 최종적으로 그 값을 결정하였다.

본 연구에서 전반적으로 결정한 확신도는 작물의 재배 기후 조건과 재배환경 및 발생부위 등의 인자에는 낮은 값으로 나타났고, 질병과 장해를 진단하는데 핵심적인 증상에는 높은 값으로 나타났다. 또한 “-” 값을 갖는 확신도는 나타나는 증상이 특정한 질병이 아닐

Table 1. Certainty factor (%) for diagnosing various diseases of tomato.

| | | 시들 | 반시들 | 꽃마 | 흰가 | 갯빛곰 | 잎곰 | 팡 | 역병 | 검무 | 세균성 | 점무 | 마이 | 열매 | 갈색 | 뿌리 | 탄저 |
|----------|------------------|----|-----|----|----|-----|----|----|-----|----|-----|----|----|----|-----|----|----|
| | | 음병 | 음병 | 름병 | 루병 | 팡이병 | 이병 | | | 늪병 | 무늪병 | 늪병 | 러스 | 음병 | 씩음병 | 병 | |
| 재배 기후 | 고온다습 | 5 | | 5 | | | | | | | 5 | | | 5 | | | 5 |
| | 고온저습 | | | | 20 | | | | 10 | | | | | | | | |
| | 저온다습 | | | | | 20 | 10 | 20 | | | | 5 | | | 5 | | |
| | 조온저습 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 재배 장소 | 하우스 | 5 | 5 | | 20 | | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | | 5 |
| | 노지 | 5 | 5 | | 5 | | 5 | | | | 5 | 5 | 5 | 5 | | | 5 |
| 발병부 위 | 잎 | 5 | 5 | 5 | 5 | 10 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | | 5 |
| | 줄기 | 30 | 5 | 5 | | 10 | | | 5 | | | 5 | 5 | | | | 5 |
| | 뿌리 | | 5 | 5 | | | | | | | | | | | | | 5 |
| | 열매 | | | | | 10 | | | 5 | 5 | 5 | | 5 | 50 | | | 40 |
| 잎색 | 노란색 | 5 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 황백색 | | 5 | | | | | | | | | | | | | | |
| 증상 | 시들음 | 50 | 40 | 60 | | | | | | | 30 | | | | | | 20 |
| | 백색곰팡이 | | | | | 50 | | | 80 | | | | | | | | |
| | 밀가루 홀뿌린모양 | | | | | 80 | | | 80 | | | | | | | | |
| 병반 색 | 원형갈색 | | | | | 30 | | | | | | 5 | | | | | |
| | 담황색 | | | | | | 30 | | | | | | | | | | |
| | 암갈색 수침상 | | | | | | | | 30 | | | | | | | | |
| | 암갈색 수침상 원형 | | | | | | | | -30 | | | | | | | | |
| 형태 | 타원형 갈색 병반 | | | | | | | | 5 | | | | | | | | |
| | 구멍 뚫림 | | | | | | | | | | | | 80 | | | | |

확률을 뜻하며, 그 예로서 Table 1은 토마토 질병에 관한 확신도의 일부를 나타낸 것이다. 특정 질병이나 장애에 대한 증상이 둘 이상인 경우, 이 추론 결과의 확신도는 진술한 MYCIN 규칙에 의한 확신도의 재계산으로 증상이 하나인 경우보다 그 수준이 높아지는 것으로 나타났다.

2. 전문가 시스템의 구동과 성능 평가

2.1. 시스템의 구동 결과

본 전문가 시스템은 가시적으로 오이와 토마토에 관한 질문과 그에 따른 추론 결과를 출력하게 되며, 개발한 전문가 시스템을 구동한 한 예로서 Fig. 2와 Fig. 3은 각각 시스템 구동 초기의 주제 화면과 오이의 재배 장소를 묻는 화면이다.

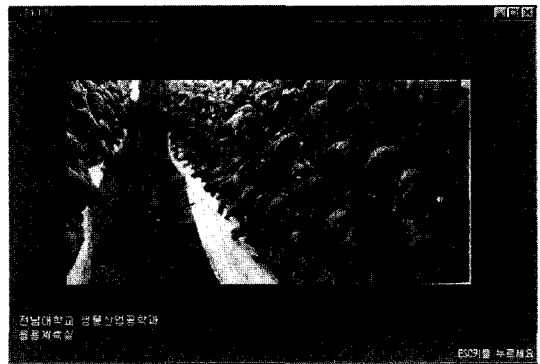


Fig. 2. Initial display of the expert system.

