

(옆면)

(앞면)

320089
-1

보안 과제(), 일반 과제(O) / 공개(O), 비공개()발간등록번호(O)
1세대 스마트 플랜트팜 산업화기술개발사업 2021년도 최종보고서

발간등록번호

11-1543000-003695-01

딸기 병해진단 웹 UI 고도화 및 전문가 활용 시스템 구축

2021

농림축산식품부
농림식품기술기획평가원

딸기 병해진단 웹 UI 고도화 및 전문가 활용 시스템 구축

납본일자 2021. 9. 22

주관연구기관 / 전북대학교
협동연구기관 / 국립농업과학원
국립원예특작과학원
(주)에스씨 컴퍼니

농림축산식품부
(전문기관)농림식품기술기획평가원

제출문

제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “딸기 병해진단 웹 UI 고도화 및 전문가 활용 시스템 구축”(개발기간 : 2020. 7. 3. ~ 2021. 7. 2)과제의 최종보고서로 제출합니다.

납본일자 2021. 9. 22

주관연구기관명 : 전북대학교 (대표자) 조기환 (인)
협동연구기관명 : 국립농업과학원 (대표자) 김정남 (인)
국립원예특작과학원 (대표자) 이지원 (인)
(주)에스씨컴퍼니 (대표자) 박성식

주관연구책임자 : 이 준 환

협동연구책임자 : 백 정 현

박 종 한

전 형 기

국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 제18조에 따라 보고서 열람에 동의합니다.

| 최종보고서 | | | | | | | | | | 보안등급 | | | | | | | |
|-------------------------|----------------|---------------|-----|--|-----|----------------------------------|---------|---------------|----------------|---|----------------|----------|--------|---------|--------|---------|---|
| | | | | | | | | | | 일반[<input checked="" type="checkbox"/>], 보안[<input type="checkbox"/>] | | | | | | | |
| 중앙행정기관명 | | | | 사업명 | | 사업명 | | | | 1세대 스마트 플랜트팜/애니멀팜 산업화기술개발사업 | | | | | | | |
| 전문기관명 (해당 시 작성) | | | | 내역사업명 (해당 시 작성) | | | | | | | | | | | | | |
| 공고번호 | | | | 총괄연구개발 식별번호 (해당 시 작성) | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | 연구개발과제번호 | | | | 320089-1 | | | | | | | | | |
| 기술 분류 | 국가과학기술 표준분류 | LB0804 | 25% | LB0203 | 15% | EA0506 | 20% | EE0108 | 20% | EE0905 | 20% | | | | | | |
| | 농림식품과학기술분류 | AA0205 | 25% | RC0103 | 20% | C201004 | 20% | RC0104 | 20% | CA0399 | 15% | | | | | | |
| 총괄연구개발명 (해당 시 작성) | | 국문 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 영문 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 연구개발과제명 | | 국문 | | 딸기 병해진단 웹 UI 고도화 및 전문가 활용 시스템 구축 | | | | | | | | | | | | | |
| | | 영문 | | Enhancing the UI for Web-Based Strawberry Disease Diagnosis and Installment of the System for Experts Applications | | | | | | | | | | | | | |
| 주관연구개발기관 | | 기관명 | | 전북대학교 산학협력단 | | | 사업자등록번호 | | 402-82-15272 | | | | | | | | |
| | | 주소 | | (우)54896 전라북도 전주시 덕진구 백제대로 567 (금암동) | | | 법인등록번호 | | 210171-0005625 | | | | | | | | |
| 연구책임자 | | 성명 | | 이준환 | | | 직위 | | 교수 | | | | | | | | |
| | | 연락처 | | 직장전화 | | 063-270-2406 | | 휴대전화 | | 010-9855-2406 | | | | | | | |
| | | 전자우편 | | chlee@jbnu.ac.kr | | | 국가연구자번호 | | 10076363 | | | | | | | | |
| 연구개발기간 | | 전체 | | 2020. 07.03 - 2021. 07. 02(12개월) | | | | | | | | | | | | | |
| | | 단계 | | 1단계 | | 2020. 07.03 - 2021. 07. 02(12개월) | | | | | | | | | | | |
| | | (해당 시 작성) | | n단계 | | | | | | | | | | | | | |
| 연구개발비 (단위: 천원) | | 정부지원 연구개발비 | | 기관부담 연구개발비 | | 그 외 기관 등의 지원금 지방자치단체 기타() | | 합계 | | | 연구개발비 외 지원금 | | | | | | |
| | | 현금 | | 현금 | | 현금 | | 현금 | | 현금 | 현금 | | | | | | |
| 총계 | | 300,000 | | 1,681 | | 15,129 | | 0 | | 0 | 0 | 301,681 | 15,129 | 316,810 | 0 | | |
| 1단계 | | 1년차 | | 300,000 | | 1,681 | | 15,129 | | 0 | | 0 | 0 | 301,681 | 15,129 | 316,810 | 0 |
| | | n년차 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 공동연구개발기관 등 (해당 시 작성) | | 기관명 | | 책임자 | | 직위 | | 휴대전화 | | 전자우편 | | 비고 역할 | | 기관유형 | | | |
| 공동연구개발기관 | | 국립농업과학원 | | 백정현 | | 농업연구사 | | 010-2606-9585 | | butterfy@korea.kr | | 공동 | | 국립연 | | | |
| | | 국립원예특작과학원 | | 박종한 | | 농업연구관 | | 010-6290-5735 | | pjhn@korea.kr | | 공동 | | 국립연 | | | |
| | | (주)에스씨컴퍼니 | | 박성식 | | 대표이사 | | 010-2059-1366 | | sccompany20@gmail.com | | 공동 | | 중소기업 | | | |
| 연구개발담당자 실무담당자 | | 성명 | | 류시홍 | | | 직위 | | 연구사업팀(팀원) | | | | | | | | |
| | | 연락처 | | 직장전화 | | 063-270-4727 | | 휴대전화 | | 010-6303-9839 | | | | | | | |
| | | 전자우편 | | shlucky7@jbnu.ac.kr | | | 국가연구자번호 | | | | | | | | | | |

이 최종보고서에 기재된 내용이 사실임을 확인하며, 만약 사실이 아닌 경우 관련 법령 및 규정에 따라 제재처분 등의 불이익도 감수하겠습니다.

2021년 9월 22일

연구책임자: 이준환

주관연구개발기관의 장: 조개환 (직인)

공동연구개발기관의 장: 김삼환 (직인)

이시환 (직인)

박성식 (직인)

농림축산식품부장관·농림식품기술기획평가원장 귀하

〈 목 차 〉

| | |
|-----------------------------------|----|
| 1. 연구개발과제의 개요 | 4 |
| 2. 연구개발과제의 수행 과정 및 수행내용 | 13 |
| 3. 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성 정도 | 54 |
| 4. 목표 미달 시 원인분석(해당사항 없음) | 69 |
| 5. 연구개발성과 및 관련 분야에 대한 기여 정도 | 70 |
| 6. 연구개발성과의 관리 및 활용 계획 | 72 |

[별첨 2-1] 참고 문헌

[별첨 2-2] 딸기 병해진단 스크린 샷

[별첨 2-3] 딥러닝을 위한 농업데이터 레이블링 방법

[별첨 2-4] 국립원예특작과학원 기술지도 증빙자료

1. 연구개발과제의 개요

1) 연구개발 개요

- 농식품 안전에 대한 소비자의 요구가 증가하면서, 친환경 농산물 생산 기술 개발 수요가 증가하고 있음. 특별히 원예 작물의 **병해 조기 진단**은 먹거리 안전뿐만 아니라 품질 및 농가 소득 과도 직결되는 중요한 과제임
- 2019년 국내 시설 원예작물 중 큰 비중을 차지하는 작물은 **토마토와 딸기**로 각각 4,928 ha, 5,824 ha를 차지하고 있으며, 토마토 등의 영상인식 기반의 병해진단 연구는 활발하게 진행되었으나, **가장 많은 재배 면적의 딸기**의 경우는 **까다로운 병해진단** 때문에 초보 단계로 아직은 미흡한 수준임
- 한편 딥러닝 등 인공지능 관련 기술을 활용하여 병해 진단 정확도는 점차 발전하고 있기 때문에 타 작물의 경험과 노하우를 까다로운 딸기 병해에 적용하는 것은 자연스러운 확장이며 성공 가능성이 큼
- 또한 현재 농진청 클라우드 시스템에 탑재된 딥러닝 기반의 토마토 병해 진단 분석 SW뿐만 아니라, 추가로 **정확성이 개선된 딸기 병해 판독 SW를 장착**하고, 이를 위해 식물 전문가들이 **병해 영상 데이터를 모아 가며 학습 엔진을 자체적으로 개선**해 나가고 이를 서비스하는 클라우드 기반 병해 진단 프로세스 정립이 필요함
- 즉 현재 농진청 클라우드 시스템에 탑재된 딥러닝 기반의 토마토 병해 진단 분석 SW에 추가로 딸기 병해 판독 SW로 개선 확장하고, 현재 개별적으로 구성되어 있는 모바일 데이터 취득 장치 및 DB 시스템, 주석편집 장치 등을 **웹 환경에서 집적시켜 인공지능 병해 판독 학습 엔진과 연결**시키고, 학습된 병해 분석 진단 추론 엔진을 클라우드에 **장착**하며 이를 원격지의 웹 또는 모바일 앱을 통해 서비스 하는 **AlaaS(AI-as-a-service) 실증 연구**가 요구됨
- 이를 위해서는 모바일 웹 환경에서 데이터 취득 장치의 편의성을 위한 요구사항 발굴 분석 및 장치 개발, 완성된 추론 엔진으로부터 병해 원격 모바일 앱 또는 웹 UI의 편의성/속응성을 위한 요구 사항 분석 및 장치 개발, 다양한 환경에서의 취득된 딸기 병해 영상 데이터 자원화를 위한 DB구축, 웹 기반 주석편집 및 학습 데이터 증강 도구의 웹 환경 집적이 필요하며, 취득된 데이터의 DNN(Deep Neural Network) 학습을 위한 작물 전문가의 협력이 필요함
- 본 연구는 딥러닝 기반의 토마토 병해영상 진단 시스템의 선도적인 기술을 개발 보유한 전북대학교와 작물 전문가로 구성된 국립원예특작과학원, 현재 농진청 클라우드 시스템을 구축하여 운영하고 있는 농업과학원, 클라우드 DB 시스템을 설계 제작을 담당한 (주)에스씨컴퍼니가 참여 협력하여, 2019년 토마토 병해를 대상으로 수행한 연구를 딸기로 개선 확장하고 웹 환경에서 모든 시스템을 통합하여, 일반화된 클라우드 기반 원격 병해진단 시스템을 실증하는 연구임



그림 1. 클라우드 기반 원격 작물 병해충 진단 시스템의 웹 UI 통합 플랫폼

2) 연구목표

(1) 최종목표

딸기 병해를 대상으로 딥러닝 기반의 영상 분석판독의 정확성과 적응성을 제고하며, 학습된 병해 판독 추론엔진을 영상데이터를 수집/관리하는 DB시스템과 함께 현 농진청 클라우드 시스템에 탑재하고, 모바일 단말기 및 웹 환경에서 사용자 친화적 UI를 적용하여 병해 진단 시스템을 개발하여 사용자의 진입 장벽을 낮추며, 아울러 타 작물의 병해 분석 및 판독 시스템 개발 활용에도 편리하게 확장할 수 있도록 클라우드 기반 병해영상 판독 플랫폼을 개발하는 것이 목표임

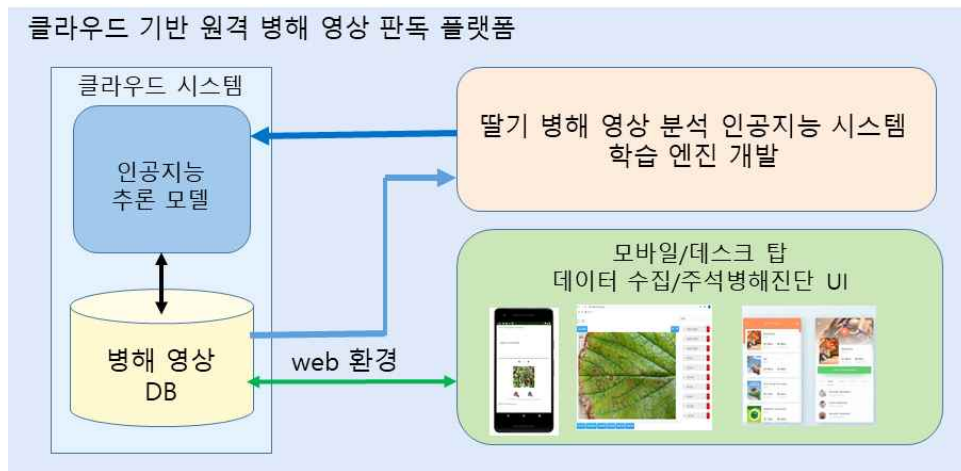


그림 2. 연구개발 목표

(2) 세부목표

- 딸기 영상기반 진단 분석의 실효성 및 정확성 제고
 - 대상질병: 잿빛곰팡이, 흰가루병(과일, 잎), 탄저병, 세균모무늬병, 뱀눈무늬병, 꽃곰팡이병
 - 모드: ROI 모드 및 전체 영상의 분류모드, 객체검출 모드
 - 검출 정확도: 3 온실 이상 mAP 88%
 - 학습 딸기 병해영상 취득: 현재 약 4200장에 추가로 2000장 취득
- 클라우드 시스템과 학습엔진/추론엔진 사용교육을 통한 작물 전문가 활용 증대
- 모바일 앱 및 웹 환경 병해영상 취득 장치를 통한 클라우드 시스템 병해 DB구축
- 인공지능 엔진 학습을 위한 웹 환경 주석 편집도구 집적
- 모바일 웹 환경에서의 클라우드 기반 원격 병해영상 판독 시스템 개발
- 타 작물에 적용 가능한 영상기반 인공지능 진단 분석 학습 및 서비스 프로토타입 완성
- 궁극적으로 병해영상 판독을 위한 플랫폼 개발로 현재 구축된 클라우드 시스템 활성화

(3) 주관기관과 공동연구 개발기관 업무분장

(가) 연구기관별 업무분장

- 주관연구기관 (전북대학교 산학협력단)
 - 인공지능 기반 딸기 병해영상 분석/진단 알고리즘 실용성 및 정확성 제고
 - 인공지능 진단 분석도구 개발을 위한 SW 프로토타입 제공
 - 딸기 병해영상 데이터 수집

- 딥러닝 기반 병해 영상 분석 판독시스템 개발 교육
- 제1협동연구기관 (농촌진흥청 국립농업과학원)
- 클라우드 기반 딸기 병해영상 분석/진단 플랫폼 요구사항 정의 및 발굴
 - 딸기 병해 진단 반응형 웹 인터페이스 설계 및 구축
 - 클라우드 기반 딸기 병해 영상 분석/진단 플랫폼 실증
 - 피드백(Feed back)을 통한 적응형 웹의 오류 개선
 - 딸기 작물에 적용된 결과의 일반화 방안 제시
- 제2협동연구기관 (농촌진흥청 국립원예특작과학원)
- 딸기 병해영상 데이터 수집
 - 딸기 전문가 지식/병해영상 주석제공
 - 클라우드 기반 병해영상 분석/진단 플랫폼 실증 및 활용방안 마련
- 제3협동연구기관 ((주)에스씨컴퍼니)
- DB 연동 모바일 데이터 수집 장치 및 기존데이터 이식도구 개발
 - 웹 기반 주석편집 시스템의 DB연동 학습데이터 생성
 - 모바일 웹 기반 딸기 병해 진단 인터페이스 개발



그림 3. 연구개발 내용 총괄

(나) 주관 및 협동연구기관의 역할 분담

본 연구의 클라우드 기반 병해영상 판독 플랫폼을 개발과정과 역할 분담은 그림 4와 같음



그림 4. 클라우드 기반 병해영상 판독 플랫폼을 개발과정과 역할 분담

(다) 기관별 개발 내용 및 범위

○ 주관연구기관 (전북대학교 산학협력단)

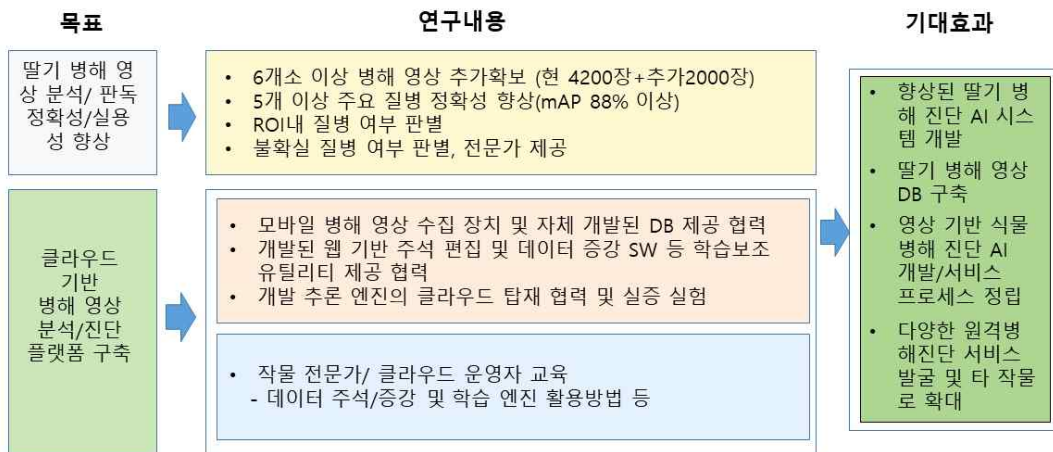


그림 5. 주관연구기관 연구내용

■ 딥러닝 기반 병해영상 분석/진단 기술 고도화 [1][2][3]

- 검출 모드와 관심 영역(ROI) 모드 선택가능하게 시스템 구성

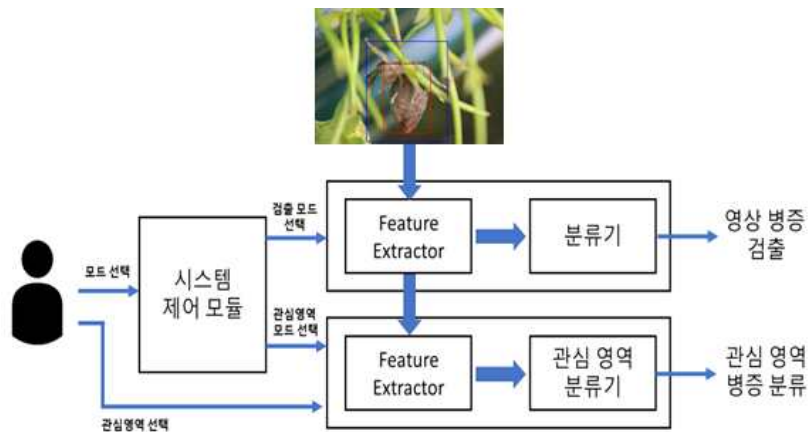


그림 6. 전역 병해검출 모드와 관심영역 모드

- 전역 정보를 사용하는 검출 모드와 특정 영역의 지역 정보만 사용하는 관심 영역 모드를 선택
- 검출 모드는 영상의 배경이나 병증의 주변부의 전역정보를 같이 사용하고, 관심 영역 모드는 사용자가 지정한 특정 영역의 정보만 사용

- 배경이나 병증 주변의 잘못된 정보에 현혹되거나 지엽적인 정보에 매몰되어 잘못된 판단을 하는 문제를 해결
- 검출 모드 [4][6]
 - . 현재 주관기관이 개발한 DNN 구조를 검출 모드로 활용하며, 입력 영상이 주어지면 시스템은 병증의 종류와 영역(바운딩박스)을 인식함
 - 영상의 모든 영역의 정보를 사용하여 실제 환경에서 보다 현실적인 결과를 구함
- 관심 영역 모드 [5][10]
 - . 사용자가 지정한 특정 영역(관심 영역)을 입력 영상으로 사용하여 검출 모드와 달리 병증유무와 종류만 판단
 - . 관심영역이 전체영상인 경우는 영상의 병해를 분류하는 형식임

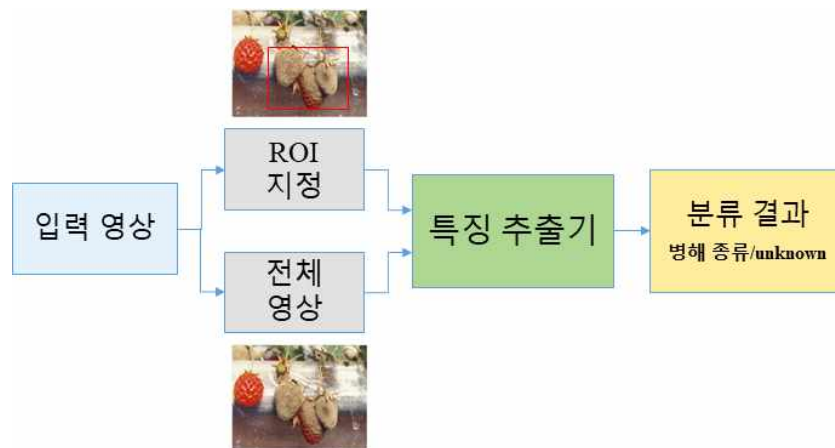


그림 7. 검출모드와 관심 영역모드에서의 출력

- 새로운 병증(Unknown Diseases) 처리방법 개발 [19][24][25]
 - 학습 모델의 성능은 질적/양적으로 우수한 데이터 셋과 직접적으로 연관되어 있으며, 클래스 간/클래스 내 변화를 학습하기 위해 데이터를 수집하는 것은 어려움
 - 일반적으로 시스템은 실제 환경에서 적용될 때 시스템은 학습한 적이 없는 데이터를 보게 되므로 모든 상황에 맞는 데이터 셋을 구성하기 어려움
 - 시스템이 이에 적응하게 만들기 위해서는 새로운 정보를 학습 모델이 학습하게 해야 함. 또한 시스템이 배우지 못한 새로운 병증 또는 패턴이 실제 환경에서 나타날 경우를 다룰 전략이 필요
 - 본 연구에서는 전년도 토마토 병해판독에서 개발한 open set recognition 방법 등을 세련화하여 unknown 처리방법을 연구함
- 검출 모드 및 관심영역 모드의 정확성 제고 방법 개발
 - 다만 검출(cascade detection) 방법을 적용하여 온실내의 각종 구조물 등에 의한 오검출을 감소시키고 재현율을 높이며 정확성을 향상시킬 것임
 - 딸기 병해 검출은 coarse grained 문제가 아니기 때문에 전북대 연구진이 보유한 PlantNet(LifeCLEF 2017 Challenge의 데이터셋으로 학습시킨 백본망)을 활용할 것임
 - 관심영역 모드의 경우 주위 맥락정보를 최대한 활용하기 위해 일정부분의 배경정보까지를 고려하는 분류방법을 적용할 예정임

■ 웹 기반 주석편집기 등 학습엔진 보조 SW 도구 제공 협력

- 전북대는 식물전문가 현장영상 취득 및 모바일 환경(android)에서 직접 DB에 저장할 수 있도록 개발한 바 있음
- 이 도구에서는 병해부분의 위치를 좌표 값으로 표현하고 각종 관련정보를 모바일 단말기에서 입력하고 DB에 저장함

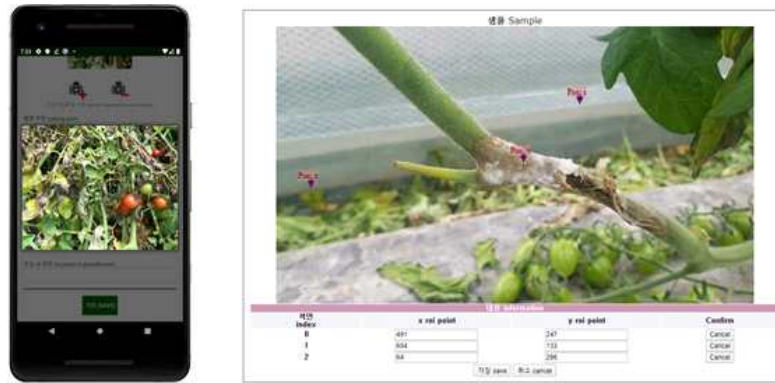


그림 8. 기 개발된 토마토 데이터 취득 장치 및 데이터 저장 DB

- DB에 저장된 영상은 전문가가 수정 또는 편집이 웹 환경에서 바운딩 박스 지정 및 데이터 증강(augmentation)을 위한 기하학적인 변환, 영상학적인 변환이 가능함

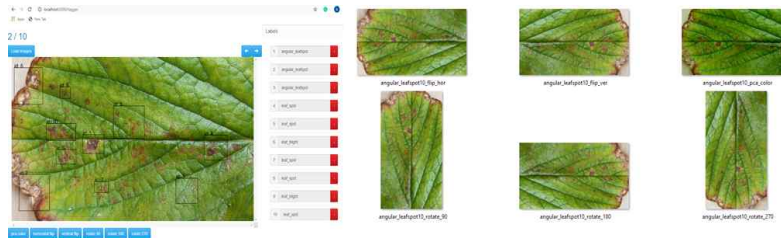


그림 9. 기 웹 기반 주석편집 및 데이터 증강 도구와 증강된 데이터

- 이들 SW 도구들은 **대학원 학생들에 의해 개발되었기 때문에 세련되지 못하였으며 2019년 토마토 실증과제를 통해 (주)유넷컨버전스에서 개발한 클라우드 DB에 연계시키지 못함**
 - 따라서 이들 웹 기반과 모바일 인터페이스를 세련화 시킬 필요가 있으며 (주)유넷컨버전스에서 개발한 클라우드 DB에 연계시키고 전북대 자체 서버의 DB 데이터를 이동할 필요가 있음
 - 전북대는 이런 참여업체 (주)에스씨컴퍼니에 관련된 SW 개발경험을 제공할 예정임
- 모바일 및 웹 기반 병해 진단 인터페이스 개발
- 전북대는 2018년 그림 21과 같은 원격 모바일 병해진단 시스템을 개발한 바 있으며, 2019년 토마토 실증과제를 통해 농과원은 웹 UI를 개발한 바 있음
 - 본 연구과제에서는 클라우드에 학습이 완료된 딸기 병해 판독 추론엔진을 장착하고 이미 개발된 모바일 앱 및 웹 UI를 참여회사에 제공하여 사용자에게 친숙한 클라우드 기반 병해영상 진단시스템을 개발하고자 함

- 학습엔진 활용 병해영상 분석 판독시스템 구축방법 교육
 - 클라우드 환경에서의 학습데이터 주석추가 방법, 학습엔진 구동/활용 방법, 학습된 분석 판독기의 활용방법 등의 교육 자료를 발간하고 농진청 클라우드 운영자 및 작물전문가 그룹 2회 이상 교육할 예정임

○ 제1협동연구기관(국립농업과학원)

- 최적화된 UI 개발
 - 다중 플랫폼 및 사용자 디바이스 환경에 최적화된 UI 적용 연구 및 개발
 - 다중 사용자 플랫폼 및 사용자 디바이스 환경에서 UI 편의성 제고
 - 딸기 병해영상 취득 및 진단 정보 시각화 프로세스 UI 구축



그림 10. 사용자 기기에 따른 딸기 병해 영상 분석 웹/앱 최적화

- 딸기 병해영상 취득 및 가시화 반응속도 개선

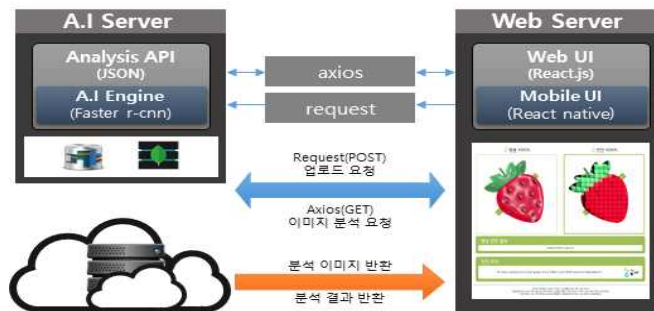


그림 11. 딸기 병해 모델과 연계한 반응형 웹 UI 개요

- 병해 전문가 활용 관리 시스템 및 딸기 병해 콘텐츠 연계 웹 UI 개발



그림 12. 딸기 병해 전문가 활용 시스템 및 관련 콘텐츠 연계 웹 UI

○ 제2협동연구기관 (농촌진흥청 국립원예특작과학원)

- 인공지능 학습강화를 위한 딸기 병해 영상 데이터 수집
 - 원예원의 기 보유 영상 데이터를 병해 진단 시스템 고도화에 활용하도록 제공
 - 주관 연구기관 기준에 맞는 과제용 영상 데이터 수집
 - 온실 등에서 딸기 병원균 접종 및 초기증상 이미지를 확보
 - 시간의 경과에 따른 증상 변화 영상 데이터 확보 및 제공
 - 기존 DB의 병해별 피해증상, 발생생태, 방제 등의 텍스트 정보 보완 및 고도화

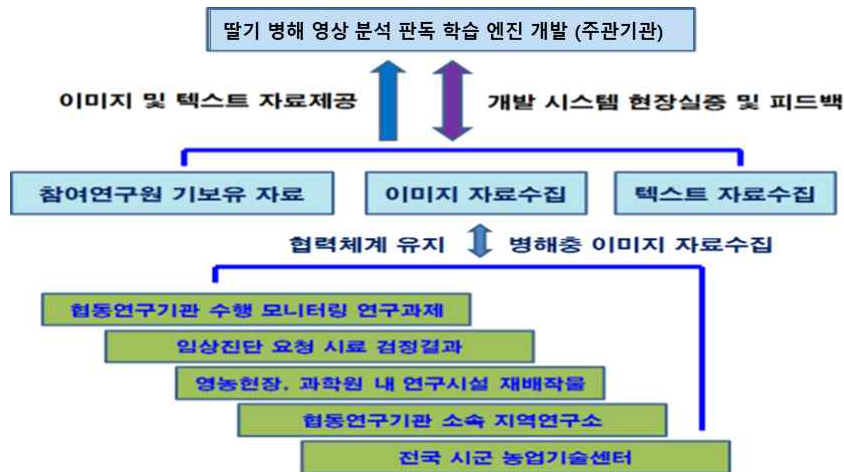


그림 13. 딸기 병해 데이터 수집

- 웹기반 병해진단 UI 현장실증
 - 개발 시스템의 딸기 병해별 현장 적용 및 실증 결과 피드백 (주관연구기관)
 - 사용자들에게 수요자 중심의 맞춤형 병해 진단 및 처방 서비스를 통합 제공
 - 원격 영상기반 병해 분석/진단 시스템의 활용방안 마련 등

○ 제3협동연구기관 (㈜에스씨컴퍼니)

- DB 연동 모바일 데이터 수집 장치 및 기존데이터 이식도구 개발
 - 모바일 병해진단 데이터 수집 및 결과 저장을 위한 DB 설계 및 API 개발
 - 병해진단 추론모델 연계프로그램 개발

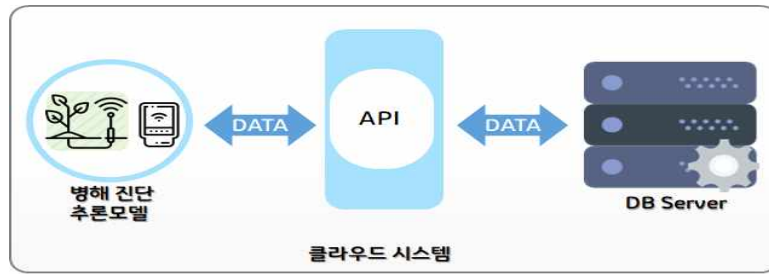


그림 14. 데이터 수집 및 이식도구 구성 예시

- 웹 기반 주식편집 시스템의 DB연동 학습데이터 생성
 - 통계 데이터 정확성 확보를 위한 데이터 분석 기준 정의
 - 수집 데이터 오/결측 데이터 확인 및 데이터 예외 처리 기술 개발
 - 데이터 유효성 검증 엔진 개발

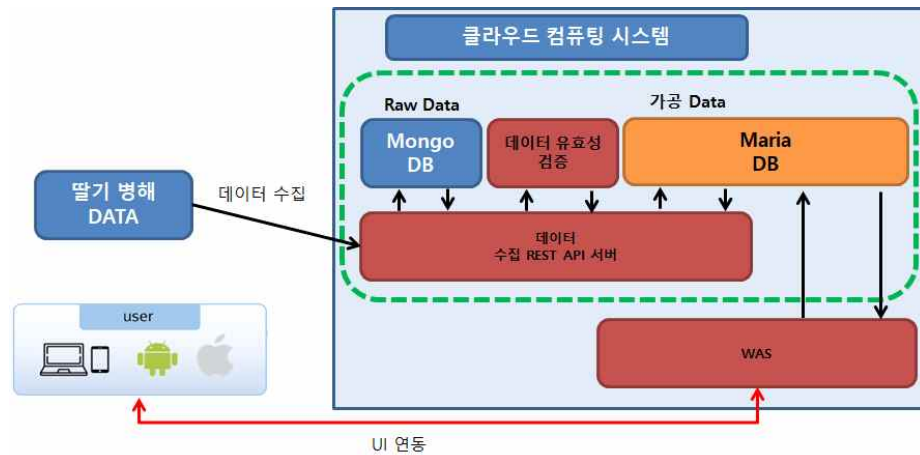


그림 15. DB연동 학습데이터 생성 예시

- 모바일 웹 기반 딸기 병해 진단 인터페이스 개발(국립농업과학원 공동)
 - 사용자 친화적 병해 진단 UI/UX 구조 설계
 - 이미지 업로드 및 처리 최적화 및 검증 작업
 - 병해 진단 확인 불가능한 결과에 대한 긴급 확인 요청 기능 추가
 - 연동 Interface 최적화 및 검증작업



그림 16. 모바일 및 웹 기반 딸기 진단 인터페이스 개발

2. 연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

1) 연구과제 수행과정 및 추진

본 연구개발과제의 수행은 전북대학교와 국립농업과학원 두 기관을 주축으로 국립원예특작과학원과 (주)에스씨컴퍼니가 그림 17과 같이 각각의 기관을 협력하는 방법으로 진행되었으며 이를 주관연구기관인 전북대가 총괄하여 5회 이상의 화상 및 대면 회의를 통해 점검하고 관리하였음

○ 전북대학교와 국립원예특작과학원

- 병해영상 데이터 수집 및 정제
 - 농가 방문 병해 영상 데이터 수집(국립원예특작과학원, 전북대)
 - 수집된 데이터의 정제(국립원예특작과학원, 전북대)
 - 주석편집 학습 데이터 준비(전북대)
- 인공지능 모델 개발 및 실험(전북대)
- 실증 데이터 수집 제공(국립원예특작과학원)
- 실증시험(전북대, 국립원예특작과학원 및 국립농업과학원)
- 전문가 교육 및 농가 지도(전북대, 국립원예특작과학원)

○ 국립농업과학원 및 (주)에스씨컴퍼니

- 웹 환경에서 AI기반 작물병해 진단 프로세스 개발
 - 모바일 병해진단 데이터 수집 및 결과 저장을 위한 DB 설계 및 API 개발
 - 병해진단 추론모델 연계
 - 병해영상 취득 및 병해판독 서비스 연계
- 농가 및 전문가를 위한 위치기반 웹 GUI 개발
 - GUI 요구사항 도출
 - 병해영상 취득 및 병해판독 서비스를 위한 반응형 앱 GUI 개발
 - 웹 기반 주석편집 및 학습 데이터 준비도구 개발
- 영농기술정보 및 정책 활용 제안 (국립농업과학원)

○ 전북대학교 및 국립농업과학원

- 웹 환경에서 데이터 취득, DB저장, 주석 작업 및 서비스 GUI 요구사항 협의
 - 전북대의 전년도 개발 내용 전달
 - GUI 인터페이스 요구사항 협의
- 병해판독 추론엔진의 농진청 클라우드 장착협의
- 실증시험 절차 및 방법 협의

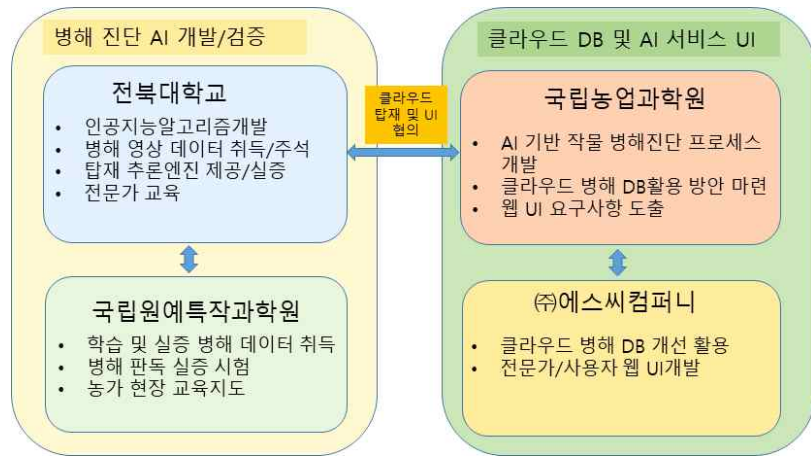


그림 17. 연구개발 수행과정

2) 연구과제 수행내용

(1) 데이터 수집

- 본 연구 과제 시작 전에 전북대는 이미 3,584장의 딸기 병해 영상을 확보하고 있었으며, 과제 시작 후에 국립원예특작과학원 및 논산 딸기 연구소로부터 3,646장의 정상 영상을 포함 해당 질병 영상을 확보하였음. 그림 18은 해당 질병 영상 샘플을 보여 주고 있음



그림 18. 해당 질병영상 샘플

(가) 연구 과제시작 전 확보 데이터

- 2019년 8월 이전 전북대 확보 데이터

| 질병 | 데이터명 | 영상 수 | 비고 |
|--------|---------------|-------|----------------------|
| 망간과잉 | 망간과잉_자료.zip | 447 | |
| 붕소결핍 | 붕소결핍.zip | 146 | |
| 팁번 | 생리장해(팁번).zip | 555 | |
| 세균모무늬병 | 세균모무늬병.zip | 234 | |
| 시들음병 | 시들음병.zip | 134 | |
| | 시들음병1.zip | 31 | |
| 역병 | 역병.zip | 26 | 절단된 관부, 뿌리, 모목 전체 촬영 |
| 응애피해 | 응애피해.zip | 62 | |
| 잣빛곰팡이 | 잣빛곰팡이.zip | 469 | |
| | 잣빛곰팡이1.zip | 142 | |
| 정상잎 | 정상잎.zip | 997 | |
| 총채피해 | 총채피해.zip | 21 | 잎, 꽃 촬영 |
| 탄저병 | 탄저병(과실).zip | 111 | |
| | 탄저병.zip | 36 | 러너, 줄기, 관부 촬영 |
| 흰가루 | 흰가루(1205).zip | 63 | 잎, 과실 촬영 |
| | 흰가루.zip | 80 | 잎, 과실 촬영 |
| | 흰가루병(과실).zip | 83 | 과실만 촬영 |
| | 흰가루병(잎).zip | 534 | 잎만 촬영 |
| 총 영상수 | | 4,171 | |

표 1. 음영부분은 본 과제의 대상병해 영상

○ 2019년 8월 20일 논산 딸기연구소로부터 전복대 확보 데이터

| 질병 | 데이터명 | 영상 수 | 비고 |
|--------|------------|------|----------------------|
| 뱀눈무늬병 | 뱀눈무늬병.zip | 452 | |
| 세균모무늬병 | 세균모무늬병.zip | 267 | |
| 총채피해 | 총채피해.zip | 21 | 잎, 꽃 촬영 |
| 탄저병 | 탄저병.zip | 36 | 절단된 관부, 러너, 모목 전체 촬영 |
| 흰가루 | 흰가루.zip | 80 | 잎, 과실 촬영 |
| 총 영상수 | | 856 | |

표 2. 음영부분은 본 과제의 대상 병해 영상

(나) 과제시작 후 확보 데이터

○ 2020년 7월 7일 국립원예특작과학원

| 질병명 | 데이터명 | 영상 수 | 비고 |
|--------|-----------------------------|----------------------------|-----------------|
| 꽃곰팡이병 | 꽃곰팡이병_전북 완주군(원예원).zip | 정상 : 31 비정상 : 228 | 현미경 촬영 영상 포함 |
| 세균모무늬병 | 세균모무늬병_경남 진주시.zip | 267 | |
| 잣빛곰팡이병 | 잣빛곰팡이병.zip | 78 | 잎 질병 데이터 |
| | 잣빛곰팡이병3.zip | 25 | |
| | 잣빛곰팡이병4_전북완주(채소과 온실).zip | 43 | |
| 흰가루병 | 딸기 흰가루병.zip | 흰가루병 후기 : 28 흰가루 병: 222 | |
| 총 영상수 | | 952 | |

표 3. 음영부분은 본 과제의 대상 병해 영상

○ 2020년 8월 31일 국립원예특작과학원

| 질병명 | 데이터명 | 영상수 | 비고 |
|-------|--------------|-----|-------------------------|
| 탄저병 | 탄저병00_접종.zip | 64 | 과실 제외 줄기 및 러너 질병 데이터 |
| | 탄저병0.zip | 175 | |
| 총 영상수 | | 239 | |

표 4. 음영부분은 본 과제의 대상병해 영상

○ 2020년 9월 7일 논산 딸기 연구소로부터 전북대 확보 데이터

| 질병명 | 데이터명 | 영상수 | 비고 |
|-------|----------|-----|---------------------------|
| 시들음병 | | 170 | 모목 전체, 관부, 뿌리 촬영 |
| 일소피해 | | 36 | |
| 제초제피해 | | 90 | |
| 탄저병 | | 36 | 과실이 아닌, 모목, 절단된 관부, 러너 촬영 |
| 흰가루병 | 흰가루병(과실) | 64 | |
| | 흰가루병(잎) | 111 | |
| 총 영상수 | | 507 | |

표 5. 음영부분은 본 과제의 대상병해 영상

○ 2021년 3월 9일 국립원예특작과학원

| 질병명 | 데이터명 | 영상수 | 비고 |
|--------|-------|-------|------------|
| 꽃곰팡이병 | 꽃 | 1227 | 초기, 중기, 말기 |
| 세균모무늬병 | 잎 | 111 | 초기, 중기 |
| 잣빛곰팡이병 | 과일, 잎 | 595 | 중기, 말기 |
| 탄저병 | 러너 | 132 | 중기 |
| 총 영상수 | | 2,065 | |

표 6. 음영부분은 본 과제의 대상병해 영상

○ 2021년 3월 9일 국립원예특작과학원

| 질병명 | 데이터명 | 영상수 | 비고 |
|-------|------|-----|----|
| 탄저병 | 러너 | 179 | |
| 총 영상수 | | 179 | |

표 7. 음영부분은 본 과제의 대상병해 영상

(다) 각 기관별 제공영상 수

○ 2019년 8월 이전 전북대 확보 데이터 (논산 딸기 연구소 제공 분 포함)

| 데이터 형태 | 영상수 | 비고 |
|--------------|-------|----|
| 대상 외 질병 및 장애 | 1443 | |
| 대상질병 | 3584 | |
| 총 영상수 | 5,027 | |

표 8. 음영부분은 본 과제의 대상병해 영상

○ 2019년 8월 이후 국립원예특작과학원 및 딸기연구소

| 데이터 형태 | 영상수 | 비고 |
|-----------|-------|--------|
| 국립원예특작과학원 | 3435 | 정상잎 포함 |
| 딸기연구소 | 대상질병 | 211 |
| | 대상외 | 296 |
| 총 영상수 | 3,942 | |

표 9. 음영부분은 본 과제의 대상병해 영상

(2) 병해 판독모델 개발 [6][7][12]

- 본 연구에서는 융통성 있는 서비스 방식을 고려하여 인공지능 기반의 딸기 병해 판독모델을 다음 세 가지 관점에서 개발하였음

- 속도는 떨어지나 정확성을 제고하는 딸기 병해 판독
- 실시간성이 요구되는 딸기 병해판독 (목표성능을 올리기 위해 다양한 방법을 적용하였으나 속도가 필요할 경우 제거가능) [20][21]
- 제안서의 요구사항인 정확성을 제고하면서 ROI 모드 및 unknown 검출을 요하는 경우의 딸기병해 판독 [23][26][27]

(가) 다단계 Faster R-CNN을 이용한 병해검출 [16][17]

- 본 연구에서는 실시간성이 요구되지 않는 경우로 정확하고 안정적인 검출 성능을 보이는 다 단계 Faster R-CNN을 활용한 병해검출을 연구하였으며 그 결과는 국제학회지 Frontiers in Plant Science 2021년 1월에 게재하였으며 그 주요내용은 다음과 같음
- 백본망의 선행학습(pre-trained) 데이터 셋 문제 [8][9]
 - 식물 병해 영상 분류문제는 ILSVRC challenge와 같이 자동차, 코끼리, 사과 등등 객체가 서로 다른 모습을 가지는 coarse-grained 문제가 아니며, 서로 다른 질병도 매우 유사한 형태와 색상을 보이는 문제임. 즉 ImageNet 데이터 셋으로 미리 학습한 백본 망으로 식물 영상의 병해검출을 시작하는 것은 적절하지 않음
 - 따라서 식물 도메인에서 선행 학습을 한 백본망을 활용하여 미세 조정을 수행한다면 ImageNet 데이터 셋으로 선행 학습할 경우보다 제한된 수의 병해 영상 학습 데이터로도 도메인 지식에 더 적응적이기 때문에 더 우수한 결과를 기대할 수 있음. 즉, 늘 식물을 눈으로 접하는 농부가 적은 데이터로도 식물 병해를 더 잘 구분할 수 있는 것과 유사함
 - 본 연구에서는 LifeCLEF 2017 challenge의 PlantCLEF 데이터 셋을 활용하여 백본망을 선행 학습하고 이를 이용하는 Faster R-CNN 병해영상 객체검출 방법을 연구하였음. PlantCLEF 데이터 셋은 잡초, 나무, 고사리 등등의 식물과 그들 식물의 꽃, 잎, 과일 등의 영상을 포함하며, 신뢰할 수 있고 잡음이 없는 256,278 장의 영상과 웹 크롤링 등을 통해 얻은 1.45M 영상으로 구성되며, 본 연구에서는 너무 훼손된 영상을 제외하고 1.25M 장의 영상을 선행학습에 활용하였음. 그림 19는 잡음이 없는 PlantCLEF 데이터 셋 영상의 샘플 들을 보여 주고 있음 [22]



그림 19. PlantCLEF 2017 영상 샘플

- 본 연구에서는 ResNet50, ResNet152과 InceptionResNet v2 백본 모델을 LifeCLEF 2017 challenge의 분류과제를 해결하는 방식으로 선행학습을 수행함. 그림 20은 10,000 개의 카테고리 를 가지는 식물을 분류하는 백본 망의 선행학습 과제를 보여주고 있음

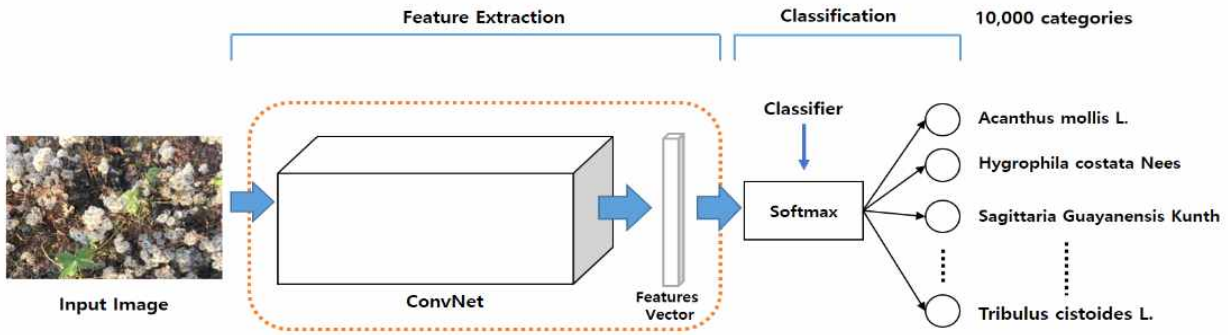


그림 20. LifeCLEF 2017 challenge의 분류과제 및 선행학습

○ 2단 Faster R-CNN을 이용하는 딸기 병해검출

- 본 연구의 다단계 딸기 병해 검출 구조는 그림 21과 같음. 첫째 단계에서는 낮은 문턱치로 의심 가는 영상의 부분을 모두 검출하여 재현율(recall rate)을 높이고 있으며, 검출에 불필요하거나 오류를 발생시킬 수 있는 배경 영역을 제외하고 이들 의심 가는 부분들을 합쳐서 두 번째 단계에서는 검출의 정확성(precision)을 올리는 방법으로 FP(False Positive)들 걸러냄. 또한 첫 번째 단계에서는 비닐이나 기둥 등의 시설물 등 식물부분이 아닌 어려운 부 예제를 검출하여 이를 두 번째 단의 검출에서 제외하고 있으며, 첫째단의 의심 가는 영상은 배경을 제외하고 오로지 식물 부분만을 포함하도록 하여 정확성을 증가시키며 두 번째 단의 계산 속도를 감소함

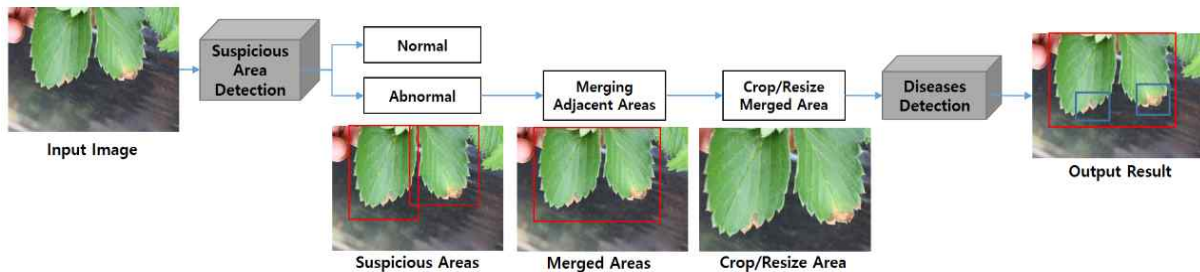


그림 21. 다단계 딸기 병해검출 네트워크 구조

○ 2단 Faster R-CNN을 이용하는 딸기 병해검출

- 그림 20의 LifeCREF 2017 분류과제의 성능은 ResNet152가 가장 우수한 성능을 보였기 때문에 이를 백본으로 하는 FPN(Feature Pyramidal Network) 구조의 Faster R-CNN 구조로 그림 21의 첫째단과 두 번째 단의 Faster R-CNN을 구성하였음. 그림 22는 FPN(Feature Pyramidal Network) 구조의 Faster R-CNN 구조를 보여주고 있음. 여기서 FPN은 다양한 해상도에서 특징을 추출하고 있기 때문에, 객체의 크기와 비교적 무관하게 특징추출과 객체검출이 용이함 [18]
- 첫째단과 두 번째 단 사이의 병합부분은 검출된 각각의 의심 가는 영역을 합집합 하여 큰 크기의 객체들을 모두 포함하는 과정으로 그림 21에 나타난 바와 같음

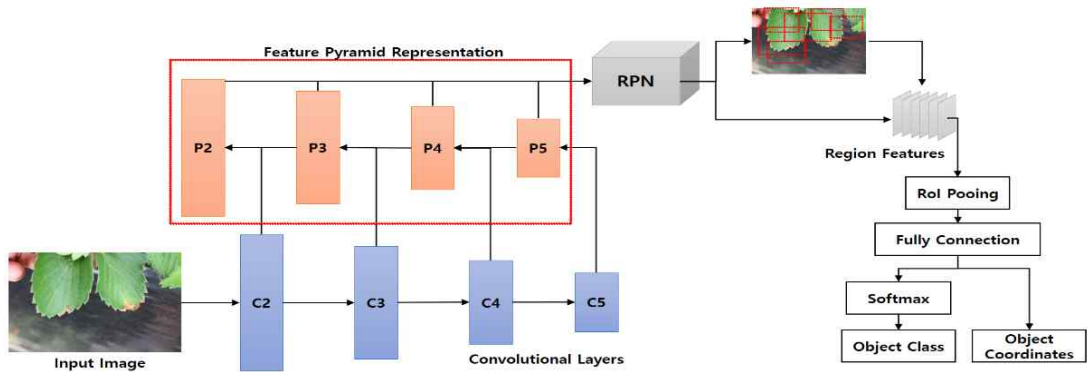


그림 22. FPN 구조를 이용하는 Faster R-CNN 구조

○ 2단 Faster R-CNN 실험 및 성능평가

- LifeCLEF 2017 과제의 성능은 다음 표와 같음. 즉 첫 번째 ImageNet 데이터 셋으로 선행 학습 후에 각 백본망의 성능은 낮은 수준이었으나 여기에 250K의 잡음이 없는 PlantCLEF 데이터로 미세 조정을 할 경우, 또한 잡음이 포함되었다하더라도 1.5M의 많은 양의 데이터로 미세 조정을 할 경우를 비교해 보면 Top-1과 Top-5 분류에서 상당한 성능 개선이 있는 것으로 나타났으며 궁극적으로 ResNet152의 1.5M의 PlantCLEF 데이터로 미세 조정된 데이터가 가장 성능이 뛰어나 이를 백본으로 확정함.

| 백본망 | top-1 또는 top-5 | ImageNet dataset 학습 특징 | PlantCLEF 2017 dataset 미세조정 | |
|-----------------------|----------------------|------------------------------|--------------------------------|---------------|
| | | | 250K 잡음 비포함 | 1.50M 잡음포함 |
| ResNet50 | top-1 | 20.80% | 51.70% | 69.60% |
| | top-5 | 26.30% | 79.50% | 85% |
| ResNet152 | top-1 | 27.10% | 64.80% | 76.30% |
| | top-5 | 32.80% | 84.00% | 91.00% |
| InceptionResNetV 2 | top-1 | 24.50% | 67.50% | 75.50% |
| | top-5 | 38.00% | 83.50% | 90.00% |

표 10. LifeCLEF 2017 분류과제 실험 결과 정확성 요약

- 실험에 사용된 딸기 병해 데이터 셋은 총 4,735장으로 그중 800장은 웹 탐색으로 얻었으며, 나머지 4,925장은 전북대 연구진이 농가방문 취득을 통해 얻거나 국립원예특작과학원을 통해 얻었음. 그림 23은 대표적인 샘플영상들로 병해의 초기, 중기, 말기 증상을 포함하거나 정상 딸기영상을 포함하고 있으며 표 11에는 병해의 종류와 해당병해 영상의 수를 보여주고 있음
- 약 60%의 영상이 학습과 검증에 사용되었으며 나머지는 평가에 활용됨. 실제 학습과 검증에 활용하기에는 부족하기 때문에 이들 영상을 크기를 조정(resize)하거나 뜯어내기(crop), 회전(rotation), 뒤집기(flip)등의 기하학적인 변환과 PCA 기법으로 영상 증강을 수행하였음. 또한 앞서 언급한 온실내의 기둥, 비닐 등은 배경으로 따로 부류를 정해 성능을 제고하였음. 따라서 표 11에서 같이 전체 7개의 딸기 병해영상을 검출하는 실험을 수행함
- 그림 23에서 파랑색은 정상, 빨간색은 질병, 보라색은 배경에 해당하는 바운딩 박스들로 첫 번째 단 학습에 사용하며, 이들 중 정상인 박스와 보라색 박스 검출결과는 제외되고 검출된 질병부분들이 병합되어 두 번째 단의 검출에 활용됨. 전체 21,252개의 병해부분 바운딩 박스와 배경 바운딩 박스, 16800개의 정상 부류의 바운딩 박스를 추출하여 실험에 활용함
- 학습은 첫 번째 단과 두 번째 단 사이에 병합과정이 있기 때문에 end-to-end 학습은 불가능하고 각각의 단을 독립적으로 학습하였음. PC환경에서 단일 NVidia Geforce TiTanXP

GPU로 OHEM (Online Hard Example Mining) 방법이 클래스당 데이터 수의 불균형 문제를 완화하기 위해 사용됨

- 단일 검출 모델에서의 ImageNet 데이터 셋의 선행학습을 이용하는 경우와 PlantNet 데이터로 선행학습한 결과의 병해검출 비교는 표 12와 같음. 즉 PlantNet 데이터로 선행학습된 결과가 약 7.41% mAP 측면에서 개선된 것을 확인하여, 동일한 도메인 지식을 해당 식물 데이터로부터 추출 활용하는 것이 효과적임을 입증함

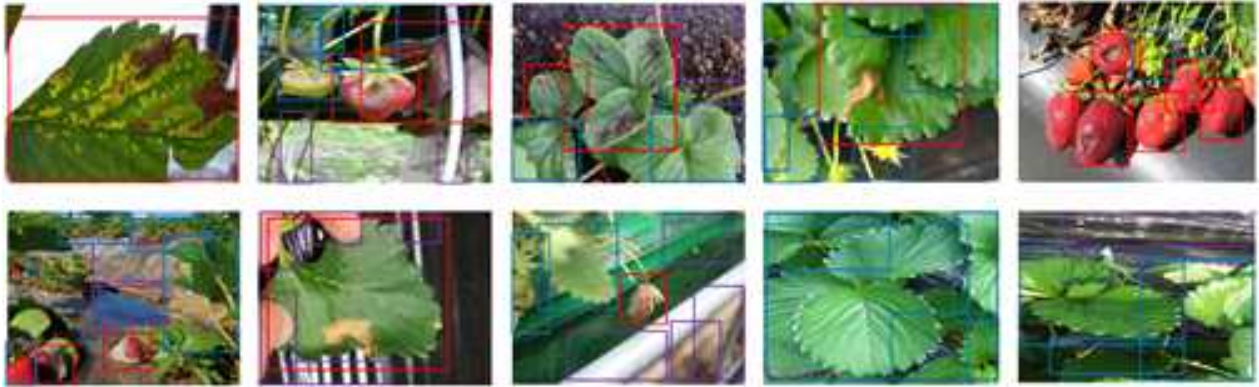


그림 23. 2단 Faster R-CNN 실험에 사용된 딸기 병해영상

| 정예제와 부예제 부류 | 영상수 | 학습 및 검증 영상 수 | 증강된 학습 및 검증 영상 수 | 평가 영상수 |
|--------------------------|-------------|--------------|------------------|-------------|
| 세균모무늬병(Angular leafspot) | 319 | 223 | 2676 | 96 |
| 탄저병 과일Anthracnose fruit) | 231 | 161 | 1932 | 70 |
| 잿빛 곰팡이(Gray mold) | 235 | 164 | 1968 | 71 |
| 역병(leaf blight) | 294 | 209 | 2508 | 85 |
| 뱀눈무늬병(Leaf spot) | 593 | 415 | 4980 | 178 |
| 흰가루병(Powdery mildew) 과일 | 137 | 97 | 1164 | 40 |
| 흰가루병(Powdery mildew) 잎 | 718 | 502 | 6024 | 216 |
| 정상 | 2000 | 1400 | 16800 | 600 |
| 배경 | 198 | 138 | 1656 | 60 |
| 총계 | 4725 | 3309 | 39708 | 1416 |

표 11. 병해 검출에 사용한 영상

- 2단계 검출의 경우 ImageNet으로 선행 학습한 백본과 PlantNet로 선행 학습한 백본으로 학습한 결과의 비교는 표13에 표현함. 이 경우 첫째 단계에서는 재현율을 100%로 올리기 위해 IoU 검출 문턱치를 0.1로 설정하였으며, 두 번째 단계에서는 0.5로 설정함. 약 3.6%의 mAP에서의 상승을 얻었으며 이는 다시 한 번 도메인에 합당한 영상으로부터 선행 학습한 결과가 우수함을 알 수 있음. 또한 두 개의 검출단을 연결하는 것이 한 개의 단으로 실험한 경우와 비교할 경우 약 5.25%의 mAP 상승효과를 나타냄. 다만 문제는 검출 속도가 느려지는 문제인데, 이는 pipeline 기법 등을 적용하여 개선할 수 있을 것으로 기대함
- 그림 24에는 두 단계의 검출 과정에서 첫째단의 검출 결과를 병합한 결과를 보여 주고 있으며, 그림 25는 두 번째 단의 최종 검출 결과를 보여 줌. 그림 25에서 파랑색 박스는 두 번째

단의 입력 부분이고 빨강색 부분은 최종 병해 검출 결과를 표현함

| 클래스 | ImageNet 데이터 셋 선행학습 평균 정도 | PlantNet 데이터 셋 선행학습 평균정도 |
|---------------------------|---------------------------|--------------------------|
| 세균모무늬병(Angular leafspot) | 64.72% | 81.69% |
| 탄저병 과일(Anthracnose fruit) | 87.38% | 90.23% |
| 잿빛 곰팡이(Gray mold) | 89.68% | 90.00% |
| 역병(leaf blight) | 87.64% | 89.81% |
| 뱀눈무늬병(Leaf spot) | 52.66% | 80.48% |
| 흰가루병(Powdery mildew) 과일 | 83.94% | 84.01% |
| 흰가루병(Powdery mildew) 잎 | 86.91% | 88.59% |
| mAP | 78.99% | 86.40% |

표 12. ImageNet 데이터 셋과 PlantNet 데이터 셋의 선행학습 비교(단일 검출단의 경우)

| 부류 | ImageNet 데이터 셋 선행학습 평균 정도 | PlantNet 데이터 셋 선행학습 평균정도 |
|---------------------------|---------------------------|--------------------------|
| 세균모무늬병(Angular leafspot) | 88.41% | 94.55% |
| 탄저병 과일(Anthracnose fruit) | 90.23% | 96.01% |
| 잿빛 곰팡이(Gray mold) | 90.17% | 94.52% |
| 역병(leaf blight) | 89.81% | 91.82% |
| 뱀눈무늬병(Leaf spot) | 85.16% | 87.83% |
| 흰가루병(Powdery mildew) 과일 | 84.01% | 86.36% |
| 흰가루병(Powdery mildew) 잎 | 88.59% | 90.48% |
| mAP | 88.05% | 91.65% |

표 13. 제안한 두 개의 검출단을 사용할 경우의 실험결과



(a) 첫째 단에서 의심 영역의 검출

(b) 두 번째 영역을 위한 병합결과



그림 24. 첫째 단계에서의 검출과 병합결과

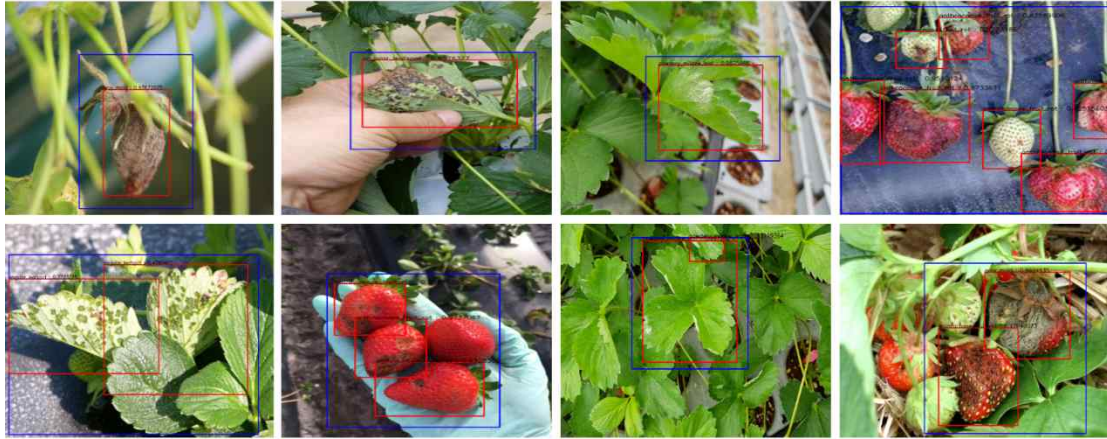


그림 25. 두 번째 단계의 검출결과 영상

(나) 추론 속도 개선을 위한 YOLO v.5 모델 [20][21]

○ YOLO v.5 모델

- YOLO 및 SSD(Single-Shot Multi-box Detector) 등의 단일 stage 구조는 상대적으로 정확성은 Faster R-CNN과 같이 두 stage 구조에 비해 떨어지지만 속도는 빠른 것이 특징임. 그러나 최근 YOLO 계열의 경우 다양한 방법을 적용하여 정확성도 개선한 모델로 진화하고 있으며 version 5 까지 출시되고 있는 실정임
- YOLO는 영상을 한번 보는 것으로 객체 위치를 검출하는 경계 상자와 클래스 확률을 single-regression 문제로 간주하여 해결하는 모델로 입력 이미지를 그리드(grid)로 나누고 각 그리드 셀(grid cell) 내 객체의 위치 예측 및 분류 방법을 사용하기 때문에 계산량을 최소화할 수 있음
- YOLO는 실시간 객체 검출 성능은 우수하지만, 작은 크기의 객체는 강인하게 검출하지 못하는 한계가 있어, YOLO v2에서는 YOLO v1 구조의 마지막 특징 맵에 앵커(anchor)를 적용하여 다양한 크기의 객체를 검출하도록 구성하였고, YOLO v3는 특징추출을 위한 CNN 신경망 중간 단계에서 생성되는 다양한 스케일의 특징 맵을 이용 앵커를 통해 다양한 크기의 객체를 검출하도록 구성하는 것이 특징임
- YOLO v.4에서는 CSP(Cross Stage Partial connection) Darknet53 구조를 백본으로 하여, 학습할 때 중복으로 사용하는 기울기 정보를 없앴으로 연산량도 줄이면서 높은 AP(average precision)을 가지는 특징추출을 시도하였음. 또한 SPP(Spatial Pyramidal Pooling)과 PAN(Path Aggregation Network)를 넥(neck: 객체 위치 및 분류 전단의 준비 작업수행)에 채택하여 객체 검출의 스케일과 해상도 문제 극복하려 하였으며, 헤드(head: 객체 위치 및 분류 단)는 YOLO v.3와 동일함. 그림은 YOLO v.4의 백본과 넥의 구조를 보여 줌

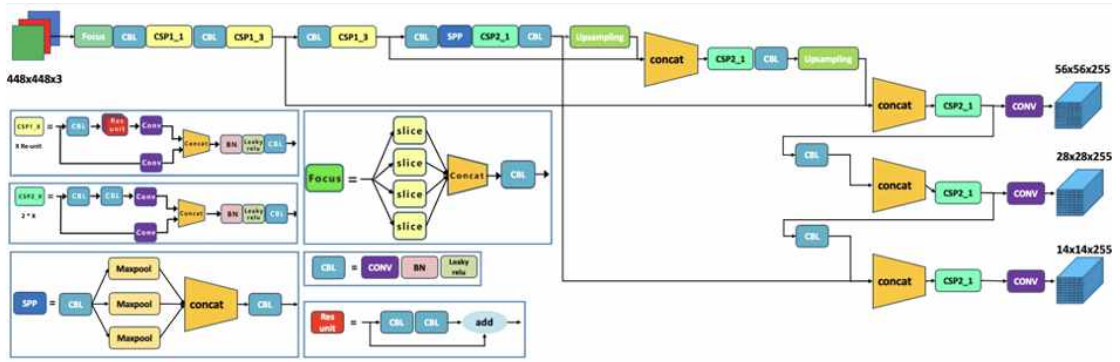


그림 26. YOLO v.3의 백본 및 넥 구조

- 한편 YOLO v.4에서는 다양한 BoF(Back of Freebies: 추론 비용의 증가 없이 성능향상을 달성하는 방법)와 BoS(Back of Specials: 추론 비용이 조금 상승하지만, 성능 향상할 수 있는 방법)를 채택하고 있음. 예를 들면 CutMix, Mosaic 등 다양한 데이터 증강, DropBlock 규제(regularization), 클래스 레이블 평활화 등은 대표적인 백본 BoF이며, mish 활성화 함수, CSP, MiWRC(Multi-input Weighted Residual Connection)등은 백본 BoS임. 그림 27은 CutOut과 rotation 데이터 증강을 보여줌.
- 뿐만 아니라 넥과 헤드의 경우, Ciou 손실함수, CmBN(Cross-minibatch Normalization) 등의 BoF, SPP, SAM(Spatial Attention Map), PAN과 같은 BoS를 채택하여 성능을 개선하고 있음.

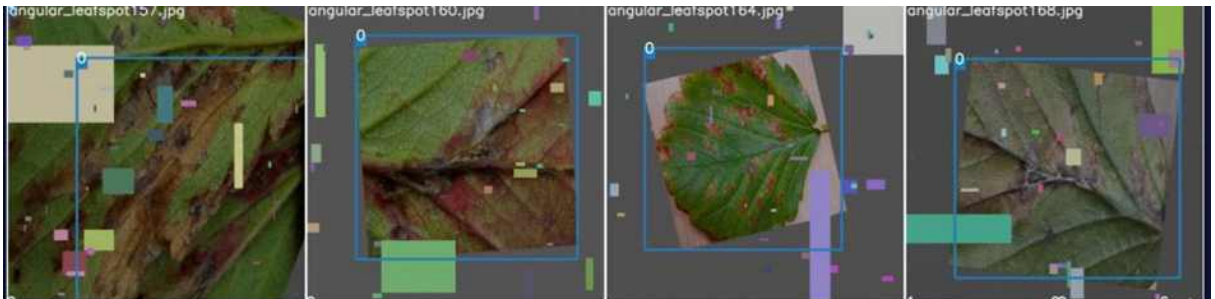


그림 27. CutOut과 회전에 의한 데이터 증강

- YOLO v.5는 MS COCO 데이터 셋에 대해 정밀도는 EfficientDet에 비해 떨어지나 iOS에서도 작동이 가능할 것이란 홍보에 걸맞게 압도적인 속도를 가지는 최신 객체검출 방법으로 네트워크의 복잡성에 따라 xlarge, large, midum, small 네 개의 서로 다른 모델을 가지고 있음. 그림 28은 MS COCO 데이터 셋에 대한 이들의 성능비교를 보여 줌.

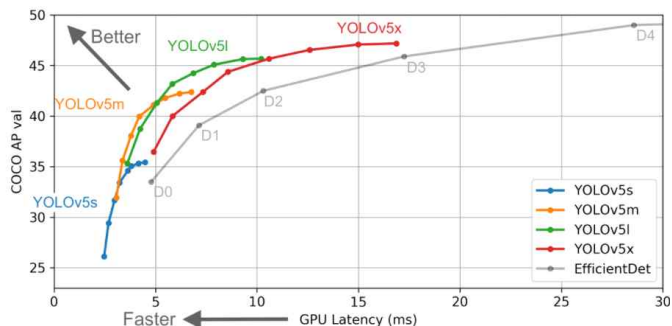


그림 28. MS COCO 데이터 셋에 대한 YOLO v.5의 성능비교

○ YOLO v.5를 활용한 딸기 병해검출

- 본 연구에서는 아래 표 14와 같은 딸기 주요 병해 검출 실험을 수행하였음. 즉 2020년 11월까지 수집한 병해영상 데이터에서 비교적 충분한 수의 데이터를 가지고 주요 병해 7종에 해당하는 질병을 대상으로 병해 검출을 시도함
- 병해검출 모델은 YOLO v.5_m, YOLO v.5_l, YOLO v.5_x로 이들은 유사한 모델이나 깊이(depth)와 넓이(width)에 있어 차이가 있어 복잡성은 순차적으로 증가하는 모델임

| 질병 | | 데이터 수 | | | 비고 |
|----------|---------|--------------|--------------|------------|----|
| | | 총 데이터 | 학습 | 평가 | |
| 병해 | 세균모무늬병 | 500 | 350 | 150 | |
| | 탄저병-과실 | 111 | 78 | 33 | |
| | 잣빛곰팡이병 | 489 | 342 | 147 | |
| | 뱀눈무늬병 | 684 | 479 | 205 | |
| | 꽃곰팡이병 | 208 | 146 | 62 | |
| | 흰가루병-과실 | 161 | 113 | 48 | |
| | 흰가루병-잎 | 533 | 373 | 160 | |
| 계 | | 2,686 | 1,881 | 805 | |

표 14. YOLO v.5 딸기 영상 및 병해 검출 데이터 구성

- 448x448 영상을 입력할 경우 YOLO v.5_m, YOLO v.5_l, YOLO v.5_x 각 모델의 성능 및 추론시간은 아래 표 15에 정리되었음. 표에서 TTA(Test Time Augmentation)은 추론시간에 스케일을 (0.5, 0.83, 0.67, 1., 1.17)로 변화시키고, 수직과 수평으로 뒤집기를 수행하고 추론하여 이를 WBF(Wetighted Bounding Box Fusion)으로 바운딩 박스와 부류를 종합한 결과를 의미하며, 이에 따라 추론시간이 크게 증가함을 알 수 있음. 표에서 Params는 가중치 파라미터 수를 의미하며, TTA를 활용하면 성능은 복잡성에 따라 증가하나 TTA를 활용하지 않을 경우 그 반대였으며, 추론 속도의 경우는 예상한 바와 같이 복잡성에 따라 느려지는 것을 알 수 있음
- 표 15에서 알 수 있듯이 YOLO v.5_x와 TTA를 활용하더라도 사용된 하드웨어 자원에서 초당 7장 이상의 영상을 추론할 수 있음.

| Model | Params | Speed GPU | | mAP | |
|------------|--------|-----------|---------|--------|-------|
| | | NO TTA | TTA | No TTA | TTA |
| YOLO v.5_m | 21.8M | 10.40ms | 46.7ms | 0.894 | 0.907 |
| YOLO v.5_l | 47.8M | 17.50ms | 77.5ms | 0.887 | 0.911 |
| YOLO v.5_x | 89.0M | 33.40ms | 130.1ms | 0.885 | 0.913 |

표 15. YOLO v.5 모델들의 성능과 속도

- 이상의 결과에서 앙상블(ensemble)에 의한 성능증가를 확인하기 위해 YOLO v.5_m + YOLO v.5_l, YOLO v.5_m + YOLO v.5_l + YOLO v.5_x를 조합하여 동일한 실험을 수행하여 표 16과 같은 결과를 얻음. YOLO v.5 세 모델을 융합하고 TTA를 사용하는 경우 약 mAP가 92.6%에 달하는 것을 확인하였으며, 단일 GPU를 사용하여 직렬 처리할 경우 초당 약 4장의 프레임을 처리할 수 있음을 알 수 있음. 그러나 만약 병렬로 각 모델을 처리하고 융합경우는 가장 시간이 긴 YOLO v.5_x의 처리시간인 약 130ms 정도로 초당 약 8장정도 처리가 가능할 수 있음을 알 수 있음.
- 표 17에는 YOLO v.5_l+v.5_x의 앙상블 결과로 각 질병의 AP를 표현하고 있음. 성능 분석결과 세균모무늬병과 과일의 흰가루병의 정도가 낮게 나왔음. 이는 세균 모무늬병의 경우 작은 크기의 병증이 분산되어 나타나는 모습으로 일반적인 객체검지 방법과는 다른 특별한 객체검지 방법이 필요함을 의미하며, 과실의 흰가루병은 데이터 부족에 기인하는 것으로 추정됨. 그림 29는 YOLO v.5 모델로 검출한 병해영상 샘플을 보여줌

| Model | Speed GPU | | mAP | |
|------------------------|-----------|---------|--------|-------|
| | NO TTA | TTA | No TTA | TTA |
| YOLO v.5_m+v.5_l | 29.2ms | 127.5ms | 0.906 | 0.920 |
| YOLO v.5_m+v.5_l+v.5_x | 62.2ms | 257.4ms | 0.913 | 0.926 |

표 16. YOLO v.5 앙상블 결과

| | No TTA | TTA | YOLO v.5_x+v.5_l |
|-----------------------|--------------|--------------|------------------|
| mAP | 0.885 | 0.913 | 0.921 |
| Classes | AP | | |
| angular_leafspot | 0.761 | 0.854 | 0.854 |
| anthracnose_fruit_rot | 0.920 | 0.965 | 0.946 |
| blossom_blight | 0.971 | 0.966 | 0.979 |
| gray_mold | 0.894 | 0.911 | 0.954 |
| leaf_spot | 0.875 | 0.904 | 0.902 |
| powdery_mildew_fruit | 0.839 | 0.832 | 0.850 |
| powdery_mildew_leaf | 0.935 | 0.958 | 0.966 |

표 17. YOLO v.5_l+v.5_x의 앙상블 실험 결과



그림 29. YOLO v.5를 활용한 딸기 병해 검출의 예

(다) 병해검출 성능개선과 unknown 검출을 위한 다단 구조

○ 연구제안서 내용 부합하는 실증을 위한 딥러닝 구조 설계

- 본 연구과제 제안은 크게 정확도 개선과 ROI 모드 구현 및 unknown 병해 검출을 포함하고 있음. 따라서 객체검출 모델을 통한 병해 검출의 정확도 개선이 필요하고, ROI 모드를 병행할 수 있어야 하며 동시에 unknown 병해를 검출할 수 있는 네트워크 설계가 요구되었음.
- 따라서 본 연구에서는 이들 요구사항에 적합한 모델을 설계하고 실험하였음. 그림 30은 이러한 구조를 보여줌. 즉 객체검출기는 임의의 영상을 받아 낮은 문턱치로 질병 가능영역을 모두 찾아내며 이 찾은 영역을 ROI로 하여 DML(deep metric learning)을 통해 실제 질병에 의한 병해인지, 아니면 정상 인지 아니면 unknown 병해인지를 구별함. 이 과정에서 실제 병해의 경우는 정상인 경우, 또는 unknown인 경우를 배제하고 더 정확한 판단이 이루어져서 정확성을 제고할 수 있음. 뿐만 아니라 DML 분류기에 병해영상을 그대로 입력하여 검출기의 도움 없이도 병해종류가 판단되거나 또는 정상, unknown의 구별이 가능한 구조임. 즉 그림 29의 구조는 제안서의 요구사항을 모두 만족시키는 구조로 본 연구에서 주요연구 결과로 제시함.
- 그림 29에서 병해 검출을 위한 객체검출은 ResNet152 백본으로 앞서 (가)에서 언급한 PlantNet 데이터 셋으로 선행 학습한 네트워크를 채택하였으며, 이를 기반으로 한 FPN구조 및 Faster R-CNN 구조는 그림 30과 같음.

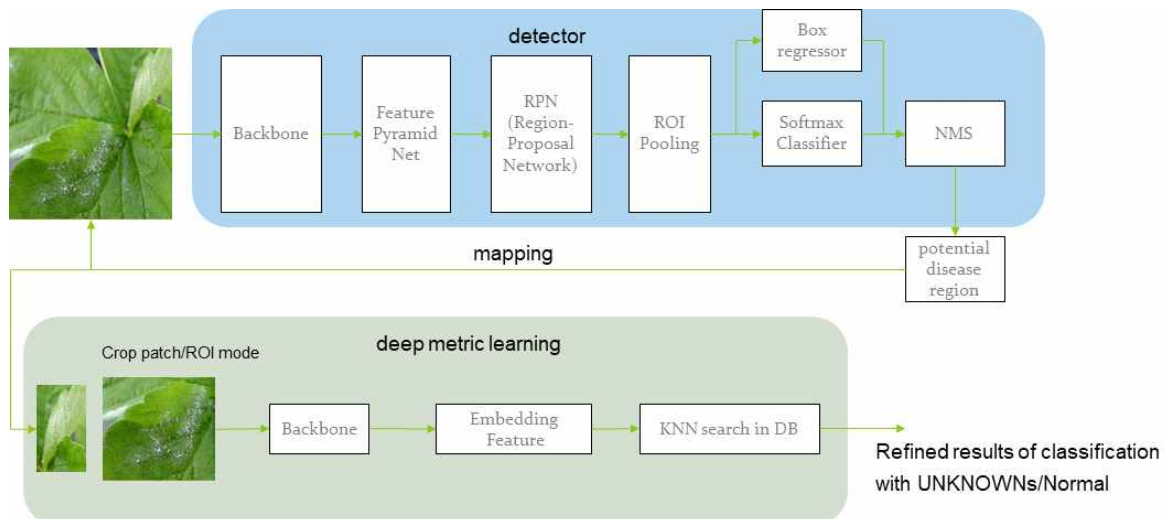


그림 29. 제안서 요구사항을 만족시키기 위한 네트워크 구조

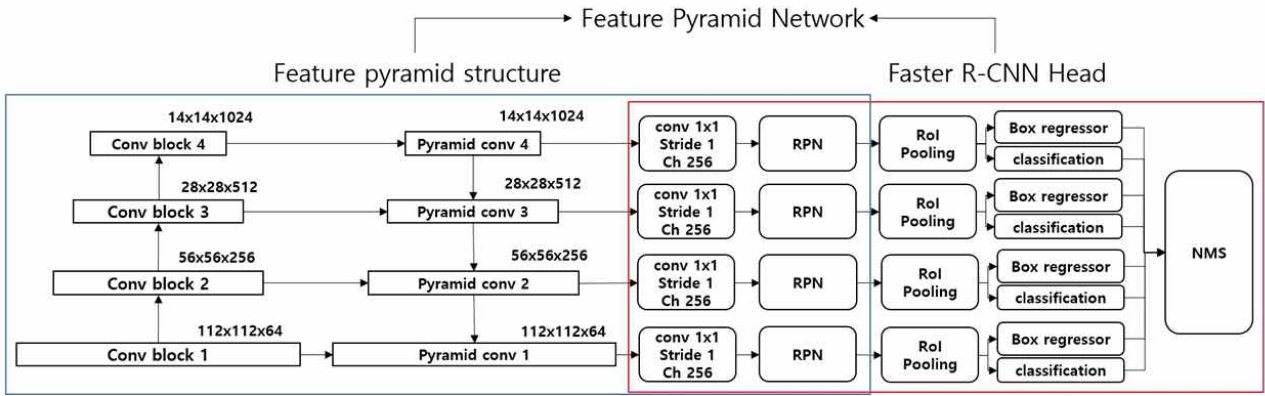


그림 30. ResNet152 백본망을 기반으로 구성된 FPN과 Faster R-CNN 검출기

○ DML(Deep Metric Learning) 분류기 [25][26][27]

- DML이란 metric을 문제를 해결하도록 DNN(Deep Neural Network)을 학습시키는 방법으로 본 연구에서는 서로 다른 병해영상 사이는 멀게, 동일한 질병영상을 가깝게 metric이 만들어 지도록 만들게 함이었음. DML 학습을 위한 구조는 그림 31과 같으며 여기서 특징추출기(feature extractor)는 ResNet50 구조를 사용하였고, 임베더(embedder)는 FCN(Fully Connected Network)구조로 추출된 특징사이의 거리 즉 metricdmf 조정하는 부분임
- 그림 31에서 Pair-based loss는 학습과정에서 동일한 병해영상의 경우는 가깝게 그렇지 않은 경우에는 멀게 만들기 위한 손실함수로서

$$L_p = \max(d(a,p) - d(a,n) + m, 0)$$

와 같으며 이를 triplet 손실이라 함. 식에서 $d(a,p)$ 는 앵커와 긍정영상 쌍에 대한 거리이며, $d(a,n)$ 은 앵커와 부정영상 쌍에 대한 거리로 만약 전자가 후자에서 거리 m 을 뺀 것보다 작은 작으며, 이런 범위에서 손실이 작아지도록 특징추출기와 임베더를 학습시키기 위함임. 또한 그림 31에서 softmax 분류기 출력의 손실은

$$L_c = -y \log(p) + (1-y) \log(1-p)$$

로 앵커 입력의 분류에 따른 손실임. 실제의 학습시 손실은 이들 손실을 혼합하여

$$L = L_p + \lambda L_c$$

와 같이 정의하고 여기서 λ 는 혼합비율임. 실제의 triplet 손실은 그림 32와 같음.

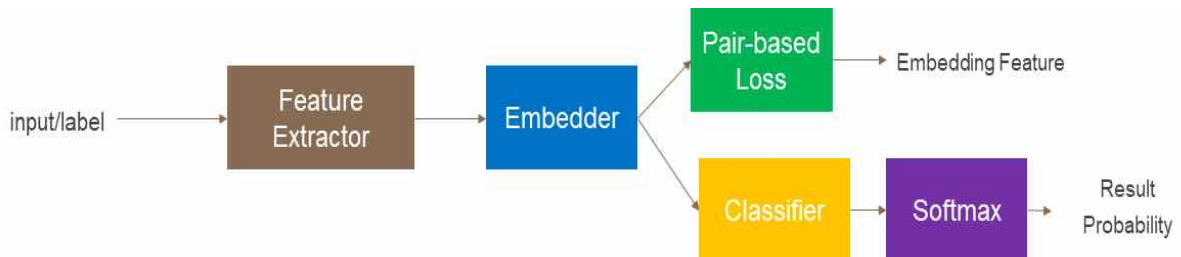


그림 31. DML 학습을 위한 구조

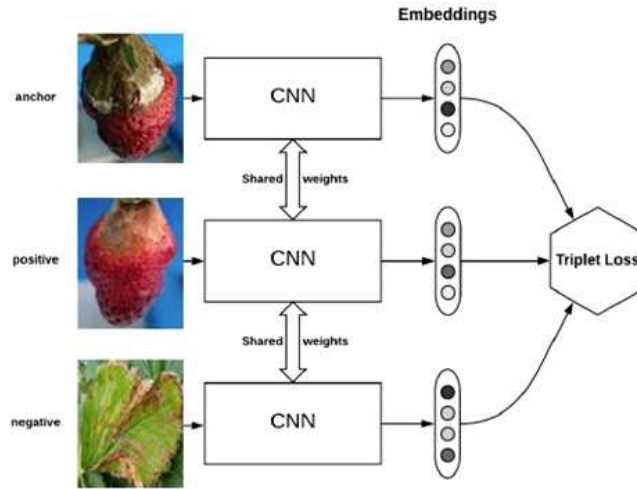


그림 32. 앵커와 정 및 부 예제 영상들과 Triplet 손실

- DML 학습이 끝나면 학습된 특징 추출기와 임베더는 영상 특징 벡터를 제공하는데 분류는 K-NN(Nearest Neighbor) 알고리즘을 이용하여 분류함. 즉 학습에 활용된 영상들의 임베딩된 특징들을 저장하고 입력된 영상에서 동일한 과정으로 임베딩된 특징을 얻어 가장 가까운 K 개를 찾아 다수를 차지하는 부류로 입력영상을 분류하는 방식으로 추론을 수행함.

○ DML(Deep Metric Learning) 분류기의 학습과 성능

- 본 연구의 DML 실험의 학습 및 평가 데이터는 표 18과 같이 총 10개의 부류(질병 및 정상)와 1개의 unknown 부류를 포함함. 따라서 본 연구의 unknown 처리는 open set 방식과는 다른 closed set 가정을 바탕으로 하고 있음. 표 18에서 병해의 양상이 잎과 과일에 서로 다르게 나타나기 때문에 동일 질병이라도 나타나는 부위에 따라 다른 클래스로 분리함. 또한 이들 데이터 중 unknown과 정상의 잎, 과일, 꽃 샘플 영상은 그림 33과 같음.

| | 학습(증강 데이터 포함) | 평가 |
|-----------|----------------|--------------|
| 꽃곰팡이병 | 18,182 | 265 |
| 세균모무늬병 | 6,162 | 265 |
| 잿빛곰팡이병 | 13,069 | 224 |
| 탄저병(과실) | 1,424 | 57 |
| 탄저병(러너) | 30,897 | 166 |
| 뱀눈무늬병 | 14,627 | 497 |
| 흰가루병(과실) | 2,626 | 161 |
| 흰가루병(잎) | 14,315 | 371 |
| 정상 잎 | 10,984 | 1,066 |
| 정상 과실 | 1,842 | 104 |
| 정상 꽃 | 967 | 92 |
| 정상 러너 | 31,191 | 452 |
| unknown | 3830 (Ref) | 862 |
| 총계 | 150,116 | 4,582 |

표 18. DML 실험의 학습 및 평가 데이터



(a) unknowns



(b) 정상 잎, 과일, 꽃

그림 33. unknown과 정상 잎, 과일, 꽃 샘플 영상

- 본 연구에서의 증강방법은 회전, 수평/수직 뒤집기, 크기 조정 등의 기하학적인 변환과 color jittering, 몽롱화(blurring), 모자이크 증강방법 등을 활용하여 Faster R-CNN 학습에 활용하였음. 표 19는 Faster R-CNN에 활용한 데이터 셋에서 추출한 바운딩 박스 수를 보여줌

| 병명 | 바운딩 박스 수 |
|-----------|--------------|
| 꽃곰팡이병 | 1906 |
| 세균모무늬병 | 818 |
| 잣빛곰팡이병 | 1468 |
| 탄저병(과실) | 188 |
| 뱀눈무늬병 | 2353 |
| 흰가루병(과실) | 405 |
| 흰가루병(잎) | 1764 |
| 탄저병(러너) | 237 |
| 총계 | 9,139 |

표 19. Faster R-CNN 학습을 위한 바운딩 박스의 수

- DML 실험의 평가는 표 20과 같음. 표에서 알 수 있듯이 정상잎과 unknown 또는 흰가루병(잎)에서 오류를 보였음. 이는 실제 사람이 질병여부를 자주 헷갈리는 것과 같은 이유로 생각되며, 흰가루병의 경우 정상 잎이 조명에 따라 영향을 받으면 잎이 하얀 부분이 발생하기 때문으로 보임

| | 세균모무늬병 | 탄저병(과일) | 탄저병(러너) | 꽃곰팡이 | 잿빛곰팡이 | 뱀눈무늬병 | 정상(꽃) | 정상(과일) | 정상(잎) | 정상(러너) | 흰가루병(과일) | 흰가루병(잎) | unknown |
|----------|--------|---------|---------|------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|----------|---------|---------|
| 세균모무늬병 | 263 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| 탄저병(과일) | 0 | 57 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 탄저병(러너) | 0 | 0 | 163 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 |
| 꽃곰팡이 | 0 | 0 | 0 | 265 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 잿빛곰팡이 | 0 | 0 | 0 | 0 | 222 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| 뱀눈무늬병 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 497 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 정상(꽃) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 92 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 정상(과일) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 104 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 정상(잎) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1047 | 0 | 0 | 0 | 19 |
| 정상(러너) | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 449 | 0 | 0 | 0 |
| 흰가루병(과일) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 161 | 0 | 0 |
| 흰가루병(잎) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 367 | 4 |
| unknown | 4 | 0 | 0 | 0 | 5 | 4 | 0 | 0 | 51 | 1 | 0 | 7 | 790 |

표 20. DML 실험 결과 혼동행렬

○ 다단구조 네트워크의 성능평가

- 그림 34는 1단계의 객체검출과 2단계의 DML 분류결과를 보여줌. 그림에서 빨간색은 서로 분류결과가 다른 경우로 1행의 1 열에서는 세균모무늬병으로 인식한 결과를 흰가루병(잎)으로 두 번째 단계에서 정정한 것을 보여주며, 1행 2열에서는 두 개의 박스들은 서로 일치하여 흰가루병(잎)으로 분류하였으나 빨간색 박스는 첫째 단계에서 흰가루병(잎)으로 분류한 결과를 두 번째 단계에서 정상 잎으로 정정한 것을 볼 수 있음. 1행 3열에서는 첫째 단계와 두 번째 단계가 모두 일치하였으나 비닐 부분을 첫 단계에서는 잿빛곰팡이로 두 번째 단계에서는 unknown으로 인식한 것을 알 수 있음. 1행 3열에서도 건강한 과일을 첫째 단계에서는 흰가루병(과일)로 오인식하였으나 두 번째 단계에서는 건강한 과일로 정정하여 인식한 것을 보여줌. 2행의 영상에서도 1열의 경우 꽃곰팡이로 인식된 것을 두 번째 단계에서 건강한 꽃으로 정정한 것을 볼 수 있으며, 2열의 경우 흰가루병(잎)을 뱀눈무늬병으로 정정하였고, 3열의 경우 뱀눈무늬병을 정상 잎으로 정정하였으며, 4열의 경우 잿빛곰팡이로 인식한 결과를 unknown으로 처리하였음.
- 그림 35에서 역시 1단계 FPN에서 잘못 검출된 부분을 2단계 DML 분류결과에서 정정하는 모습을 보여줌. 1행 1열은 세균모무늬병으로 오인식된 결과를 뱀눈무늬병으로 정정한 경우이며 1행 2열에서는 흰가루병(과일)을 정상(과일)로 정정하였음. 1행 3열의 세균모무늬병은 정상(러너)으로 정정하였으며 이는 정정 자체도 오류인 경우로 나타났으며 1행 4열의 경우는 잿빛곰팡이를 탄저병(과일)로 정정하였음. 2행 3열의 경우는 탄저병(러너)을 정상(러너)로 정정한 경우이며 2행 4열의 경우는 흰가루병(과일)을 탄저병(과일)과 흰가루병(잎)을 정상(잎)으로 정정한 경우로 대부분 두 번째 단계에서 정정이 정확하게 이루어지고 있음을 확인

- 그림 36에는 두 번째 단에서 unknown으로 인식된 영상들을 표현하고 있음. 대체로 미리 정의한 질병영상과는 다른 특이한 병징을 가진 부분들이 unknown으로 인식되는 경향을 보이고 그림 34에서와 같이 일부 비닐 등의 배경부분들이 unknown으로 인식되었음. 따라서 제안된 구조는 DML을 활용하여 unknown 분류를 성공적으로 수행하는 것을 확인할 수 있었음

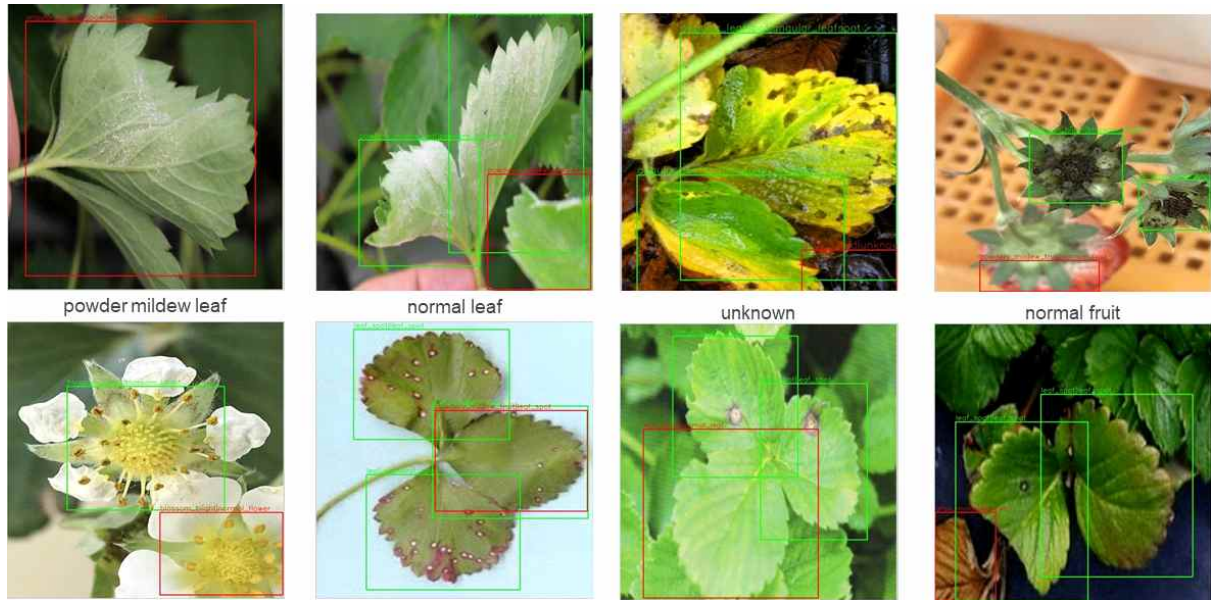


그림 34. 다단 구조의 검출결과(빨강:1단 검출기와 다른 2단 DML 분류결과, 녹색: 동일 분류결과)

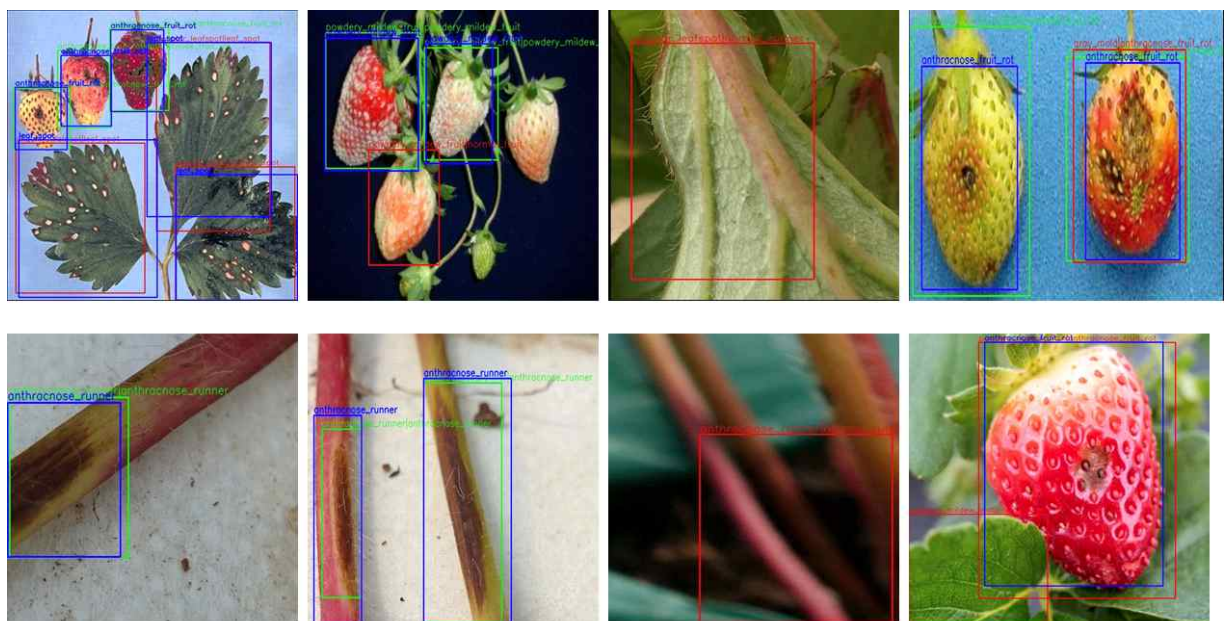


그림 35. 다단 구조의 검출결과(빨강:1단 검출기와 다른 2단 DML 분류결과, 녹색: 동일 분류결과)

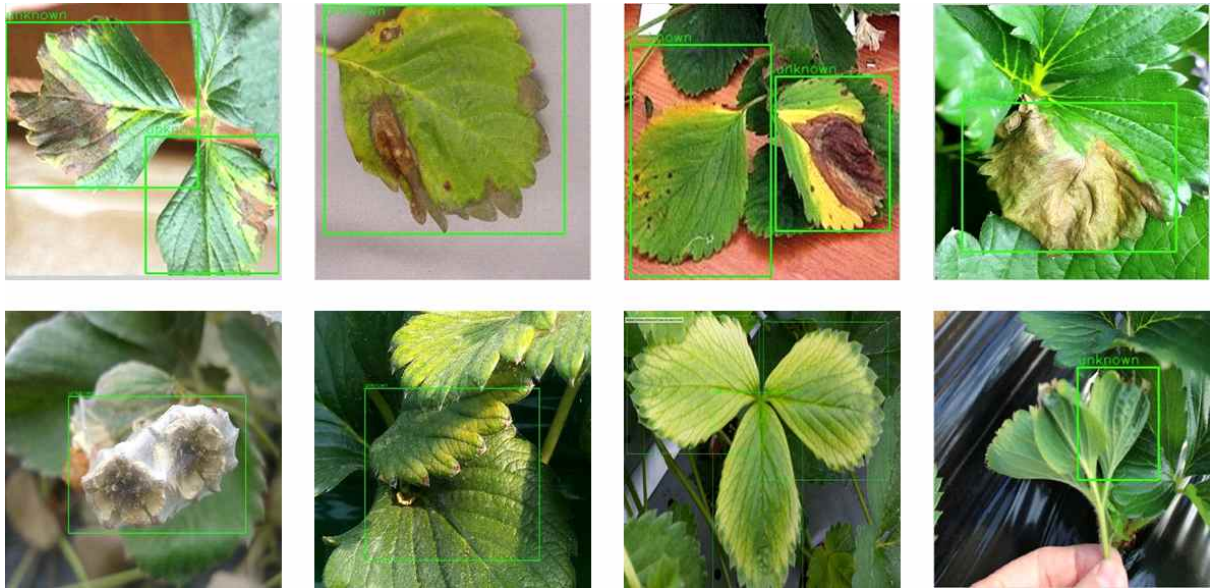


그림 37. unknown으로 인식된 영상들

- 표 21은 첫째 객체검출단과 두 번째 DML을 활용한 분류기를 추가하였을 경우의 성능향상을 보여줌. 표에서 알 수 있듯이 거의 모든 병해검출 분류에서 AP(평균정도)가 증가하는 것으로 나타났으며, 평균적으로 약 2%의 정도가 개선됨을 확인하였음. 따라서 제안된 구조는 unknown 문제를 해결하면서 분류정확성을 올리는 방법으로 실용 가치가 있으며, 1단계와 2단을 분리 ROI 모드에서는 2단만을 활용할 수 있는 효율적인 구조임을 입증함

| 병해 | 1단계 검출기 AP | 1+2단계 AP |
|------------|--------------|--------------|
| 꽃곰팡이병 | 0.985 | 0.983 |
| 세균모무늬병 | 0.853 | 0.923 |
| 젓빛곰팡이병 | 0.881 | 0.905 |
| 탄저병(과일) | 0.977 | 0.992 |
| 백눈무늬병 | 0.932 | 0.940 |
| 흰가루병(과일) | 0.924 | 0.958 |
| 흰가루병(잎) | 0.830 | 0.822 |
| 탄저병(러너) | 0.865 | 0.885 |
| mAP | 0.906 | 0.926 |

표 21. 2단 검출 성능증가

(3) 클라우드 기반 딸기 병해진단 반응형 웹 UI 구축 및 실증

- 본 연구과제에서는 클라우드 기반의 딸기 웹 UI(User Interfaces) 병해진단 시스템을 개발하기 위하여, 시스템 설계와 사용자 입장에서 정보를 쉽게 취득하고, 활용할 수 있도록 사용자 친화적인 UI를 적용하는 연구를 수행함
- 병해진단 시스템을 설계하고 개발하기 위해서 기존 구축되어 있던 병해진단 시스템의 문제점인 입출력 시간의 지연현상, 처리 프로세스의 복잡화를 도출하고, 이를 개선하는 방향으로 연구의 중점을 두었다. 현재 전 세계에서 사용 중인 다중 플랫폼 및 브라우저 환경에서의 호환성을 검증하였으며, 이를 기준으로 개선사항을 새로이 개발한 웹 UI에 적용함으로써 딸기 병해이미지 입출력 응답 속도 및 시인성 개선 등의 성과를 도출하였음

(가) 사용자 친화적인 최적화된 딸기 병해 UI 개발

- 다중 플랫폼 및 사용자 디바이스 환경에 최적화된 UI 적용 연구 및 개발
 - 연구 수행을 위해 범위를 한정하기 위해서 전 세계적으로 사용하고 있는 사용자의 운영체제를 도출하였음. 그림 38은 전 세계의 가장 많은 사용자가 사용하고 있는 브라우저를 통계자료로 보여줌

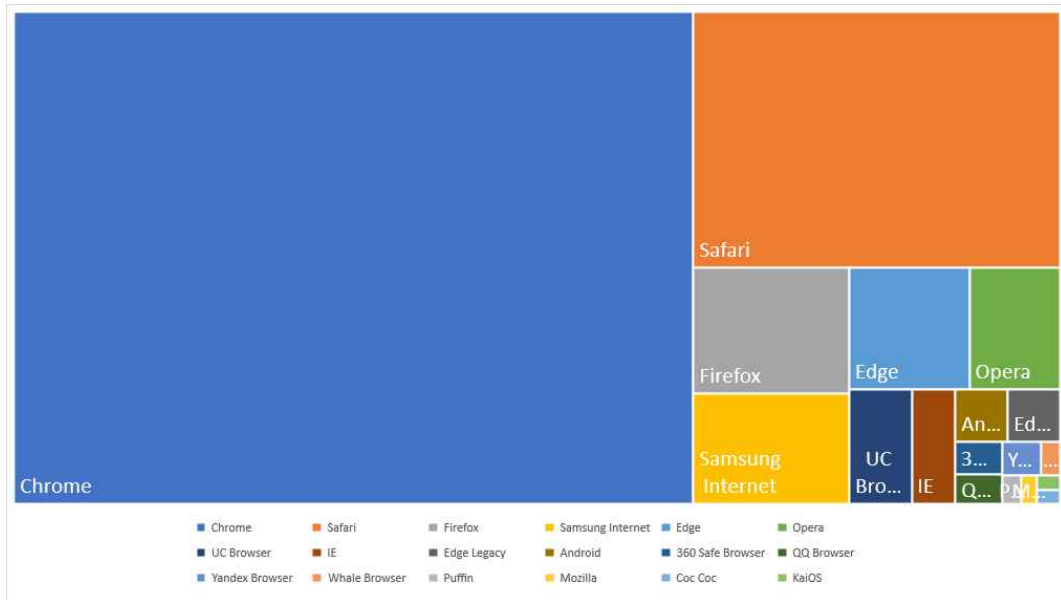


그림 38. 전세계 사용자 브라우저 사용 점유율

- Chrome의 점유율이 가장 높으며, 그 뒤를 이어 Safari가 자리 잡고 있는 추세임. 이는 탈 ActiveX의 현상으로 인하여 Microsoft사의 웹브라우저에서 다른 브라우저로 이동하는 것으로 확인됨.¹⁾ 또한 사용자의 기기는 PC, Tablet 및 Smart Phone로 크게 3가지로 구분이 되며, 이는 사용 OS에 따라 브라우저와 함께 제공됨
- 그림 39와 같이 삼성과 애플이 전 세계 시장을 양분하고 있으며, 이들 회사에서 제공하는 기기는 안드로이드와 애플 iOS로 종속이 되어있다. 또한 안드로이드 진영에서는 구글 크롬과 파이어폭스가, 애플 진영에서는 사파리가 주요 브라우저로 되어있음