생육장애 진단 예로서 탄저병에 관한 질문과 응답에 대한 추론 규칙은 다음과 같다.

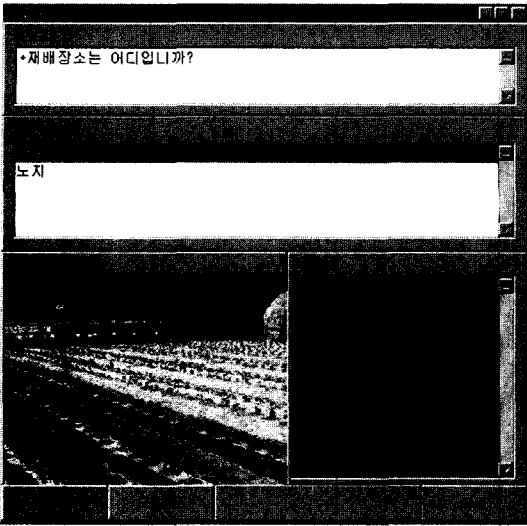


Fig. 3. A query display for inferencing.

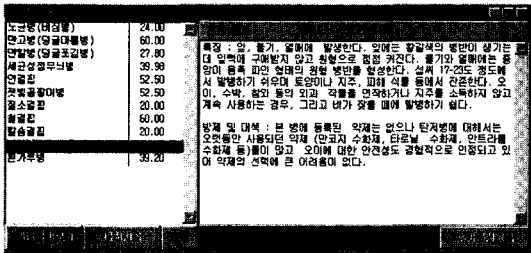


Fig. 4. Result display for disease diagnosis of cucumber.

IF
 {고온저습/노지/잎/병반(병무늬)/병반이 찢어져 구멍
 생김}
 위의 IF문 내의 5개 증상에 대해 관련 규칙이 수행
 (fire)되어 추론 결과가 Fig. 4와 같이 그들의 확신도
 와 함께 도출되는데 그 중 가장 높은 확신도의 것은
 탄저병이고 그 진단에 대한 확신도의 산출 값은
 86.28%이다. 그러나 실제로 위 증상에 대하여 가능한
 생육장해에는 노균병(버짐병), 만고병(당굴마름병), 만
 갈병(당굴조짐병), 세균성점무늬병, 인결핍, 잿빛곰팡이
 병, 질소결핍, 철결핍, 칼슘결핍, 탄저병, 흰가루병 등
 의 진단 결과가 가능하다. 그러나 본 시스템에서는 설
 정한 확신도 값 이상인 경우만 출력하도록 하여 확신
 도가 낮아 그 가능성이 낮은 경우는 배제되도록 하였
 다. 즉 위의 경우 확신도 80% 이상만 출력되게 하면
 탄저병만이 진단의 결과로 출력된다. 또한 Fig. 4와
 같이 화면 왼쪽에 진단 결과를 출력하고 화면 오른쪽

의 edit box에 질병 및 장해에 대한 방제대책을 출력
 하도록 하였다.

2.2. 시스템의 선호도 평가

개발한 오이와 토마토 생육장해 진단 전문가 시스템
 은 농민, 농약 판매상, 농업기관 종사자들을 대상으로
 하여 그 사용상의 편리성과 진단의 정확성을 관행 진
 단방법과 비교하여 그 우열 정도를 조사하였다. 조사항
 목 중 편리성은 개발한 전문가 시스템 사용상의 편리
 함을 말하고, 정확성은 개발한 전문가 시스템에서 다른
 제반 생육장해를 대상으로 진단을 시도하였을 때 조사
 참여자가 모두 기대한 진단 결과가 나오는가에 대한
 정도이다.

조사 대상자는 오이용 시스템은 전남 나주시 산포면
 덕례리에 있는 오이 시설재배 3 농가와 전남 담양군
 담양읍 소재 농약상 2 곳 그리고 전남 농업기술원의
 연구원 2 인이었다. 토마토용 시스템은 전남 담양군
 수북면 소재 시설재배 5 농가와 전남 담양군 담양읍
 소재 농약상 2 곳 그리고 전남 농업기술원의 연구원
 2 인을 대상으로 조사하였다.

조사 결과는 다음의 Table 2와 3과 같이 오이와 토
 마토의 경우 모두 사용상의 편리성에 대해서는 대체로
 편리하다고 응답하였다. 관행의 장해 진단방법과 비교
 할 때 개발한 전문가 시스템의 장점은 증상이 유사한
 질병을 진단하는데 매우 유용하다고 응답하였다. 결론

Table 2. Survey results on performance of the expert system to diagnose various diseases and stresses of cucumber.

| Participant | Convenience | Accuracy | CWCM* | |
|-------------|-------------|-----------|-------|-----------|
| Farmer | 5 | Good | Good | Excellent |
| Retailer | 2 | Excellent | Good | Good |
| Researcher | 2 | Excellent | Good | Good |

*CWCM: Comparison with the conventional diagnostic method.