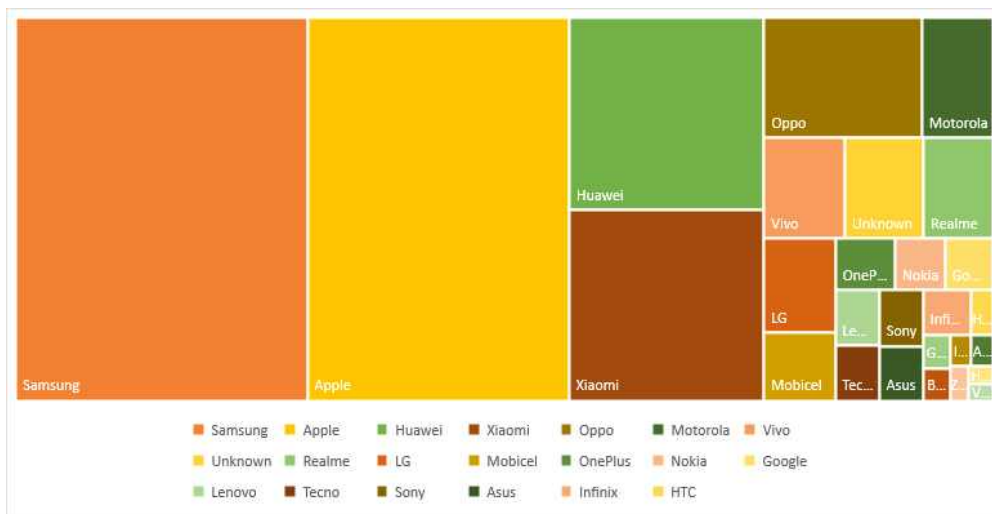


그림 39. 전 세계 사용자 기기 사용 점유율

1) 참고자료 : <https://gs.statcounter.com/>

- 이러한 사용자가 정보를 취득하는 기기는 크게 3개로 구성되어 있으며, 모바일이 53%, 데스크탑 44.2% 및 태블릿이 2.8% 비율로 구성되어 있음. 이러한 환경 변화에 따라 본 연구에서는 모바일과 데스크탑 플랫폼에 맞춰서 화면구성을 하는 시스템을 설계함. 또한 사용자 기기를 자동으로 인식하여, 콘텐츠를 자동으로 화면배치할 수 있도록 반응형 웹UI로 개발하였음

○ 다중 사용자 플랫폼 및 사용자 디바이스 환경에서 UI 편의성 제고

- 본 연구에서 설계하고 구현하는 다중 플랫폼 기반의 브라우저 테스트 시스템으로는 크롬 (Chrome Browser)에서 확장프로그램 방식으로 구현되어있는 운용하는 Responsive Viewer를 활용하여 전 세계의 양분되어 있는 플랫폼별 브라우저를 테스트하여 웹 UI의 콘텐츠가 다양한 화면 속에서 잘 정돈되고, 연결에 이상이 없는지에 대해 진행하였음
- 검증 방식으로 웹브라우저를 통하여 화면이 렌더링 되는 경우이기에 PC는 1024x768 화면 해상도를 기준으로 하였으며, 모바일의 경우 Samsung, Apple로 대표성을 가진 사용자 기기를 중심으로 진행함
- 그림 40은 사용자가 처음 접속할 나타나는 메인 화면으로 왼쪽부터 모바일화면이며, 제일 오른쪽은 PC의 브라우저로 볼 때 나타나는 화면으로 브라우저의 크기에 따라 나타나는 콘텐츠가 다르게 표현됨

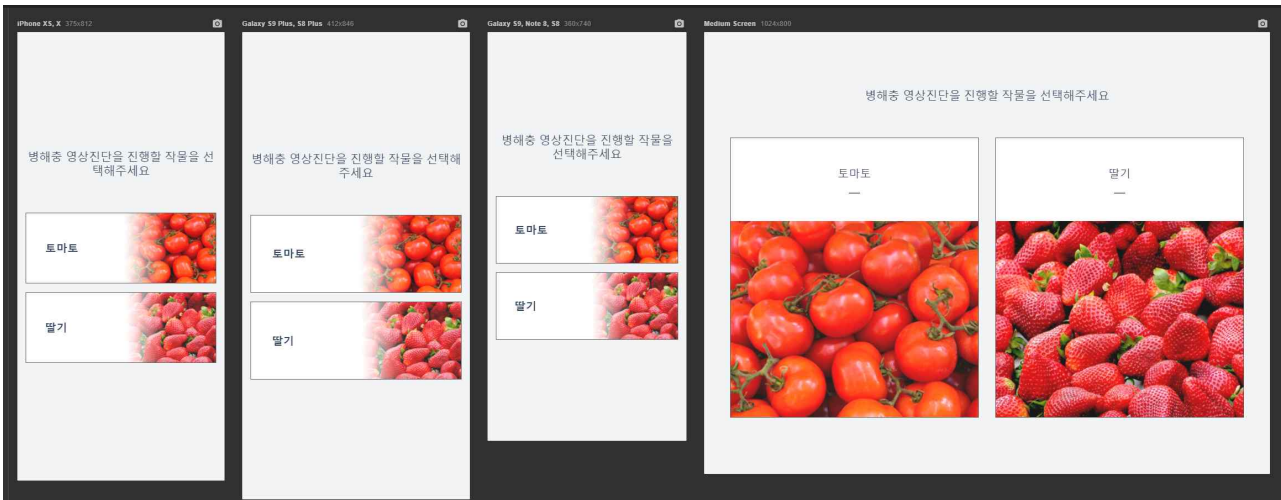


그림 40. 사용자 기기에 맞춘 웹 UI 화면(메인 페이지)

- 아래의 그림 41은 딸기 병해 진단을 위해 접속할 시 나타나는 화면으로 병해 이미지를 분석하기 위해 데이터를 입력하는 입력구역과 병해를 취득한 위치를 보여주는 GIS기반의 위치정보를 보여줌. PC화면에서는 딸기 병해이미지를 분석했었던 과거의 데이터를 볼 수 있는 콘텐츠가 시각화되어 나타나며, 모바일의 경우는 하단으로 스크롤(Scroll)할 경우 콘텐츠가 시각화되어 보여짐

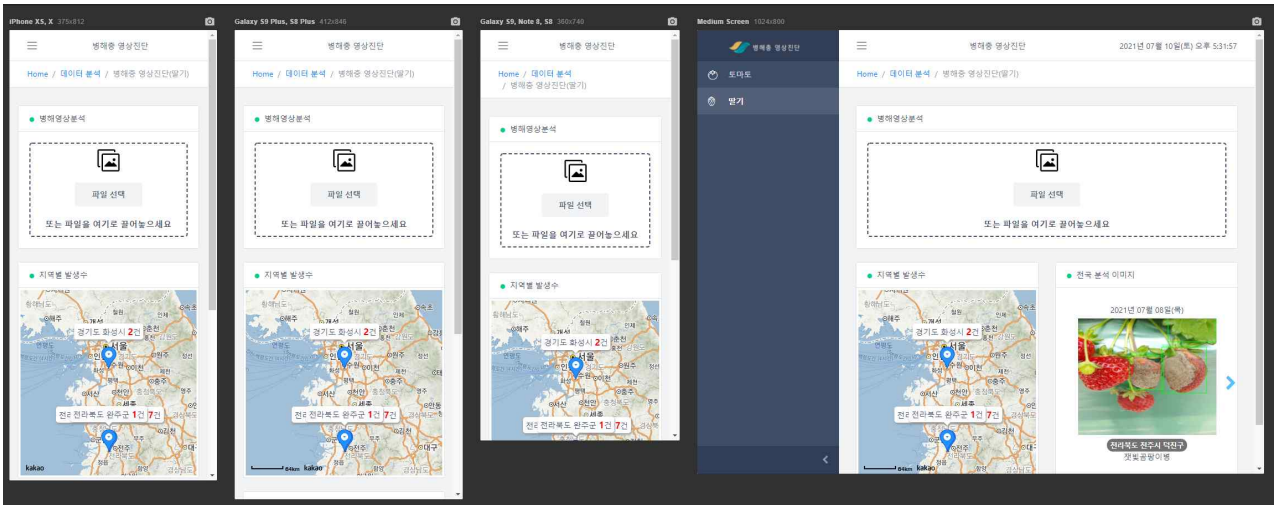


그림 41. 사용자 기기에 맞춘 웹 UI 화면(영상 데이터 입력)

- 그림 41은 사용자가 딸기 병해이미지를 입력했을 때 클라우드 내의 딸기 병해엔진에서 분석된 결과를 사용자 기기의 화면에 브라우저를 통해 보여주고 있음. 분석된 이미지는 검출된 객체를 바운딩 박스(Bounding Box)로 분류를 하고 각 분류된 박스에 대해 진단된 내용을 박스 번호와 함께 표현을 해줌. 하단의 병해진단명은 각 박스 번호에 대한 진단명을 표기하고 있으며, 해당 진단명을 클릭하게 되면, 농촌진흥청 농사로 포털사이트로 연결되어 해당 딸기 병에 대한 자세한 소개와 방제를 위한 방법 등을 제시하게 됨

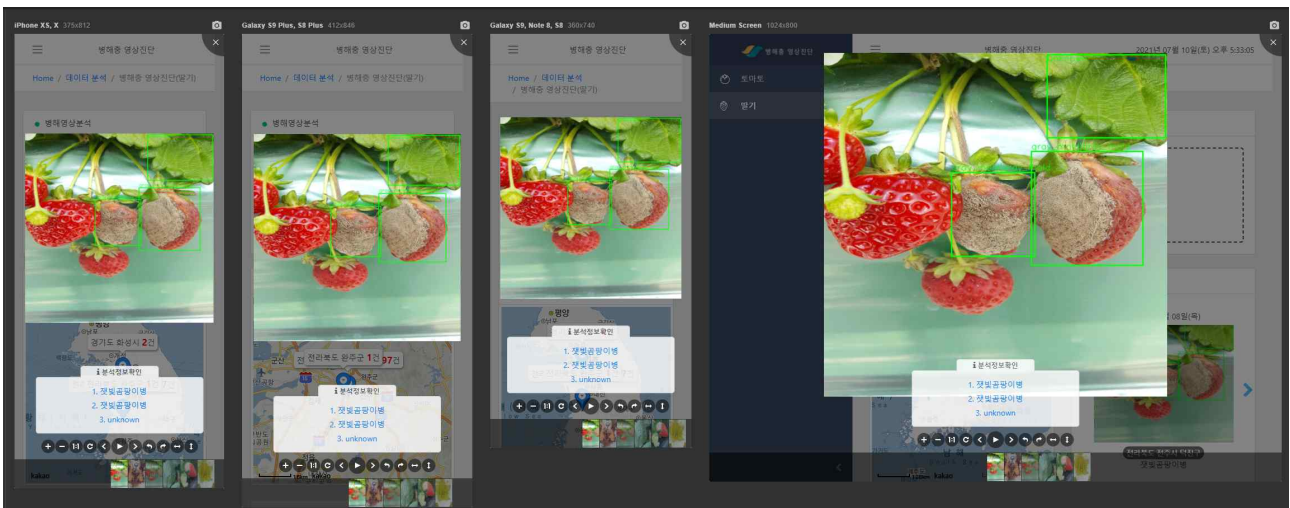


그림 41. 반응형 웹 UI 화면(딸기 결과 분석)

(나) 딸기 병해영상 취득 및 진단 정보 시각화 프로세스 UI 구축

- 딸기 병해영상의 취득 방법 및 진단 정보를 시각화하기 위해 그림 6과 같이 기능정의서와 함께 콘텐츠의 분류, 구성 및 기능을 작성하여 설계와 데이터베이스 구축을 진행함

| 딸기병해 웹UI 기능정의서 | | 작성자 | 백정현 | Version | | 1.0 | 비고 |
|------------------------------------|---------------|--------------|-----------------|------------------------|--|---|-------|
| | | 프로젝트명 | 딸기병해 웹UI | 최초작성일 | | 2020.8. | |
| Berry Web UI Dashboard 메뉴구조 및 기능정의 | | | | | | | |
| 1depth | ID | 2depth | Sub_ID | 3depth | 구성 | 기능 | 사용자 |
| GNB(Global Navigation Bar) | | | | | | | |
| 계정정보 | account | 계정생성, 수정, 삭제 | | 계정 생성시 시스템 관리자에게 권한 요청 | 전문가, 사용자, 시스템관리자 | | 최종사용자 |
| | | 사용자 | userID | 경영주제 | 사업자ID, 경영제ID를 포함한 사용자의 기본 정보 등 | 사용자 관리를 위한 기초정보 입력 | 최종사용자 |
| | | | | 시설개수 | 사용자가 보유한 시설개수, 가동시작일, 가동종료일 등 | 시설 및 장비의 유지관리를 위한 기초정보 입력 | 최종사용자 |
| | | | | 안전정보 | 장전, 화재, 침입 및 시스템 고장 등에 대한 정보 | 시설내 안전정보를 통지하기 위한 정보 | 최종사용자 |
| | | 재배시설정보 | Facility_info | 운실정보 | 지역, 시설면적(단동, 연동 등), 재배시설(유형, 지수, 면적 및 제어기 등), 재배품종(품종, 품목, 전제주수 등) | 운실의 시설 기초 정보의 설정, 재배를 위한 제어기, 양액, 재배 품종을 설정 | 최종사용자 |
| | | | | 제어기품목 | 제어기 구동 주기, 제어품목관리 등 | 제어기의 구동을 위한 주기 및 설정, 제어기 종류의 입력을 통한 관리 기능 | 최종사용자 |
| | | | | 센서품목 | 센서 위치 및 센서 종류 | 운실내외부의 센서 종류별로 각 기능에 대한 내용과 위치 설정을 위한 기능 | 최종사용자 |
| | | | | 양액기 | 양액관리ID 및 양액유형 | 재배품종에 맞는 양액유형 및 구동에 필요한 ID 설정 기능 | 최종사용자 |
| | | 제어기 | Facility_Cont | | 창, 커튼, CO2, 유동판, 배기팬, 유량계, 3way밸브, 분무, 냉난방기, 보일러 등 | 제어기의 초기값 및 임계값 등을 지정 | 최종사용자 |
| | | 재배품목 | Crop_items | | 품종, 품종 수집항목(공통), 재배시 기초환경 | 재배품종에 따른 상육환경정보 및 생체정보 수집항목에 대한 설정, 품종에 따른 기초환경 설정 | 최종사용자 |
| | | 작업계획 | Working_flow | | 일정, 작업비용, 투입인원 등 | 작업에 대한 지시서 및 소요비용의 기록을 위한 설정 | 최종사용자 |
| | | 환경정보 | Env_info | 운실외부 | 일사량, 온도, 습도, 풍향, 풍속, 강우 등 | 운실외부에서 센서를 통해 수집되는 데이터 수집 및 가시화 | 최종사용자 |
| | | | | 운실내부 | 일사량, 기온, CO2 등 | 운실내부에서 센서를 통해 수집되는 데이터 수집 및 가시화 | 최종사용자 |
| | | | | 토양 | 근권부, 양액, 토양 등 | 재배 품종과 관련된 근권부, 양액 공급, 양, 배양량, 토양상태등을 센서를 통해 수집 및 가시화 | 최종사용자 |
| 병해정보분석 | disease_Model | 병해정보수집 | Collect_disease | 병해 | 기초정보데이터, 환경정보데이터 등 | 기초정보와 환경정보 데이터를 항목에 따라 특정 기준을 지정하여 리스트로 표시할 수 있도록 사용자 수집 기능 | 최종사용자 |
| | | | | 수집시기 | 주기별, 일자별 등 | 병해정보 정보로 1차 필터링된 부분을 주기별, 일자별 등 사용자 기준에 맞춰 재정의 | 최종사용자 |
| | | 수동수집 | Collect_manual | 인적계측 | 일, 줄기, 과실, 뿌리 등의 데이터 | 사용자가 직접 계측한 데이터를 입력할 수 있도록 하며, 촬영한 이미지와 함께 저장하는 기능 | 최종사용자 |
| | | | | 영상취득 | 격자 추출, 분류, 계측 등의 데이터 | 영상촬영 로봇을 통한 영상취득과 취득된 영상을 통한 계측값을 저장 | 최종사용자 |
| | | 병해지도 | disease_map | | 수집된 병해이미지의 좌표를 통해 지도에 이미지 표시 | 메타데이터 연계 및 GPS 활성화(운실좌표) | 최종사용자 |
| | | 병해분석 | Result_disease | | 수집된 병해정보 도출, 방재정보 도출 | 결과 도출 및 검출이미지와 텍스트데이터를 데이터베이스 저장 | 최종사용자 |
| | | 전문가판독 | Master_analysis | 취득정보 | 환경정보, 생체정보 등의 데이터 | 병해정보를 인식 못할 경우 전문가의 판독 추천 | 전문가 |
| | | | | ROI생성 | 미인식 영상의 ROI생성 | ROI 생성률을 활용한 Json파일 생성 | 전문가 |

그림 42. 반응형 웹 UI 화면설계를 위한 기능 정의서 작성

- 딸기 병해진단에 필요한 정보를 취득하기 위해 여러 데이터를 취득하고자 하였으나, 최종 사용자 입장에서 다양한 데이터를 입력하는 부분이 상당한 노력을 요하는 부분이기때 최소한의 입력을 통해 데이터를 취득하는 것으로 결정함. 따라서 그림 42의 노란색으로 표기된 부분만의 데이터를 취득하고, 시각화하여 콘텐츠를 보여주는 것으로 진행하였음
- 사용자는 딸기 병해 진단 웹 UI를 사용하기 위해 그림 43과 같은 과정을 거침. 중심이 되는 부분은 가운데 위치정보를 취득하는 것이며, 크게 일반 사용자 이거나 전문가로 구분되어, 일반 사용자는 딸기 병해 영상을 촬영하여 클라우드에 적재된 딸기병해엔진을 통해 판독이 되며, 판독 결과는 바로 사용자 기기에 전송되어 보여줌. 또한 결과는 클라우드 시스템에 구축된 데이터베이스에 결과값이 저장됨. 일반 사용자의 경우 딸기 병해 진단의 결과값을 얻고, 추가적으로 병명을 클릭하여 농촌진흥청 농사로 포털사이트에서 병해정보에 대한 자세한 콘텐츠의 구독과 방제방법을 얻을 수 있음

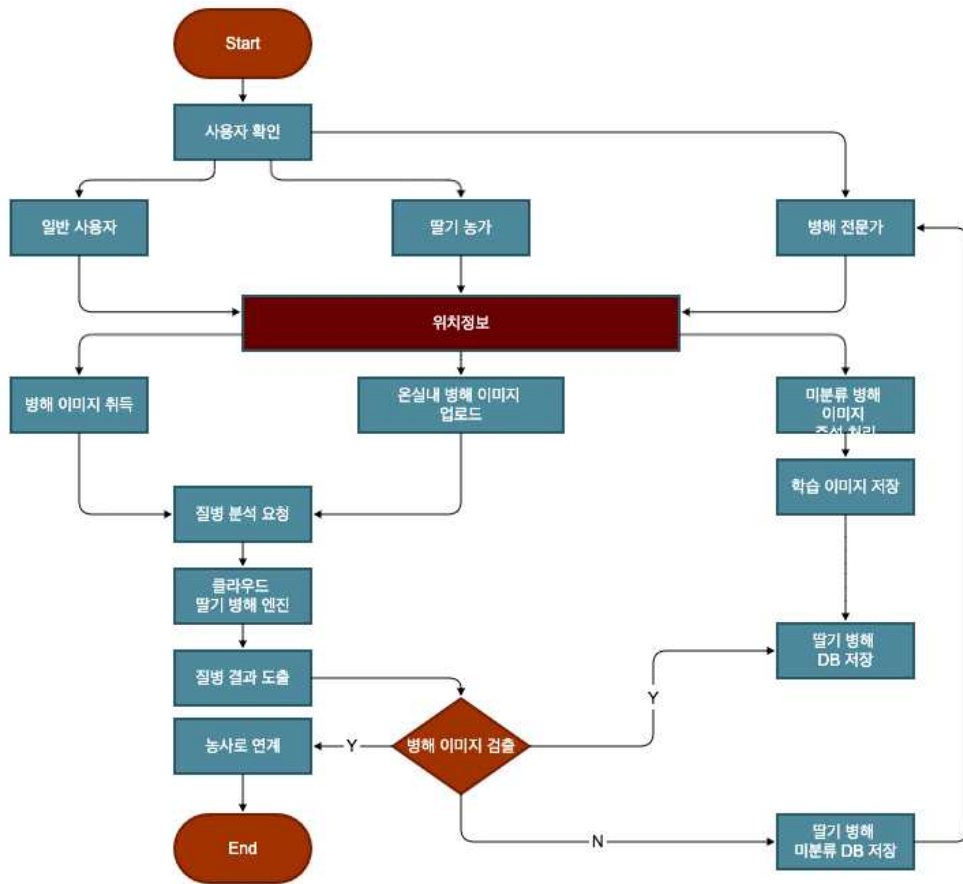


그림 43. 딸기 병해진단 반응형 웹 UI 프로세스

- 단일 이미지가 아닌 경우에는 다량의 데이터를 분석할 수 있는 페이지로 연결이 되며, 해당 페이지에서 다량의 딸기 병해 데이터를 입력하여 딸기 병해진단을 할 수 있도록 하였음. 딸기 병해진단 시 학습되지 않은 병해이미지는 전문가를 통해 주석(Annotation)을 추가적으로 기입하여 추후 학습에 활용될 수 있도록 구성하였음

(다) 딸기 병해영상 취득 및 가시화 반응속도 개선

- 주관기관에서 개발하는 인공지능 딸기 병해 엔진을 클라우드에 적재하고 서비스 인터페이스를 개발하기 위해 그림 44와 같이 클라우드의 인스턴스(Instances)를 생성한 후 pci-Passthrough 방식을 사용하여 GPU를 연결하였음. 인스턴스는 8 vCPU, 64GB RAM, 200GB disk, 별도 디스크 1TB 할당 및 Nvidia V100 GPU를 연결하여 이미지를 저장하고 처리할 수 있도록 구성하였음



그림 44. 클라우드 시스템에 생성된 딸기 병해 진단 인스턴스

- 클라우드의 딸기 병해진단을 위한 전체 시스템 아키텍처는 그림 45와 같음. 딸기 병해 영상이 클라우드 인스턴스로 입력이 되면 딸기 병해 엔진을 통해 분석되고 이는 노드제이에스(Node.js)로 구성된 웹서비스를 통해 보여주게 됨. 웹서비스 인스턴스는 농과원의 통합 데이터베이스와 연계되어 영상데이터의 원시(Raw)데이터, 결과 분석 데이터 및 주석 데이터를 저장하고 출력할 수 있도록 설계하고, 구축하였음

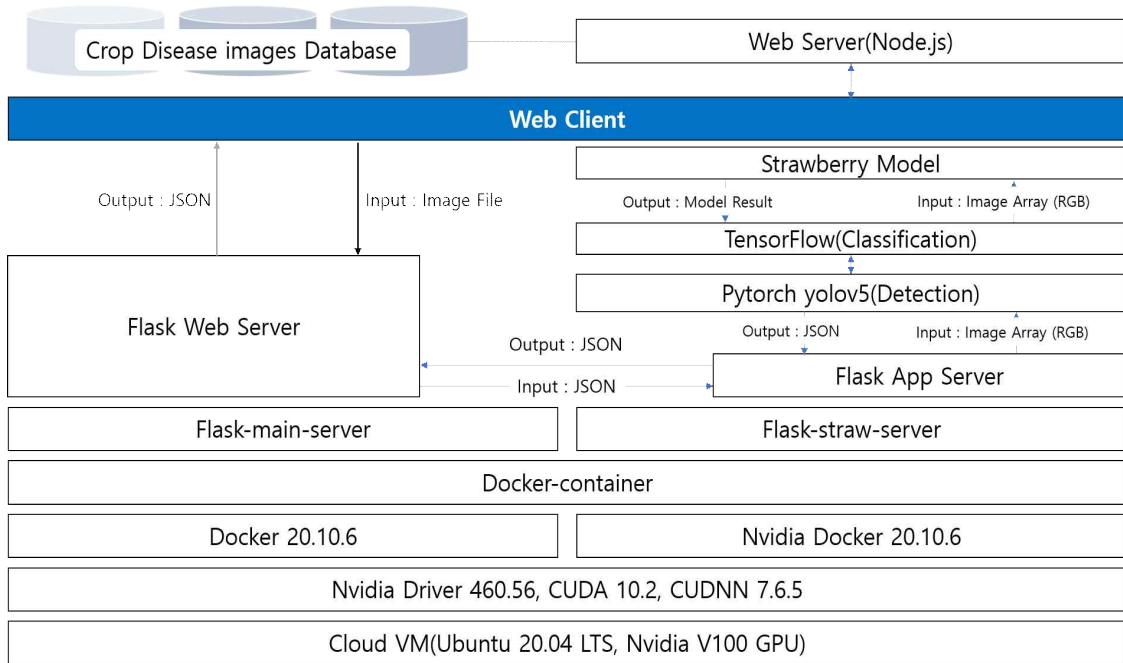


그림 45. 클라우드 기반 딸기 병해 진단 시스템 아키텍처

- 본 연구에서는 딸기 병해 진단 입출력에 소요되는 시간을 고려한 설계를 진행함. 입출력에 소요되는 시간을 최소화하기 위하여 취득되는 이미지를 바이너리(Binary) 데이터와 제이슨(Json)데이터로 구성함
- 딸기 병해 진단에 입력 이미지는 사용자 기기의 설정된 이미지 해상도별로 차이를 보이며, 이미지 해상도를 별도로 설정하여 실험을 진행하였다. 그림 46과 같은 결과를 도출하는데 소요되는 시간은 해상도에 따라 많은 차이를 보여줌

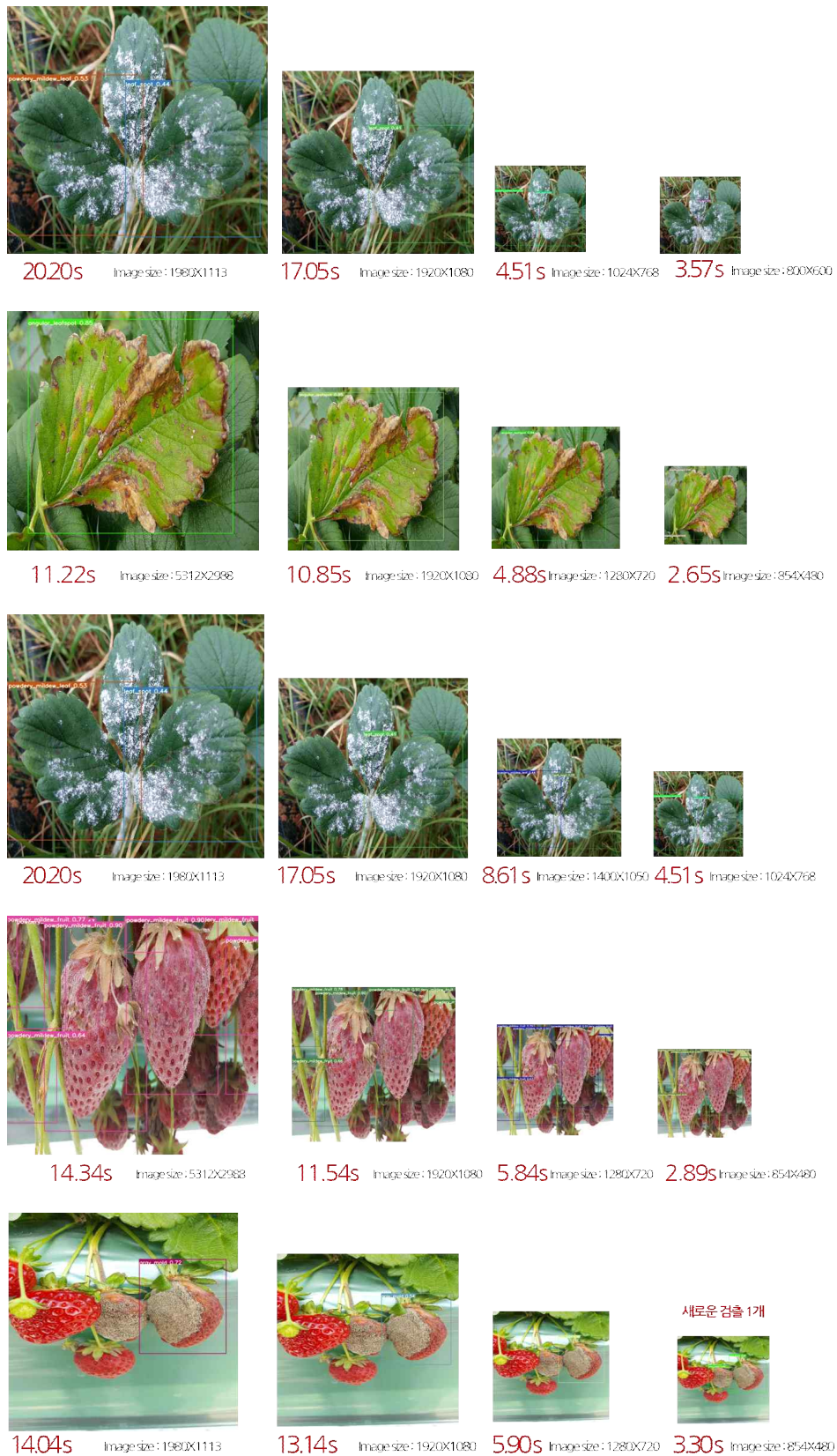


그림 46. 딸기 병해 진단 이미지별 해상도 소요 시간

- 그림 47과 같이 딸기 병해 이미지의 왜곡이 심하게 되지 않는 선인 854x480의 해상도에서 약 4초대의 결과를 보임. 이에 따른 결과로 딸기 병해진단 웹 서비스에서는 800x800의 해상도를 가진 이미지로 변환하여 엔진에서 나온 결과를 사용자 기기에 보여주도록 구성함

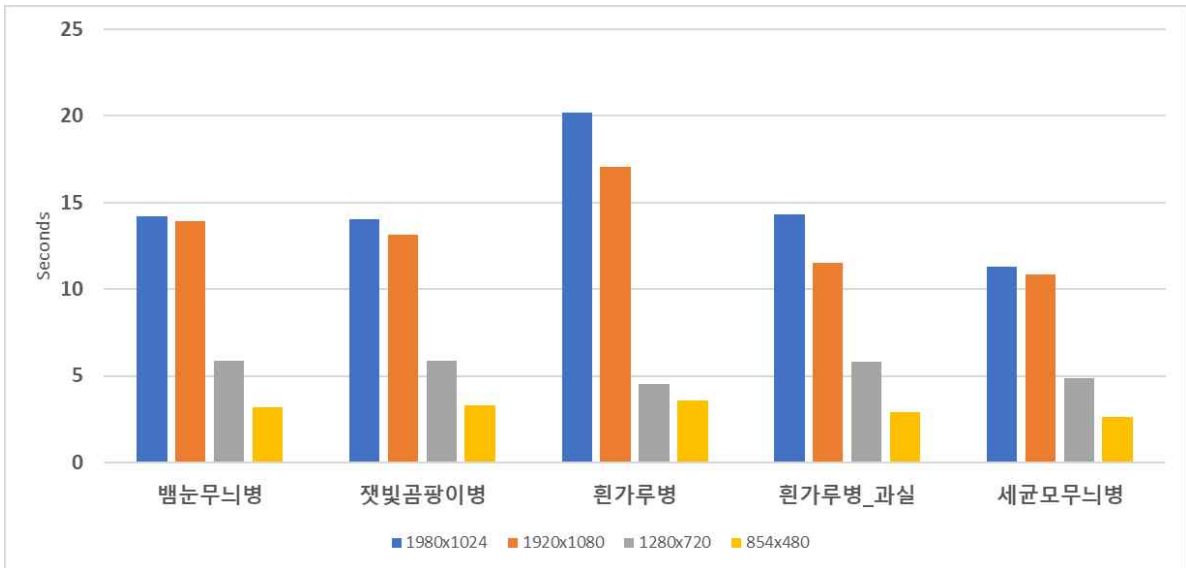


그림 47. 딸기 병해 이미지별 소요 시간 그래프

(라) 병해 전문가 활용 관리 시스템 및 딸기 병해 콘텐츠 연계 웹 UI 개발

- 딸기 병해진단 시스템을 활용하는데 미 학습된 딸기 병해는 unknown으로 분류되어 표시되며 이는 학습이 되지 않았거나 딸기 이미지를 다시 촬영해야하는 결과임. 미 분류된 이미지는 전문가가 별도의 활동을 통해서 결과를 보여줄 수 있는 서비스가 있어야하기 때문에 본 연구에서는 지역별로 노출된 미분류 이미지를 해당 지역의 전문가가 결과를 도출할 수 있도록 구성함. 전문가는 미 분류된 이미지에 대해 주석(Annotation) 프로그램을 이용하여, 해당 이미지에 병명을 기록하는 형태로 서비스된다. 이는 추후 미분류된 딸기 병해이미지를 학습데이터로 활용하기 위해서 필요한 서비스임
- 그림 48은 해당 병해 전문가가 좌측의 지도에 보이는 숫자를 클릭하여 딸기 병해 진단의 미분류된 이미지를 불러오게 되며, 이를 클릭하면, 그림 49와 같이 해당 미 분류된 이미지가 주석도구로 이동됨. 전문가는 주석도구로 미분류된 병징 위치를 표시하고, 병명을 기입하게 되면 이미지와 함께 이미지 내 병 위치정보가 기입된 Json 파일로 저장됨

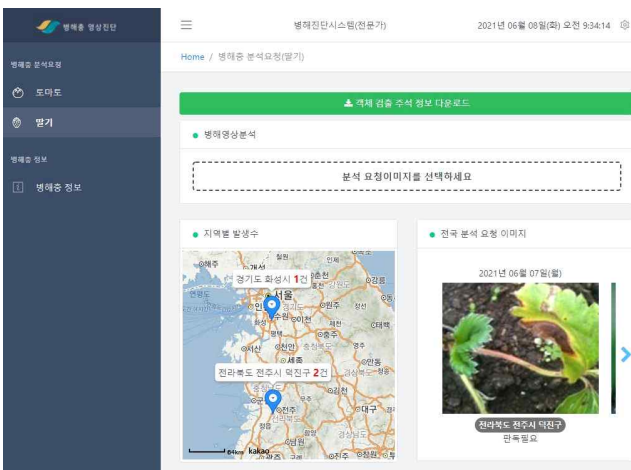


그림 48. 딸기 병해 진단(전문가 서비스)

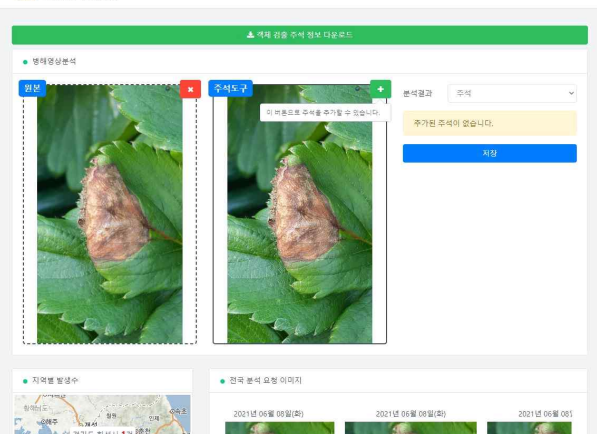


그림 49. 딸기 병해 주석도구

- 그림 50은 딸기 병해 이미지를 농가에서 다수 보유하고 있을 때, 한꺼번에 분석해 줄 수 있도록 구성된 서비스임. 딸기 병해 환경을 입력할 수 있도록 하였으며, 딸기 농장에서 수집된 병해 이미지의 발생 위치(온실 내 위치, 작물 개체의 위치)를 별도로 기입할 수 있도록 구성

하였음. 그림 51은 딸기 병해 이미지를 취득했던 위치를 수작업으로 기입할 수 있도록 하였음

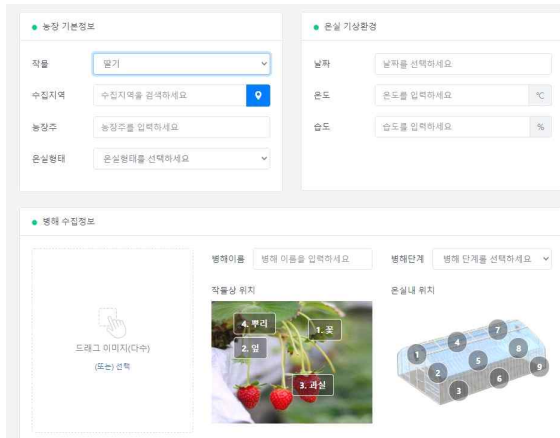


그림 50. 딸기 병해 대량 이미지 입력

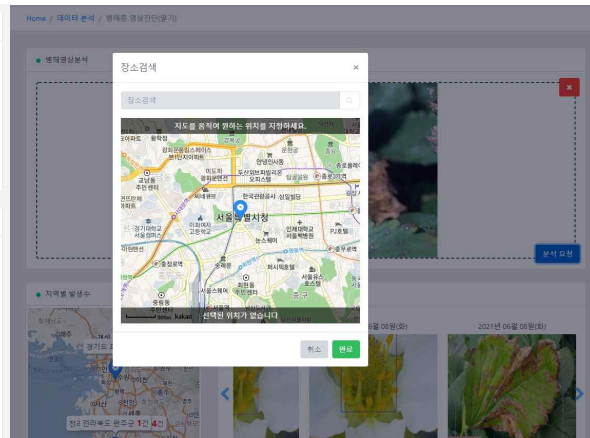


그림 51. 딸기 병해 이미지 위치정보 입력

- 농업공학부 내 딸기 실증 온실에서 병해 이미지를 확보하고, 딸기 병해 진단 시스템 실증하기 위해서는 주위 타 온실 작물 실험에 영향을 주지 않기 위해서 그림 52와 같이 레일 방제 시스템을 구축하고, 딸기의 병해가 발생할 경우 병해 이미지를 취득하고, 방제를 진행할 수 있도록 함



그림 52. 딸기 병해 확산 방지를 위한 레일 병해 방제 시스템

- 딸기 병해진단 시스템의 실증을 위해서 실증 온실에 맞도록 딸기의 상단, 옆, 과실 이미지를 동시에 수집하여 실시간으로 인터넷을 통해 클라우드로 전송하고, 결과 값을 도출하는 시스템을 설계하고 구축함. 그림 53은 실증 온실의 레일을 이용하여 카메라로 영상을 취득하고 인터넷을 이용하여 결과를 송신할 수 있도록 시스템 설계도이며, 그림 54는 설계도를 바탕으로 실제 구축된 시스템임

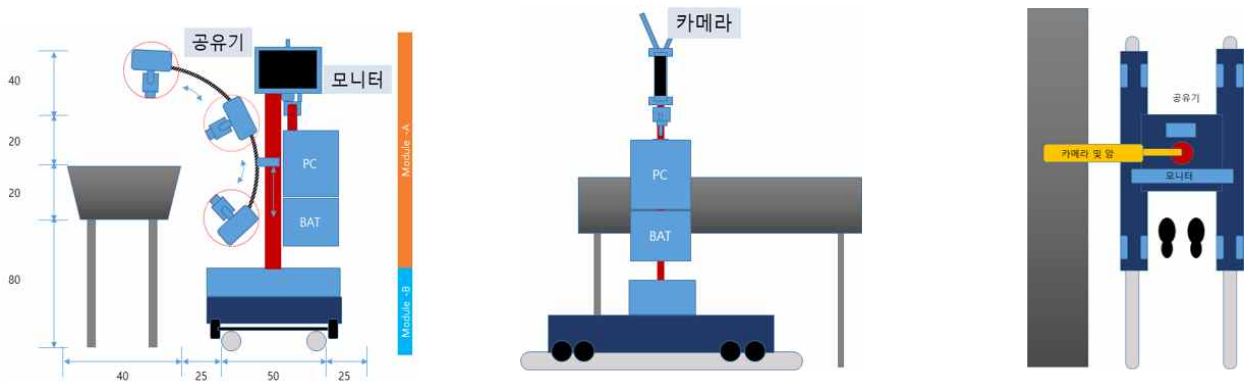


그림 53. 딸기 병해 영상 취득 시스템 설계



1차 제작

2차 제작 기기

그림 54. 딸기 병해 영상 취득 및 전송 시스템 구축

○ 그림 55는 딸기 실증온실내 설치된 병해 영상 분석 장치의 모니터링 화면을 보여줌. 카메라를 통해 입력되고, 결과가 도출되면 이를 누적하여 딸기 재배 라인별 병의 발생량을 누적하여 그래프로 보여줌



그림 55. 딸기 병해 영상 취득 및 전송 시스템의 결과 화면

(4) 클라우드 병해 DB개선 및 인공지능 기반 병해판독 서비스 인터페이스 개발

(가) 병해진단 추론모델 및 전문가 활용 시스템을 연동 데이터 이식도구 개발

- 전체 시스템에 연동 가능한 데이터 이식도구 개발을 위하여 기존 구축되어 있는 통합 DB와 병해 진단 추론 모델 그리고 전문가 활용 시스템을 수용하는 전체 연계 시스템을 아래 그림 56과 같이 설계 구현함
- 그림 56에서는 API를 통해 통합 DB와 병해진단 추론모델, 전문가 활용 시스템이 연계되는 구조를 가시도록 구성함

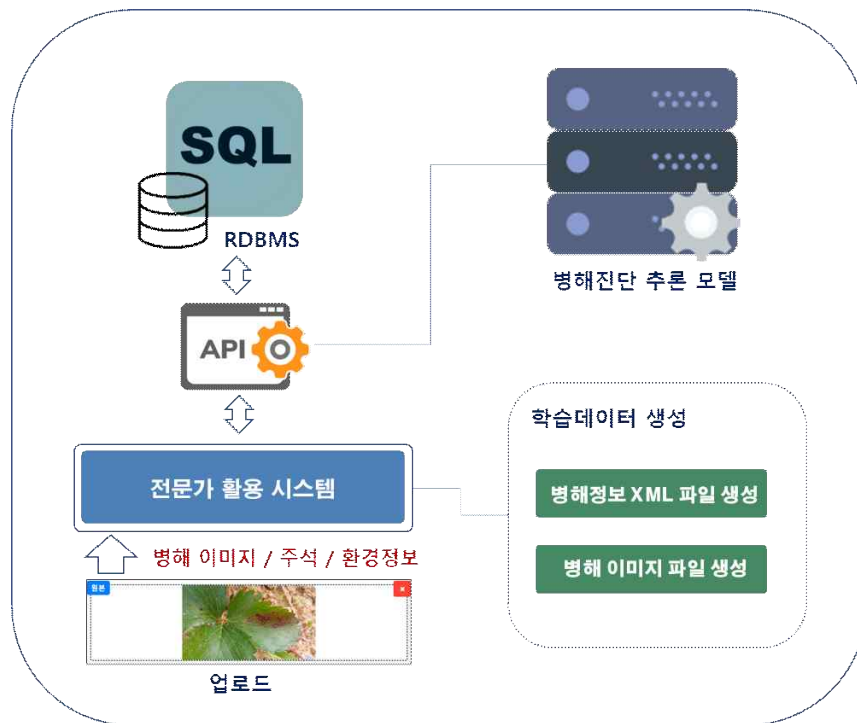


그림 56. DB 연동 데이터 이식도구 개발

(나) 병해진단 서비스 통합 API 개발 및 검증

- 서비스 플랫폼 전체의 통합 연동을 위한 API & Application Interface Manager 및 Network Connection Manager를 개발 적용하여 기존 통합 데이터베이스와 진단 추론 모델들의 유기적인 연계가 가능한 통합 API 개발 및 기능 검증 작업을 진행하였음
- 그림 57의 인터페이스는 DB와 병해진단 추론모델, 전문가 활용 시스템들의 연동을 위해 Date Management 등 다양한 컴포넌트를 가지게 설계되었음.



그림 57. 병해진단 추론 모델 연계프로그램 개발

(다) 전문가 활용 시스템을 이용한 학습데이터 생성

- 향후 활용 가능한 DB연동 학습 데이터 생성 인터페이스를 적용하였고 금번 과제를 통해 국립농업과학원에서 개발 진행된 전문가 활용 시스템을 이용하여 전문가 주석 및 진단 정보를 학습 데이터로 활용할 수 있도록 전문가 병해진단 XML 파일 및 이미지 파일 추출 기능을 구현함
- 학습데이터 생성 과정은 그림58과 같은 형태로 진행함((3)라)항 참조)

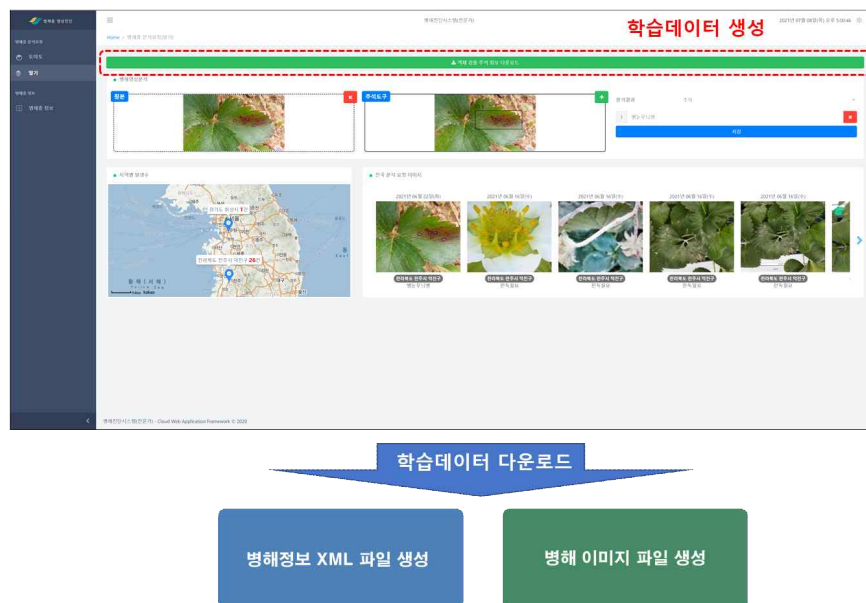


그림 58. 전문가 활용 시스템 학습데이터 생성

(라) 전문가 활용 딸기 병해진단 UI/UX 구조 및 이미지 업로드 기능 구현

- CSS 미디어 쿼리를 이용하여 화면구성 픽셀 대비 퍼센트(%) 반응 기능을 적용하며 사용자의 mobile 또는 제3의 디바이스로 변경하여 병해진단 서비스를 사용 하는 경우 불편함이 발생되지 않도록 사용자 인터페이스 구현함

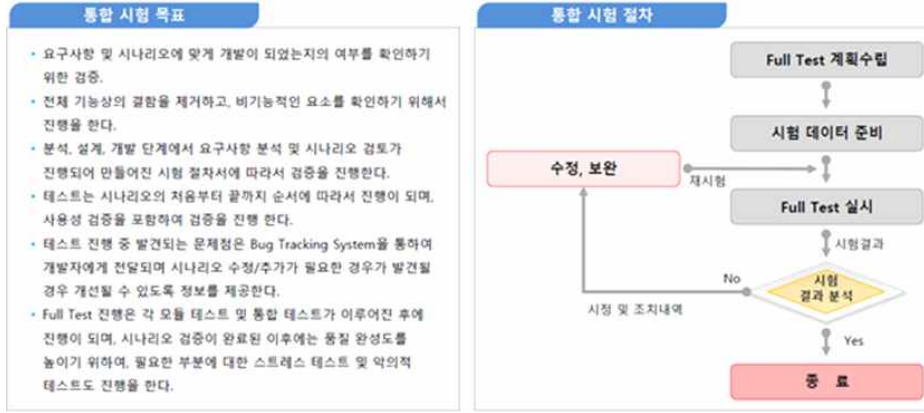
- 또한 이미지 업로드와 주석 작업이 동시에 가능한 one source 구조의 유동적인 반응 구조를 구현 함. 그림 59는 퍼센트 반응형 구조를 통한 (3)(라)항의 전문가 인터페이스의 PC화면과 모바일 화면을 보여줌



그림 59. 모바일 및 웹 기반 딸기 진단 인터페이스 개발

(마) 서비스 연동 인터페이스 최적화 및 검증 진행

- 병해진단 실증데이터를 기반으로 전문가 활용 시스템의 이미지 업로드와 주석 작업 대한 관계 데이터 생성 최적화를 검증하였으며, 사용자 환경을 고려한 브라우저 호환성 검증을 통해 서비스 연동 인터페이스 최적화 구현
- 그림 60은 통합시험목표 및 절차, 검증 리스트를 보여주고 있음



| User Interface 기능 보완 및 검증 리스트 | | | | | | | | | |
|-------------------------------|-----------|----------------------|-----------------------------|------|------|--------|---------|--------|----|
| 번호 | 대분류 | 중분류 | 시험 항목 | IE10 | IE11 | Chrome | Firefox | Safari | 비고 |
| 1 | Login | Login | 사용자 인증 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 2 | Dashboard | Matrix | 일괄 발송 장비 표시 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 3 | | Matrix | Tooltip으로 정보 제공 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 4 | | Matrix | Alarm 등급 및 상태 따라 변경색 표시 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 5 | | Alarm Summary | 발생된 일괄한 Alarm 등급별 통계 표시 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 6 | | Log History | 설정, 제어, 변경 등의 로그를 조회 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 7 | Matrix | Matrix | TAB 형식 버튼 및 위치별 장비 목록 표시 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 8 | | Matrix | 일괄 발송 중계기 목록만 표시 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 9 | Lists | HeartBeat Alarm Unit | HeartBeat 일괄이 발생한 장비 리스트 표시 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 10 | | HeartBeat Alarm Unit | 일괄 조건을 설정하여 조회 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 11 | | HeartBeat Alarm Unit | 리스트를 엑셀로 출력 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 12 | | Open Alarm Unit | 통류 장비 일괄 발생 리스트 표시 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 13 | | Open Alarm Unit | 일괄 조건을 설정하여 조회 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 14 | | Open Alarm Unit | 리스트를 엑셀로 출력 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 15 | History | All Alarm History | 통류할 흐름 중계기에서 발생한 Alarm 조회 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 16 | | All Alarm History | 일괄 조건을 설정하여 조회 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 17 | | All Alarm History | 리스트를 엑셀로 출력 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 18 | | Log History | 로그인, 장비 제어, 설계, 이원변환 기록 조회 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 19 | | Log History | 일괄 조건을 설정하여 조회 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 20 | | Log History | 리스트를 엑셀로 출력 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 21 | System | Firmware Download | 파일 업로드 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 22 | | Firmware Download | 파일 삭제 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 23 | | Firmware Download | List 조건 검색 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 24 | | Firmware Download | 다운로드 진행상태 조회 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 25 | | Firmware Download | Firmware 다운로드 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |

그림 60. 사용자 인터페이스 통합시험 및 검증

(4) 실증

(가) 병해 판독알고리즘 실증 데이터 셋 구성

- 연구종료시점에는 딸기 데이터 수집이 불가능하여 국립원예특작과학원의 도움으로 3개 농장에서 미리 취득한 데이터를 활용하였으며 표 22와 같음
- 표 22의 데이터는 뱀눈무늬병 영상이 포함되지 않았기 때문에 뱀눈무늬병의 경우는 기존 확보된 데이터로 미루어 짐작할 수밖에 없음

| 농장위치 | 질병 | 영상수 |
|-----------|-------------------|------------|
| 충북 청주 | 꽃곰팡이병 | 24 |
| 충남 논산 | 세균모무늬병 | 36 |
| 전북 완주군 | 꽃곰팡이병 | 167 |
| | 잿빛곰팡이병 | 54 |
| | 탄저병(러너) | 47 |
| | 흰가루병(잎) | 63 |
| | 흰가루병(과실) | 42 |
| | 흰가루병(러너)(unknown) | 24 |
| 합계 | | 457 |

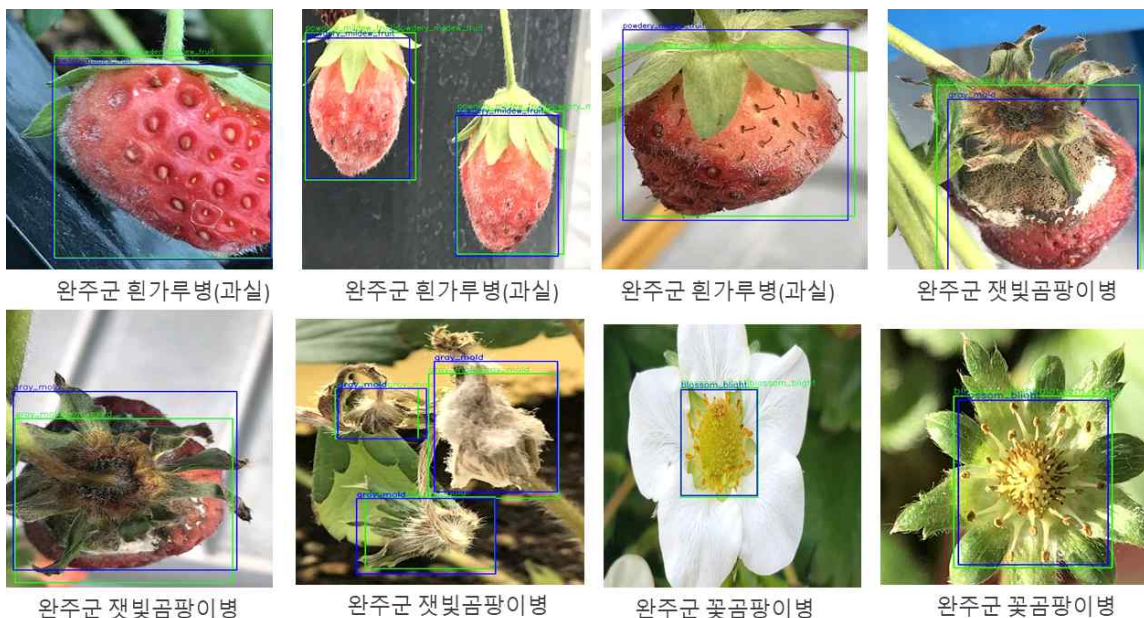
표 22. 실증 데이터셋 구성

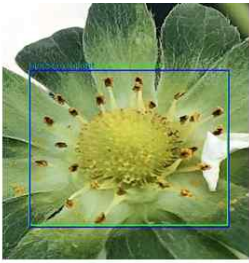
(나) 병해 판독 알고리즘 실증 결과

- 457장의 실증영상에서 흰가루병(러너)는 학습데이터 구성에서는 제외되었기 때문에 unknown으로 인식되는 것이 당연함
- 표 23과 같은 병해판독 알고리즘의 정확성을 얻을 수 있었으며 이는 1단계에서 이미 목표치 88%를 상회하는 결과로 mAP 93%를 달성하였음. 한편 뱀눈무늬병은 실증데이터에 포함되지 않았으나 표 21의 다른 데이터의 평가결과 1 단계 시 평균정도가 93.2%, 2단계 DML 분류시 94%임을 미루어 보아 목표한 정확도 확보는 충분히 확보되었다고 평가됨
- 그림 61은 실증시험 검출결과를 보여주고 있음. 대부분 놓치지 않고 다양한 병해 부분을 잘 잡아낸 것을 볼 수 있으며, 비록 open world의 가정은 없으나 그림 62에서는 unknown으로 처리한 흰가루병(러너)를 잘 구분하여 제시하는 것을 볼 수 있음

| 질병 | 1stAP | 1st+2ndAP |
|------------|--------------|--------------|
| 꽃곰팡이병 | 0.994 | 0.993 |
| 세균모무늬병 | 0.934 | 0.943 |
| 잿빛곰팡이병 | 0.949 | 0.958 |
| 흰가루병(과실) | 0.881 | 0.915 |
| 흰가루병(잎) | 0.848 | 0.902 |
| 탄저병(러너) | 0.853 | 0.866 |
| mAP | 0.909 | 0.930 |

표 23. 병해판독 알고리즘 결과

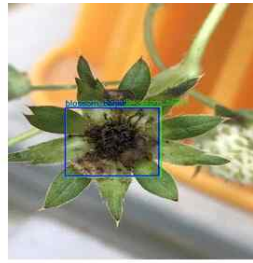




완주군 꽃곰팡이병



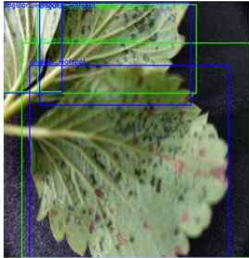
충북 청주 꽃곰팡이병



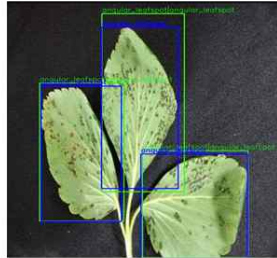
충북 청주 꽃곰팡이병



충북 청주 꽃곰팡이병



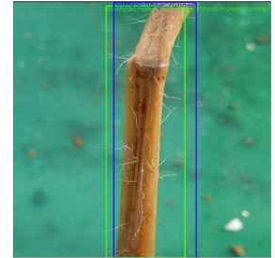
충남 논산 세균모무늬병



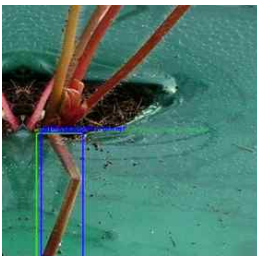
충남 논산 세균모무늬병



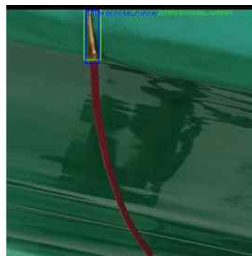
충남 논산 세균모무늬병



완주군 탄저병 러너



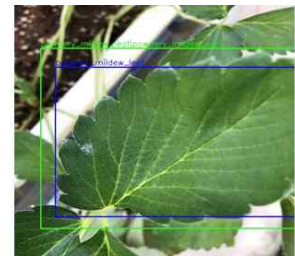
완주군 탄저병 러너



완주군 탄저병 러너



완주군 흰가루병(잎)



완주군 흰가루병(잎)



완주군 흰가루병(잎)



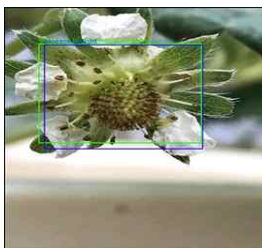
완주군 흰가루병(러너)



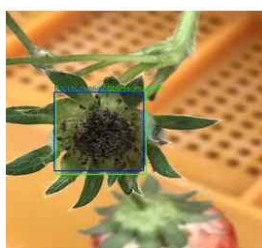
완주군 흰가루병(러너)



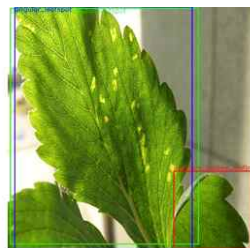
완주군 흰가루병(러너)



완주군 꽃곰팡이병



충북 청주 꽃곰팡이병



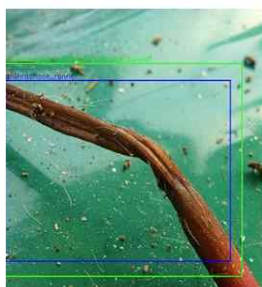
충남 논산 세균모무늬병



완주군 잿빛곰팡이병



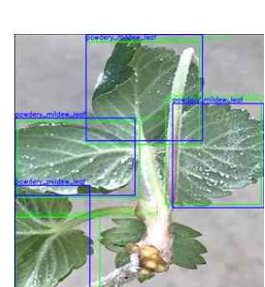
완주군 잿빛곰팡이병



완주군 탄저병 러너



완주군 흰가루병(과실)



완주군 흰가루병(잎)

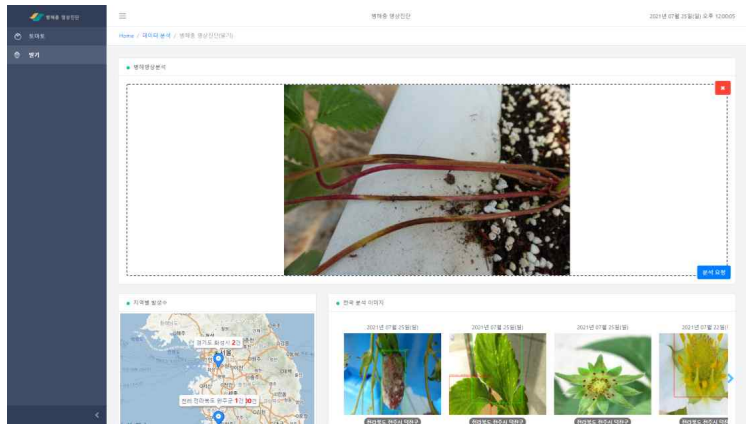
그림 60. 실증시험 결과영상 샘플



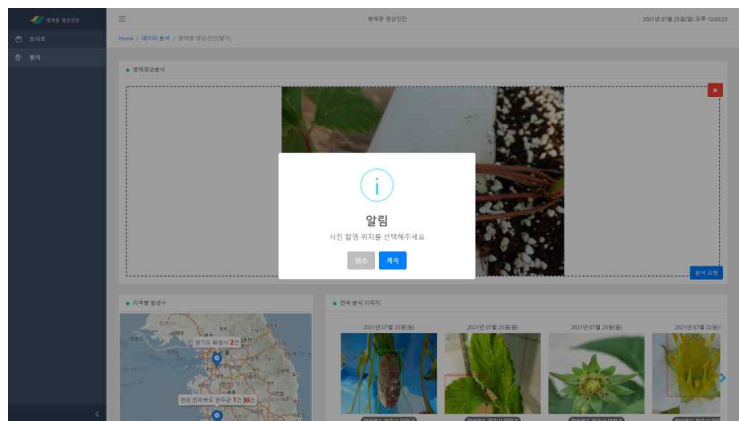
그림 61. unknown 처리된 흰가루병(러너) 영상들

(다) GUI를 통한 병해 판독 실증 결과

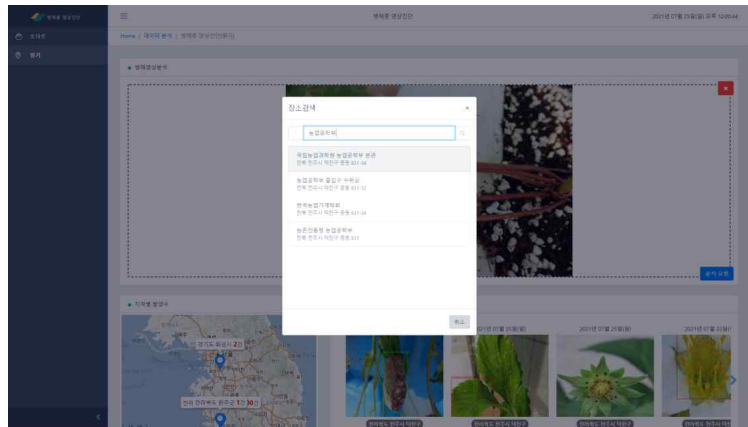
- GUI를 통한 병해판독 실증실험은 미리 저장된 영상을 대상으로 진행하였으며, 별첨 1에는 각 질병의 병해판독 결과화면들을 병해진단 절차 순으로 보여줌
- 그림 62에는 탄저병(러너)의 병해 진단과정을 영상 업로드-촬영위치 선택-영상분석 결과 순으로 보여주고 있음. 더 큰 영상과 다른 질병의 경우는 전문가 모드에서 주석 작업 화면과 함께 별첨 1에서 확인할 수 있음



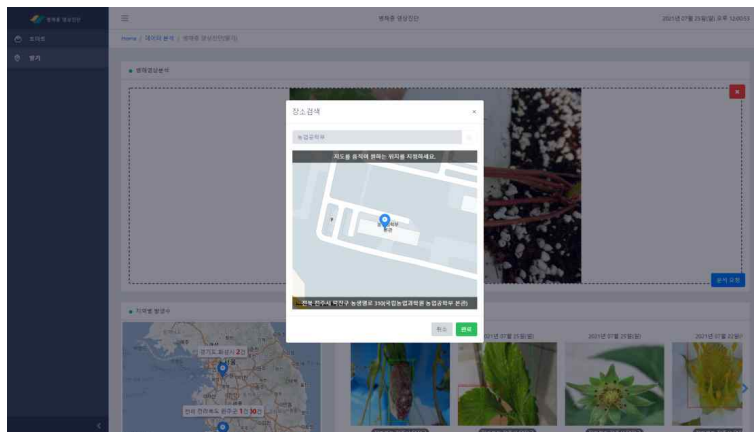
(a) 영상 업로드 화면



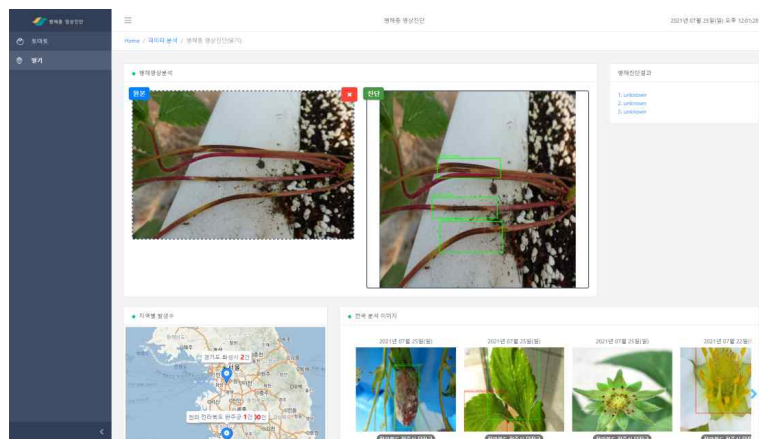
(b) 업로드 전 촬영 위치 선택 알림창



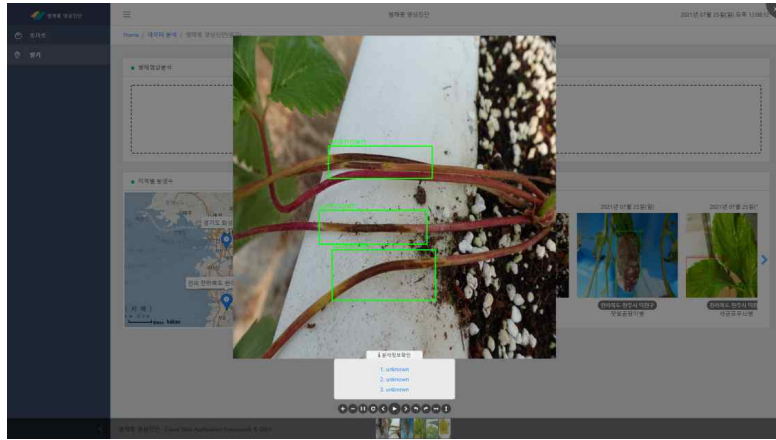
(c) 촬영 위치 검색 화면



(d) 촬영 위치 선택 화면



(e) 영상 분석 결과 화면(1)



(f) 영상 분석 결과 화면(2)

그림 62. GUI를 통한 탄저병 검출과정의 실증

(5) 교육

- 본 연구에서는 인공지능 병해판독 알고리즘 개발 방법론을 공동연구기관인 국립원예특작과학원과 국립농업과학원 등에 보급하고 공유하기 위해 두차례의 교육을 실시하였음

(가) 병해영상 촬영방법 교육

- 일시: 2021년 6월 15일 오전 10시 40-12:00
- 참석인원: 온라인 교육으로 국립농업과학원, 국립원예특작과학원 등 9명
- 제목: 딥러닝을 위한 농업데이터의 레이블링 방법
- 강사: 전북대학교 이종혁 연구원
- 강의내용: 별첨 2 참조
 - 학습예제의 촬영방법 및 나쁜 방법 예시, 레이블링 유형 및 레이블링 도구등을 소개하고, 도구를 이용하여 시연하는 방법을 보임
 - 본 강의내용은 일부 보완 후 향후 연구자들을 위해 본 보고서에 별첨함

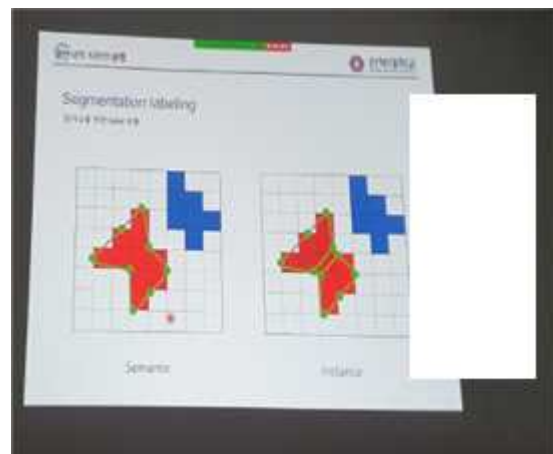


그림 63. 딥러닝을 위한 농업데이터 labelling 방법 온라인 교육영상

(나) 병해판독 인공지능 메타구조 교육

- 일시: 2021년 6월 24일 오전 10시 40-12:00
- 참석인원: 온라인 교육으로 국립농업과학원, 국립원예특작과학원 등 10명

○ 제목: Deep Learning Meta-Architectures

○ 강사: 전북대학교 Alvaro Fuentes 박사

○ 강의 내용: 전통적인 방법과 딥러닝 방법을 이용한 컴퓨터비전 문제해결 방법을 비교하고, 딥러닝의 특징추출 네트워크들을 소개하였으며, 2단 구조와 1단 구조 객체검출 모델을 소개하였으며 Mask R-CNN을 검토하였음. 전체적인 병해검출에 활용되는 모델들과 이에 수반되는 기초지식을 설명하는 교육이었음

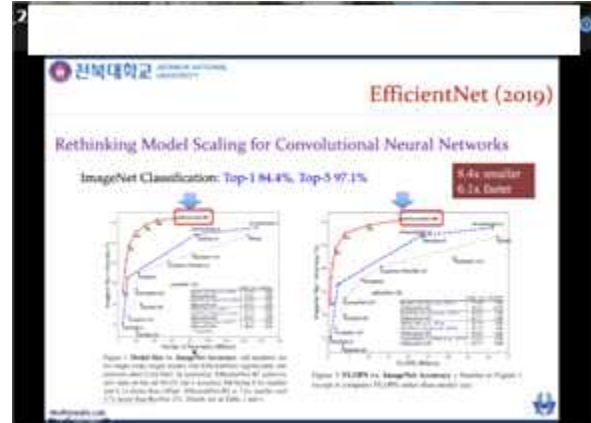


그림 64. 딥러닝 메타구조 온라인 교육영상

3. 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성 정도

1) 연구수행 결과

본 연구는 딸기 병해를 대상으로 딥러닝 기반의 영상 분석판독의 정확성과 적응성을 제고하며, 병해판독 추론엔진을 영상데이터를 수집/관리하는 DB시스템과 함께 현 농진청 클라우드 시스템에 탑재하고, 모바일 단말기 및 웹 환경에서 사용자 친화적 UI를 적용하여 병해 진단 시스템을 개발하여 사용자의 진입 장벽을 낮추며, 아울러 타 작물의 병해 분석 및 판독 시스템 개발 활용에도 편리하게 확장할 수 있도록 클라우드 기반 병해영상 판독 플랫폼을 개발하는 것이 목표였으며 그 목표를 대부분 달성하였음

(1) 정성적 연구개발성과

(가) 딸기 병해 영상판독 알고리즘의 정확성과 적응성 제고

- 본 연구에서 개발한 2단계 Faster R-CNN 모델, YOLO v.5 모델, 1단 Faster R-CNN 및 2단 DML분류기 모델 모두 목표정확도 88%를 넘는 정확성 확보
 - 다양한 모델을 통해 정확성과, 속도, 제공 서비스 등의 측면을 고려하여 적응성을 크게 향상시킴. 즉 정확성 측면에서는 2단계 Faster R-CNN 모델, 속도 측면에서는 YOLO v.5 모델, ROI 모드 적용 및 unknown 발굴 측면에서는 1단 Faster R-CNN 및 2단 DML분류기 모델 등을 적용할 수 있음
 - 딸기 병해 영상 확보
 - 과제 시작 전에 대상질병(잿빛곰팡이, 흰가루병(과일, 잎), 탄저병, 세균모무늬병, 뱀눈무늬병, 꽃곰팡이병)에 대해 3,584장의 영상을 가지고 있었으며, 추가로 국립원예특작과학원 등을 통해 3646장의 영상을 확보하여 활용함
 - 현재는 대상 질병 외의 장애 등의 병상도 포함 총 8,969장의 영상을 확보함
-

(나) 클라우드 시스템에서 병해 판독 인공지능 시스템 및 사용자 서비스 개발 플랫폼 완성

- 병해진단 서비스 통합 API 개발을 통해 클라우드 DB, 병해판독 추론엔진, 전문가/사용자 UI시스템 접속이 용이하도록 구성
 - 개발된 병해판독 엔진을 클라우드 시스템 탑재하고 모바일 웹 인터페이스를 통한 사용자의 병해 판독 서비스 가능성을 확인
 - 모바일 및 웹 인터페이스를 통한 전문가 또는 농가의 병해영상을 취득 업로드하여 클라우드 DB 저장하고, 전문가의 주석 작업 후 병해판독 학습에 활용할 수 있는 클라우드 기반 AI 시스템 및 서비스 개발 플랫폼 완성
 - 타 작물의 경우도 유사한 방식으로 데이터 수집, 주석 작업 및 학습, 추론 등이 가능함
-

(다) 사용자 친화적인 최적화된 위치기반 딸기 병해 웹 UI 개발

- 시스템 설계와 사용자 입장에서 정보를 쉽게 취득하고, 활용할 수 있도록 사용자 친화적인 UI를 적용하는 UI 개발함
- 병해진단 시스템의 경우 기존 구축되어 있던 병해진단 시스템의 문제점인 입출력 시간의 지연현상, 처리 프로세스의 복잡화를 개선하는 방향으로 연구함
- 현재 전 세계에서 사용 중인 다중 플랫폼 및 브라우저 환경에서의 호환성을 검증하였으며, 이를 기준으로 개선사항을 새로이 개발한 웹 UI에 적용함으로써 딸기 병해이미지 입출력 응답 속도 및 시인성 개선 등의 성과를 도출함
- 사용자에게는 병해판독 결과를 제시하고, 농진청 농사로와 같이 외부에 연결 가능하도록 구성

(2) 정량적 연구개발성과

본 연구과제는 1년 과제로 전담기관 등록·기탁 지표 및 연구과제 특성 반영지표 모두 정량적 연구개발성과를 초과하여 달성하였음.

< 정량적 연구개발성과표 >

(단위 : 건, 천원)

| 성과지표명 | | 연도 | 1단계 (2020~2021) | n단계 (YYYY~YYYY) | 계 | 가중치 (%) |
|-------------------------------|---------------------|---------|------------------------------|--------------------|----|------------|
| 전담기관 등록·기탁 지표 ¹⁾ | 논문 | 목표(단계별) | 1편 | | | 25 |
| | | 실적(누적) | 1편(SCI급) | | 1편 | |
| | 학술발표 | 목표(단계별) | 1편 | | | 20 |
| | | 실적(누적) | 2편 | | 2편 | |
| | 저작권 (프로그램 등록) | 목표(단계별) | 1건 | | | 10 |
| | | 실적(누적) | 1건 | | 1건 | |
| | 특허 (출원) | 목표(단계별) | 1건 | | | 20 |
| | | 실적(누적) | 2건 | | 2건 | |
| | 고용창출 | 목표(단계별) | 1건 | | | 5 |
| | | 실적(누적) | 1건 | | 1건 | |
| 연구개발과제 특성 반영 지표 ²⁾ | 교육지도 | 목표(단계별) | 2회 | | | 10 |
| | | 실적(누적) | 2회 | | | |
| | 인력양성 | 목표(단계별) | 2명 | | | 10 |
| | | 실적(누적) | 7명(석사5, 박사2) | | | |
| | 정책활용 | 목표(단계별) | 1건 | | | 10 |
| | | 실적(누적) | 1건 | | | |
| | 기타 | 목표(단계별) | 1건 | | | 10 |
| | | 실적(누적) | 4건 (현장기술지원3, 영농 기술활용 제안1) | | | |
| 계 | | | | | | 100 |

< 연구개발성과 성능지표 >

| 평가 항목 (주요성능 ¹⁾) | | 단위 | 전체 항목에서 차지하는 비중 ²⁾ (%) | 세계 최고 | | 연구개발 전 국내 성능수준 | 연구개발 목표치 | | 목표설정 근거 |
|--------------------------------|----------------|----|---|----------|------|-------------------|--------------------|--------------------|-----------------------|
| | | | | 보유국/보유기관 | 성능수준 | 성능수준 | 1단계 (2020~2021) | n단계 (YYYY~YYYY) | |
| 1 | 평균정확도 (mAP) | % | 40 | - | - | 85% | 88% | | 충분한 기술 및 데이터 확보 |
| 2 | 병해 종류 | 종 | 10 | - | - | - | 6 | | 시험적 선택 |
| 3 | 병해영상 확보 | 장 | 20 | - | - | - | + 2000장 | | 추가확보 |
| 4 | 클라우드 API | 셋 | 10 | - | - | - | 확보 | | 웹기반 서비스 가능 |
| 5 | 웹 GUI | 셋 | 20 | - | - | - | 확보 | | 웹기반 서비스 가능 |

(3) 세부 정량적 연구개발성과

[과학적 성과]

논문(국내외 전문 학술지) 게재

| 번호 | 논문명 | 학술지명 | 주저자명 | 호 | 국명 | 발행기관 | SCIE 여부 (SCIE/비S CIE) | 게재일 | 등록번호 (ISSN) | 기여율 |
|----|---|----------------------------------|------|-----------------------|-----|-----------|-----------------------------|------------|----------------|-----|
| 1 | Improved Vision-Based Detection of Strawberry Diseases Using a Deep Neural Network | Frontiers in Plant Science | 이준환 | 11 (7921-7 945) | 스위스 | Frontiers | SCI | 2021. 1.11 | 1664-462x | 100 |



Improved Vision-Based Detection of Strawberry Diseases Using a Deep Neural Network

Byoungjun Kim¹, You-Kyoung Han², Jong-Han Park² and Joonwhoan Lee^{1*}

¹ Division of Computer Science and Engineering, Jeonbuk National University, Jeonju, South Korea, ² Horticultural and Herbal Crop Environment Division, National Institute of Horticultural and Herbal Science (FHDA), Jeonju, South Korea

Detecting plant diseases in the earliest stages, when remedial intervention is most effective, is critical if damage crop quality and farm productivity is to be contained. In this paper, we propose an improved vision-based method of detecting strawberry diseases using a deep neural network (DNN) capable of being incorporated into an automated robot system. In the proposed approach, a backbone feature extractor named PlantNet, pre-trained on the PlantCLEF plant dataset from the LifeCLEF 2017 challenge, is installed in a two-stage cascade disease detection model. PlantNet captures plant domain knowledge so well that it outperforms a pre-trained backbone using an ImageNet-type public dataset by at least 3.2% in mean Average Precision (mAP). The cascade detector also improves accuracy by up to 5.25% mAP. The results indicate that PlantNet is one way to overcome the lack-of-annotated-data problem by applying plant domain knowledge, and that the human-like cascade detection strategy effectively improves the accuracy of automated disease detection methods when applied to strawberry plants.

Keywords: strawberry diseases, cascade detector, deep neural network, detection, plant domain knowledge

OPEN ACCESS

Edited by:

Roger Deal,
Emory University, United States

Reviewed by:

Jin Chen,
University of Kentucky, United States
Francesco Colini,
Agenda Lucana di Sviluppo e di
Innovazione in Agricoltura (ALSIA),
Italy

*Correspondence:

Joonwhoan Lee

2017 challenge, was installed with a two-stage cascade disease detection model. PlantNet captured plant domain information quite well, and it demonstrated performance superior to that of the backbone pre-trained on an ImageNet-type public dataset by at least 3.2% mAP. The cascade detector also improved accuracy by up to 5.25% mAP. The results indicate that PlantNet is one way to overcome a lack of annotated data by applying plant domain knowledge, and that the human-like cascade detection strategy is effective at improving accuracy.

Diseases and abiotic stresses in the strawberry plant occur everywhere in greenhouses, which is related to environmental data such as low or high temperature, deficient or excessive water, high salinity, heavy metals, and ultraviolet radiation. These

INTRODUCTION

FUNDING

This work was supported by Korea institute of Planning and Evaluation for Technology in Food, Agriculture and Forestry (IPET) through Smart Plant Farming Industry Technology Development Program, funded by ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs(MAFRA) (320089-01).

ACKNOWLEDGMENTS

This manuscript was proofread by the Writing Center at Jeonbuk National University in November 2020.

REFERENCES

- Barbedo, J. G. A. (2018). Impact of dataset size and variety on the effectiveness of deep learning and transfer learning for plant disease classification. *Comput. Electron. Agric.* 153, 46–53.
- Brahimi, M., Boukhalfa, K., and Moussaoui, A. (2017). Deep learning for tomato diseases: classification and symptoms visualization. *Appl. Artif. Intellig.* 31, 299–315.
- Cruz, A. C., Luvisi, A., De Bellis, L., and Ampatzidis, Y. (2017). X-FIDO: an effective application for detecting olive quick decline syndrome with deep learning and data fusion. *Front. Plant Sci.* 8:1741. doi: 10.3389/fpls.2017.01741
- Dai, J., Li, Y., He, K., and Sun, J. (2016). "R-fcn: object detection via region-based fully convolutional networks," in *Advances in Neural Information Processing Systems*, eds T. G. Dietterich, S. Becker, and Z. Ghahramani (London: MIT Press), 379–387.

- Dalal, N., and Triggs, B. (2005). "Histograms of oriented gradients for human detection," in *Proceedings of the 2005 IEEE computer society conference on computer vision and pattern recognition (CVPR'05)*, Vol. 1, (Piscataway, NJ: IEEE), 886–893.
- Everingham, M., Van Gool, L., Williams, C. K., Winn, J., and Zisserman, A. (2010). The pascal visual object classes (voc) challenge. *Int. J. Comput. Vis.* 88, 303–338. doi: 10.1007/s11263-009-0275-4
- Ferentinos, K. P. (2018). Deep learning models for plant disease detection and diagnosis. *Comput. Electron. Agric.* 145, 311–318.
- Fuentes, A., Yoon, S., Kim, S. C., and Park, D. S. (2017). A robust deep-learning-based detector for real-time tomato plant diseases and pests recognition. *Sensors* 17:2022. doi: 10.3390/s17092022
- Fuentes, A., Yoon, S., and Park, D. S. (2019). Deep learning-based phenotyping system with glocal description of plant anomalies and symptoms. *Front. Plant Sci.* 10:1321. doi: 10.3389/fpls.2019.01321

□ 국내 및 국제 학술회의 발표

| 번호 | 회의 명칭 | 발표자 | 발표 일시 | 장소 | 국명 |
|----|-------------------------------------|----------|--------------|-----------------|------|
| 1 | 한국지능시스템학회 30주년기념 2020 추계 학술대회 | 김동훈, 이준환 | 2020. 11. 27 | 전북대학교 | 대한민국 |
| 2 | (사)한국농업기계학회 추계 학술대회 | 백정현 외 5인 | 2021. 4. 30 | 국립농업과학원 농공학부 | 대한민국 |

Proceedings of KBS Autumn Conference 2020 Vol. 30, No. 2.

MAML 모델의 식물 질병 분류에 관한 연구

Study on the classification of plant diseases using MAML

김동훈¹ · 이준환²
Dong-Hoon Kim and Joonwhan Lee

¹전북대학교 컴퓨터공학부

²전북대학교 컴퓨터공학부

요약

본 논문은 식물의 종류에 따라 다양한 병징을 보이는 식물 질병에 대해 적용할 식물상이 부족시 발생하는 대응할 수 있도록 미리 학습된 MAML(Model-Agnostic Meta-Learning)을 적용한 학습 방법을 제안한다. 제안하는 방법은 레전드(learning aggregation)를 통해 학습 방법 데이터를 기반으로 구성된 푸트스트랩 샘플을 이용하여 학습한 MAML 모델을 학습시키고, 각 모델의 출력을 voting함으로써 식물 질병의 분류를 수행한다. 모델의 학습과 평가를 위해 식물 잎 질병의 관련인 PlantVillage 데이터셋을 사용하였고, 학습하지 않은 식물에 대한 성능을 평가하기 위해 학습 세트로 포함된 식물들은 과다 학습 세트로 학습 세트로 포함되지 않도록 하였다. 제안한 방법은 본 논문에서 설명한 테스트 세트에 대해 평균 92.8%의 분류 정확도를 보였다.

키워드 : MAML, 메타 러닝, 식물 질병, 예진, PlantVillage

1. 서론

식물의 생산과 관련하여 식물은 언제나 중요한 위치를 차지하고 있다. 작물로부터 얻을 수 있는 생산량에 영향을 주는 요소 중, 식물의 병충해와 관련된 부분은 질병의 조기 감지나 정확한 병충해 발생을 통해 피해를 최소화할 수 있는 방법과 관련이 있다. 이러한 식물 질병과 관련된 문제를 잘 식별할 수 있는 방법의 중요성은 점점 더 커지고 있다. 그러나 식물 질병의 조기 감지나 정확한 병충해 발생을 위해 필요한 데이터는 다양한 환경에서 수집되는 것인데, 이는 많은 경우에서 수집하기 어렵다. 이러한 문제를 해결하기 위해, 최근 몇 년 동안 메타러닝(MAML)은 새로운 학습 방법의 필요성을 인식하게 되었다. MAML은 이전에 학습된 모델의 파라미터를 기반으로 새로운 작업에 대해 학습할 수 있도록 도와준다. 본 논문에서는 다양한 환경에서 수집되는 다양한 종류의 식물 질병에 대해 학습 세트로 포함되지 않은 식물에 대한 성능을 평가하기 위해 학습 세트로 포함된 식물들은 과다 학습 세트로 포함되지 않도록 하였다. 제안한 방법은 본 논문에서 설명한 테스트 세트에 대해 평균 92.8%의 분류 정확도를 보였다.

연구에 대해 가능한 것이라 생각할 수 있다.


본 논문에서는 학습된 모델으로부터 다양한 식물에 걸맞은 잎과 질병에 걸린 잎에 대한 사진을 모으려고 있는 PlantVillage 데이터셋을 적용하여 실험을 수행하였다. 본 논문에서 실험에서는 메타 러닝 모델인 MAML을 적용하였으며, 분류 성능을 높이기 위해 레전드 방법을 통해 학습된 데이터로부터 구성된 푸트스트랩 샘플을 이용하여 학습한 MAML 모델을 학습시키고, 각 모델의 출력을 voting하는 방법을 적용하였다.

간사의 글 1번 권과 관련된 농업공학부 연구실의 재원으로 농업공학부 연구실의 재원으로 1세대 스마트 플랫폼을 개발하고, 2020-01)

2. MAML 모델

메타러닝은 적은 양의 새로운 데이터로부터 새로운 작업을 빠르게 학습하는 것을 목표로 하는 학습 방법이다. 이를 목표로 MAML 모델의 경우, 메타 러닝이 학습 데이터로 주어질 때, 각 작업에 걸맞은 결과를 낼 수 있는 모델을 제공한다.

그림 66. 메타러닝을 이용하는 식물질병 분류



2021년 추계학술대회

일시 : 2021년 04월 30일(금)
장소 : 국립농업과학원 농업공학부 강당16층
주최/발행 : 협회간 협력회
행사장소 : 협회장소

주최/발행 : 협회간 협력회
행사장소 : 협회장소

2021년 (사)한국농업기계학회 추계학술대회

클라우드 기반 딸기 병해진단 반응형 웹 UI 개발

Development of responsive web UI for strawberry disease diagnosis based on cloud system

책임자 : 백정현 (백정현, 백정현, 백정현, 백정현)
Baek Jeong-hyun (Baek Jeong-hyun, Baek Jeong-hyun, Baek Jeong-hyun, Baek Jeong-hyun)

주최/발행 : 협회간 협력회
Korea Society for Agricultural Machinery, Department of Agricultural Engineering, Jeonju, Korea
국립농업과학원 농업공학부 연구실
National Institute of Agricultural Machinery, Department of Agricultural Engineering, Jeonju, Korea
국립농업과학원 농업공학부 연구실

INTRODUCTION
농작물 생산에 있어 식물의 병충해는 심각한 문제가 되고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해, 최근 몇 년 동안 메타러닝(MAML)은 새로운 학습 방법의 필요성을 인식하게 되었다. MAML은 이전에 학습된 모델의 파라미터를 기반으로 새로운 작업에 대해 학습할 수 있도록 도와준다. 본 논문에서는 다양한 환경에서 수집되는 다양한 종류의 식물 질병에 대해 학습 세트로 포함되지 않은 식물에 대한 성능을 평가하기 위해 학습 세트로 포함된 식물들은 과다 학습 세트로 포함되지 않도록 하였다. 제안한 방법은 본 논문에서 설명한 테스트 세트에 대해 평균 92.8%의 분류 정확도를 보였다.

MATERIALS & METHODS
1. 학습 데이터 : PlantVillage
2. 학습 방법 : 레전드(learning aggregation), 푸트스트랩 샘플링, 투표 방법
3. 평가 방법 : 레전드(learning aggregation), 푸트스트랩 샘플링, 투표 방법
4. 평가 지표 : 정확도, 정밀도, F1 점수

RESULTS & DISCUSSION
본 논문에서는 다양한 환경에서 수집되는 다양한 종류의 식물 질병에 대해 학습 세트로 포함되지 않은 식물에 대한 성능을 평가하기 위해 학습 세트로 포함된 식물들은 과다 학습 세트로 포함되지 않도록 하였다. 제안한 방법은 본 논문에서 설명한 테스트 세트에 대해 평균 92.8%의 분류 정확도를 보였다.

ACKNOWLEDGMENT
본 논문은 국립농업과학원 농업공학부 연구실의 재원으로 개발되었습니다. 지원받아 연구하였습니다.
GRC2020-01-01-0001

REFERENCES

그림 67. 클라우드 기반 딸기 병해진단 반응형 웹 UI 개발 학술발표

□ 기술 요약 정보

| 연도 | 기술명 | 요약 내용 | 기술 완성도 | 등록 번호 | 활용 여부 | 미활용사유 | 연구개발기관 외 활용여부 | 허용방식 |
|------|---------------------|---|--------|-------|-------------|-------|---------------|------|
| 2021 | 위치정보기반 딸기 병해 진단 시스템 | 일반 사용자에게는 위치정보기반 딸기 병해진단 웹 서비스 제공 및 식물전문가에게는 딸기 병해영상 정보학습 도구 제공 | 상 | - | 영농기술정보 활용제한 | - | - | - |

영농기술정보

| | | | | | | |
|-------------------|---|------|------|-----------|--------------|-------------------|
| 개 목 | 위치정보기반 딸기 병해진단 및 병해 전문가 활용 시스템 | | | | | |
| 활 용 분 야 | 농업공학 | | | | | |
| 장 세 어 | 딸기병해, 위치정보, 병해전문가, 인공지능, 클라우드 | | | | | |
| 활 용 내 용 | <p>□ 배경</p> <ul style="list-style-type: none"> 농산물 안전과 친환경 작물 생산의 적은 농약사용을 위해 병해 조기 진단에 활용 가능한 영상 수집 및 분석기술 필요 병해진단, 병해 분포 상황을 위해 위치정보 기반 병해진단 시스템 및 비분류된 병해에 진단하는 전문가 활용 도구가 필요 <p>□ 개발된 영농기술정보</p> <ul style="list-style-type: none"> 위치정보에 기반한 딸기 병해 진단 기반 시스템(일반사용자) 기존 모바일 병해에 관한 결리만 보여왔던 시스템에서 진단 위치와 시간까지 반영한 딸기 병해진단 시스템 딸기 병해 영상 정보학습 권고도구와 전문가 진단 시스템(병해전문가) 기존도이상의 익분용 병해 정보의 색온 대상에 호호한 부분을 지역 단위 별 전문가를 통해 진단하여, 실제 병명 처리 할 수 있도록 개선 <p>□ 핵심효과</p> <ul style="list-style-type: none"> 현장인식 기술과 로블러 결합으로 농업용 지능오븐의 실현 포탈데이터와 ICT융복합의 집중을 통한 과학형농업기반 구축 농업과 ICT융복합의 융합을 통한 생산성 향상 및 경쟁력 확보 | | | | | |
| | <p>활 용 구 분</p> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td>영농기술</td> <td>영농정보</td> </tr> <tr> <td>산기술 보급</td> <td>현장실용 현업실용</td> </tr> <tr> <td>농업진흥 국립농업과학기술원</td> <td>농업진흥 국립농업과학기술원</td> </tr> </table> | 영농기술 | 영농정보 | 산기술 보급 | 현장실용 현업실용 | 농업진흥 국립농업과학기술원 |
| 영농기술 | 영농정보 | | | | | |
| 산기술 보급 | 현장실용 현업실용 | | | | | |
| 농업진흥 국립농업과학기술원 | 농업진흥 국립농업과학기술원 | | | | | |
| 연구개발자 | 농촌진흥청 국립농업과학기술원 스마트농업과 김경현 | | | | | |

<영농정보 : 교육·현장연시>

위치정보기반 딸기 병해 진단 시스템

□ 딸기 병해진단 시스템 개발 배경?

○ 농산물 안전과 친환경 작물 생산의 적은 농약사용을 위해 병해 조기 진단에 활용 가능한 영상 수집 및 분석기술이 요구되고 있습니다. 이에따라, 바로 확인할 수 있는 딸기의 병해진단, 병해 분포 상황을 위해 위치정보 기반 병해 진단 시스템 및 비분류된 병해에 진단하는 전문가 활용 도구가 개발되었습니다.

□ 어떻게 활용하나요?

○ 딸기 병해 진단 분석 시스템의 사용은 다음과 같이 진행됩니다.

□ 현재 서비스 가능한 수준은?

○ 딸기 병해 진단 서비스는 4가지 병해로, 세균무늬병, 잿빛곰팡이, 병 눈무늬병 및 천가루병으로 진단이 가능합니다. 천가루병의 경우는 과일과 잎까지 진단되며, 위의 병징에 한해 약 88%이상 정확도를 보입니다.

그림 68. 위치정보기반 딸기 병해진단 및 병해 전문가 활용 시스템 제안

□ 보고서 원문

| 연도 | 보고서 구분 | 발간일 | 등록 번호 |
|------|--------|-------------|-------|
| 2021 | 최종보고서 | 2021. 9(예정) | - |

□ 생명자원(생물자원, 생명정보)/화합물

| 번호 | 생명자원(생물자원, 생명정보)/화합물 명 | 등록/기탁 번호 | 등록/기탁 기관 | 발생 연도 |
|----|------------------------|----------|----------|-------|
| | 해당 없음 | | | |

[기술적 성과]

□ 지식재산권(특허, 실용신안, 의장, 디자인, 상표, 규격, 신품종, 프로그램)

| 번호 | 지식재산권 등 명칭 (건별 각각 기재) | 국명 | 출원 | | | | 등록 | | | 기여율 | 활용 여부 |
|----|--|------|--------------------------|----------------|-------------------------|----------|-----|-----|-------|----------|----------|
| | | | 출원인 | 출원일 | 출원 번호 | 등록 번호 | 등록인 | 등록일 | 등록 번호 | | |
| 1 | 클러스터링 기능을 구비한 퓨샷 분류장치 및 이의 메타학습 방법 | 대한민국 | 이준환 김동훈 | 2020. 12.14 | 10-2020 -017430 0 | | | | 100 | 활용 예정 | |
| 2 | 농작물 병해충 자동감지 시스템 | 대한민국 | 이준환 박동선 김형석 박근호 | 2021. 04.06 | 10-2021 -004457 9 | | | | 50 | 활용 예정 | |

출원 번호 통지서

출원 일자 2020.12.14
특기 사항 심사청구(유) 공개신청(무) 참조번호(DHF20717)
출원 번호 10-2020-0174300 (접수번호 1-1-2020-1353655-71)
(DAS접근코드 C585)
출원인 명칭 전북대학교산학협력단(2-2003-044369-9)
대리인 상명 특허법인 다해(9-2011-100141-6)
발명자 성명 이준환 김동훈
발명의 명칭 클러스터링 기능을 구비한 퓨샷 분류 장치 및 이의 메타 학습 방법

특 허 청 장

【이 발명을 지원한 국가연구개발사업】

【과제고유번호】 1545022305

【과제번호】 320089011SB010

【부처명】 농림축산식품부

【과제관리(전문)기관명】 농림식품기술기획평가원

【연구사업명】 1세대 스마트 플랜트팜 고도화 및 실증

【연구과제명】 딸기 병해진단 웹 UI 고도화 및 전문가활용시스템 구축

【기여율】 1/1

【과제수행기관명】 전북대학교산학협력단

【연구기간】 2020.07.03 ~ 2021.07.02

그림 69. 클러스터링 기능을 구비한 퓨샷 분류장치 및 이의 메타학습 방법 특허

출원번호통지서

출원일자 2021.04.06
 특기사항 심사청구(유) 공개신청(무) 참조번호(DHP21197)
 출원번호 10-2021-0044579 (접수번호 1-1-2021-0402000-36)
 (DAS접근코드F260)
 출원인명칭 전북대학교산학협력단(2-2003-044369-9)
 대리인성명 특허법인 다해(9-2011-100141-6)
 발명자성명 이준환 박동선 김형석 박근호
 발명의명칭 농작물 병충해 자동 감지 시스템

특 허 청 장

【이 발명을 지원한 국가연구개발사업】

- 【과제고유번호】 1545022305
- 【과제번호】 320089011SB010
- 【부처명】 농림축산식품부
- 【과제관리(전문)기관명】 농림식품기술기획평가원
- 【연구사업명】 1세대스마트팜
- 【연구과제명】 딸기 병해진단 웹 UI 고도화 및 전문가 활용 시스템
- 【기여율】 1/2
- 【과제수행기관명】 전북대학교

3-2



【연구기간】 2020.07.03 ~ 2021.07.02

그림 70. 농작물 병충해 자동감지 시스템 특허

○ 지식재산권 활용 유형

※ 활용의 경우 현재 활용 유형에 √ 표시, 미활용의 경우 향후 활용 예정 유형에 √ 표시합니다(최대 3개 중복선택 가능).

| 번호 | 제품화 | 방어 | 전용실시 | 통상실시 | 무상실시 | 매매/양도 | 상호실시 | 담보대출 | 투자 | 기타 |
|----|-----|----|------|------|------|-------|------|------|----|----|
| | | | | | | | | | | |

□ 저작권(소프트웨어, 서적 등)

| 번호 | 저작권명 | 창작일 | 저작자명 | 등록일 | 등록 번호 | 저작권자명 | 기여율 |
|----|-----------------|--------------|-------------|-------------|---------------|--------|-----|
| 1 | 딸기영상의 병해 분류와 탐지 | 2021. 06. 15 | 전북대학교 산학협력단 | 2021. 06.30 | C-2021-026420 | 유첩 이준환 | 100 |



그림 71. 딸기영상의 병해 분류와 탐지 S/W 등록

신기술 지정

| 번호 | 명칭 | 출원일 | 고시일 | 보호 기간 | 지정 번호 |
|----|----|-----|-----|-------|-------|
| | | | | | |

기술 및 제품 인증

| 번호 | 인증 분야 | 인증 기관 | 인증 내용 | | 인증 획득일 | 국가명 |
|----|-------|-------|-------|-------|--------|-----|
| | | | 인증명 | 인증 번호 | | |
| | | | | | | |

표준화

○ 국내 표준

| 번호 | 인증구분 ¹⁾ | 인증여부 ²⁾ | 표준명 | 표준인증기구명 | 제안주체 | 표준종류 ³⁾ | 제안/인증일자 |
|----|--------------------|--------------------|-----|---------|------|--------------------|---------|
| | | | | | | | |

○ 국제 표준

| 번호 | 표준화단계구분 ¹⁾ | 표준명 | 표준기구명 ²⁾ | 표준분과명 | 의장단 활동여부 | 표준특허 추진여부 | 표준개발 방식 ³⁾ | 제안자 | 표준화 번호 | 제안일자 |
|----|-----------------------|-----|---------------------|-------|-------------|--------------|--------------------------|-----|-----------|------|
| | | | | | | | | | | |

[경제적 성과]

□ 시제품 제작

| 번호 | 시제품명 | 출시/제작일 | 제작 업체명 | 설치 장소 | 이용 분야 | 사업화 소요 기간 | 인증기관 (해당 시) | 인증일 (해당 시) |
|----|------|--------|--------|-------|-------|-----------|-------------|------------|
| | | | | | | | | |

□ 기술 실시(이전)

| 번호 | 기술 이전 유형 | 기술 실시 계약명 | 기술 실시 대상 기관 | 기술 실시 발생일 | 기술료 (해당 연도 발생액) | 누적 징수 현황 |
|----|----------|-----------|-------------|-----------|-----------------|----------|
| | | | | | | |

□ 사업화 투자실적

| 번호 | 추가 연구개발 투자 | 설비 투자 | 기타 투자 | 합계 | 투자 자금 성격* |
|----|------------|-------|-------|----|-----------|
| | | | | | |

□ 사업화 현황

| 번호 | 사업화 방식 ¹⁾ | 사업화 형태 ²⁾ | 지역 ³⁾ | 사업화명 | 내용 | 업체명 | 매출액 | | 매출 발생 연도 | 기술 수명 |
|----|----------------------|----------------------|------------------|------|----|-----|---------|---------|----------|-------|
| | | | | | | | 국내 (천원) | 국외 (달러) | | |
| | | | | | | | | | | |

□ 매출 실적(누적)

| 사업화명 | 발생 연도 | 매출액 | | 합계 | 산정 방법 |
|------|-------|--------|--------|----|-------|
| | | 국내(천원) | 국외(달러) | | |
| | | | | | |
| 합계 | | | | | |

□ 사업화 계획 및 무역 수지 개선 효과

| 성과 | | | | |
|--------------------------------|-------------|-------|------|------|
| 사업화 계획 | 사업화 소요기간(년) | 1.5년 | | |
| | 소요예산(천원) | | | |
| | 예상 매출규모(천원) | 현재까지 | 3년 후 | 5년 후 |
| | | - | | |
| | | 단위(%) | 현재까지 | 3년 후 |
| 시장 점유율 | 국내 | - | | |
| | 국외 | - | | |
| 향후 관련기술, 제품을 응용한 타 모델, 제품 개발계획 | | | | |
| 무역 수지 개선 효과(천원) | 수입대체(내수) | 현재 | 3년 후 | 5년 후 |
| | | - | | |
| | 수출 | - | | |

□ 고용 창출

| 순번 | 사업화명 | 사업화 업체 | 고용창출 인원(명) | | 합계 |
|----|--------|---------|------------|-------|----|
| | | | 2020-2021 | yyyy년 | |
| 1 | API 개발 | ㈜에스씨컴퍼니 | 1 | 2020년 | 1 |
| 합계 | | | | | |

4대 사회보험 사업장 가입자 명부

| | | | | | |
|---------|----------------|--------------|------------------|--------------|-------------|
| 발급번호 | 20210906538930 | 발급일시 | 2021-09-06 13:06 | 사업장 관리번호 | 38688016670 |
| 구분 | 국민연금 | 건강보험 | 산재보험 | 고용보험 | |
| 사업자등록번호 | 386-88-01667 | 386-88-01667 | 386-88-01667 | 386-88-01667 | |
| 사업장 명칭 | 주식회사에스씨컴퍼니 | 주식회사에스씨컴퍼니 | 주식회사에스씨컴퍼니 | 주식회사에스씨컴퍼니 | |

■ 가입 내역(발급일자 현재기준)

1 / 2

| 연번 | 주민(외국인) 등록번호 | 성명 | 자격 취득일 | | | |
|----|-----------------|-----|------------|------------|------------|------------|
| | | | 국민연금 | 건강보험 | 산재보험 | 고용보험 |
| 1 | | | 2021.03.05 | 2021.03.05 | 2021.03.05 | 2021.03.05 |
| 2 | | | 2021.04.01 | 2021.04.01 | 2021.04.01 | 2021.04.01 |
| 3 | | 전형기 | 2020.07.01 | 2020.07.01 | 2020.07.01 | 2020.07.01 |
| 4 | | | 2020.04.20 | 2020.04.20 | | |
| 5 | | | 2020.10.19 | 2020.10.19 | 2020.10.19 | 2020.10.19 |
| 6 | | | 2020.11.01 | 2020.11.01 | 2020.11.01 | 2020.11.01 |
| 7 | | | 2020.07.01 | 2020.07.01 | 2020.07.01 | 2020.07.01 |
| 8 | | | 2020.04.20 | 2020.04.20 | 2020.04.20 | 2020.04.20 |

▷ 위 사업장 가입자 명부는 4대 사회보험 정보연계시스템이 국민연금공단 국민건강보험공단 근로복지공단의 가입자 정보를 실시간 연계받아 제공하는 것이며, 발급사실 여부는 발급일로부터 90일까지 4대 사회보험 포털사이트(www.4insure.or.kr)의 [발급사실확인] 메뉴에서 확인 가능합니다.
*정렬한 정보연계서비스 4대 사회보험이 함께 합니다.