Table 3. Survey results on performance of the expert system to diagnose various diseases and stresses of tomato.

| Participant | Convenience | Accuracy | CWCM* | |
|-------------|-------------|-----------|-------|-----------|
| Farmer | 3 | Good | Fair | Excellent |
| Retailer | 2 | Excellent | Good | Good |
| Researcher | 2 | Excellent | Good | Good |

*CWCM: Comparison with the conventional diagnostic method.

의 확산도에 대한 의견은 조사 대상자에 따라서 차이가 있어 진단 결과의 정확도에 대한 의견은 조사 대상자에 따라 일정하지 않았으나 전반적인 의견은 전문가 시스템의 진단 결과에 수긍하는 수준이었다.

추후 전문가 시스템을 보급하였을 경우 사용여부에 대한 질문에서는 모두가 사용할 용의가 있다는 의사를 표하였다. 개발한 시스템의 개선 요구사항을 묻은 결과, 시스템 구동 시 장해 증상을 묻는 질문에 좀더 구체적인 영상 자료를 필요로 하였고, 추론 결과에 따른 장해 극복 또는 방제 방법에 대한 구체적인 정보를 필요로 하였다. 개발한 전문가 시스템은 차후 농민에게 CD와 같은 매체로 공급하거나 농민이 인터넷상에서 사용하도록 하면 농민은 쉽게 전문가 시스템을 이용할 수 있을 것이다.

적 요

Visual FoxPro를 사용하여 한글 사용과 대용량 정보처리에 문제가 없고 비전문가의 사용이 용이한 전문가 시스템을 개발하였다. 본 시스템에서는 추론 방식으로 패턴매칭을 이용한 순방향 추론을 채택하였으며, 지식베이스는 IF-THEN 규칙으로 표현하였다. 또한 추론결과의 확산도 계산에는 MYCIN 규칙을 이용하였으며, 윈도우에서의 추론을 위한 제반 자료와 규칙의 수정과 보완이 용이하도록 컨트롤 기능을 채택하였다. 개발된 추론엔진, 데이터베이스 그리고 사용자 인터페이스를 기반으로 오이와 토마토를 대상으로 한 생육장해 진단 관련 데이터 베이스를 구축하여, 농민과 같은 비전문가의 활용이 용이한 생육장해 진단용 전문가 시스템을 개발하였다. 개발한 시스템의 사용상 편리성과 정

확성을 농민과 농업 종사자들을 대상으로 조사한 결과, 사용자에 따라서 결론의 확산도에는 약간씩 차이가 있었으나 관행의 장해 진단방법과 비교할 때 유용한 것으로 나타났다. 또한 개발된 전문가 시스템의 기본 구조 및 추론엔진은 오이와 토마토 이외의 농작물 생육장해 진단에도 해당 데이터 베이스의 변경을 통하여 직접 응용이 가능할 것으로 기대된다.

주제어 : 영양장해, 전문가 시스템, 진단, 질병, FoxPro

인 용 문 헌

1. Lee, Y.B., S.I. Cho, K.S. Rye and B.K. Rye. 1996. Expert system for selecting optimized farm machinery in rice farming (I). J. of the Korean Society for Agricultural Machinery 21:474-481 (in Korean).
2. Cho, S.I. and S.C. Kim. 1993. Development of user-interfaces for expert system using CLIPS. J. of the Korean Society for Agricultural Machinery 18:133-143 (in Korean).
3. Cho, S.I., E.W. Park, Y.M. Bae, S.C. Kim and K.H. Shin. 1998. Development of expert system for diagnosis of cucumber's diseases and nutritional disorders. J. of the Korean Society for Agricultural Machinery 23:499-506 (in Korean).
4. Donohue, D.W., R.S. Sowell and N.T. Powell. 1988. An expert system for diagnosing diseases of tobacco. ASAE Paper no. 88-5022.
5. Latin, R.X., G.E. Miles, J.C. Rettinger and J.R. Mitchell. 1990. An expert system for diagnosing muskmelon disorders. Plant Dis. 74:83-87.
6. National Alpine Agriculture Experimental Station. 1999. Development of expert system of potato late blight management based on internet in real time. Annual Report (in Korean).