□ 고용 효과

| 구분 | | 고용 효과(명) |
|-------|------|----------|
| 고용 효과 | 개발 전 | 연구인력 |
| | | 생산인력 |
| | 개발 후 | 연구인력 |
| | | 생산인력 |

□ 비용 절감(누적)

| 순번 | 사업화명 | 발생연도 | 산정 방법 | 비용 절감액(천원) |
|----|------|------|-------|------------|
| | | | | |
| 합계 | | | | |

□ 경제적 파급 효과

(단위: 천원/년)

| 구분 | 사업화명 | 수입 대체 | 수출 증대 | 매출 증대 | 생산성 향상 | 고용 창출 (인력 양성 수) | 기타 |
|-------|------|-------|-------|-------|--------|--------------------|----|
| 해당 연도 | | | | | | | |
| 기대 목표 | | | | | | | |

□ 산업 지원(기술지도) 증빙서류 별첨

| 순번 | 내용 | 기간 | 참석 대상 | 장소 | 인원 |
|----|--------------------------------------|--------------|-------|--|----|
| 1 | 딸기잎 점무늬 증상 현장기술지원 | 2020. 10. 15 | 농장주인 | 충남 논산시 부적면 탑정리 조00 농가 | 1 |
| 2 | 딸기 흰가루병, 잣빛곰팡이병, 세균무늬병 방제 지도 | 2021. 03.10 | 농장주인 | 경남 하동군 옥정면 위태리 손00 농가 및 경남 진주시 대평면 대평리 정00 농가 | 2 |
| 3 | 딸기 탄저병, 잣빛곰팡이, 꽃곰팡이, 시들음병 방제지도 | 2021.04.02 | 농장주인 | 충북 청주시 일원 | 4 |

(별첨 증빙자료 참조)

□ 기술 무역

(단위: 천원)

| 번호 | 계약 연월 | 계약 기술명 | 계약 업체명 | 계약업체 국가 | 기 징수액 | 총 계약액 | 해당 연도 징수액 | 향후 예정액 | 수출/ 수입 |
|----|-------|--------|--------|------------|-------|-------|--------------|-----------|-----------|
| | | | | | | | | | |

[사회적 성과]

□ 법령 반영

| 번호 | 구분 (법률/시행령) | 활용 구분 (제정/개정) | 명 칭 | 해당 조항 | 시행일 | 관리 부처 | 제정/개정 내용 |
|----|----------------|------------------|-----|-------|-----|-------|-------------|
| | | | | | | | |

□ 정책활용 내용

| 번호 | 구분 (제안/채택) | 정책명 | 관련 기관 (담당 부서) | 활용 연도 | 채택 내용 |
|----|---------------|------------------------------------|------------------------------|-------|-------|
| 1 | 제안 | 위치정보 자동 연계 딸기 병해진단 서비스(앱) 활용 제안 | 국립농업과학원 농공학부 (스마트팜개발과) | 2021 | |

정책자료



| | |
|----------|--|
| 제 목 | 위치정보 자동 연계 딸기 병해 진단 서비스(앱) 활용 제안 |
| 활용 가능 부서 | 농림축산식품부, 농림수산식품교육문화정보원 |
| 건의 분야 | 농업공학 |
| 제안 내용 요약 | <p>○ 제안 배경</p> <ul style="list-style-type: none"> - 친환경 농업생산과 적은 농약 사용을 위한 선제적 병해 방제 기술 필요 - 병해 진단 시스템의 부가적 콘텐츠 부재 - 기존 병해 진단과 방제 처방 시 시각적인 병해 지역별 확산 정보 필요 - 관행적으로 병해전문가에게 병해 진단 요청시 일주일 이상 시간 소요 - 특정 연구소에서의 병해 데이터 수집 시 많은 시간과 비용 소요 <p>○ 제안 내용</p> <ul style="list-style-type: none"> - 딸기를 재배하는 도시농업을 희망하는 일반 국민, 귀농인 및 초보 영농인들을 위한 딸기 병해진단 및 전문가 도구 서비스(앱) 활용 제안 - 2세대 스마트팜 요소기술 서비스로 병해 정보 제공 및 농업분야의 인공지능 활용 융복합모델 서비스 제안 - 딸기 병해진단 및 전문가 도구 서비스 <ul style="list-style-type: none"> · 위치정보를 활용한 인공지능 딸기 병해 진단 서비스(일반사용자) · 딸기 병해 영상 정보학습 편집도구와 전문가 진단 시스템(병해전문가) · 딸기 병해 취득 위치정보와 연계한 영상을 시학습용 빅데이터로 활용 <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">   </div> <p style="text-align: center;">위치정보연계 딸기 병해진단 서비스 전문가용 병해진단 주석 편집기</p> <p>○ 활용 분야</p> <ul style="list-style-type: none"> - 위치정보를 활용한 2세대 스마트팜 요소기술 서비스로 적용 - 사용자 민감정보를 배제하고, 작물 병해 데이터 수집 서비스로 활용 - 농정원의 ICT융복합 확산 사업에 어플리케이션 활용 반영 |
| 연구개발자 | 농촌진흥청 국립농업과학원 스마트팜개발과 백정현 |

그림 72. 위치정보 자동 연계 딸기 병해진단 서비스(앱) 활용 제안

설계 기준/설명서(시방서)/지침/안내서에 반영

| 번호 | 구분 (설계 기준/설명서/지침/안내서) | 활용 구분 (신규/개선) | 설계 기준/설명서/ 지침/안내서 명칭 | 반영일 | 반영 내용 |
|----|--------------------------|------------------|-------------------------|-----|-------|
| | | | | | |

전문 연구 인력 양성

| 번호 | 분류 | 기준 연도 | 현황 | | | | | | | | | | |
|----|-----------|-------|-----|----|----|----|----|---|-----|-----|-----|-----|----|
| | | | 학위별 | | | | 성별 | | 지역별 | | | | |
| | | | 박사 | 석사 | 학사 | 기타 | 남 | 여 | 수도권 | 충청권 | 영남권 | 호남권 | 기타 |
| 1 | 인공지능 인력양성 | 2021 | 2 | 5 | - | - | 7 | - | - | - | - | 7 | - |

산업 기술 인력 양성

| 번호 | 프로그램명 | 프로그램 내용 | 교육 기관 | 교육 개최 횟수 | 총 교육 시간 | 총 교육 인원 |
|----|-------|---------|-------|----------|---------|---------|
| | | | | | | |

다른 국가연구개발사업에의 활용

| 번호 | 중앙행정기관명 | 사업명 | 연구개발과제명 | 연구책임자 | 연구개발비 |
|----|---------|-----|---------|-------|-------|
| | | | | | |

국제화 협력성과

| 번호 | 구분 (유치/파견) | 기간 | 국가 | 학위 | 전공 | 내용 |
|----|---------------|----|----|----|----|----|
| | | | | | | |

홍보 실적

| 번호 | 홍보 유형 | 매체명 | 제목 | 홍보일 |
|----|-------|-----|----|-----|
| | | | | |

포상 및 수상 실적

| 번호 | 종류 | 포상명 | 포상 내용 | 포상 대상 | 포상일 | 포상 기관 |
|----|----|-----|-------|-------|-----|-------|
| | | | | | | |

[인프라 성과]

연구시설·장비

| 구축기관 | 연구시설/ 연구장비명 | 규격 (모델명) | 개발여부 (○/×) | 연구시설·장비 종합정보시스템* 등록여부 | 연구시설·장비 종합정보시스템* 등록번호 | 구축일자 (YY.MM.DD) | 구축비용 (천원) | 비고 (설치 장소) |
|------|----------------|-------------|---------------|-----------------------------|-----------------------------|--------------------|--------------|---------------|
| | | | | | | | | |

[그 밖의 성과]

- 딸기 병해영상 확보 과제목표인 병해(흰가루병, 탄저병, 꽃곰팡이, 뱀눈무늬병, 세균모무늬병, 잿빛곰팡이)포함 약 8900장(추가 3,500장 포함) 병해 영상 확보

(4) 계획하지 않은 성과 및 관련 분야 기여사항

- “딥러닝을 위한 농업 데이터의 레이블링 방법” 기술 교육 자료 작성(별첨)

2) 목표 달성 수준

| 추진 목표 | 달성 내용 | 달성도(%) |
|--|---|--------|
| 다양한 환경에서의 병해영상 분석 기 적응성/정확성 여부 - 3개소 이상, 6개 질병(잿빛곰 팡이, 흰가루병(과일, 잎), 탄저 병, 세균모무늬병, 뱀눈무늬병, 꽃 곰팡이병) 평균 정확도 88% - 데이터 취득 6개 이상 온실(유 리, 비닐)이상을 대상 - 학습을 위한 추가 데이터 2,000장 이상 확보 | - 3개소 이상, 6개 질병 평균정확도 92%이상 달성 - 데이터 취득 6개 온실(유리, 비닐)이상 약 8900장(추가 3,500장 포함) 병해 영상 확보 - 정확성이 요구되는 2단계 Faster R-CNN 모 델, 속응성이 요구되는 YOLO v.5 모델, 정확성 및 ROI 모드와 unknown 식별을 위한 Faster R-CNN 및 DML 분류 모델 개발 - 모든 모델에서 모두 90% 상회하는 정확성 및 다양한 응용 모델이 가능하게 개발함 | 100 |

| | | |
|---|--|------------|
| <p>웹 기반 주석 편집기 등의 학습보조 SW의 편의성 확보</p> <ul style="list-style-type: none"> - 주석 편집기는 작물 전문가 편의성 확보 | <p>웹 환경에서 PC 또는 모바일 단말기에서 전문가용 주석편집 SW 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> - 클라우드 DB의 병해영상 주석 작업가능 - 작업된 데이터는 Jason 파일로 저장 학습에 활용 | <p>100</p> |
| <p>모바일 데이터 취득 장치의 편의성 확보</p> | <p>반응형 앱을 이용한 사용자 친화적 GUI개발</p> <ul style="list-style-type: none"> - 위치기반 데이터 취득 가능 - 일괄 데이터 업로드 가능 | <p>100</p> |
| <p>모바일 웹 기반 병해진단 시스템의 편의성/현실성</p> <ul style="list-style-type: none"> - 비전문가 사용자 편의성 - 작물 전문가 활용 편의성 | <p>모바일 웹 기반 병해 진단실증으로 가능성 확인</p> <ul style="list-style-type: none"> - 클라우드 시스템의 API 개발 추론엔진, GUI, DB 시스템 연계 - 사용자 농진청 '농사로' 연계 서비스 가능 - 전문가 데이터 취득 및 주석 작업 가능 | <p>100</p> |
| <p>클라우드 시스템 전문가 교육 정도</p> <ul style="list-style-type: none"> - 작물 전문가의 클라우드 시스템 활용 학습 엔진 이해 및 판독기 사용 가능 | <p>온라인 교육 2회 및 4차례 이상 전체 및 소그룹 과제협의를 통해 직접 및 간접교육</p> <ul style="list-style-type: none"> - 웹 인터페이스를 통해 클라우드 시스템 접속 및 활용 가능 - 영상취득, 주석편집 방법, 딥러닝 활용방법 교육 | <p>100</p> |

4. 목표 미달 시 원인분석

1) 목표 미달 원인(사유) 자체분석 내용

2) 자체 보완활동

3) 연구개발 과정의 성실성

5. 연구개발성과의 관련 분야에 대한 기여 정도

본 연구개발 성과의 관련 분야 기여 정도는 크게 **학술적인 측면**과 **실용적인 측면**으로 나누어 볼 수 있다.

1) 학술적 측면의 기여

가) 다양한 인공지능기반 딸기 병해판독 모델개발

- 판독의 정확성이 요구되며 판독시간이 중요하지 않은 경우는 2단계의 Faster R-CNN 객체검출 모델을 활용하고 PlantNet과 같은 domain knowledge가 포함된 데이터로 선행 학습함이 바람직하며, 판독의 속응성을 요구하는 경우 1단계 객체검출모델의 최상위버전인 YOLO v.5를 활용하고 정확성을 위해 ensemble 등 다양한 기법을 활용하는 것이 바람직하며, ROI 모드 또는 unknown 등의 검출을 병행하고 정확성을 향상하기 위해서는 1단계 Faster R-CNN과 2단계 DML 분류모델을 개발 제안함
- 이들 모델 모두 목표한 88% 정확도를 달성하였으며 실시간성을 요구하는 경우는 YOLO v.5를 축약한 모델을 적용하고, 클라우드 기반의 AlaaS의 경우는 2단계 Faster R-CNN이나 1단 Faster R-CNN/2단 DML 분류모델이 적합함
- 한편 로봇 장착 실시간 예찰의 경우는 1단 Faster R-CNN 또는 YOLO 계열의 검출모델이 적절하며 검출 문턱치를 낮추어 재현율을 올리는 것이 바람직함
- 이러한 모델들 중 일부는 국제학회지에 게재하였으며, unknown 처리 문제는 국제학회지 논문 준비 중에 있음. 뿐만 아니라 데이터가 부족할 경우 적용하는 few-shot모델을 검토하여 특허를 출원하였고, 식물병해 분류에 meta-learning 개념의 도입 필요성을 학술대회 논문으로 발표함

나) 딸기 병해영상 데이터 취득 및 학습데이터 구축

- 과제에서 목표한 6개 질병(잣빛곰팡이, 흰가루병(과일, 잎), 탄저병, 세균모무늬병, 뱀눈무늬병, 꽃곰팡이병)을 포함하여 병해영상 약 8,900여장을 확보하였으며, 바운딩 박스 주석 작업 후 학습에 활용하였음. 이들 영상은 추후 타 질병들을 보완하여 다양한 딸기 병해 검출학습 연구에 활용될 수 있는 자산임
- 뿐만 아니라 효율적인 학습을 위한 병해영상 촬영방법, 객체의 형태에 따른 주석 부여방법 등의 노하우를 얻어 그 일부는 보고서 부록을 통해 공유되었음

2) 실용적 측면의 기여

가) 클라우드 기반 AlaaS 프로세스 실증

- 본 연구를 통해 클라우드 기반 AlaaS로서 스마트팜 내의 식물 병해판독 시스템 구축과 서비스를 위한 프로세스가 구축되고 검증됨으로써 토마토 등의 타 작물 서비스도 쉽게 확장 적용할 수 있게 되었음. 즉 클라우드 AlaaS를 가능하게 하는 API를 개발 이를 활용하여 인공지능 추론엔진과 DB, 사용자/전문가 UI가 연결되기 때문에 이들을 변경하면 바로 다른 작물에 활용 동일한 서비스가 구축될 수 있음
- 타 작물에 적용할 경우는 인터넷 검색 등 다양한 소스로 부터 데이터를 확보할 수 있으나 본 연구에서와 같이 작물전문가의 검증이 필요하며, 본 연구는 이러한 개발과정을 실증적으로 보여줌 (*참고로 잘못된 라벨링은 딥러닝에서 다른 기계학습 모델에 비해 매우 심각한 문제를 야기 시킬 수 있기 때문에 반드시 작물 전문가의 검증이 필요함)

나) 병해판독 인동지능 시스템 및 서비스 개발 플랫폼 완성

- 클라우드 DB와 단말기 GUI, 병해판독 추론 엔진 등 모든 구성 요소들이 웹 환경을 통해 통합되어 있어 확장성이 용이함
- 반응형 앱을 통해 PC, 모바일 등의 다양한 기기 및 동작환경에서 모두 클라우드를 통한 시스템 과 서비스 개발에 편리하게 참여할 수 있음
- 영상취득으로부터 병해판독까지의 반응시간 등을 영상의 크기 등을 변화하며 검토하여 추후 시스템 안정화와 실용화에 반영할 수 있는 연구를 수행. 또한 위치정보와 연동하여 병해 발생의 지역적 추이 등을 파악할 수 있으며, 상위시스템인 농진청 ‘농사로’ 등과 연계 서비스가 가능하게 구성함
- 한편 본 연구는 병해영상 만을 기반으로 판독하였으나 본 플랫폼에 온실재의 다양한 환경정보, 양액정보 등을 포함하면 더욱 정확도를 높일 수 있을 것으로 기대되며 이런 추가적인 정보를 이용한 정확도 향상방안은 본 연구결과로부터 발생한 특허출원에도 반영되어 있음

6. 연구개발성과의 관리 및 활용 계획

본 연구개발의 학술적인 성과와 실용적인 성과의 관리계획은 지속적인 논문연구와 사업화 분야 발굴 및 추진으로 다음과 같다.

1) 학술적인 성과의 활용계획

가) 논문 게재

- 본 연구에서는 이미 국제학회 논문 1편, 국내학술대회 논문 2편을 제출하였으나 이후 연구된 결과는 향후 추가로 논문게재를 예정하고 있음
- 본 연구를 통해 얻은 DML 분류를 통한 unknown 처리방식 등은 현재 국제학술지 논문 작업 중에 있으며, 2021년 하반기 이후 논문게재를 시도할 예정임
- 뿐만 아니라 incremental learning을 통한 식물 질병분류 역시 현재 국내 학술대회 논문을 제출중이며 2021년 하반기 발표할 예정임

나) 특허 등록

- 본 연구 수행기간 중에 이미 2건의 특허를 출원한 바 있으며, 추후 특허 등록을 위해 지속적으로 노력할 예정

2) 실용적인 성과의 활용계획

- 본 연구를 통해 클라우드 시스템을 활용한 다양한 서비스 중 하나로 딸기 작물 병해영상 판독 시스템 개발 및 전문가를 활용한 서비스와 데이터의 축적이 가능해 졌음. 작물의 병해 영상데이터를 분석하여 결과만 도출하는 서비스에서 데이터 축적 및 전처리된 데이터를 활용하여 타 연구 분야에 필요한 데이터를 공급할 수 있는 플랫폼이 구성된 것임
- 또한 인공지능 플랫폼이 진화하여, 목적에 맞는 엔진이 엣지(edge) 시스템으로 변화하고 있기에, 모바일 단말기의 stand-alone 형태의 실용적인 병해영상 판독 인공지능 서비스 개발이 가능할 것으로 기대함. 또한 포털 사이트 형식의 기존 온실 데이터와 연계하는 통합데이터베이스에 데이터를 저장할 수 있도록 하여, 스마트팜을 구성하는 요소기술 시스템 이용·활용성과 확산 기반을 구축함
- 현장에 종사하는 농업인에게는 병해진단 포털을 통해 병해 대응 소요비용을 절감할 수 있으며, 관련 서비스 업체는 REST API 기반의 병해진단 시스템 및 데이터를 활용하여 농가 현장의 데이터 취득 및 병해진단 모델을 개선하는데 도움이 될 수 있을 것임
- 본 연구는 구체적인 성과활용 계획은 현 단계에서 고려하고 있지 않으나 공동연구기관들과 협의를 통해 사업화를 위한 시제품으로는 다음과 같은 품목들을 고려할 수 있으며, 사업화 할 수 있는 준비가 완료됨
- 병해충 판독 모바일 앱 개발
모바일 기기에 비교적 가벼운 YOLO 버전 모델 또는 Faster R-CNN 모델 적용 PLANTIX 앱과 PlantVillage Nuru 앱과 같이 stand-alone 방식의 딸기 병해충 판독 모바일 앱 개발 가능
- 모바일 로봇 시스템을 통한 병해충 예찰 시스템
스마트팜 내에서 카메라의 각도와 위치를 달리하며 순회하는 로봇시스템을 구성하고 병해영상을 취득하고 로봇장착 embedded 보드 등을 통해 병해충을 예찰하거나 녹화 후 농장내의 컴퓨터를 활용 off-line으로 병해충 예찰할 수 있는 시스템
- 클라우드 기반의 AIaaS

본 연구에서 지향한 여러 농장을 웹 기반의 클라우드 서비스 시스템에 연결하고 데이터 수집과 서비스를 동시에 달성할 수 있는 시스템이 가능함

- 실용화 단계에서는 농가보급을 위한 사진 촬영기법 및 서비스 수혜방법 매뉴얼 작성이 필요하며 일단 다양한 시범 서비스로 데이터 수집을 보강하며 시스템을 안정화 시켜 상업 서비스로 연계되어야 함

< 연구개발성과 활용계획표 >

| 구분(정량 및 정성적 성과 항목) | | 연구개발 종료 후 5년 이내 | |
|---------------------|-------|-----------------|---|
| 국외논문 | SCIE | 1편(2022) | |
| | 비SCIE | 0 | |
| | 계 | 1편 | |
| 국내논문 | SCIE | 0 | |
| | 비SCIE | 1편(2021) | |
| | 계 | 1편 | |
| 특허출원 | 국내 | 0 | |
| | 국외 | 0 | |
| | 계 | 0 | |
| 특허등록 | 국내 | 2건(2022) | |
| | 국외 | 0 | |
| | 계 | 0 | |
| 인력양성 | 학사 | 0 | |
| | 석사 | 0 | |
| | 박사 | 0 | |
| | 계 | 0 | |
| 사업화 | 상품출시 | 0 | |
| | 기술이전 | 1건(2022) | |
| | 공정개발 | 0 | |
| 제품개발 | 시제품개발 | 0 | |
| 비임상시험 실시 | | 0 | |
| 임상시험 실시 (IND 승인) | 의약품 | 1상 | 0 |
| | | 2상 | 0 |
| | | 3상 | 0 |
| | 의료기기 | 0 | |
| 진료지침개발 | | 0 | |
| 신의료기술개발 | | 0 | |
| 성과홍보 | | 0 | |
| 포상 및 수상실적 | | 0 | |
| 정성적 성과 주요 내용 | | 0 | |

< 별첨 자료 >

| 중앙행정기관 요구사항 | 별첨 자료 |
|-------------|--|
| 1. | 1) 자체평가의견서 2) 연구 성과 활용계획서 |
| 2. | 1) 참고문헌 2) 딸기 병해진단 스크린 샷 3) 딥러닝을 위한 농업데이터 레이블링 방법 4) 국립원에 특작과학원 기술지도 증빙자료 |

참고 문헌

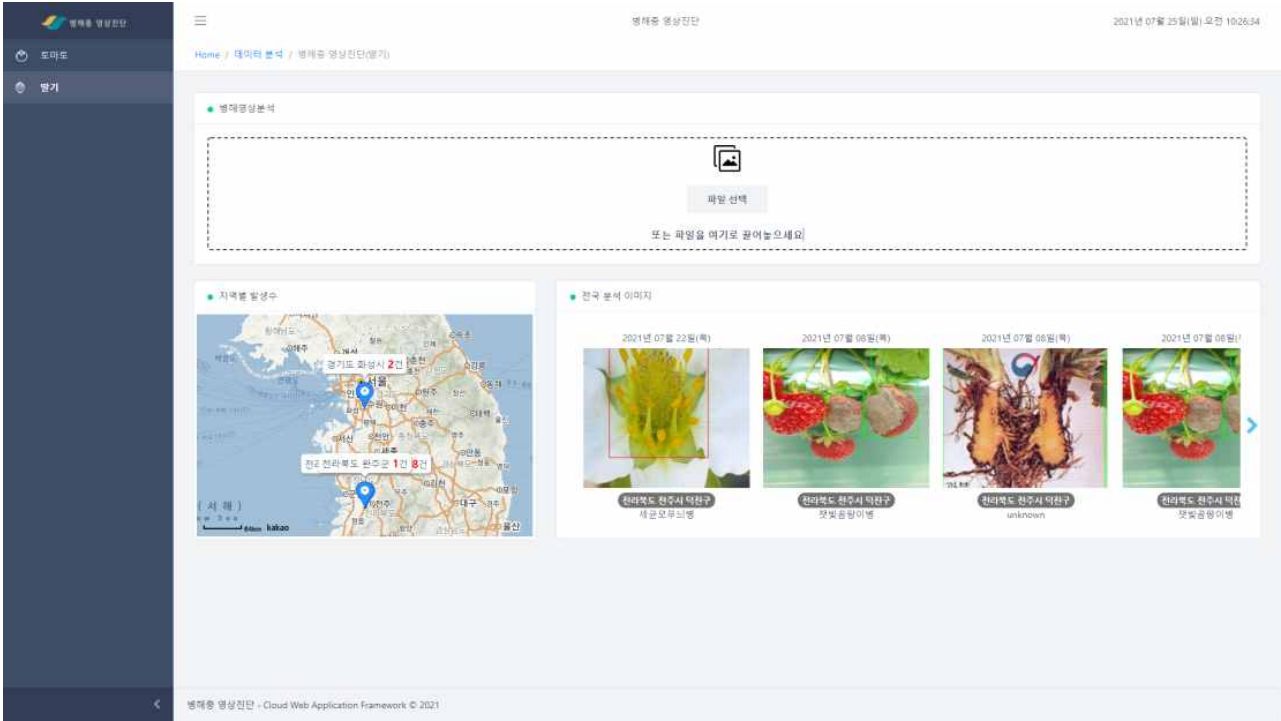
- [1] Byongjun Kim, You-Kyoung Han, Jong-Han Park, and Joonwhioan Lee, "Improved Vision-Based Detection of Strawberry Diseases Using Deep Neural Network," *frontiers in Plant Science*, vol. 11, Jan. 2021.
- [2] Ferentinos, Konstantinos P. "Deep learning models for plant disease detection and diagnosis." *Computers and Electronics in Agriculture* 145 (2018): 311-318.
- [3] Hughes, D. P., and Salathé, M. (2015). An open access repository of images on plant health to enable the development of mobile disease diagnostics. *arXiv:1511.08060*
- [4] Ramcharan, A., Baranowski, K., McCloskey, P., Ahmed, B., Legg, J., & Hughes, D. P. (2017). Deep learning for image-based cassava disease detection. *Frontiers in plant science*, 8, 1852.
- [5] Sladojevic, S., Arsenovic, M., Anderla, A., Culibrk, D., & Stefanovic, D. (2016). Deep neural networks based recognition of plant diseases by leaf image classification. *Computational intelligence and neuroscience*, 2016.
- [6] Cruz, A. C., Luvisi, A., De Bellis, L., & Ampatzidis, Y. (2017). X-FIDO: An effective application for detecting olive quick decline syndrome with deep learning and data fusion. *Frontiers in plant science*, 8, 1741.
- [7] Mohanty, S. P., Hughes, D. P., & Salathé, M. (2016). Using deep learning for image-based plant disease detection. *Frontiers in plant science*, 7, 1419.
- [8] Barbedo, J. G. A. (2018). Impact of dataset size and variety on the effectiveness of deep learning and transfer learning for plant disease classification. *Computers and electronics in agriculture*, 153, 46-53.
- [9] Too, E. C., Yujian, L., Njuki, S., & Yingchun, L. (2019). A comparative study of fine-tuning deep learning models for plant disease identification. *Computers and Electronics in Agriculture*, 161, 272-279.
- [10] Brahimi, M., Boukhalfa, K., & Moussaoui, A. (2017). Deep learning for tomato diseases: classification and symptoms visualization. *Applied Artificial Intelligence*, 31(4), 299-315.
- [11] Ramcharan, A., McCloskey, P., Baranowski, K., Mbilinyi, N., Mrisho, L., Ndalaha, M., & Hughes, D. P. (2019). A mobile-based deep learning model for cassava disease diagnosis. *Frontiers in plant science*, 10, 272.
- [12] Kawasaki, Y., Uga, H., Kagiwada, S., & Iyatomi, H. (2015, December). Basic study of automated diagnosis of viral plant diseases using convolutional neural networks. *In International Symposium on Visual Computing* (pp. 638-645). Springer, Cham.
- [13] Liu, B., Zhang, Y., He, D., & Li, Y. (2018). Identification of apple leaf diseases based on deep convolutional neural networks. *Symmetry*, 10(1), 11.
- [14] Zhao, Z. Q., Zheng, P., Xu, S. T., & Wu, X. (2019). Object detection with deep learning: A review. *IEEE transactions on neural networks and learning systems*, 30(11), 3212-3232.

- [15] You, J., & Lee, J. (2020). An offline mobile diagnosis system for citrus pests and diseases using deep compression neural network. *IET Computer Vision*.
- [16] Girshick, R. (2015). Fast R-CNN. *In Proceedings of the IEEE international conference on computer vision* (pp. 1440-1448).
- [17] Ren, S., He, K., Girshick, R., & Sun, J. (2015). Faster R-cnn: Towards real-time object detection with region proposal networks. *In Advances in neural information processing systems* (pp. 91-99).
- [18] Lin, T. Y., Dollár, P., Girshick, R., He, K., Hariharan, B., & Belongie, S. (2017). Feature pyramid networks for object detection. *In Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition* (pp. 2117-2125).
- [19] Chuanxing Geng, Sheng-jun Huang, Songcan Chen, "Recent Advances in Open Set Recognition: Survey," <https://arxiv.org/abs/1811.08581> IEEE TPAMI, 2020.
- [20] <https://alexeyab84.medium.com/scaled-yolo-v4-is-the-best-neural-network-for-object-detection-on-ms-coco-dataset-39dfa22fa982>
- [21] <https://hoya012.github.io/blog/yolov4/>
- [22] Joly, Alexis, et al. "Lifeclef 2017 lab overview: multimedia species identification challenges." International Conference of the Cross-Language Evaluation Forum for European Languages. Springer, Cham, 2017.
- [23] Fehérvári, István, and Srikar Appalaraju. "Scalable logo recognition using proxies." *2019 IEEE Winter Conference on Applications of Computer Vision (WACV)*. IEEE, 2019.
- [24] Bastan, Muhammet, et al. "Large scale open-set deep logo detection." *arXiv preprint arXiv:1911.07440* (2019).
- [25] Tüzkö, Andras, et al. "Open set logo detection and retrieval." *arXiv preprint arXiv:1710.10891* (2017).
- [26] Schroff, Florian, Dmitry Kalenichenko, and James Philbin. "Facenet: A unified embedding for face recognition and clustering." *Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition*. 2015.
- [27] Manandhar, Dipu, Muhammet Bastan, and Kim-Hui Yap. "Semantic granularity metric learning for visual search." *Journal of Visual Communication and Image Representation* 72 (2020): 102871.

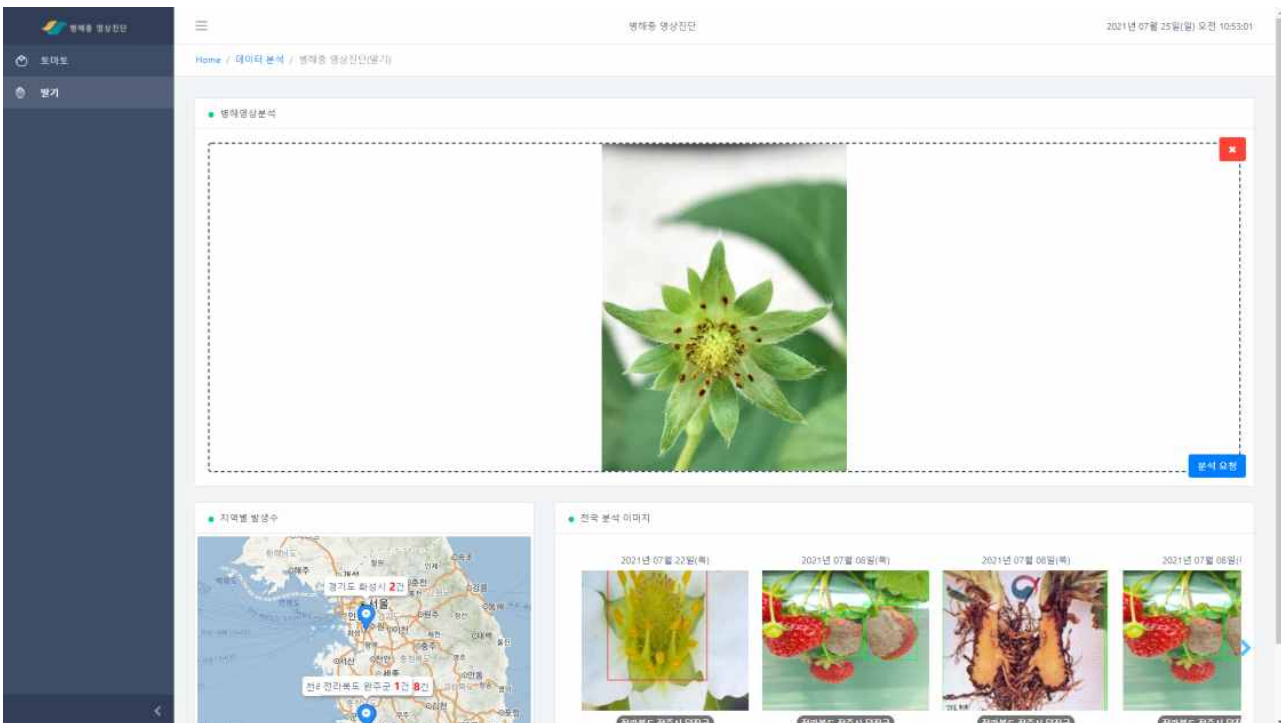
딸기 병해진단 스크린 샷

1.1. 꽃곰팡이병(1)

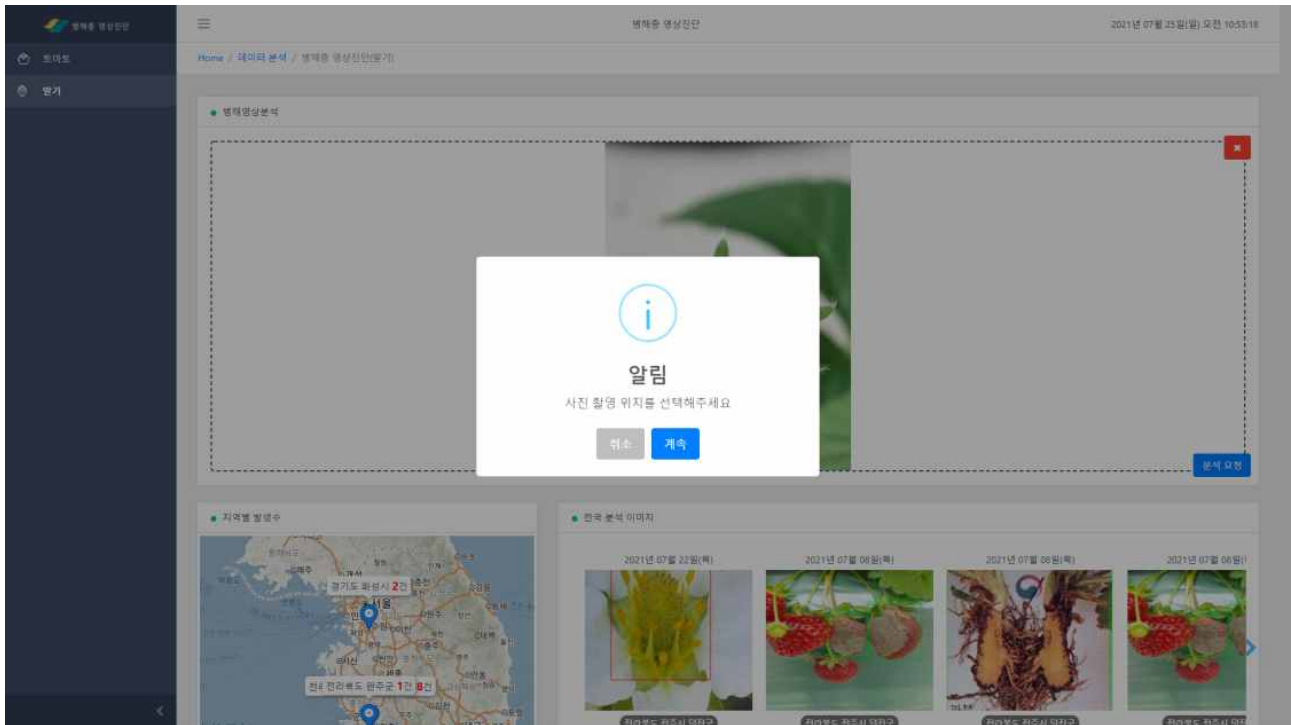
1.1.1. 영상 업로드 전 화면



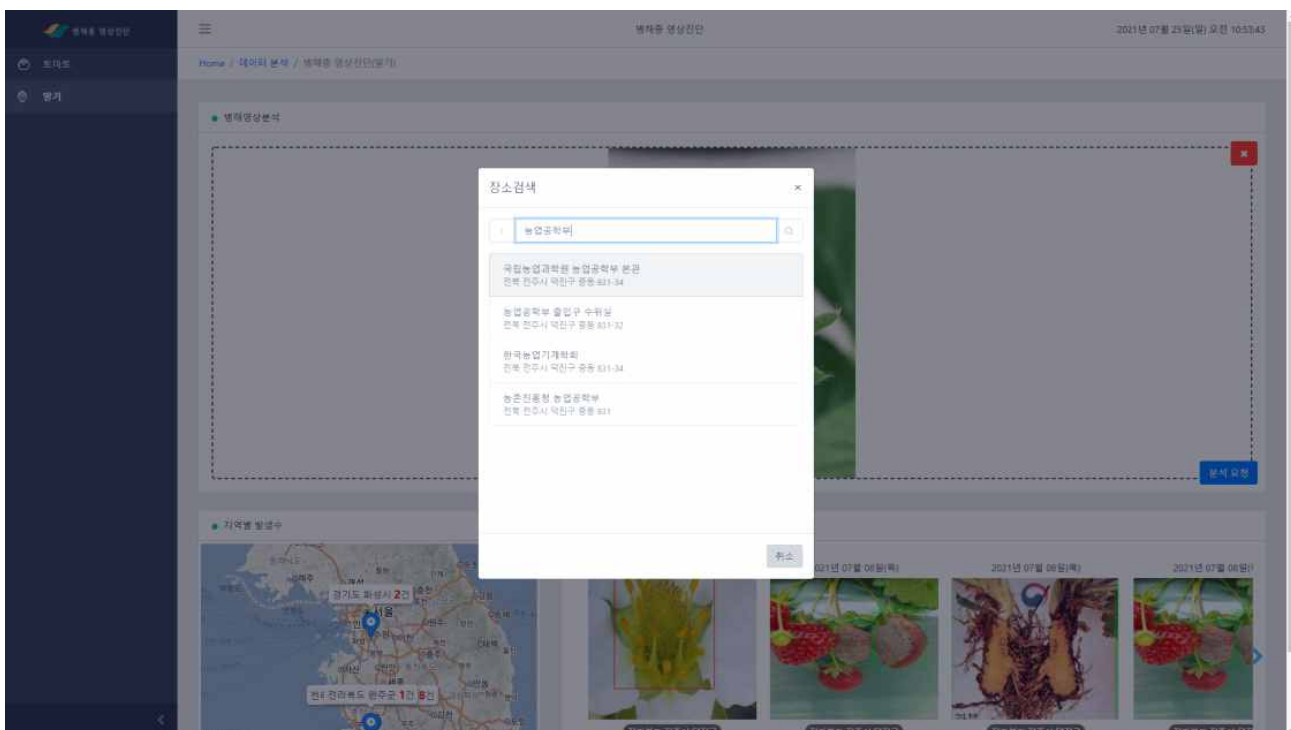
1.1.2. 영상 업로드 화면



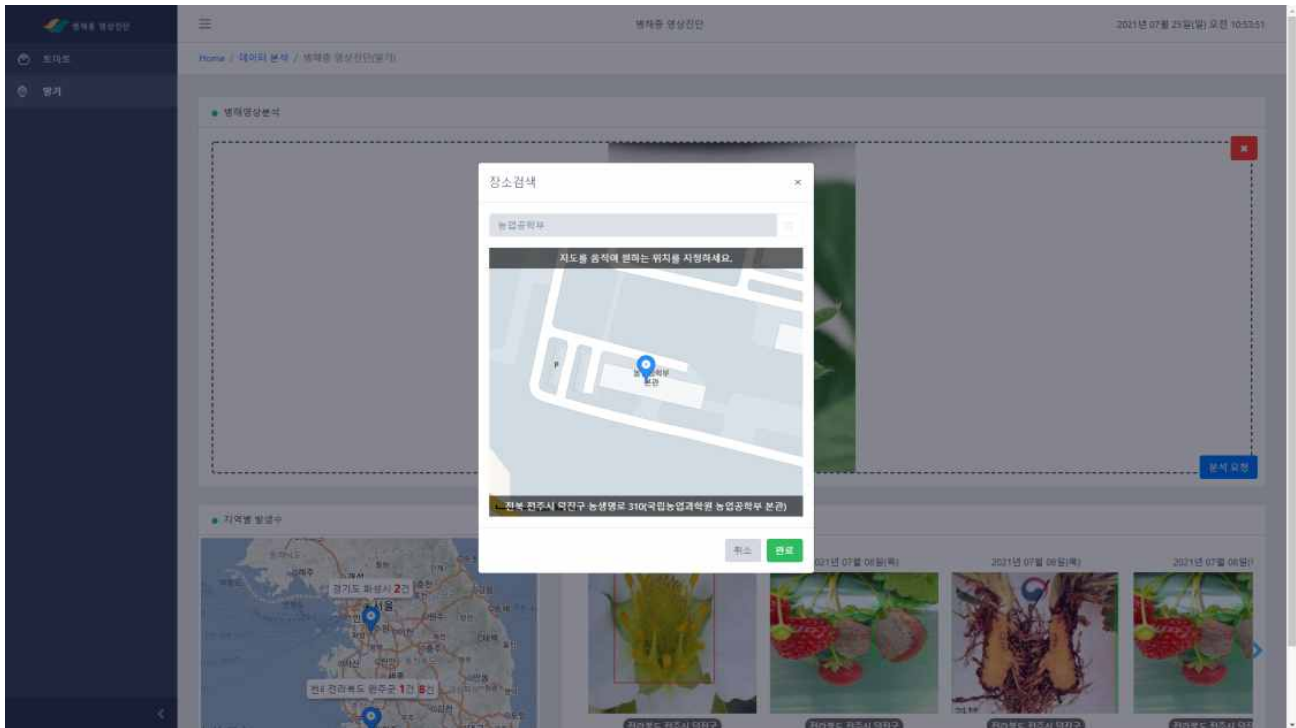
1.1.3. 업로드 전 촬영 위치 선택 알림창



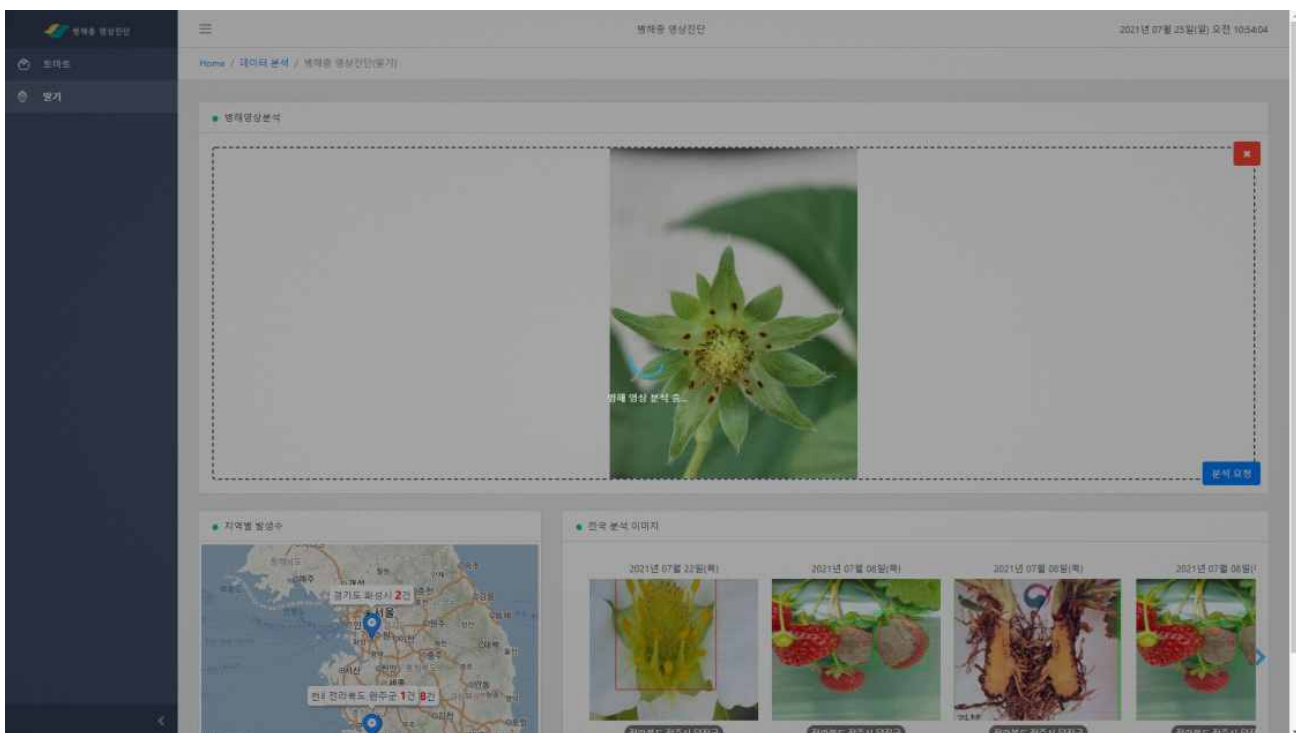
1.1.4. 촬영 위치 검색 화면



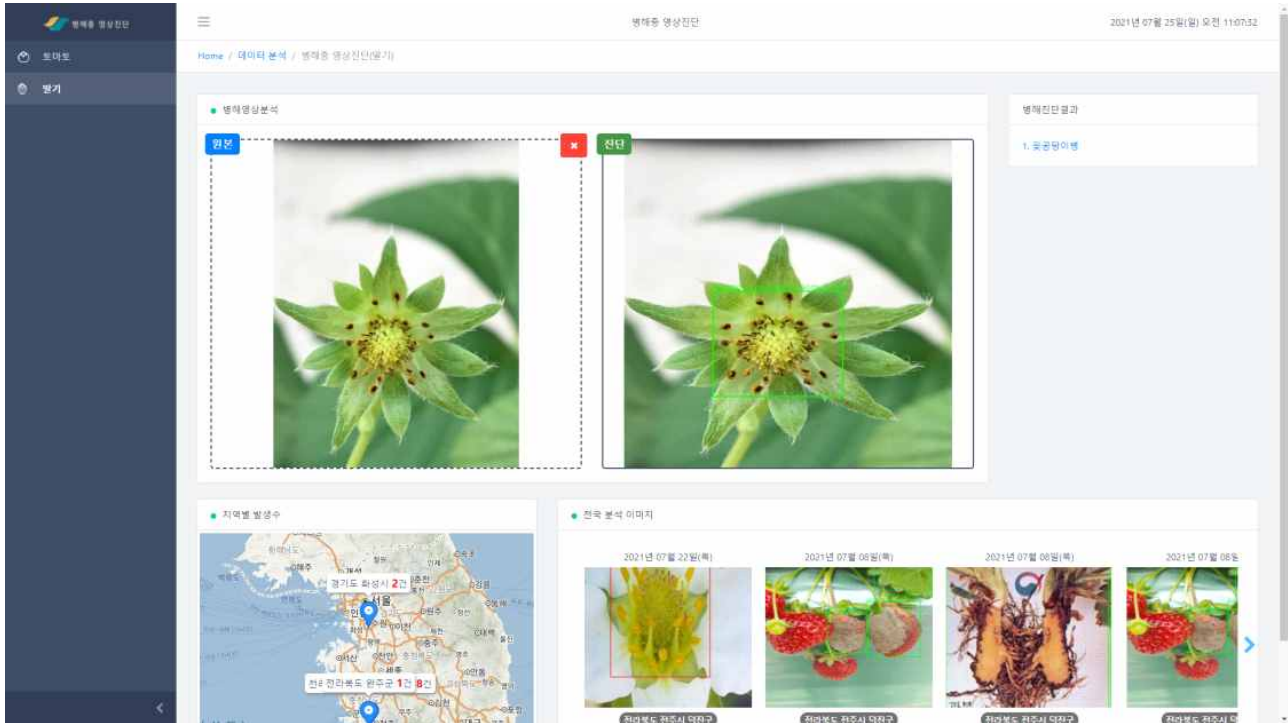
1.1.5. 촬영 위치 선택 화면



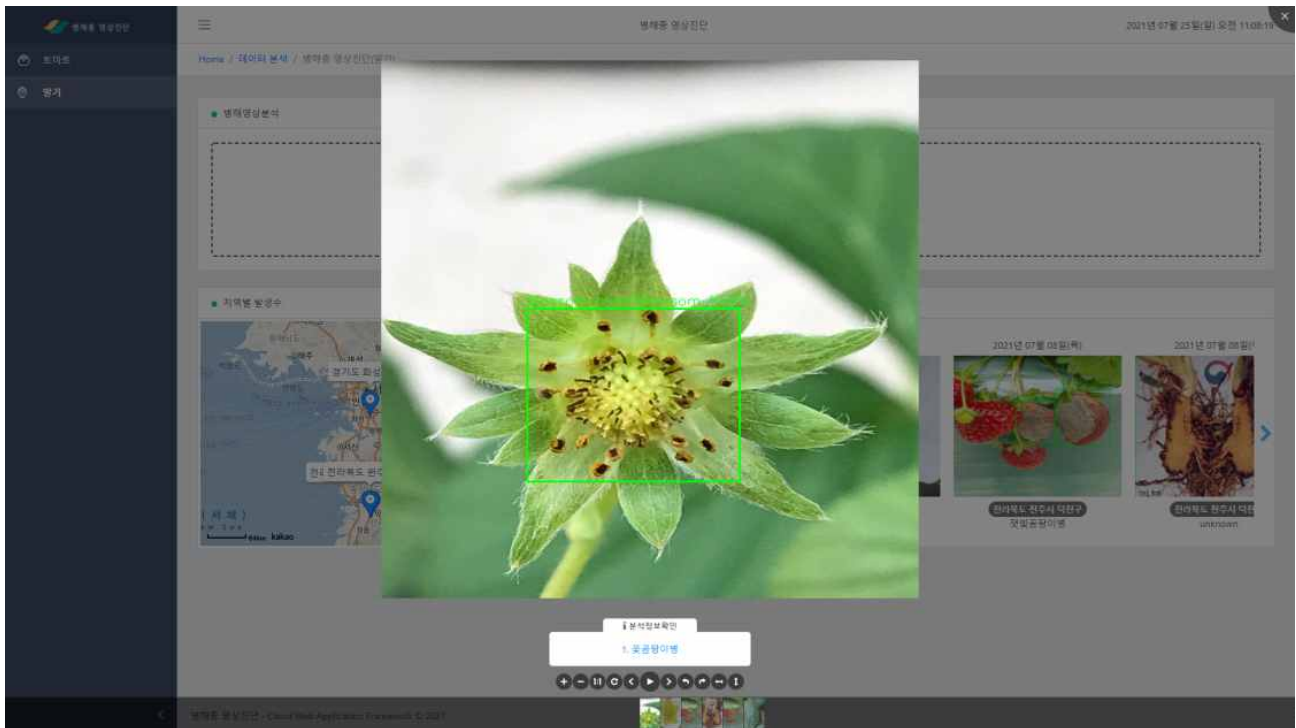
1.1.6. 영상 업로드 후 영상 분석 진행 화면



1.1.7. 영상 분석 결과 화면(1)

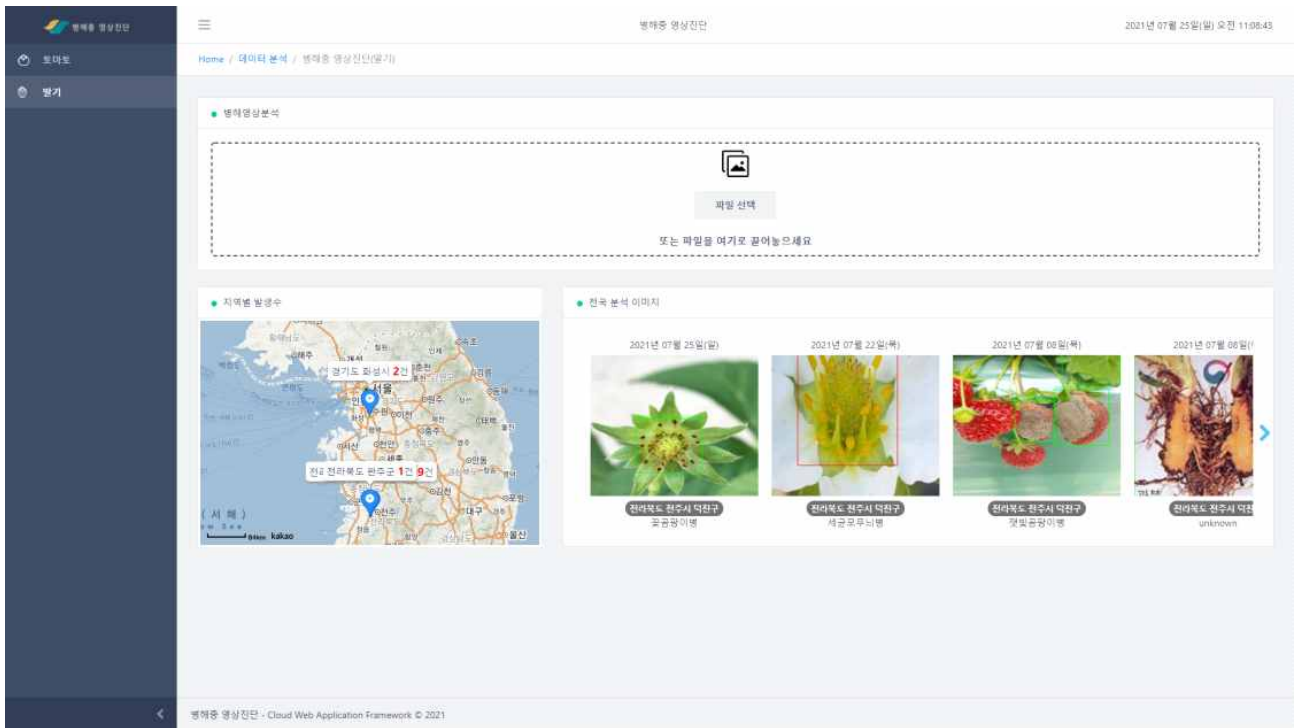


1.1.8. 영상 분석 결과 화면(2)

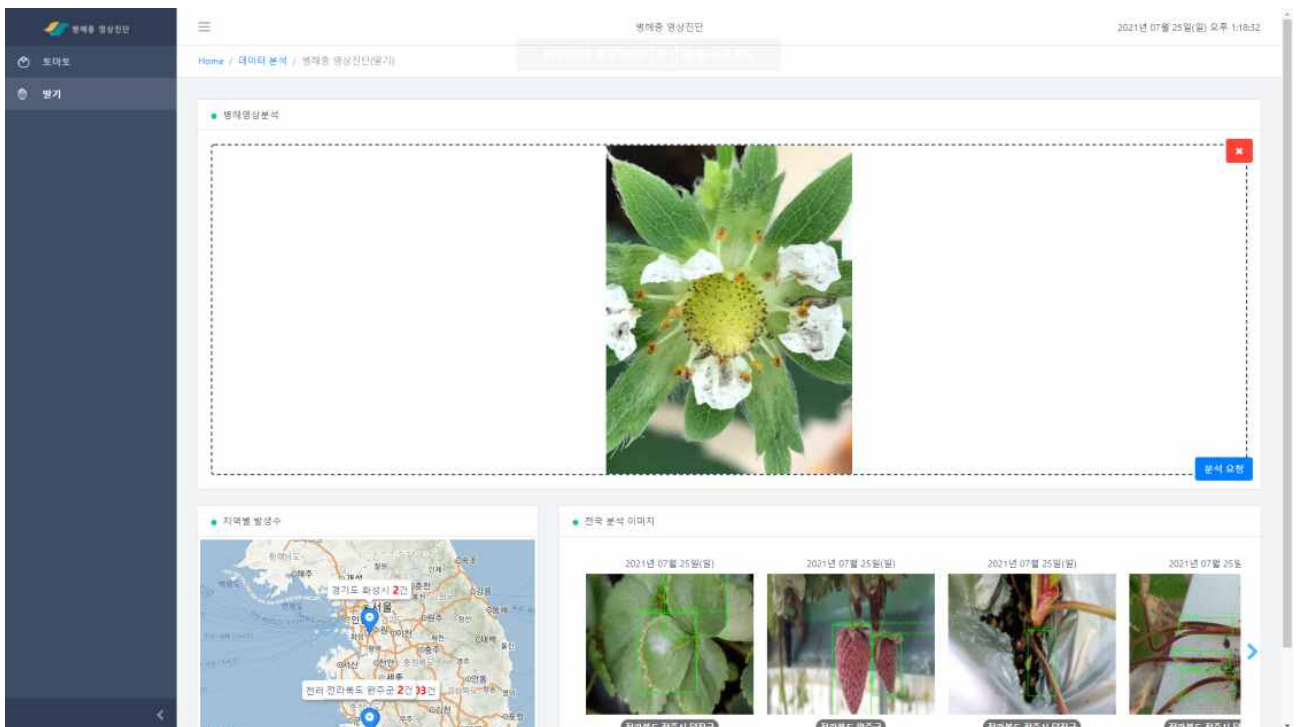


1.2. 꽃곰팡이병(2)

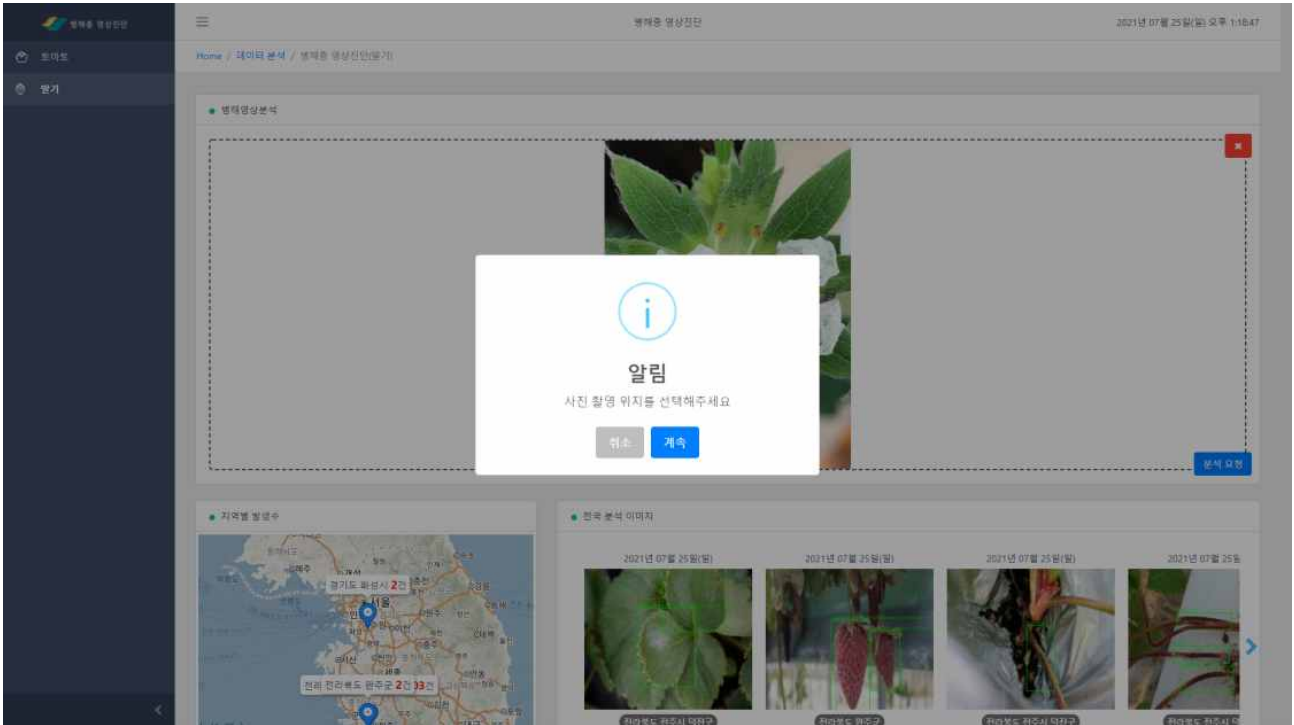
1.2.1. 영상 업로드 전 화면



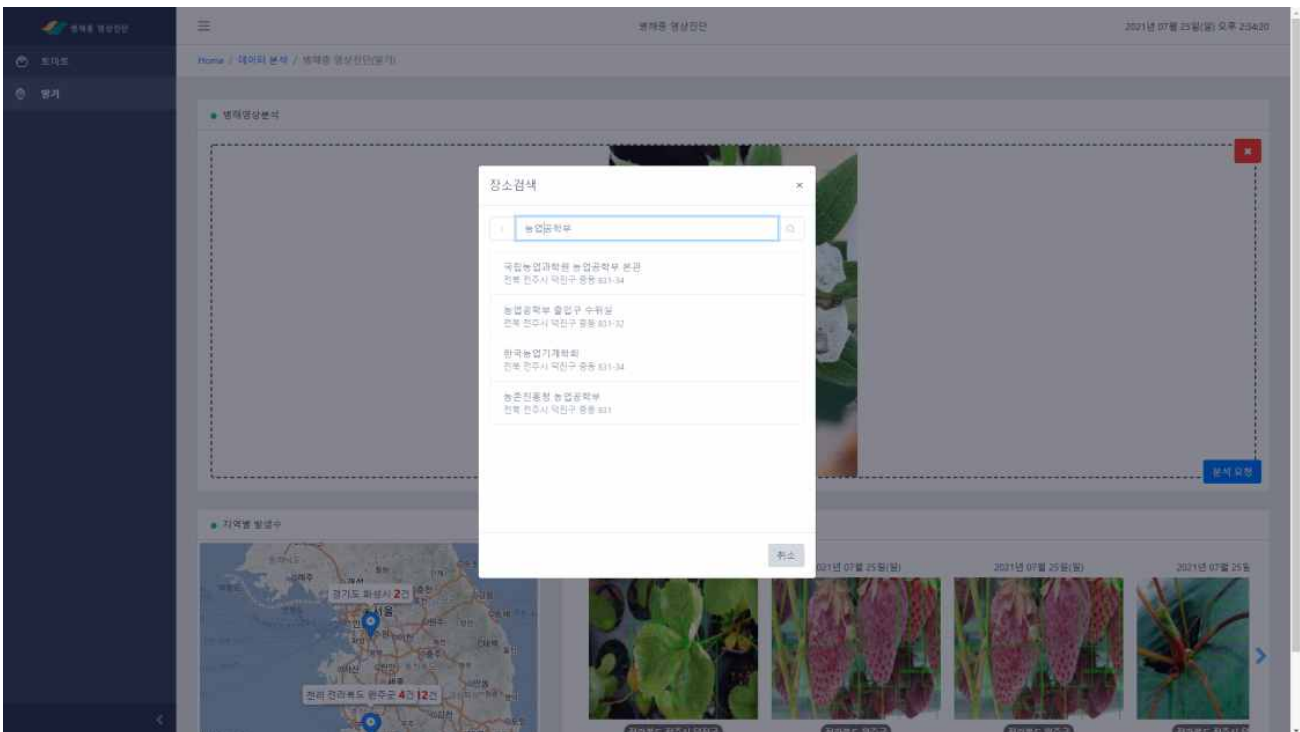
1.2.2. 영상 업로드 화면



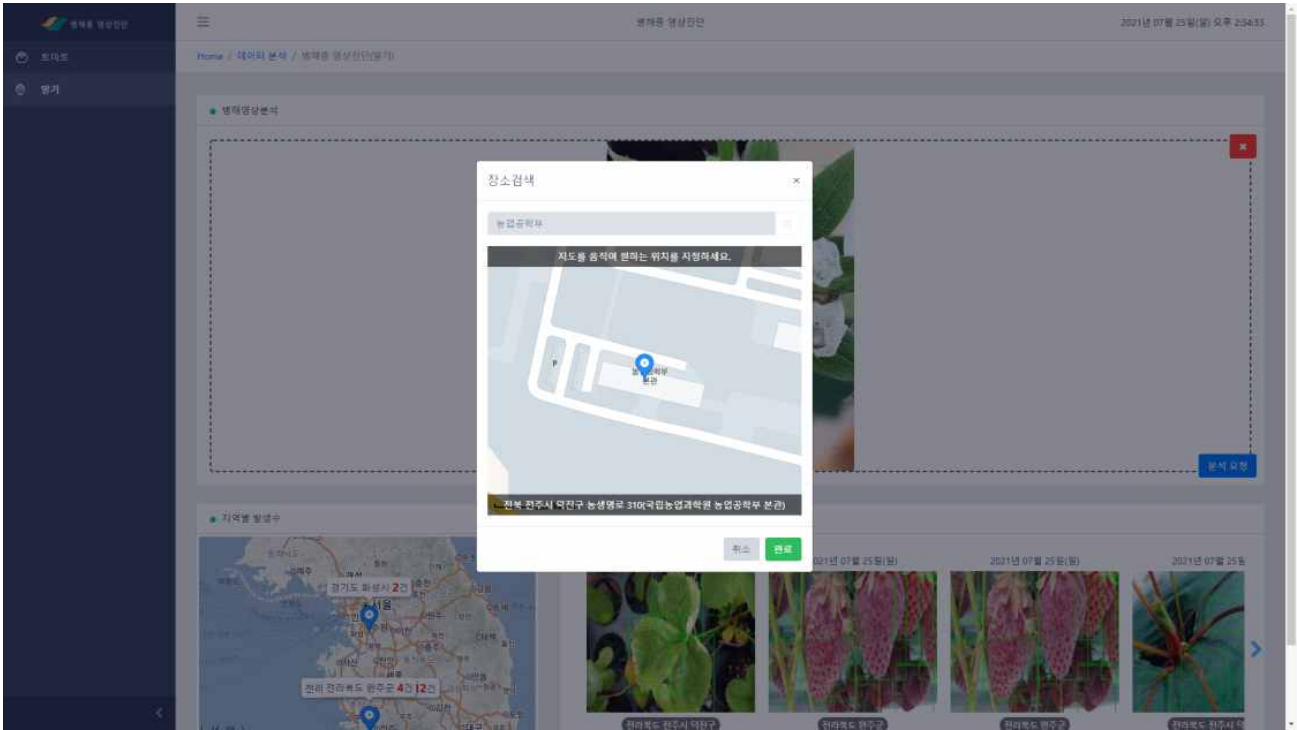
1.2.3. 업로드 전 촬영 위치 선택 알림창



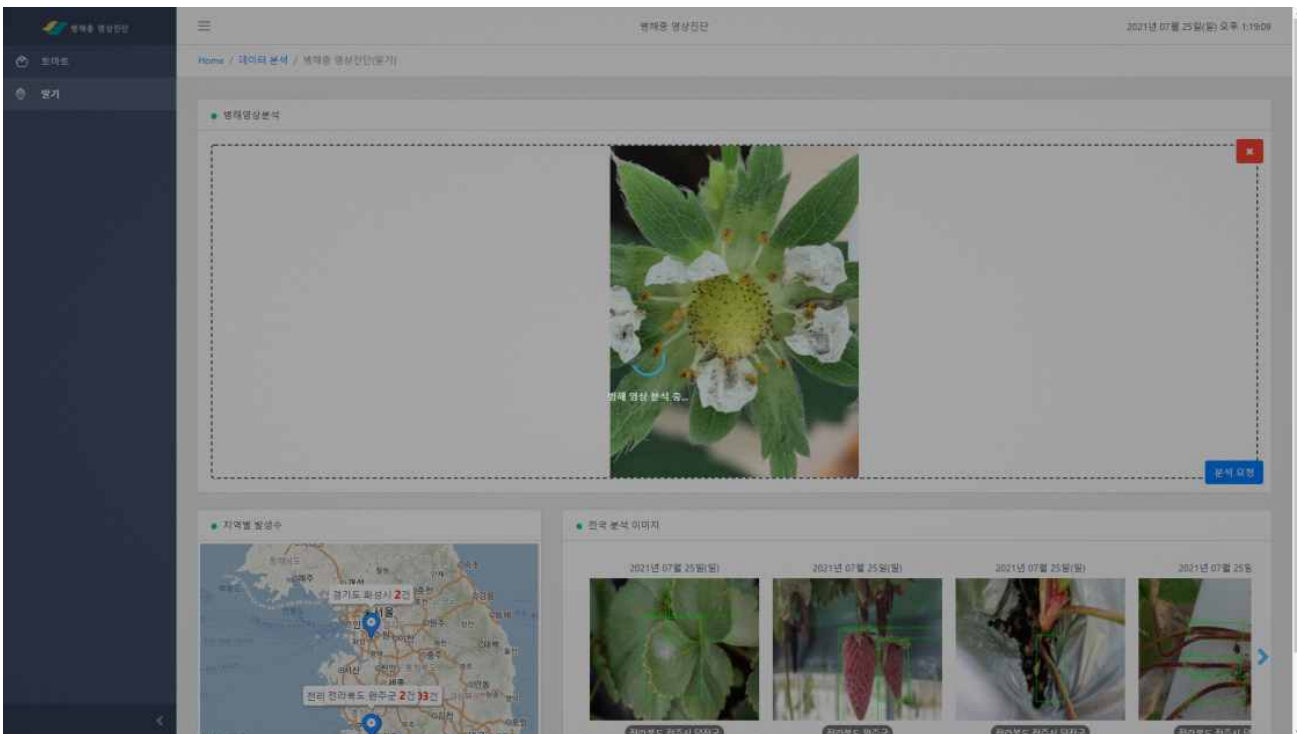
1.2.4. 촬영 위치 검색 화면



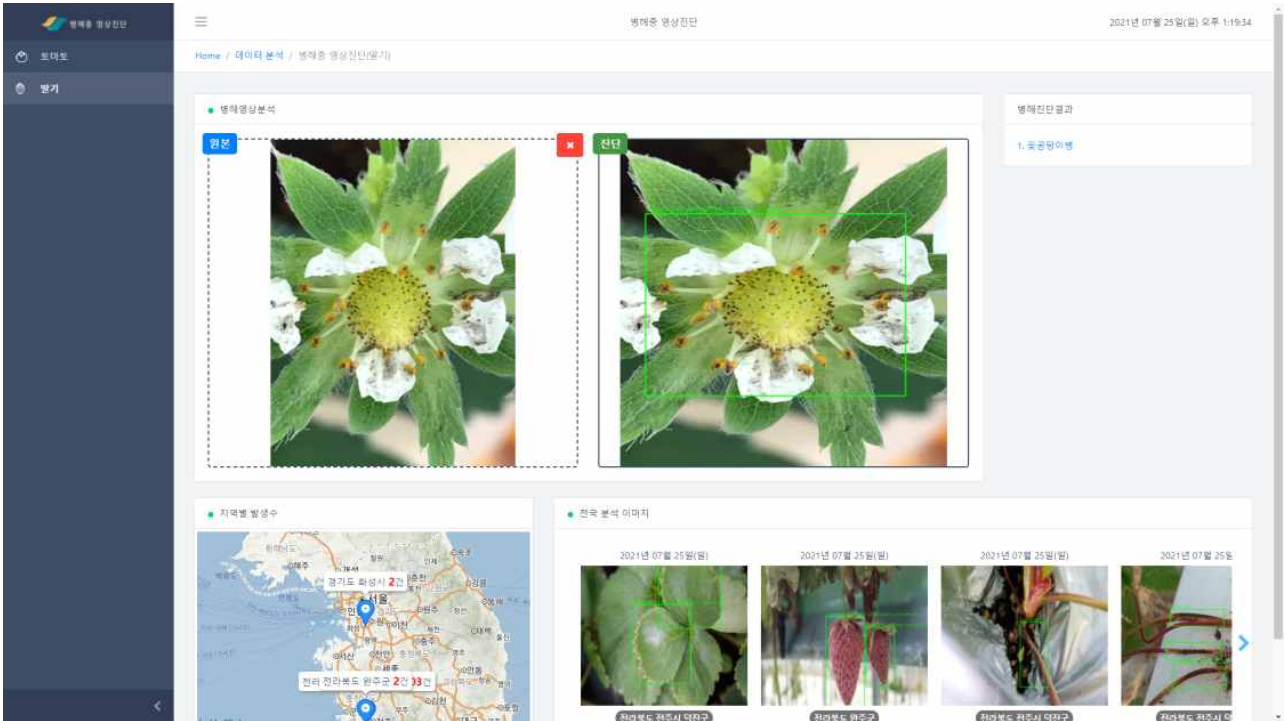
1.2.5. 촬영 위치 선택 화면



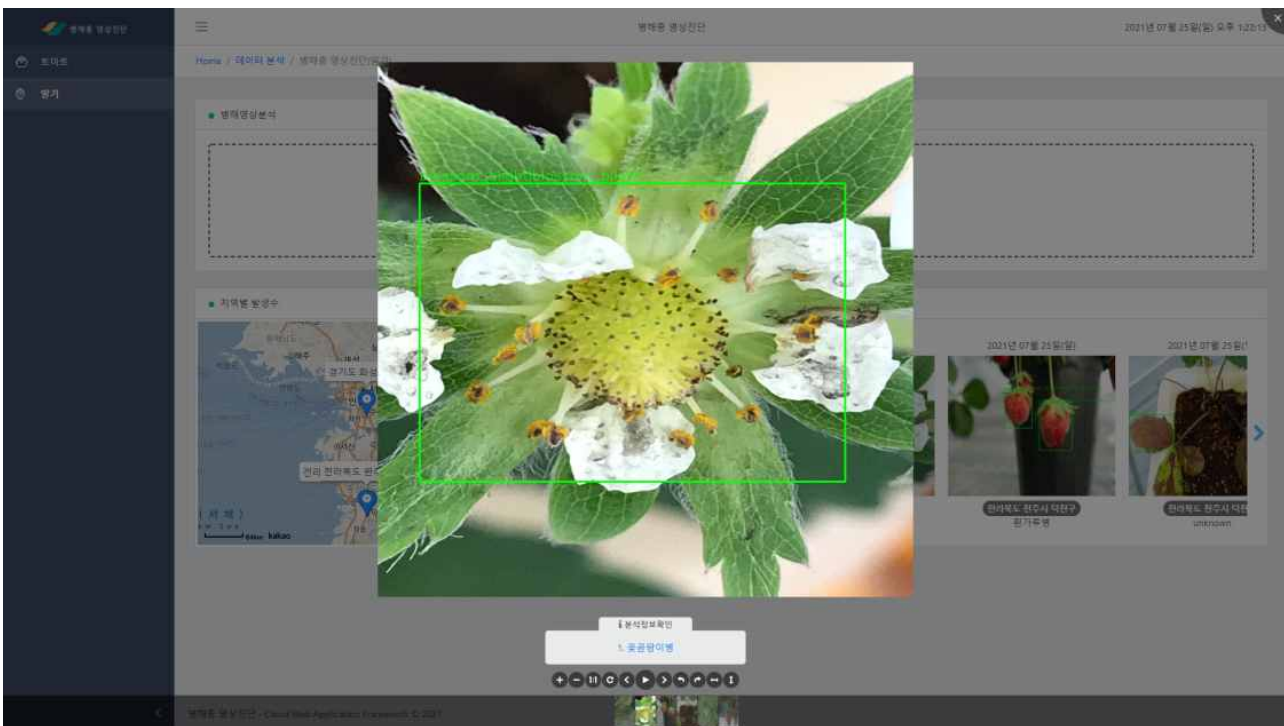
1.2.6. 영상 업로드 후 영상 분석 진행 화면



1.2.7. 영상 분석 결과 화면(1)



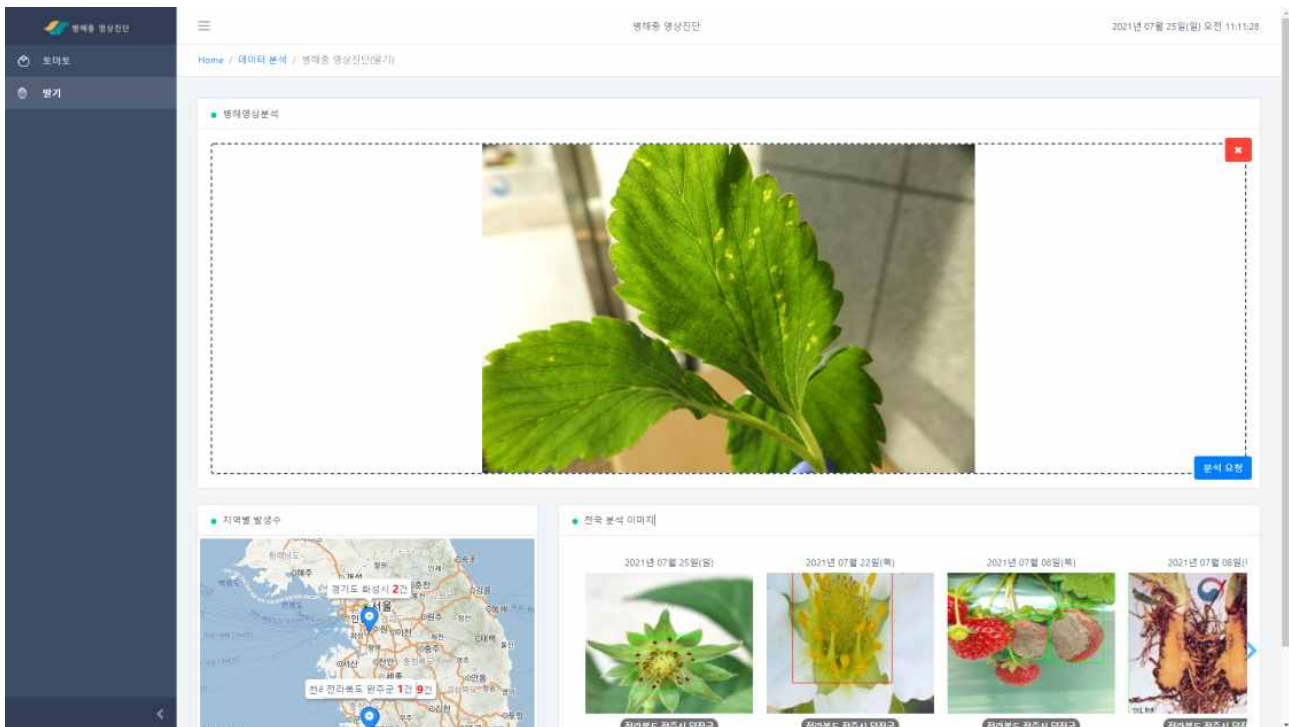
1.2.8. 영상 분석 결과 화면(2)



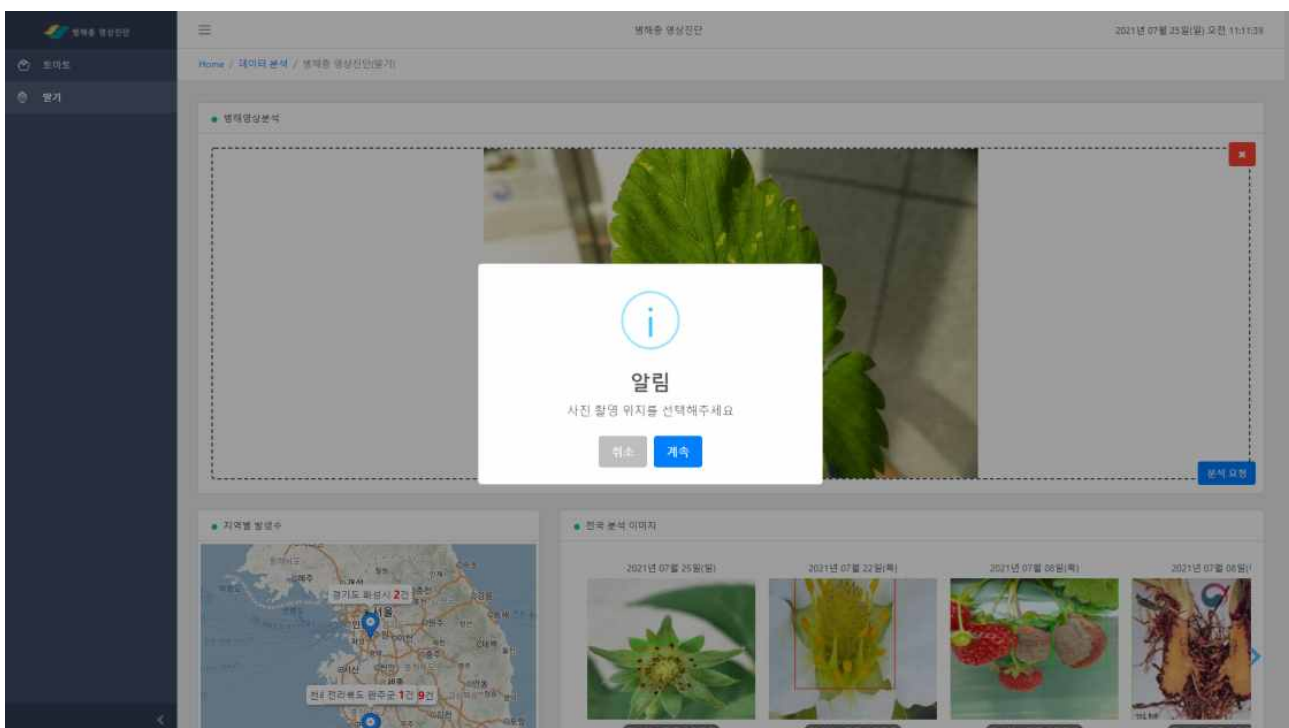
2. 세균모무늬병

2.1. 세균모무늬병(1)

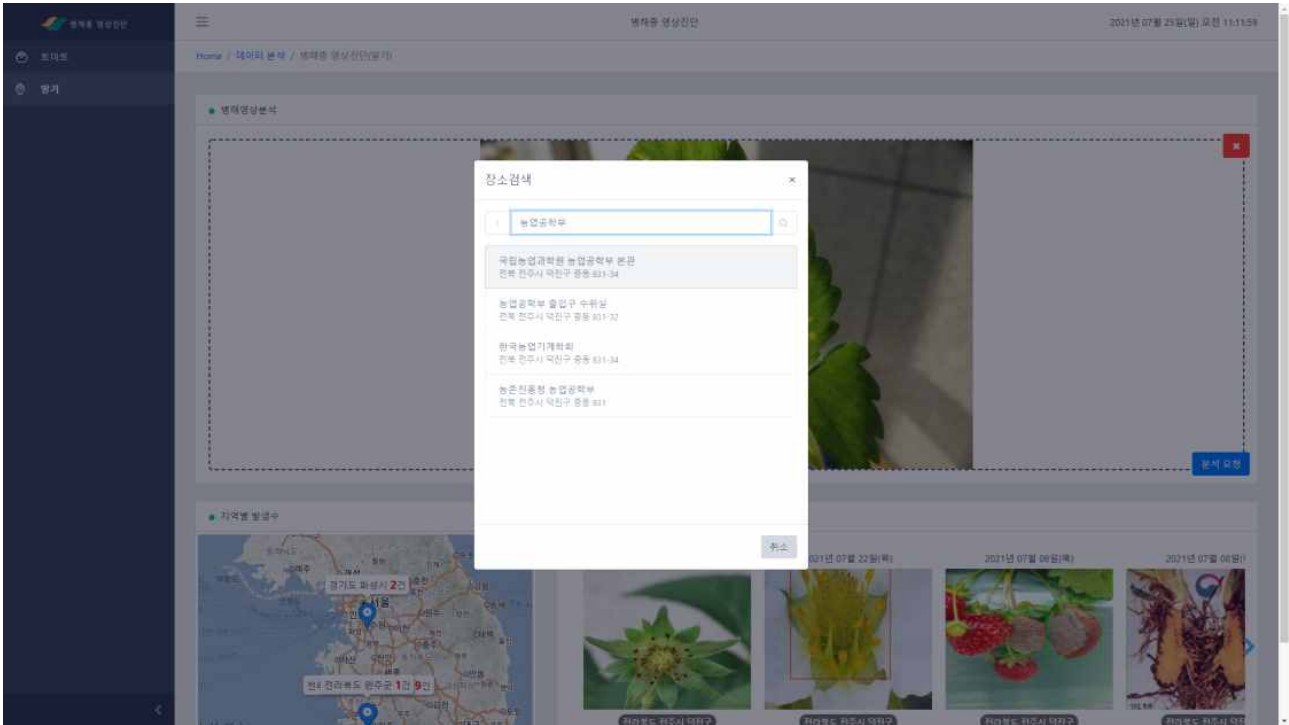
2.1.1. 영상 업로드 화면



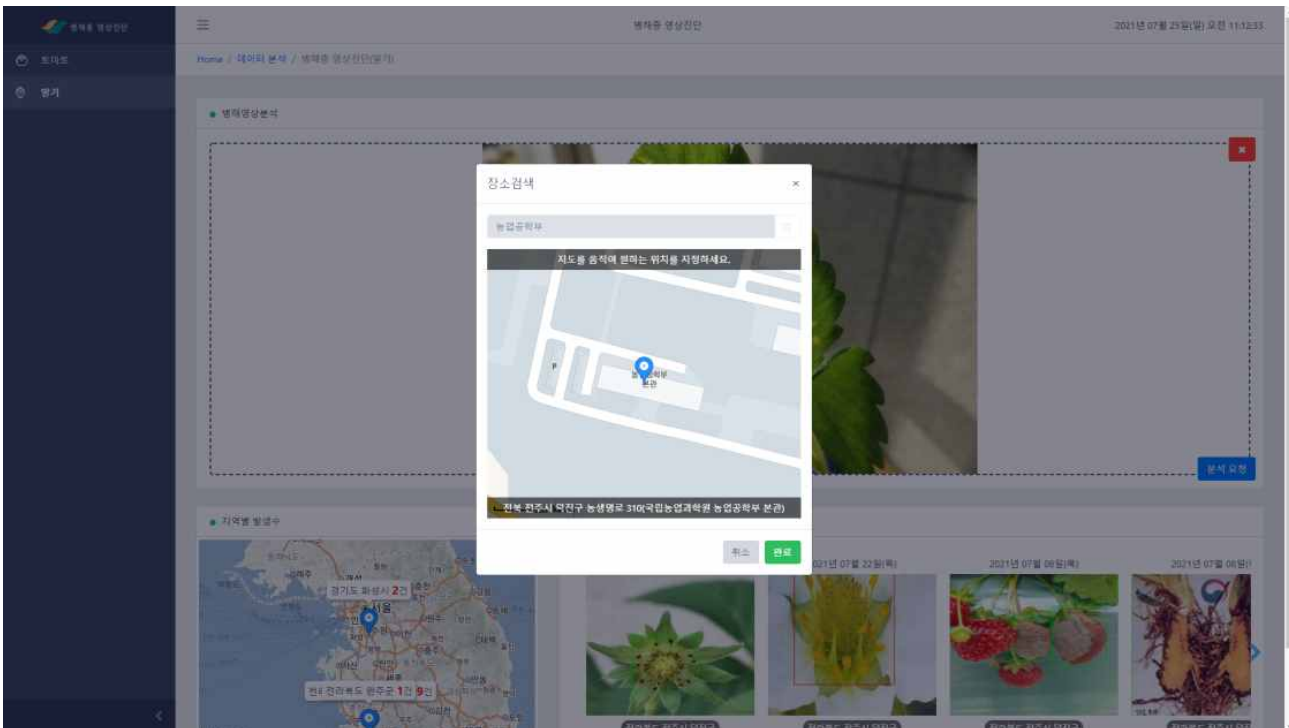
2.1.2. 업로드 전 촬영 위치 선택 알림창



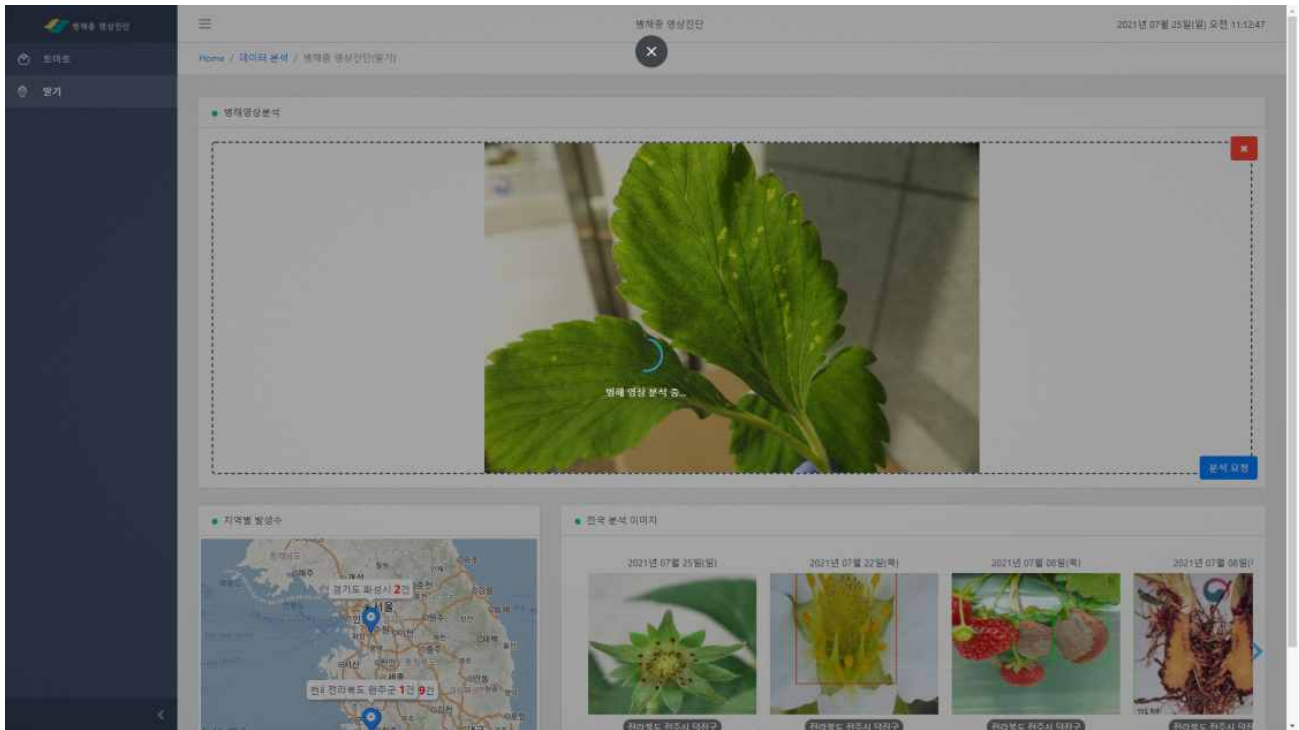
2.1.3. 촬영 위치 검색 화면



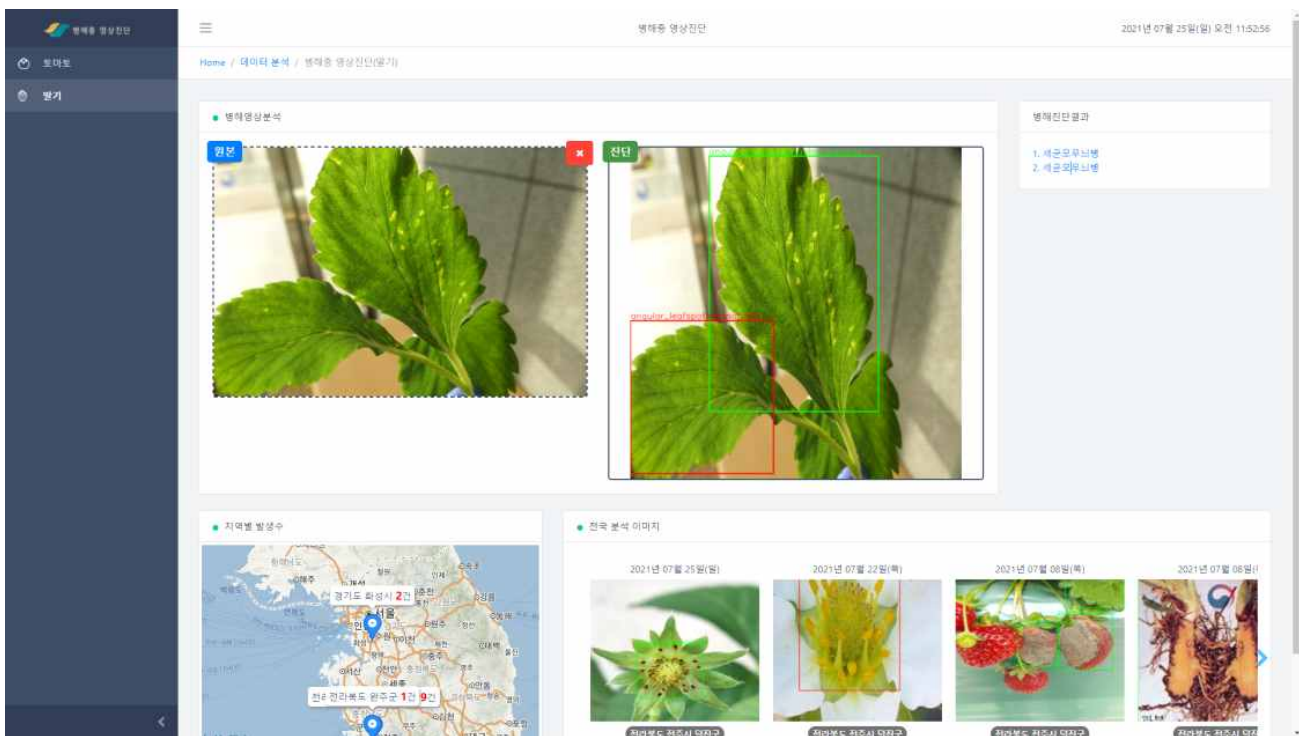
2.1.4. 촬영 위치 선택 화면



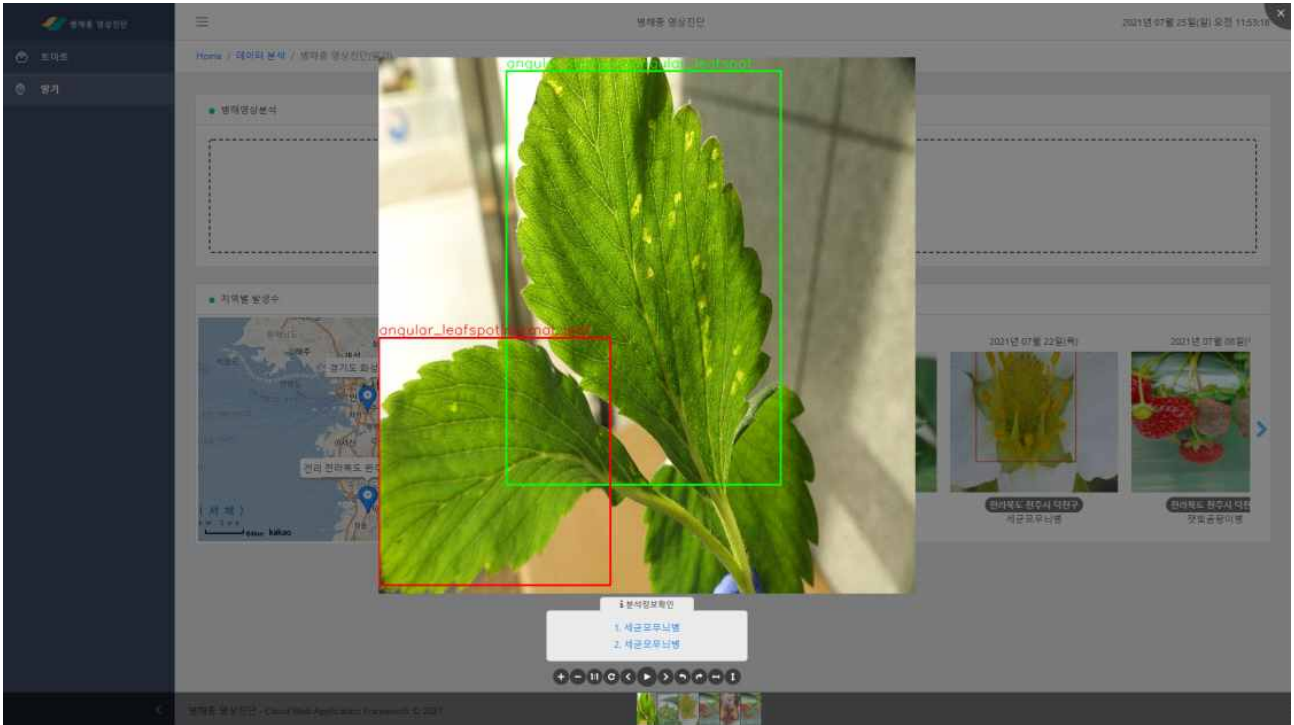
2.1.5. 영상 업로드 후 영상 분석 진행 화면



2.1.6. 영상 분석 결과 화면(1)

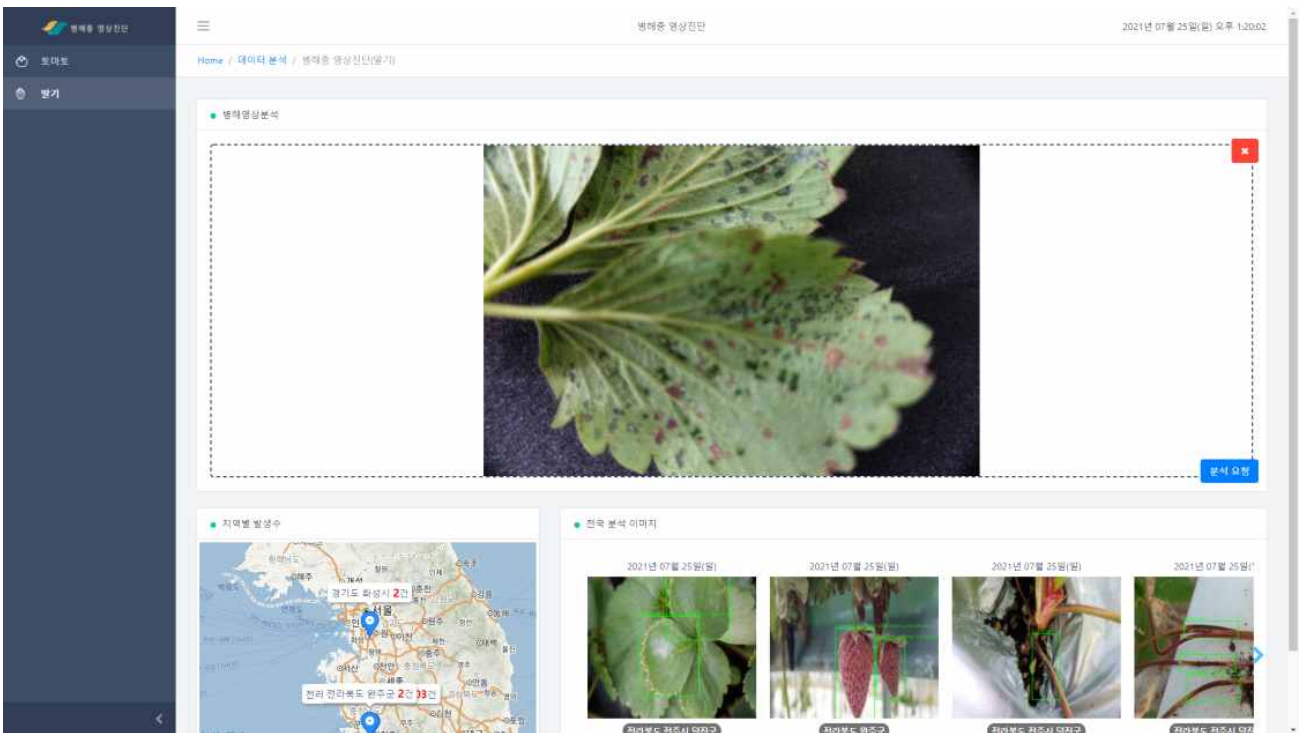


2.1.7. 영상 분석 결과 화면(2)

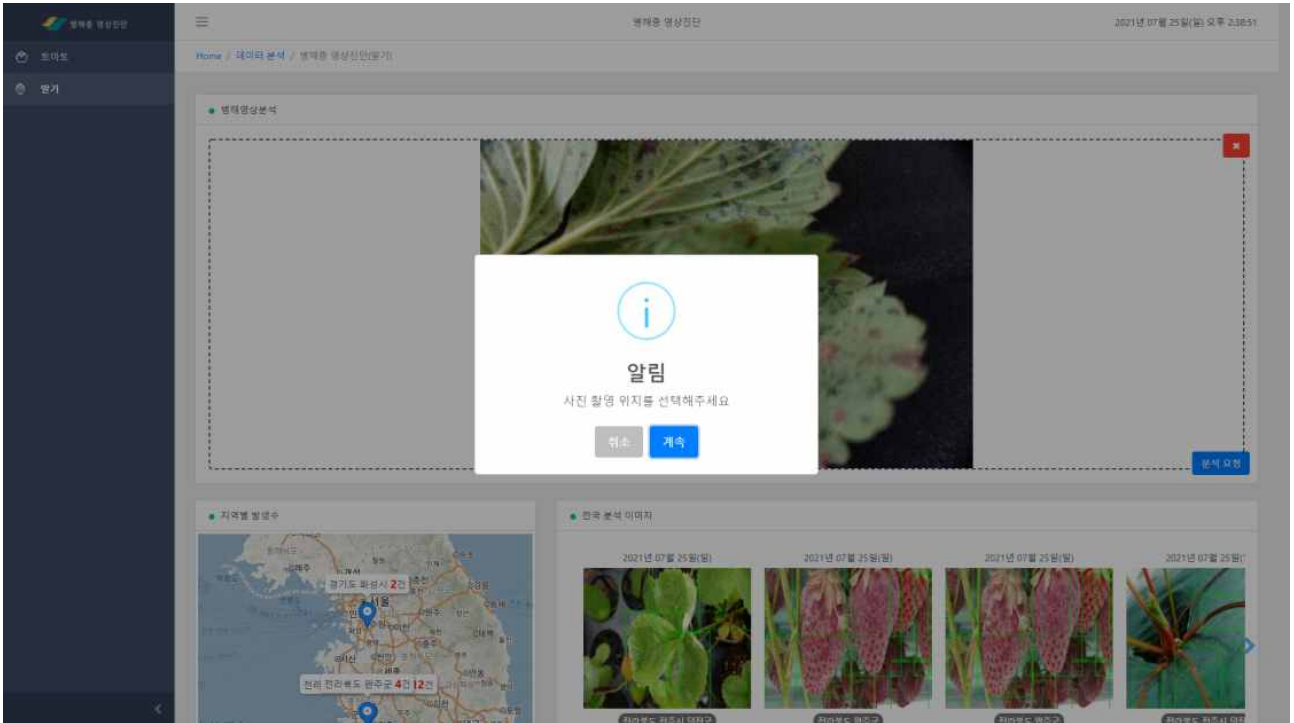


2.2. 세균모무늬병(2)

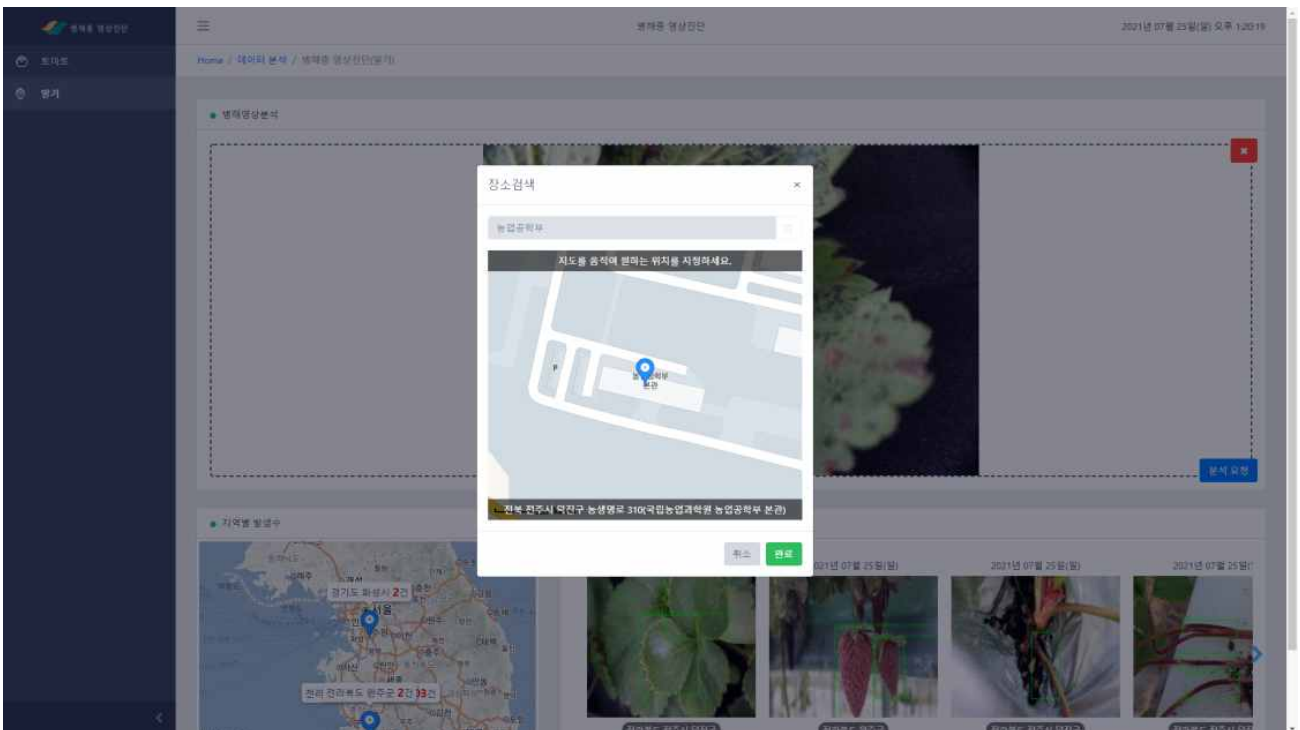
2.2.1. 영상 업로드 화면



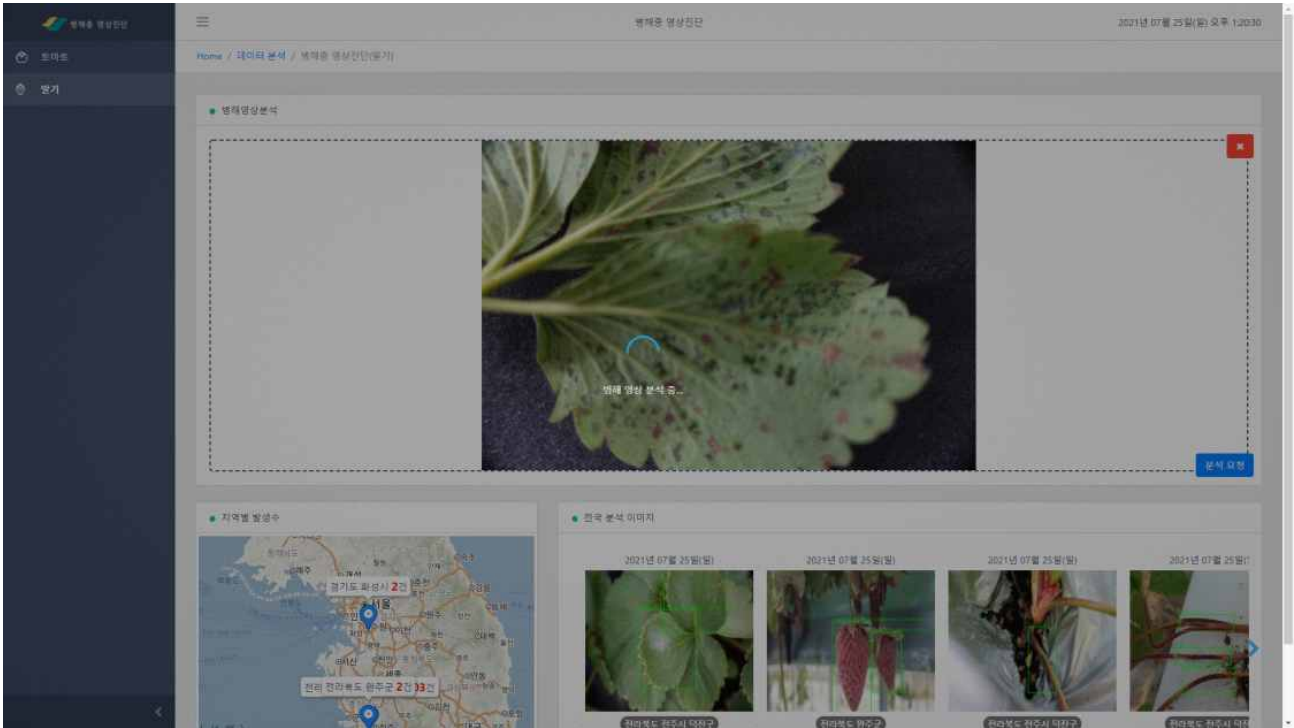
2.2.2. 업로드 전 촬영 위치 선택 알림창



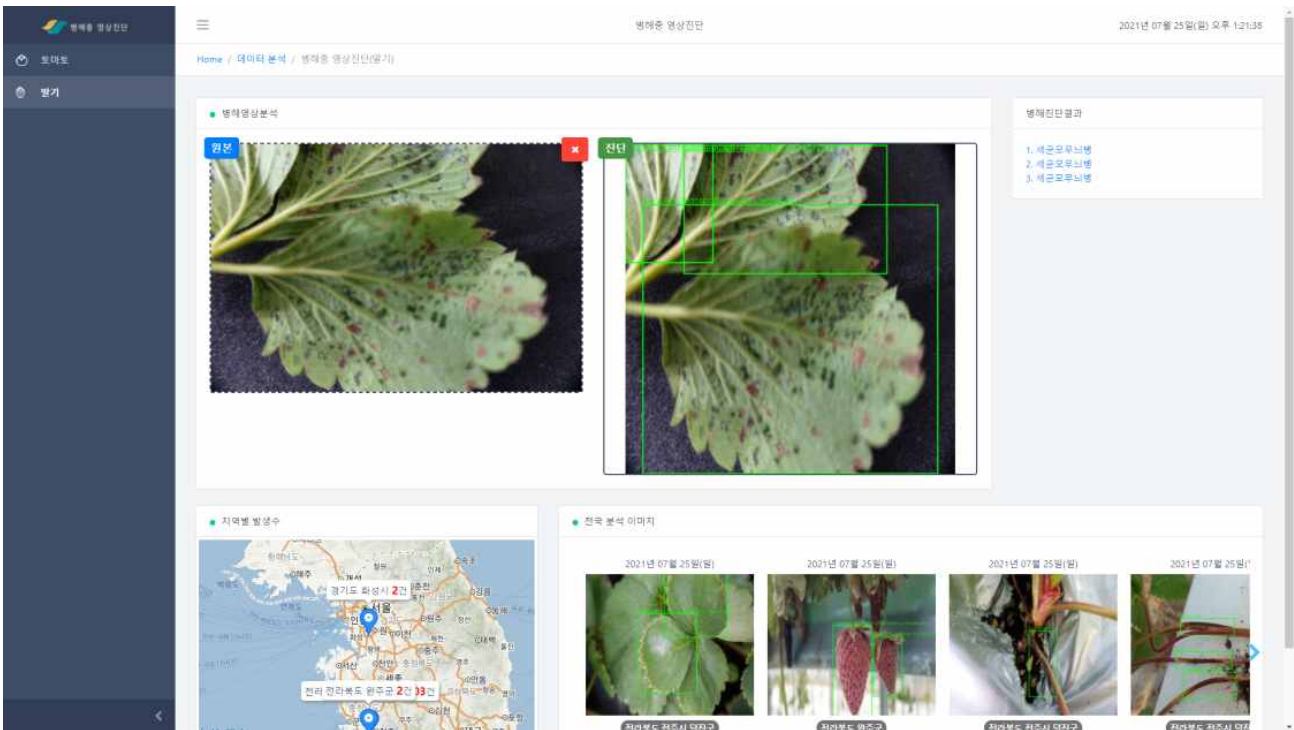
2.2.3. 촬영 위치 선택 화면



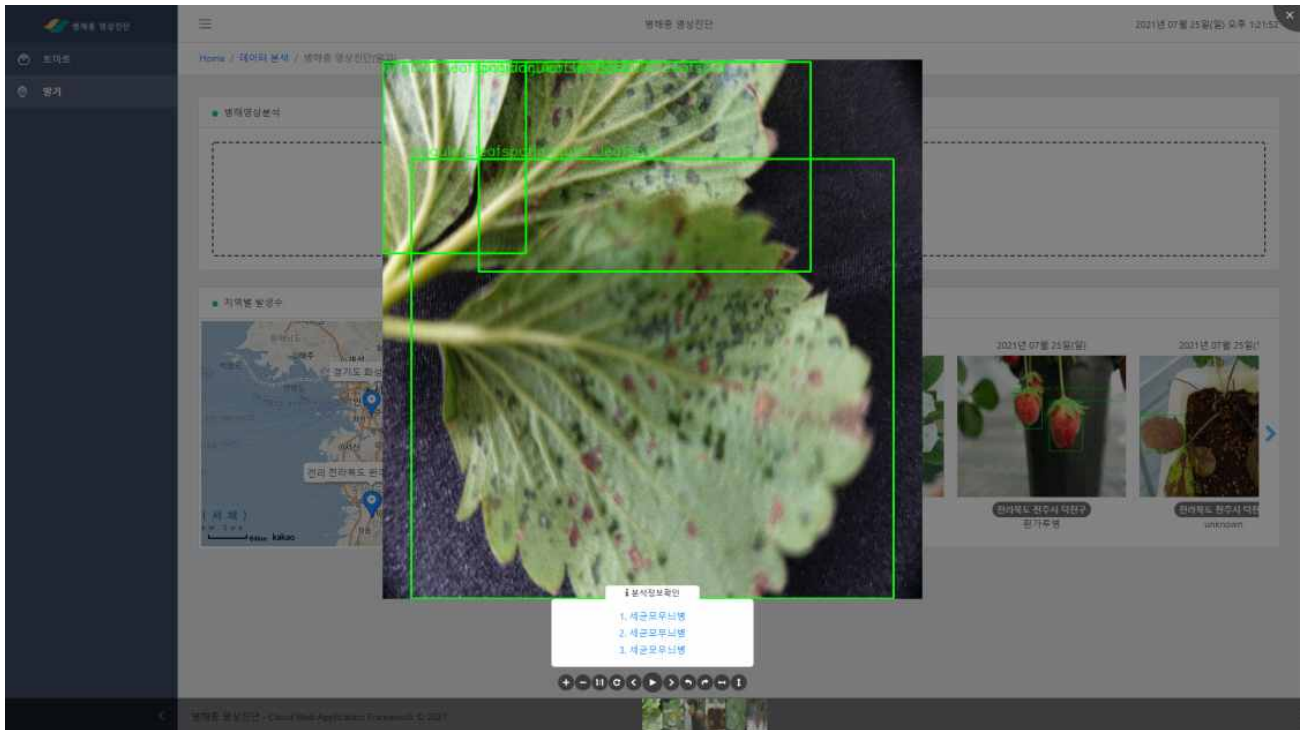
2.2.4. 영상 업로드 후 영상 분석 진행 화면



2.2.5. 영상 분석 결과 화면(1)



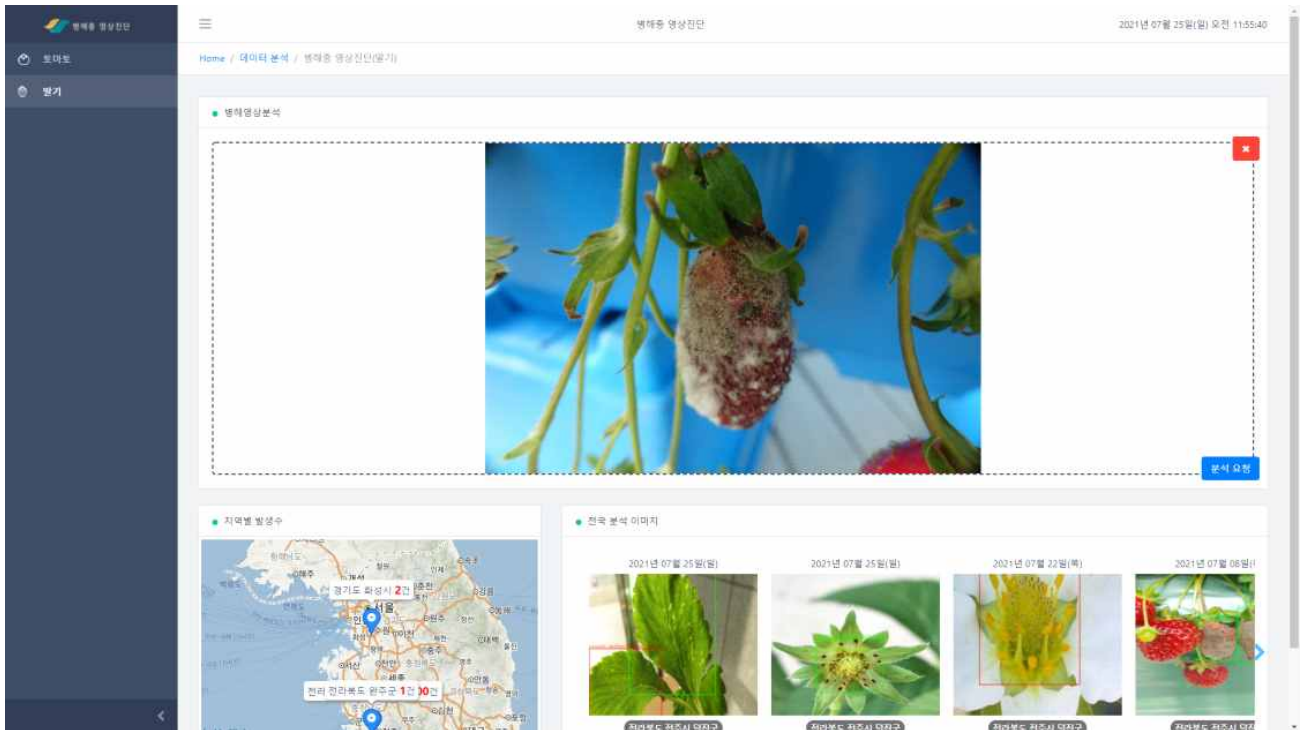
2.2.6. 영상 분석 결과 화면(2)



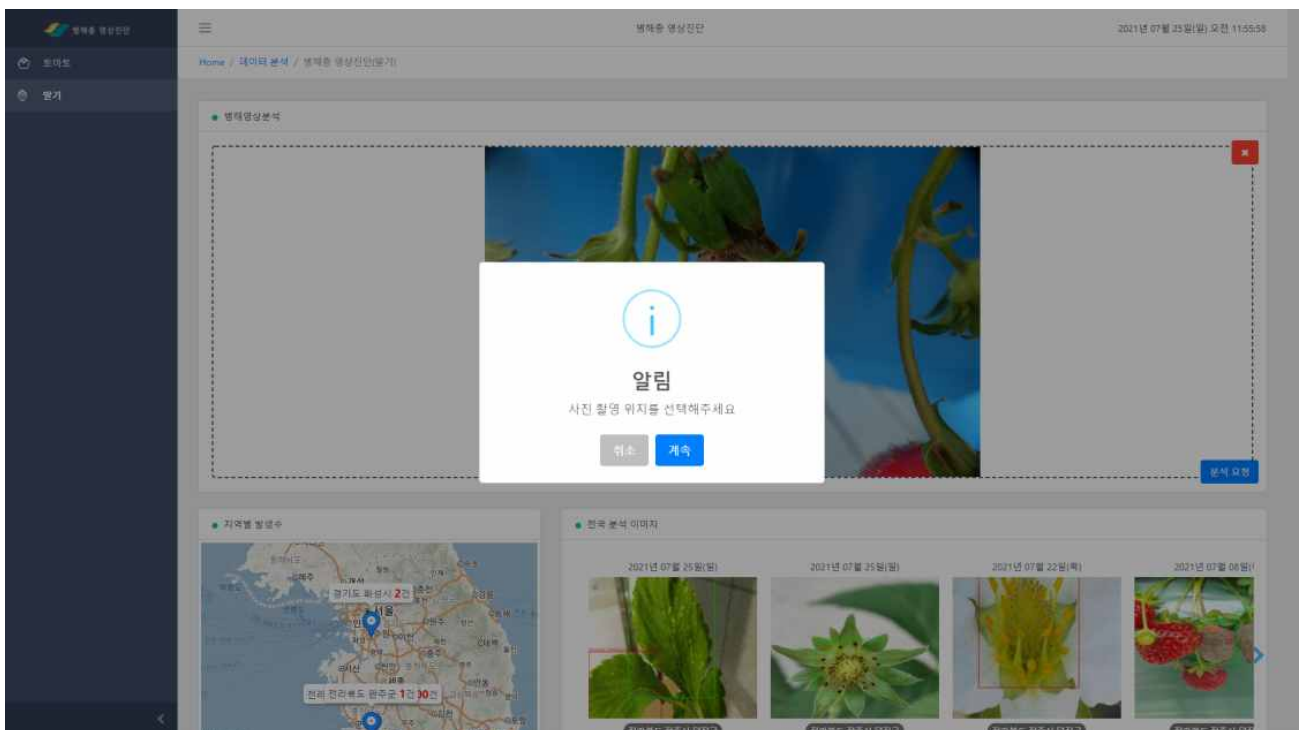
3. 잣빛곰팡이병

3.1. 잣빛곰팡이병(1)

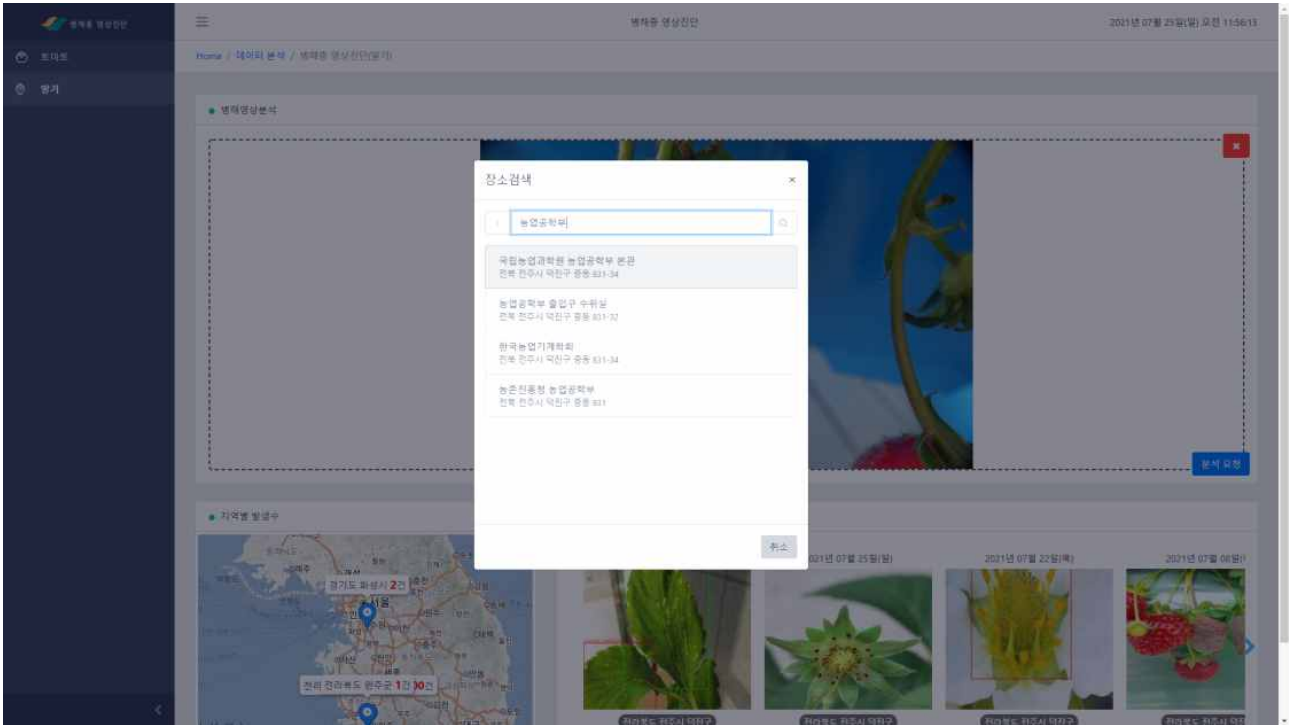
3.1.1. 영상 업로드 화면



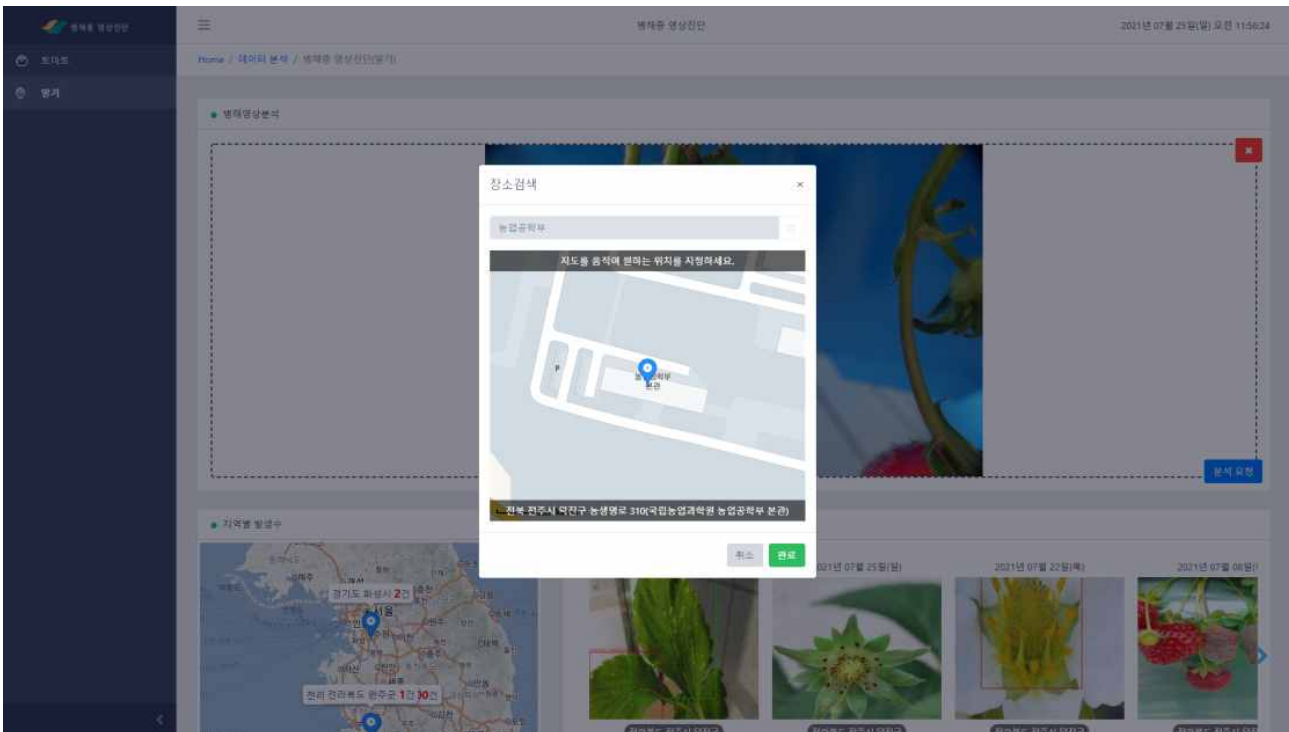
3.1.2. 업로드 전 촬영 위치 선택 알림창



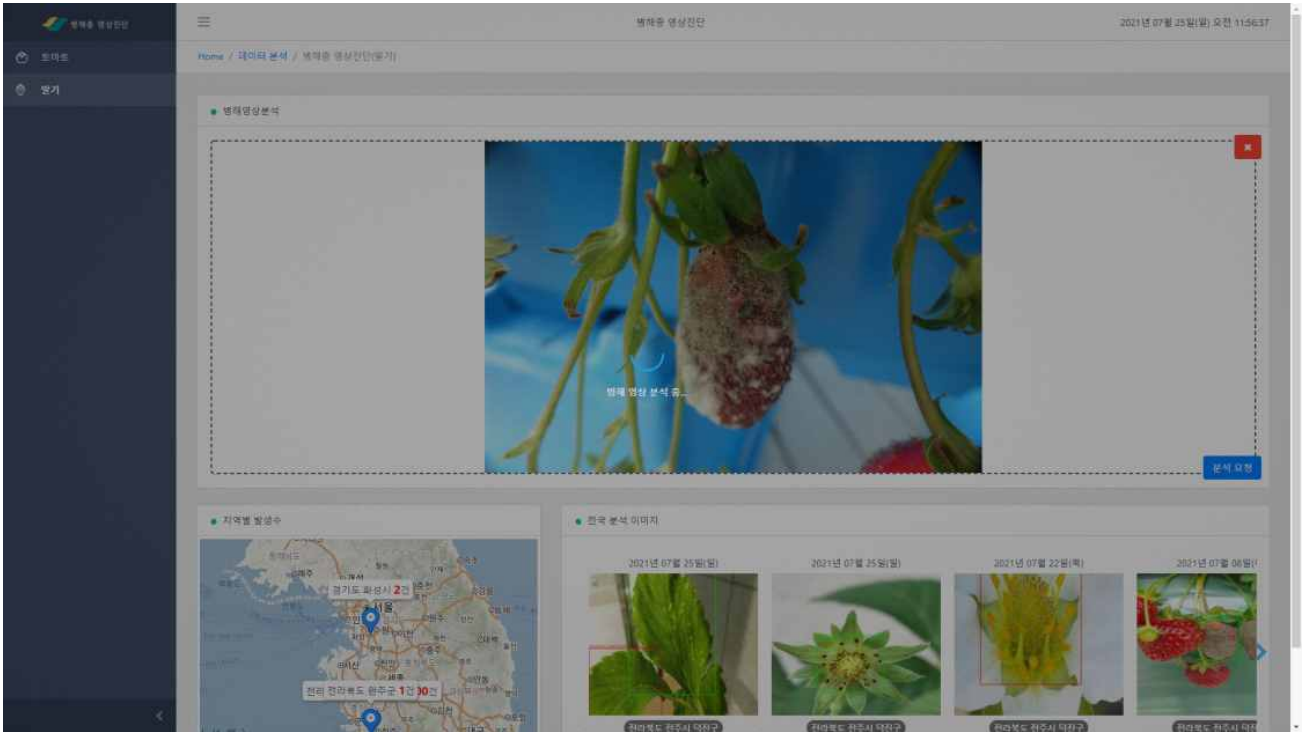
3.1.3. 촬영 위치 검색 화면



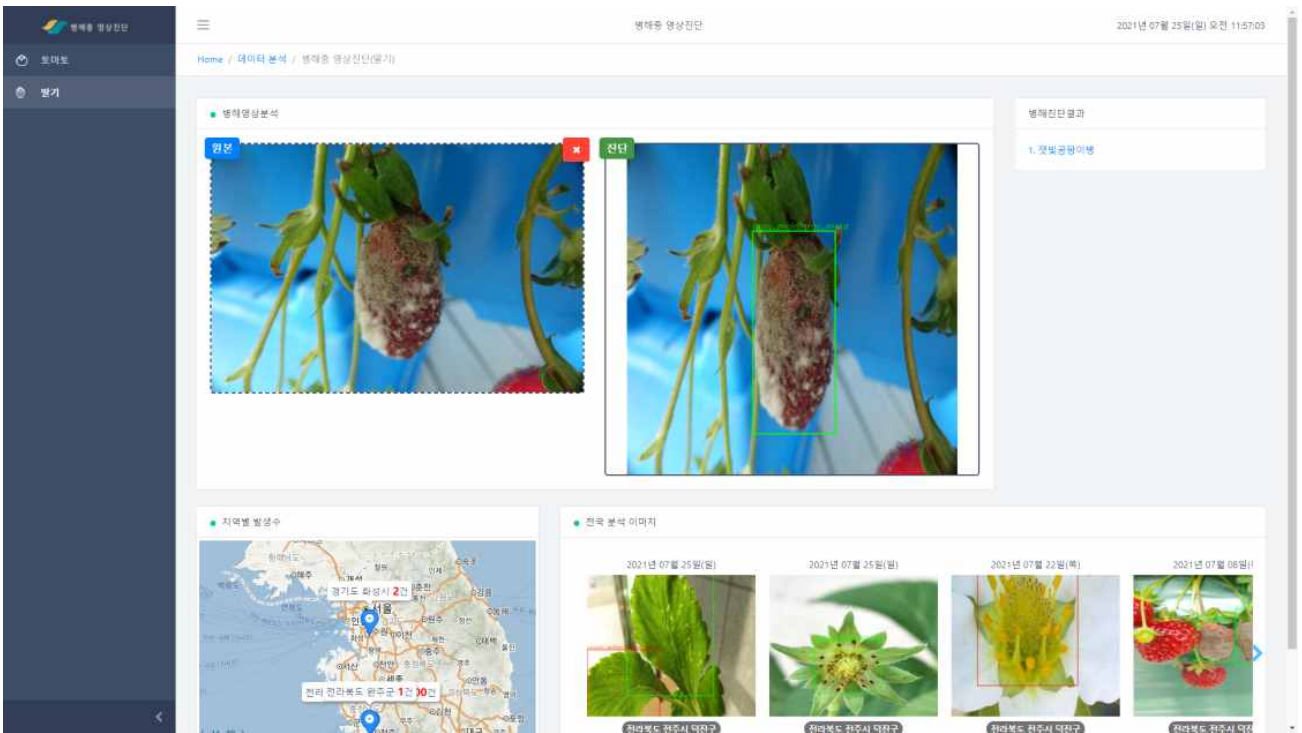
3.1.4. 촬영 위치 선택 화면



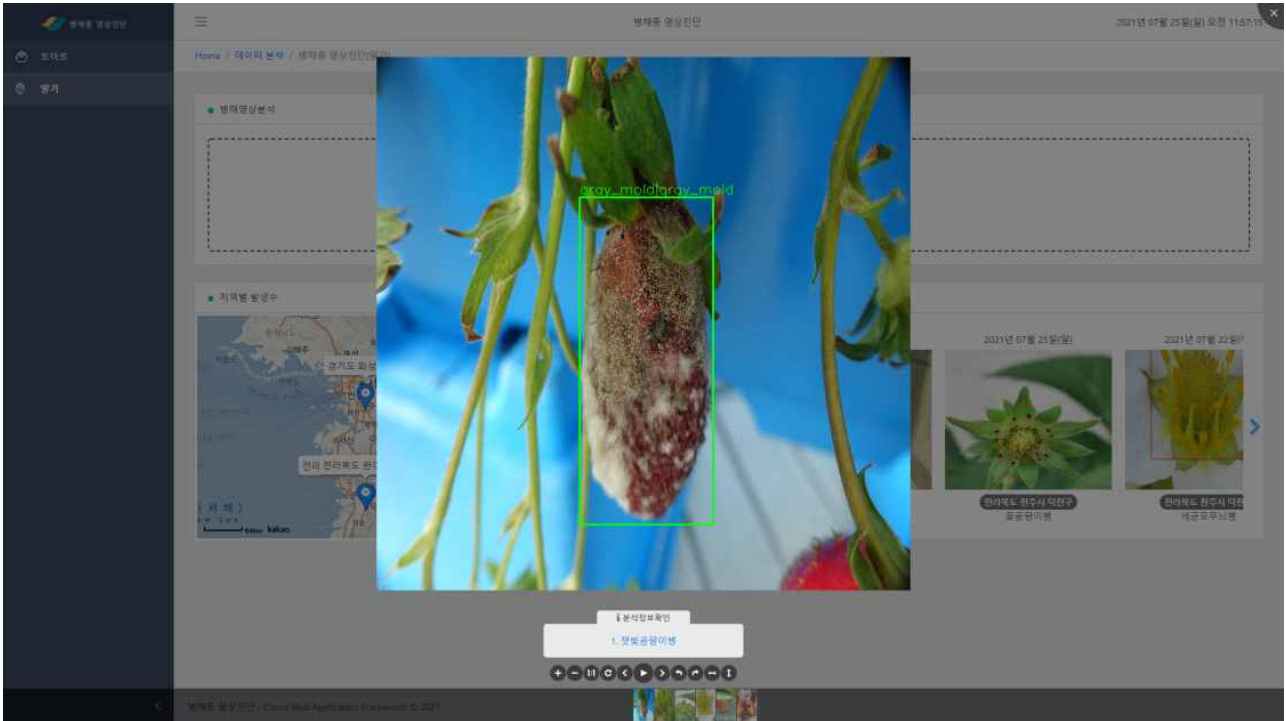
3.1.5. 영상 업로드 후 영상 분석 진행 화면



3.1.6. 영상 분석 결과 화면(1)

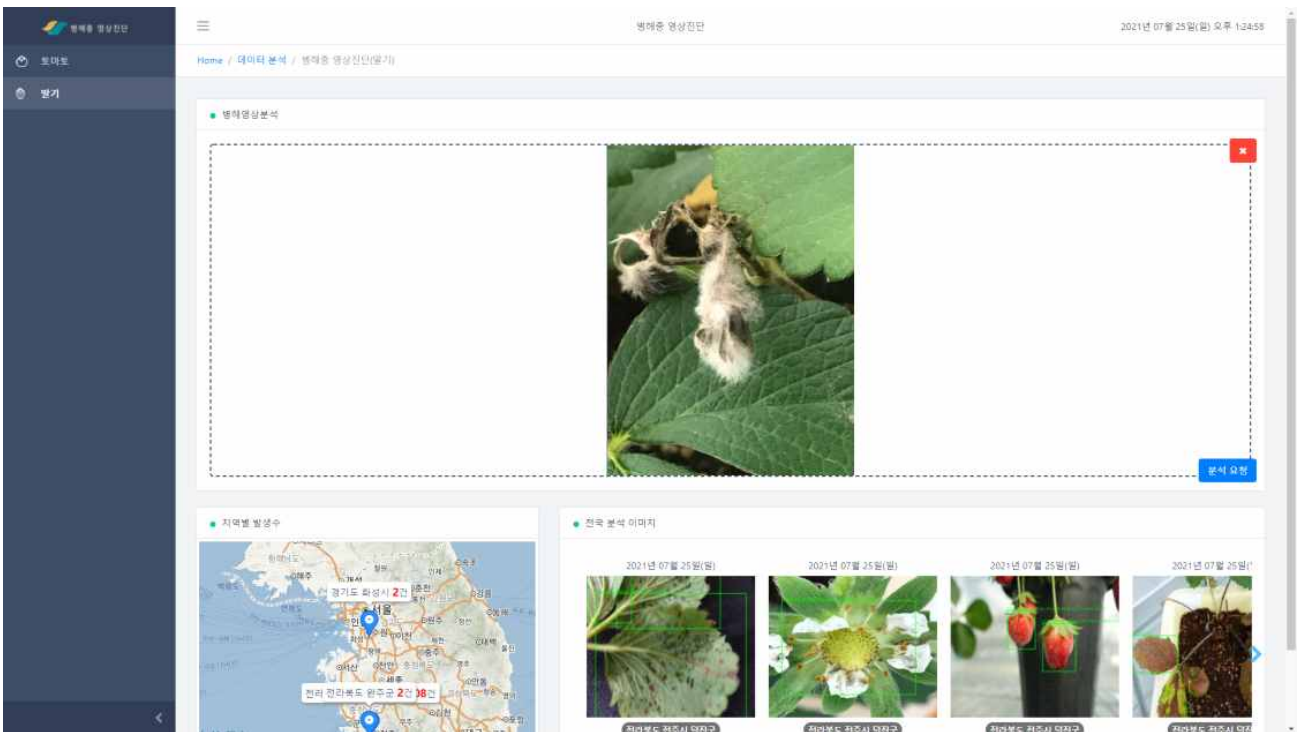


3.1.7. 영상 분석 결과 화면(2)

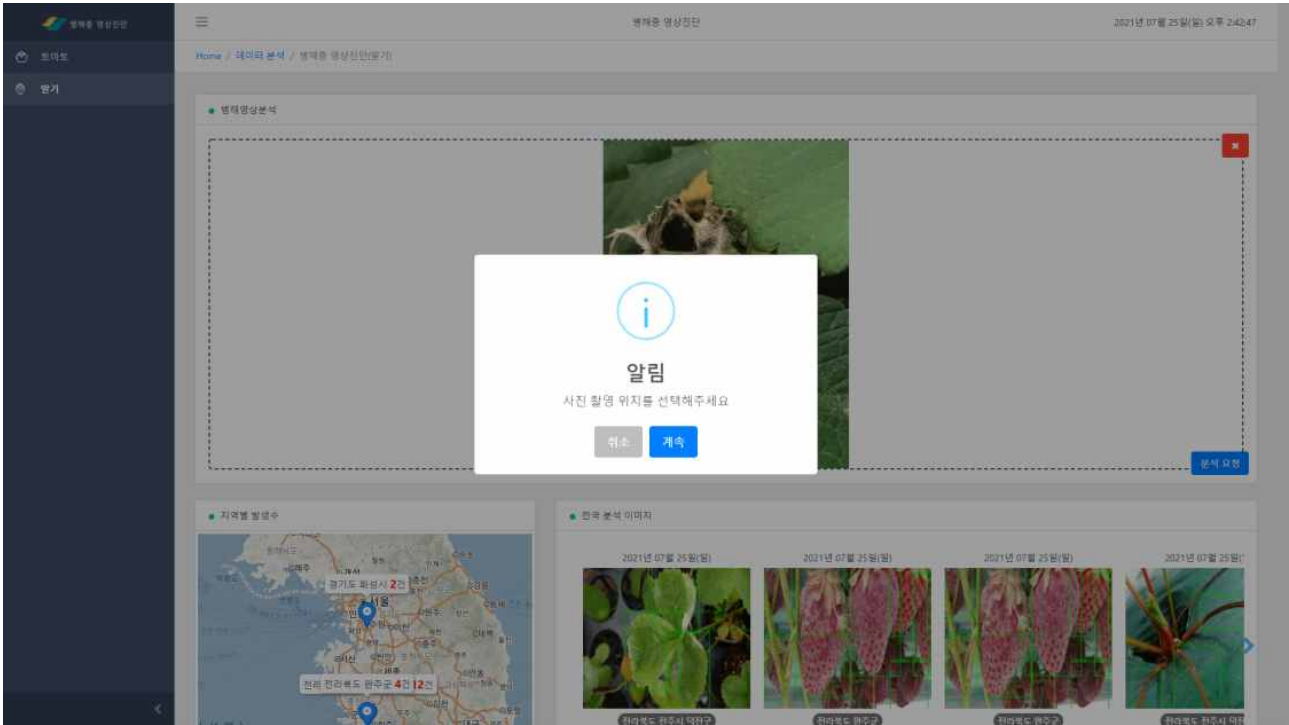


3.2. 잿빛곰팡이병(2)

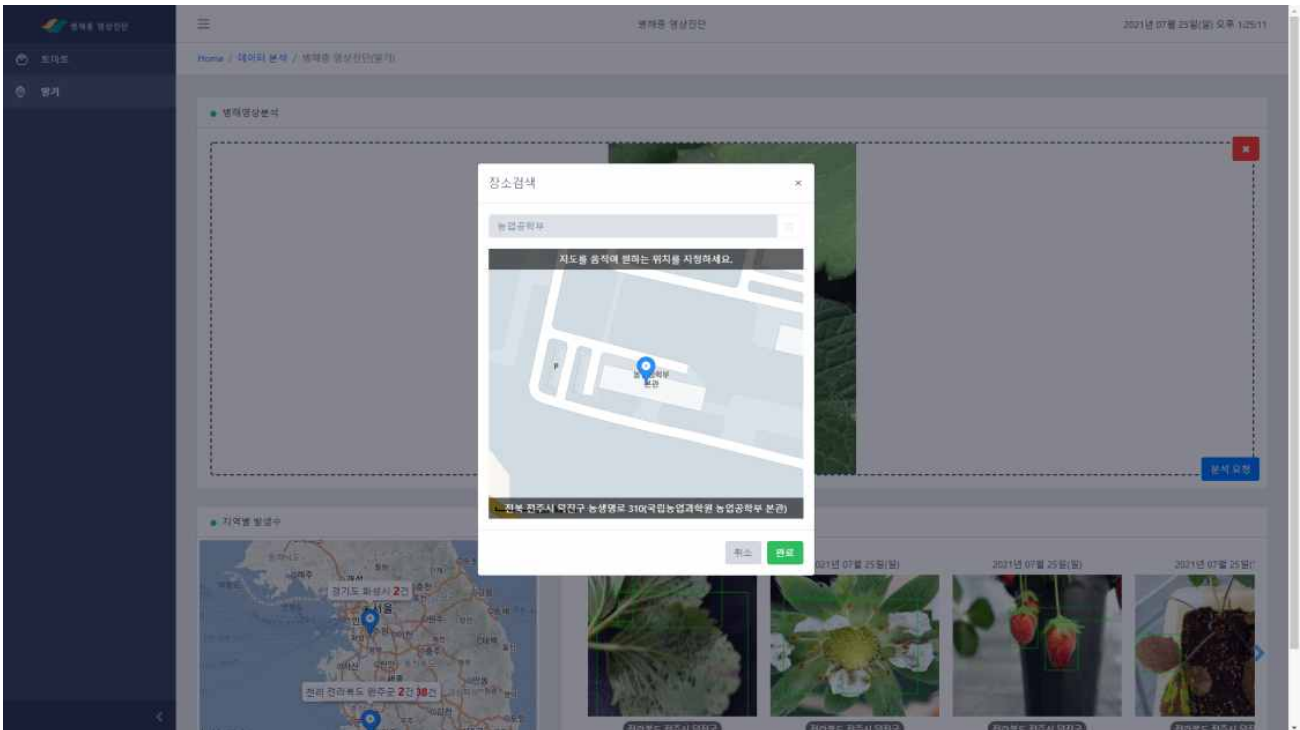
3.2.1. 영상 업로드 화면



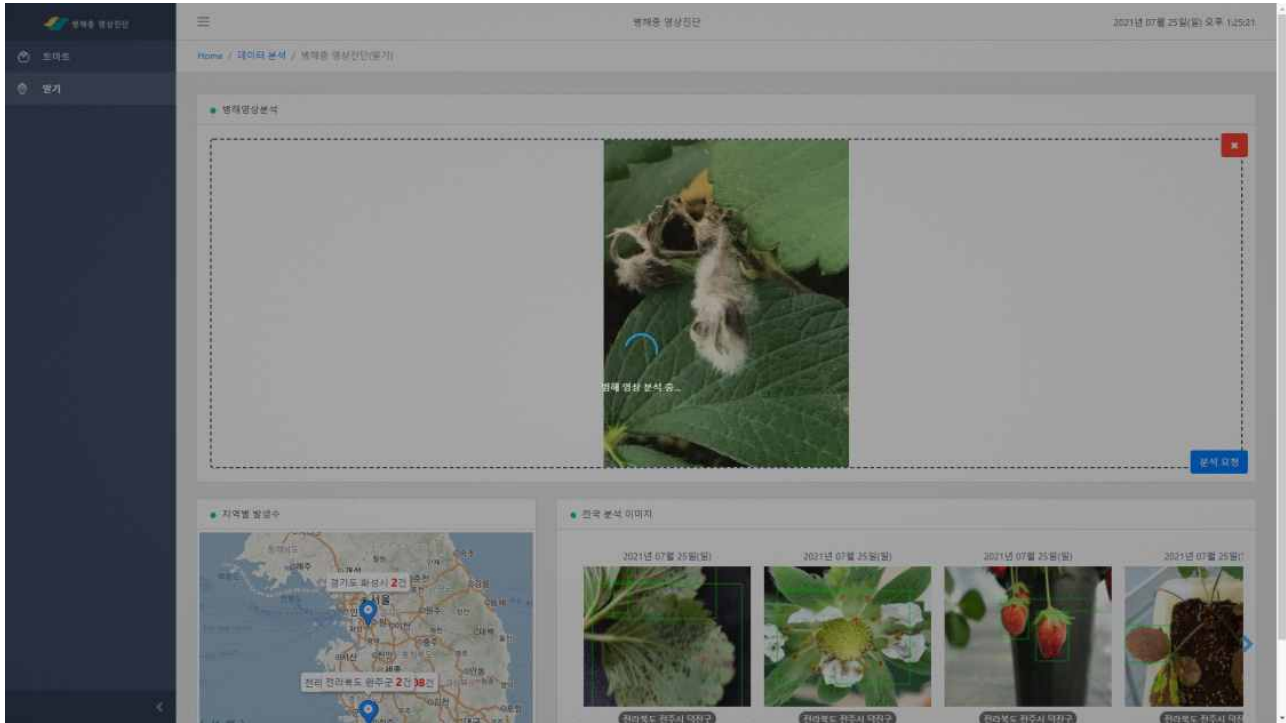
3.2.2. 업로드 전 촬영 위치 선택 알림창



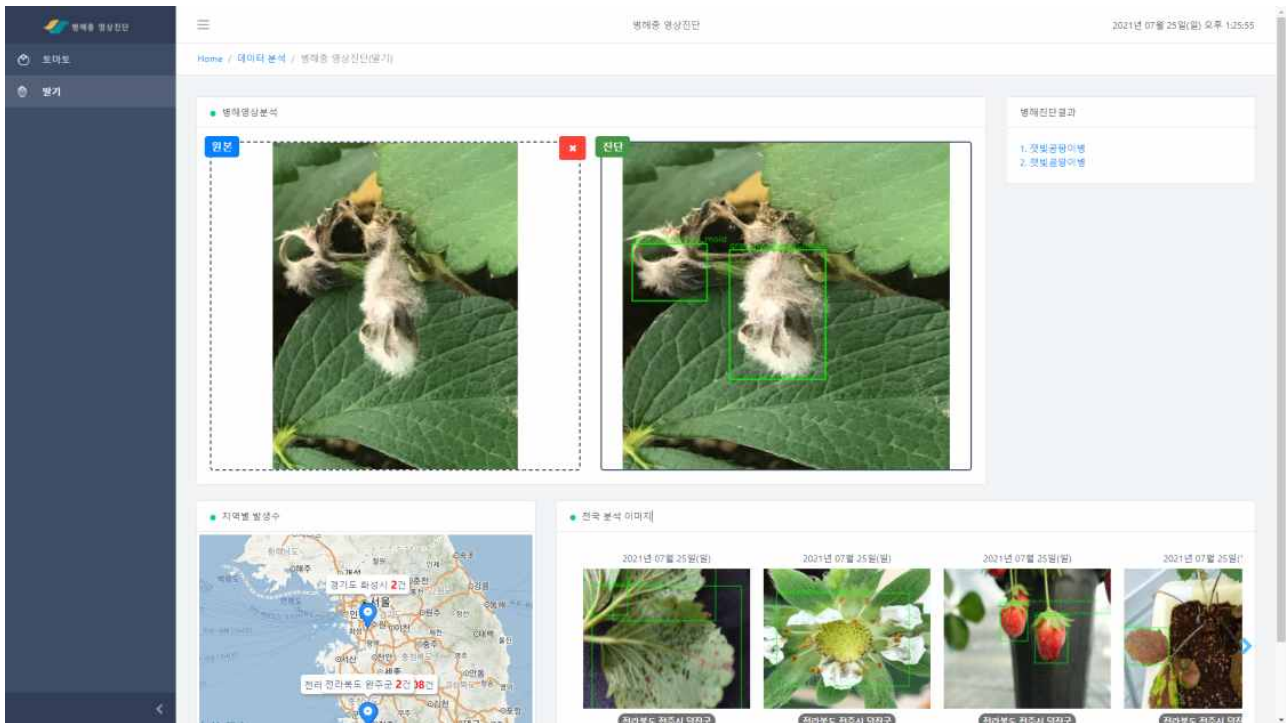
3.2.3. 촬영 위치 선택 화면



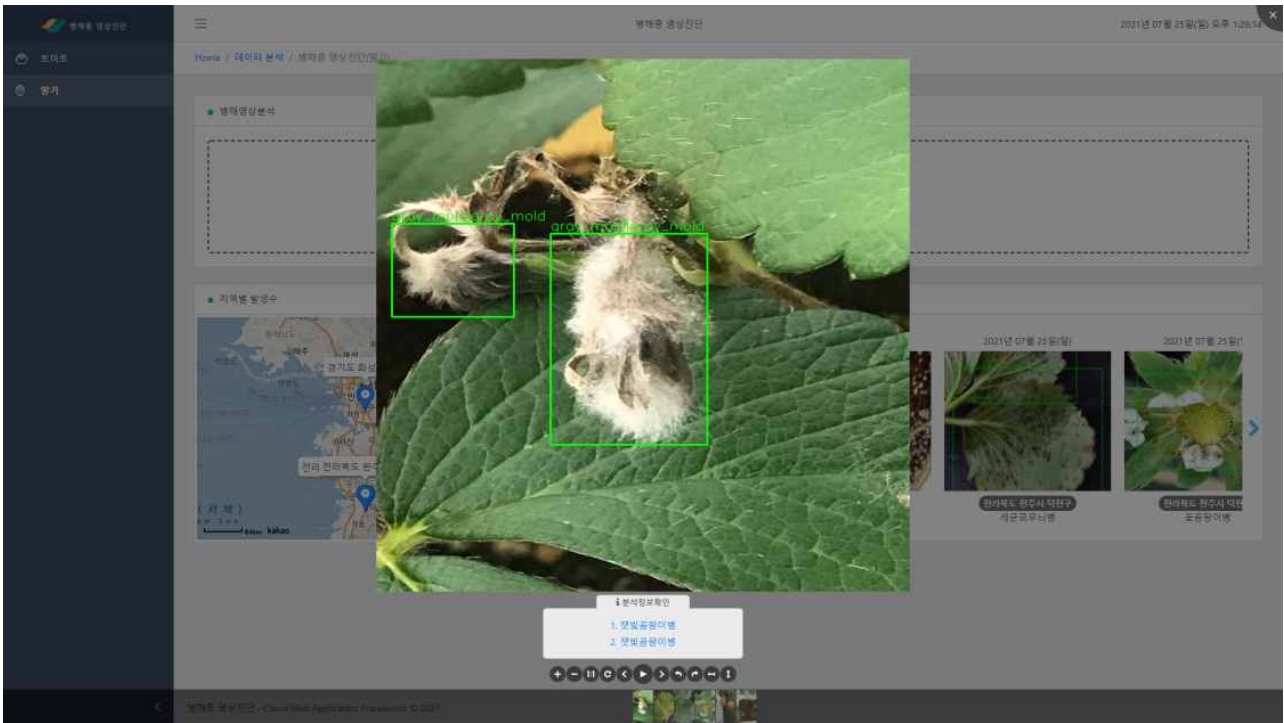
3.2.4. 영상 업로드 후 영상 분석 진행 화면



3.2.5. 영상 분석 결과 화면(1)



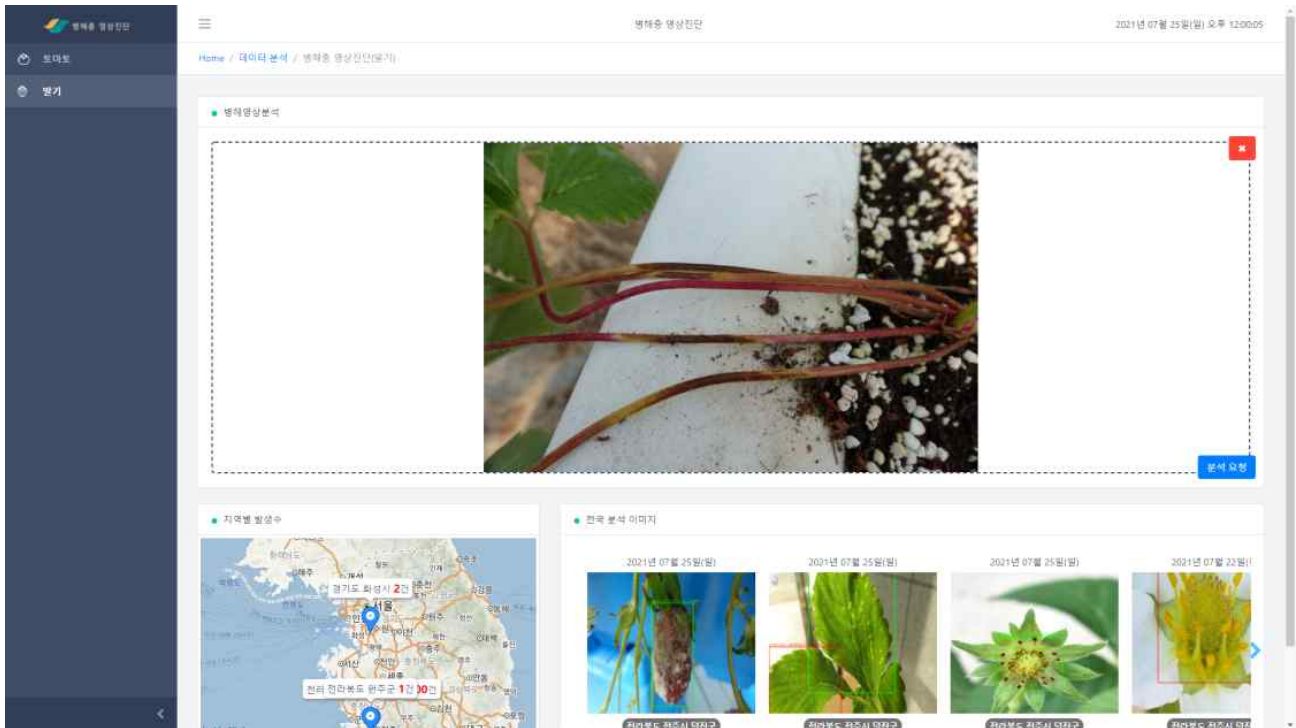
3.2.6. 영상 분석 결과 화면(2)



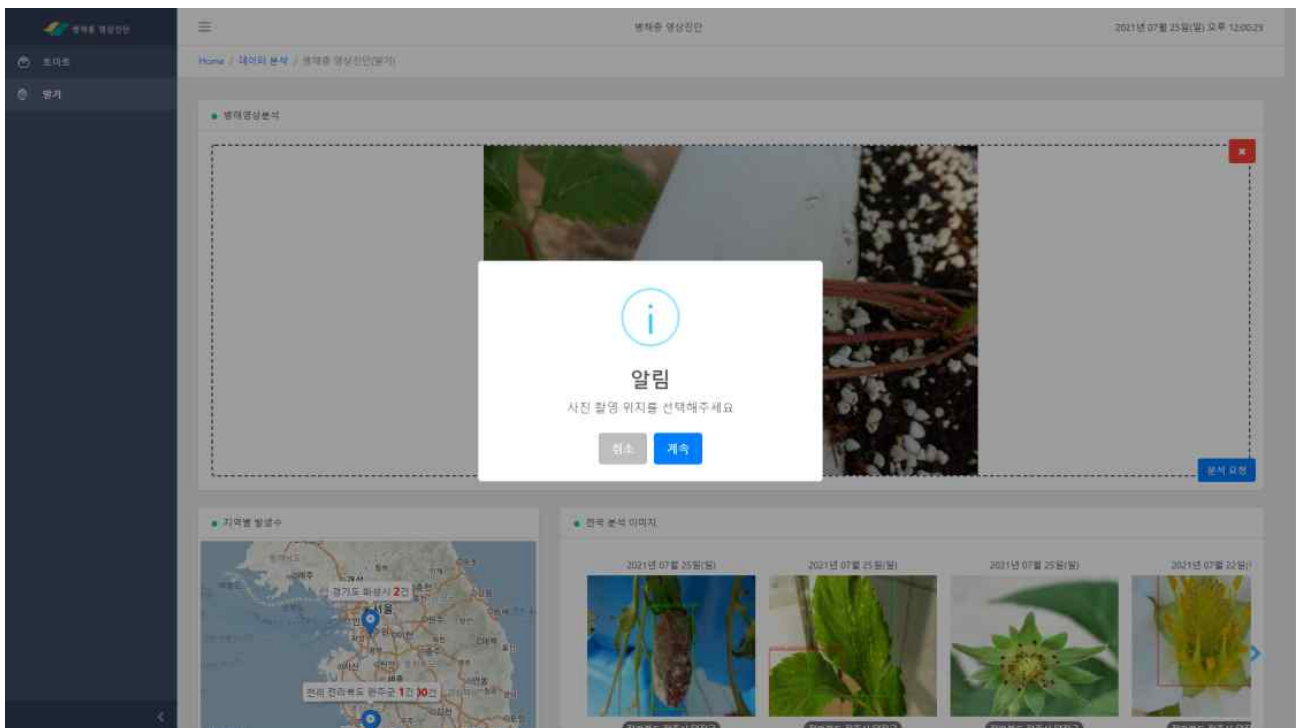
4. 탄저병(UNKNOWN)

4.1. 탄저병(1)

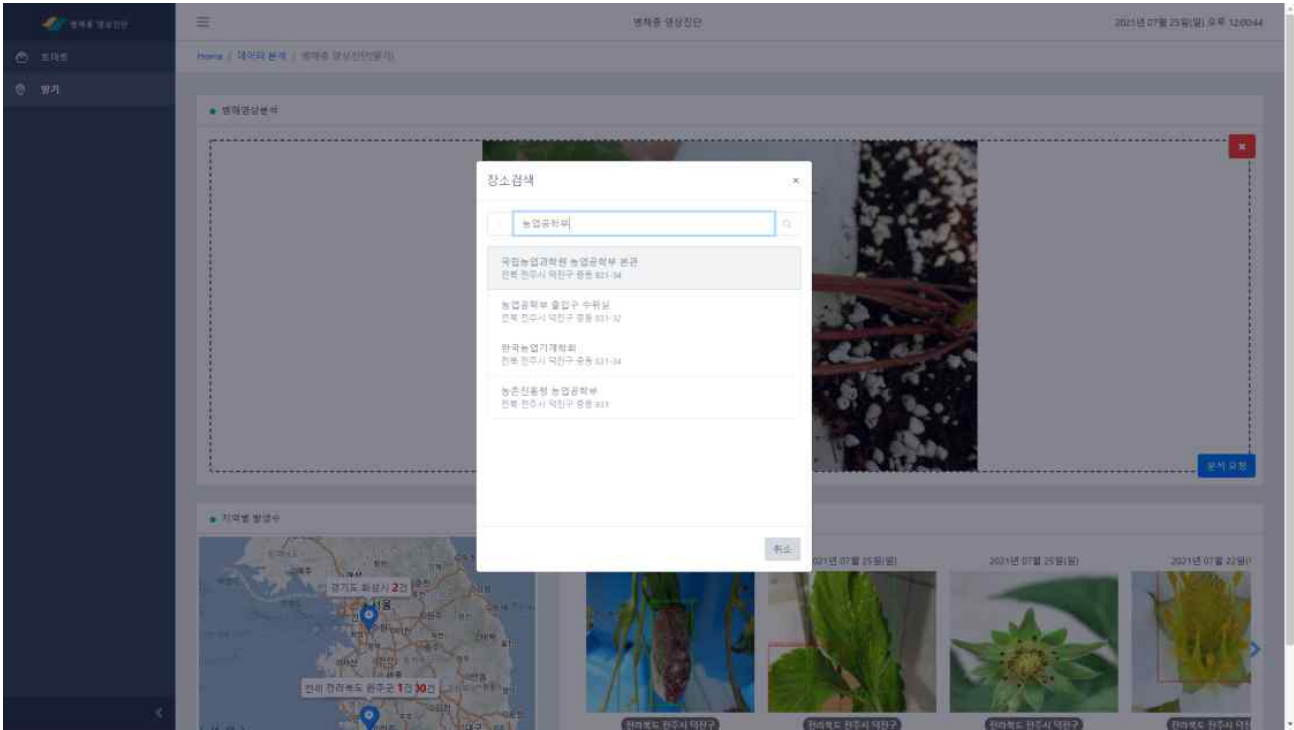
4.1.1. 영상 업로드 화면



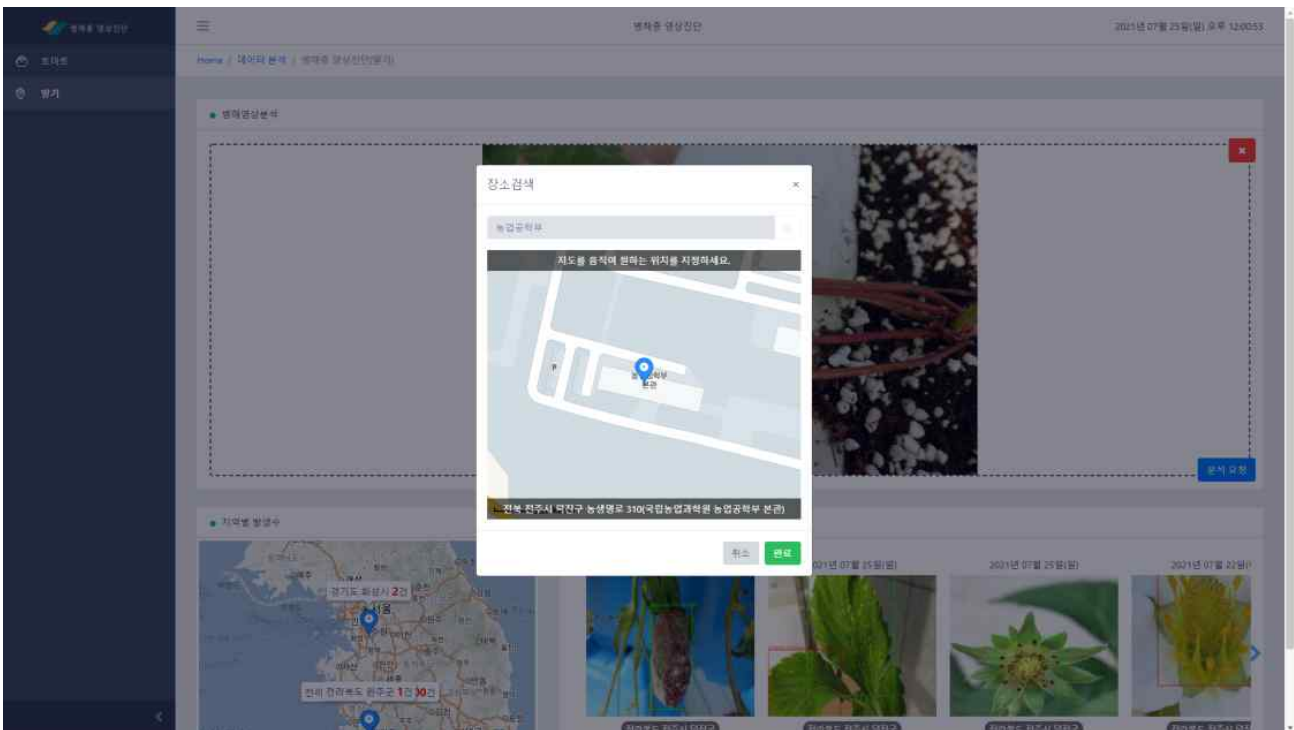
4.1.2. 업로드 전 촬영 위치 선택 알림창



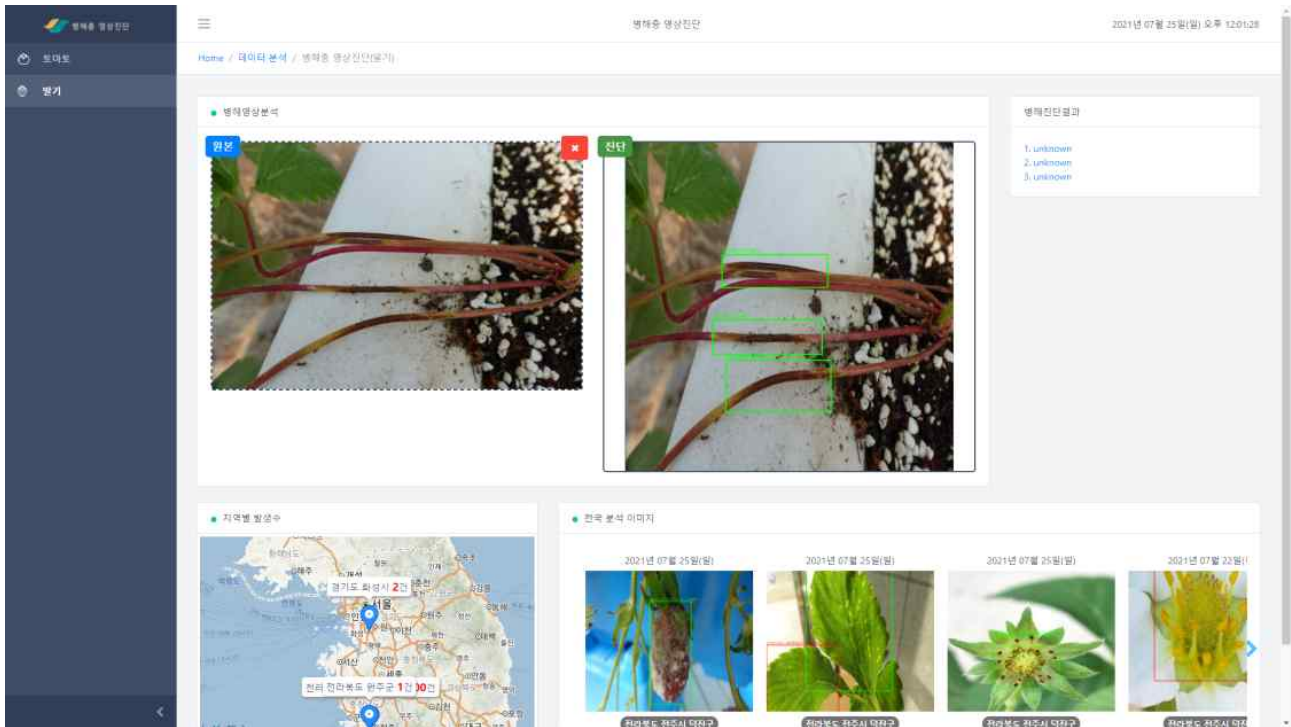
4.1.3. 촬영 위치 검색 화면



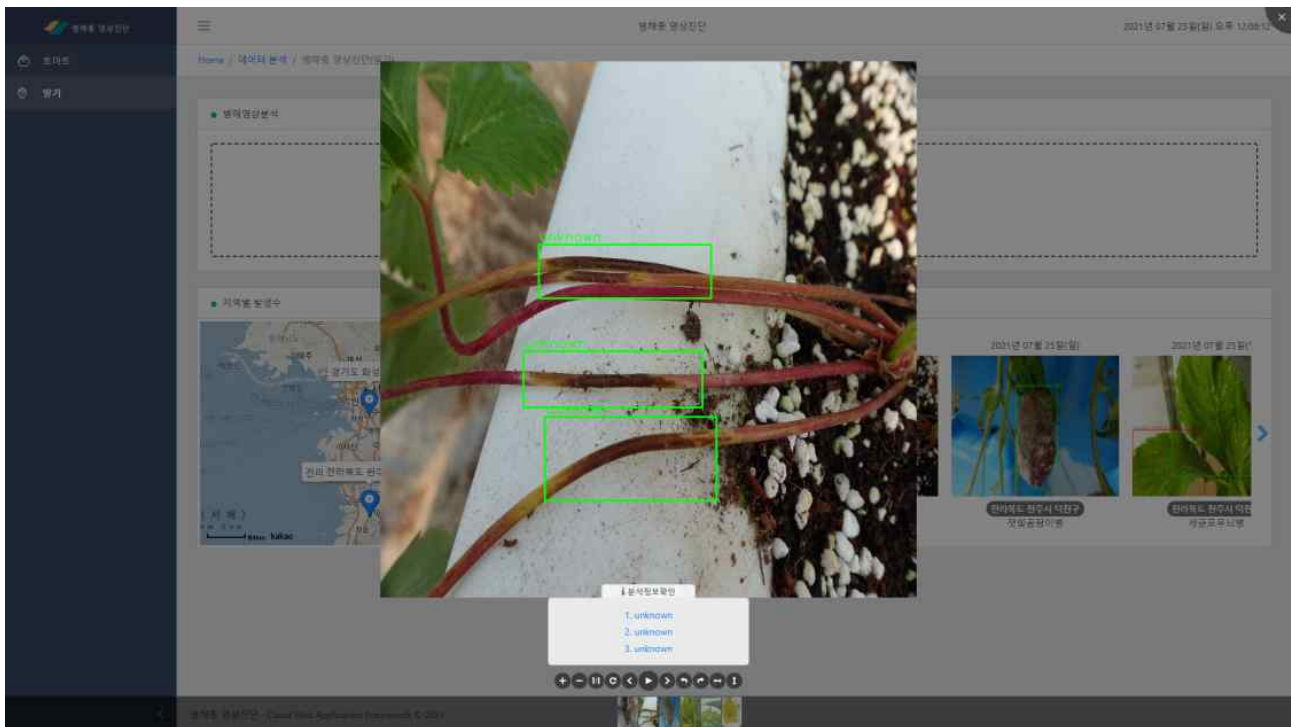
4.1.4. 촬영 위치 선택 화면



4.1.5. 영상 분석 결과 화면(1)

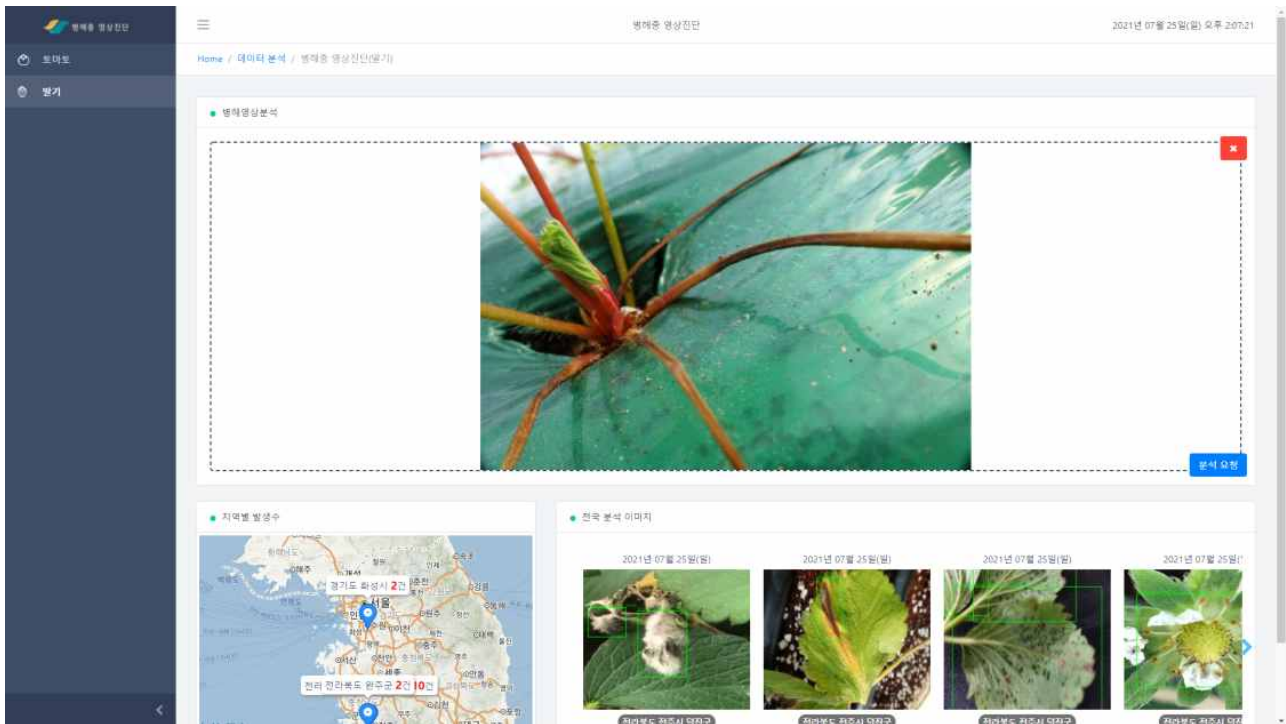


4.1.6. 영상 분석 결과 화면(2)

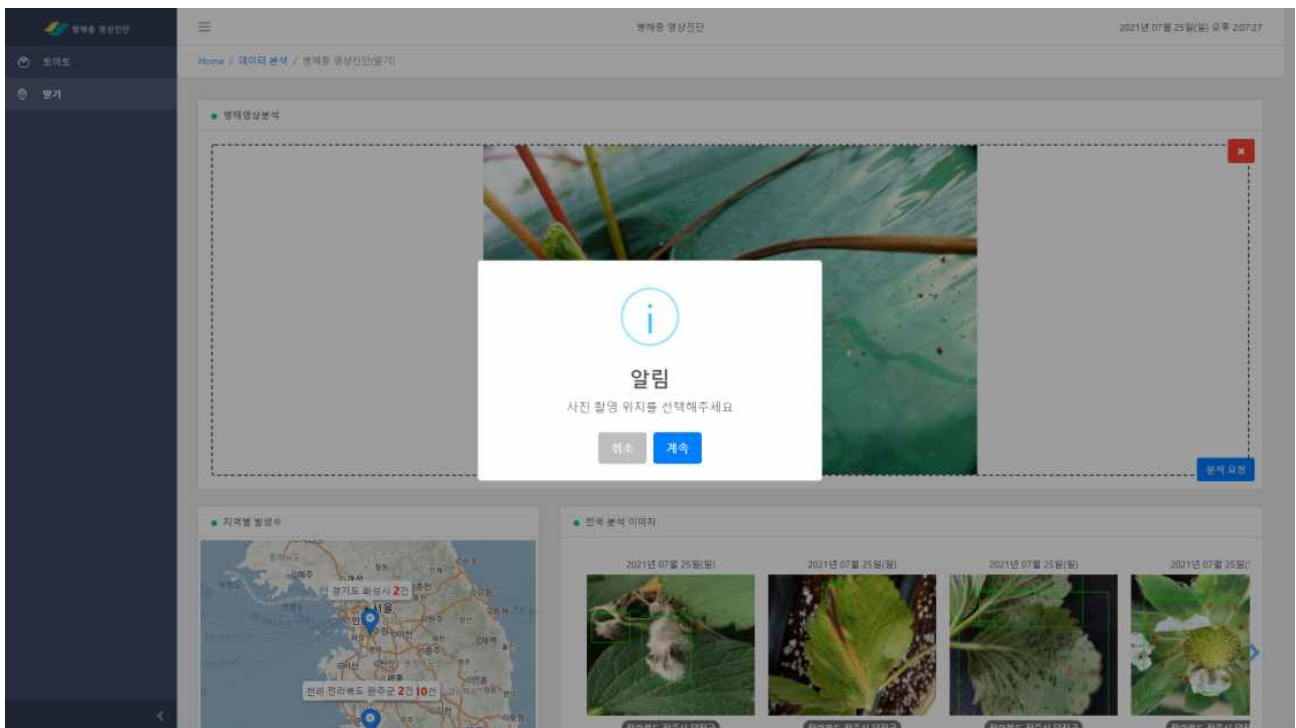


4.2. 탄저병(2)

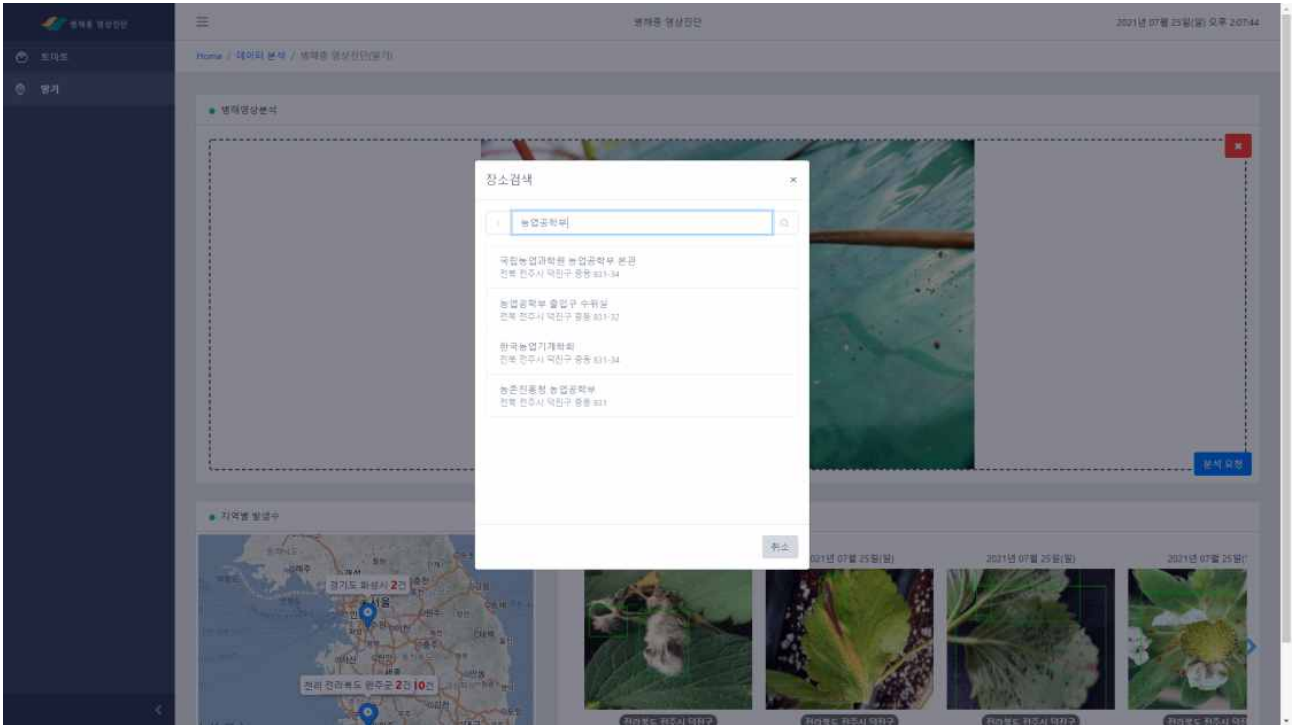
4.2.1. 영상 업로드 화면



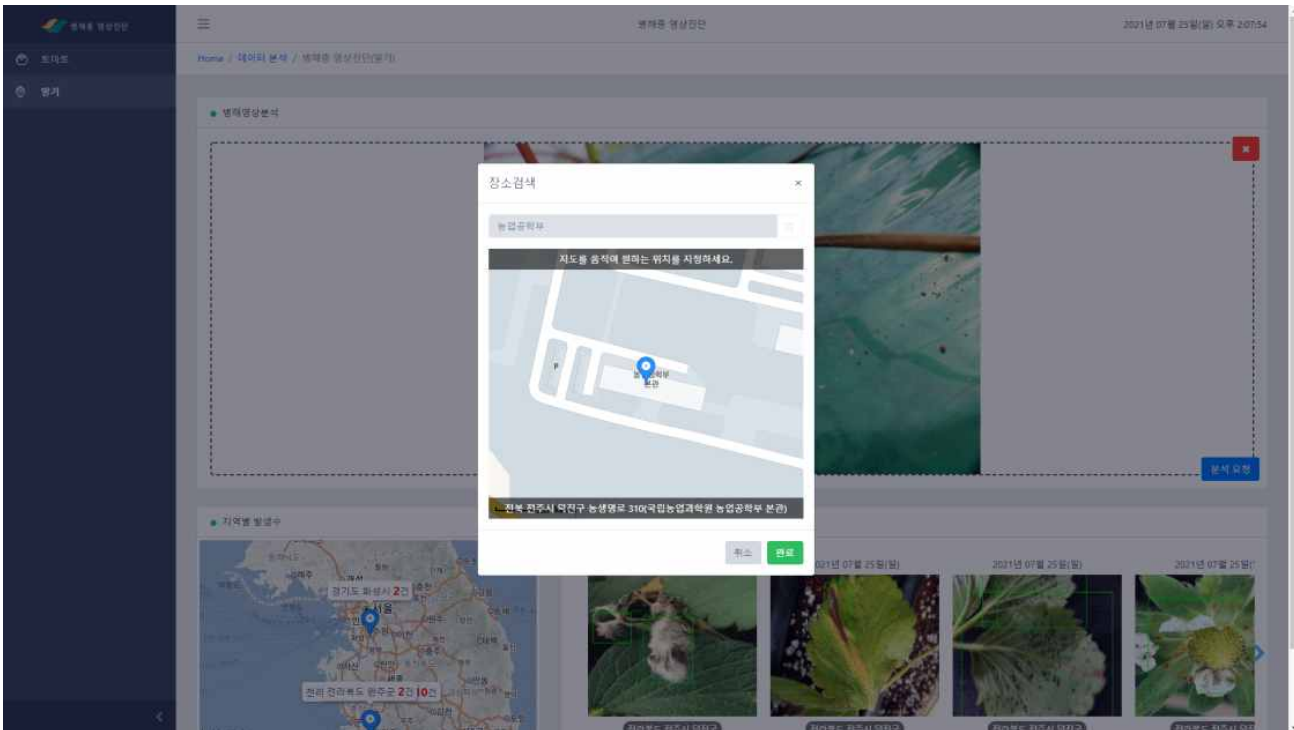
4.2.2. 업로드 전 촬영 위치 선택 알림창



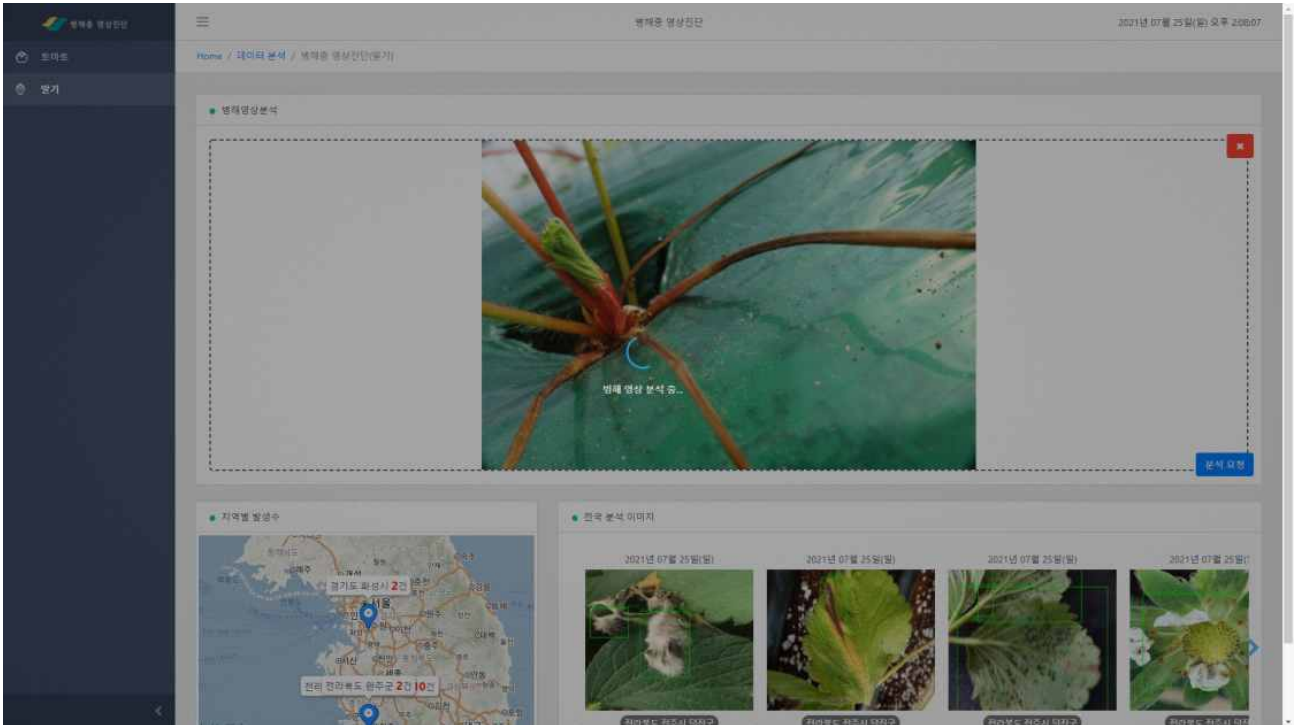
4.2.3. 촬영 위치 검색 화면



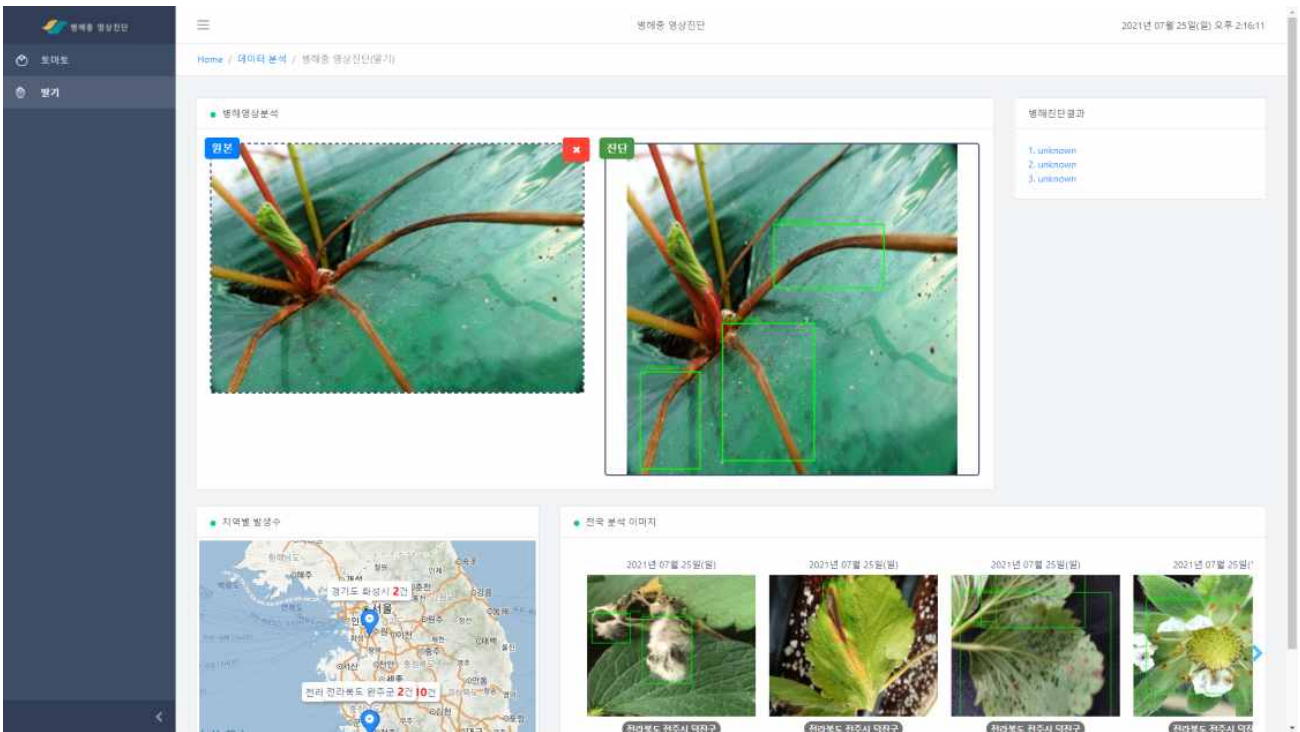
4.2.4. 촬영 위치 선택 화면



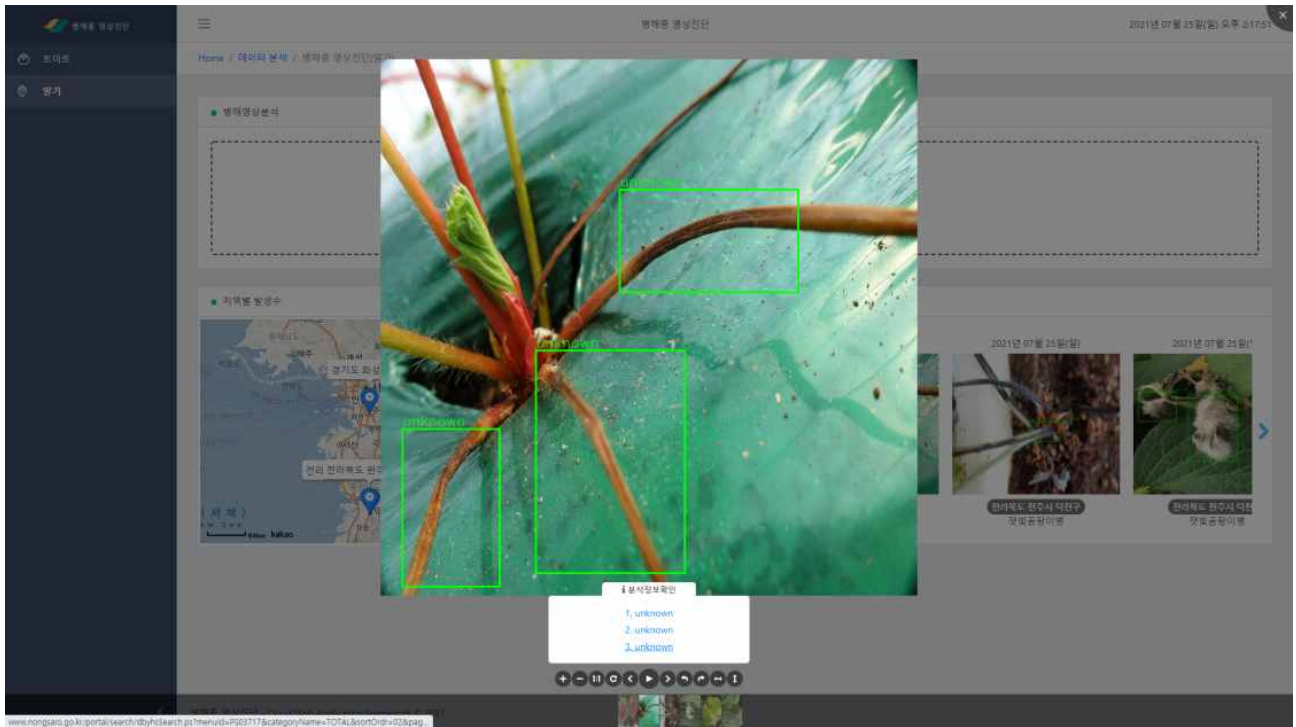
4.2.5. 영상 업로드 후 영상 분석 진행 화면



4.2.6. 영상 분석 결과 화면(1)



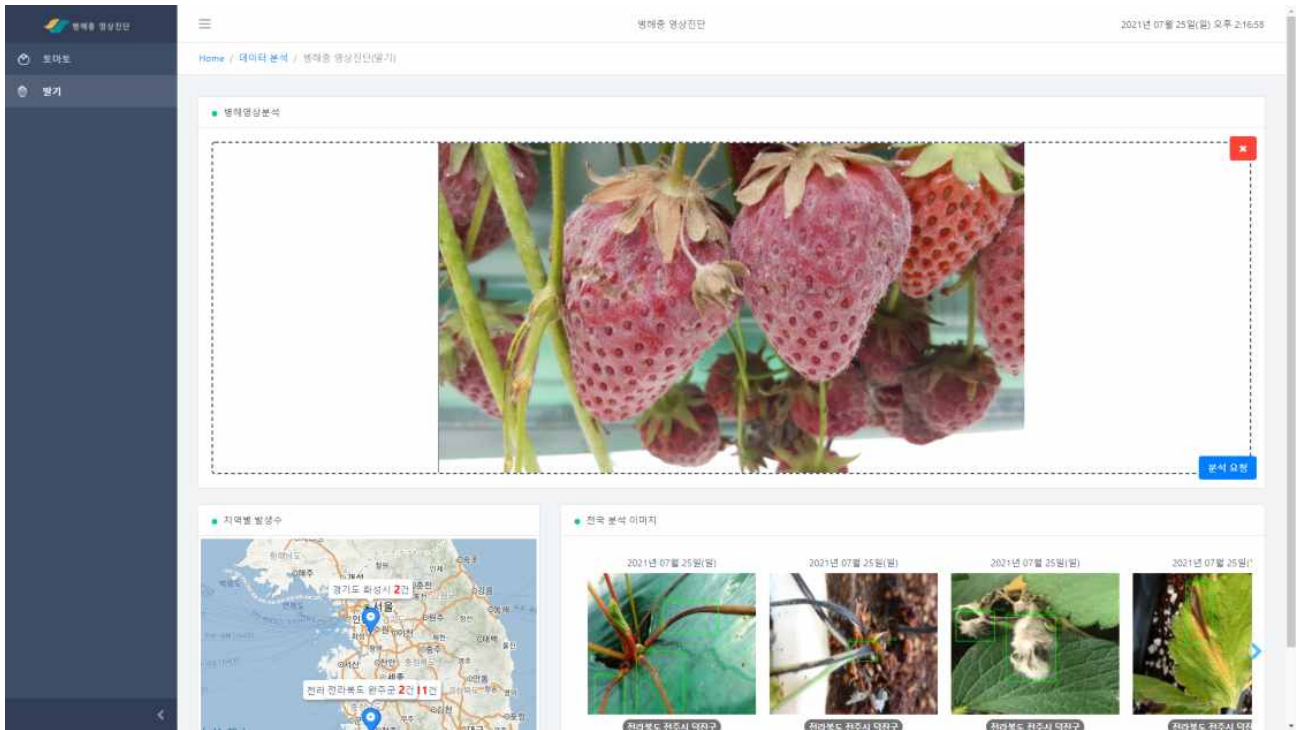
4.2.7. 영상 분석 결과 화면(2)



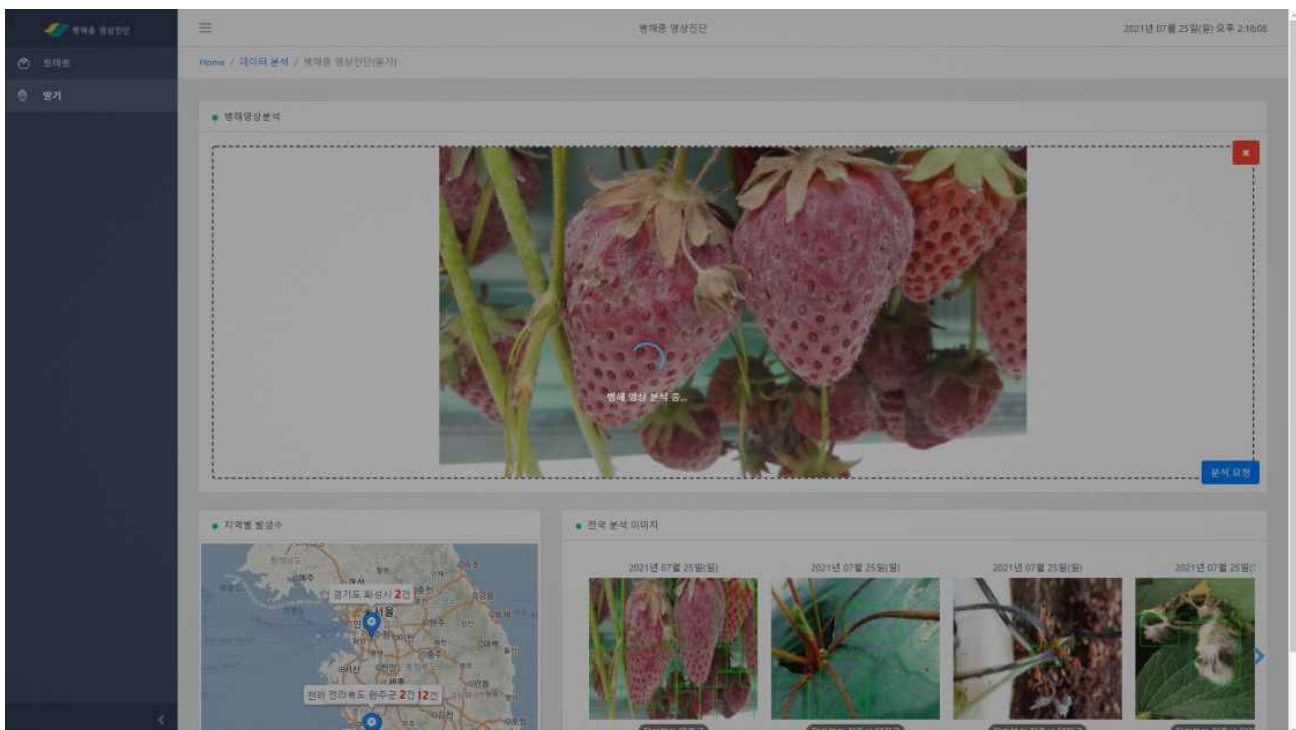
5. 흰가루병 과일

5.1. 흰가루병 과일(1)

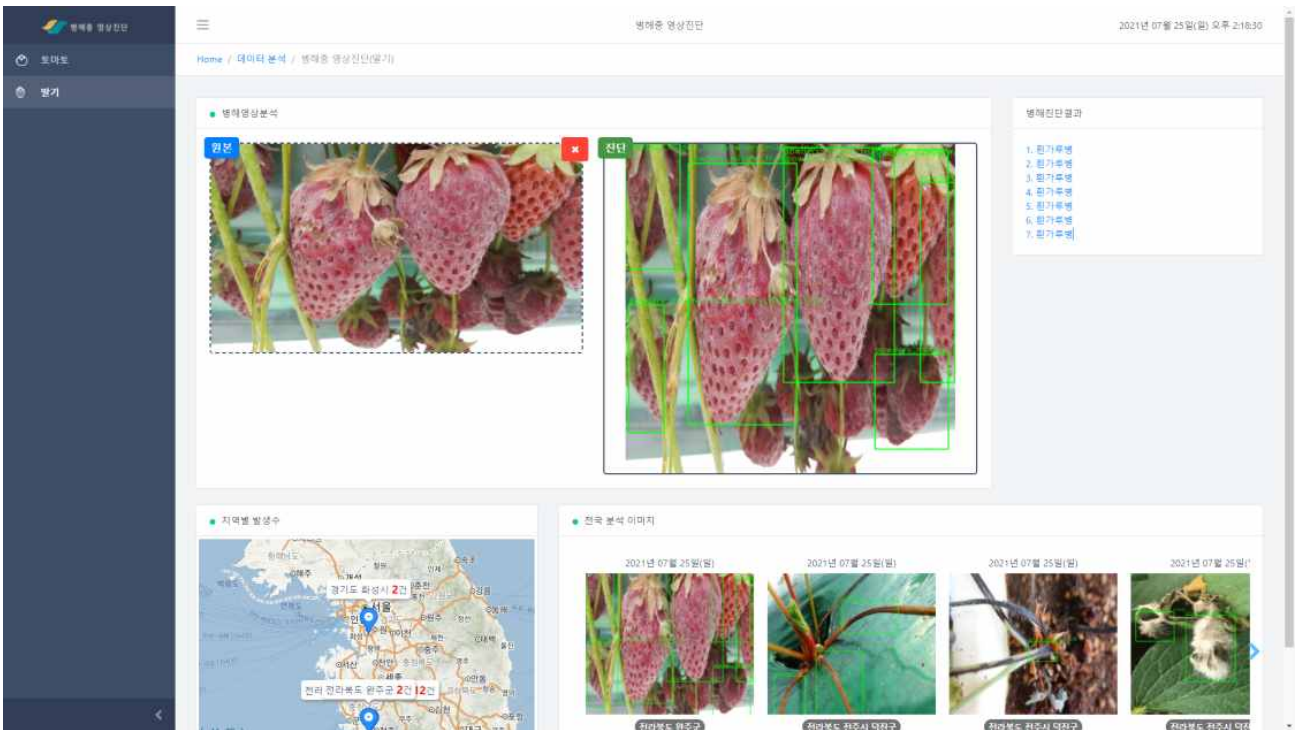
5.1.1. 영상 업로드 화면



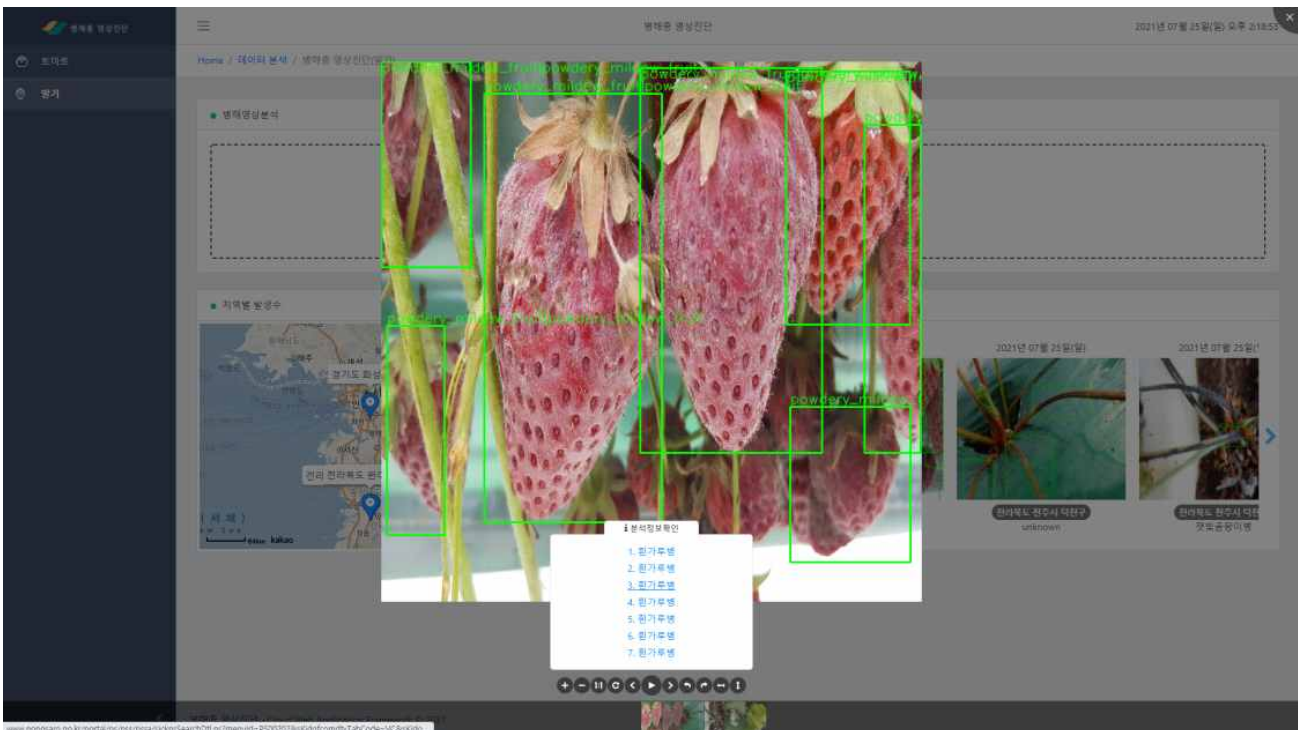
5.1.2. 영상 업로드 후 영상 분석 진행 화면



5.1.3. 영상 분석 결과 화면(1)

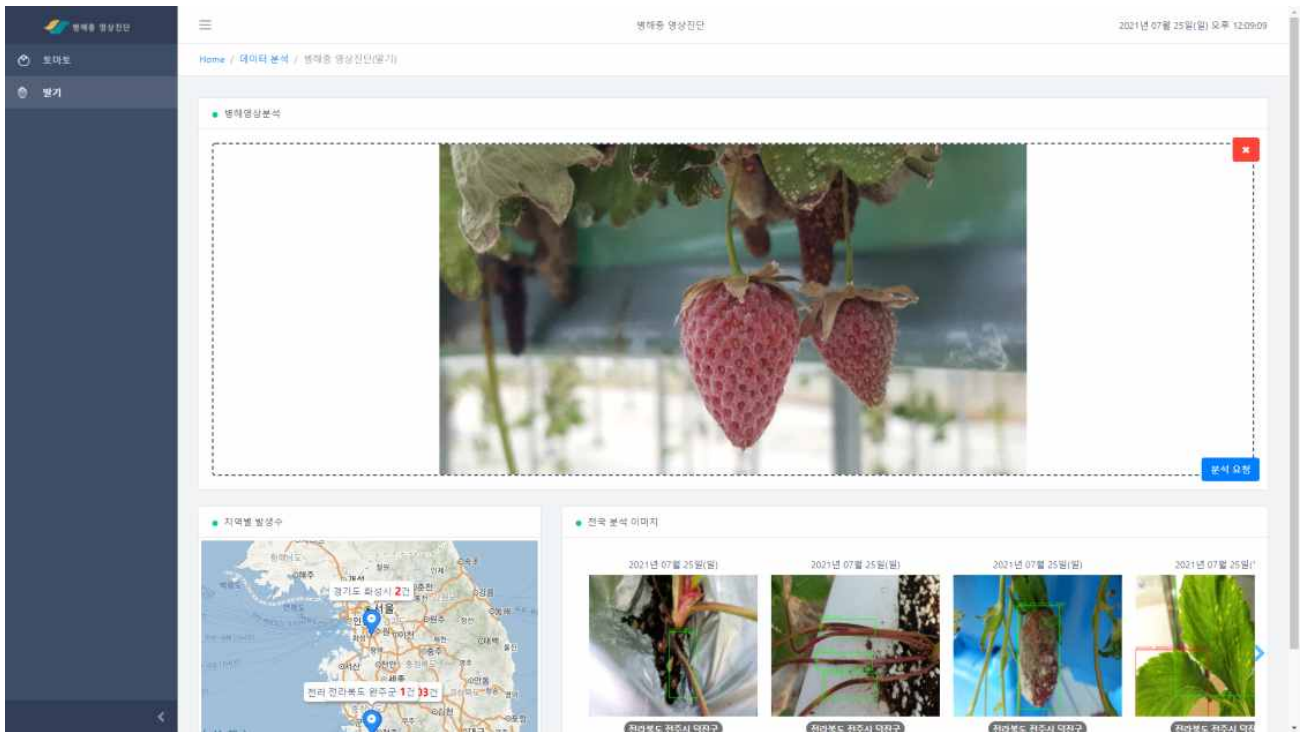


5.1.4. 영상 분석 결과 화면(2)

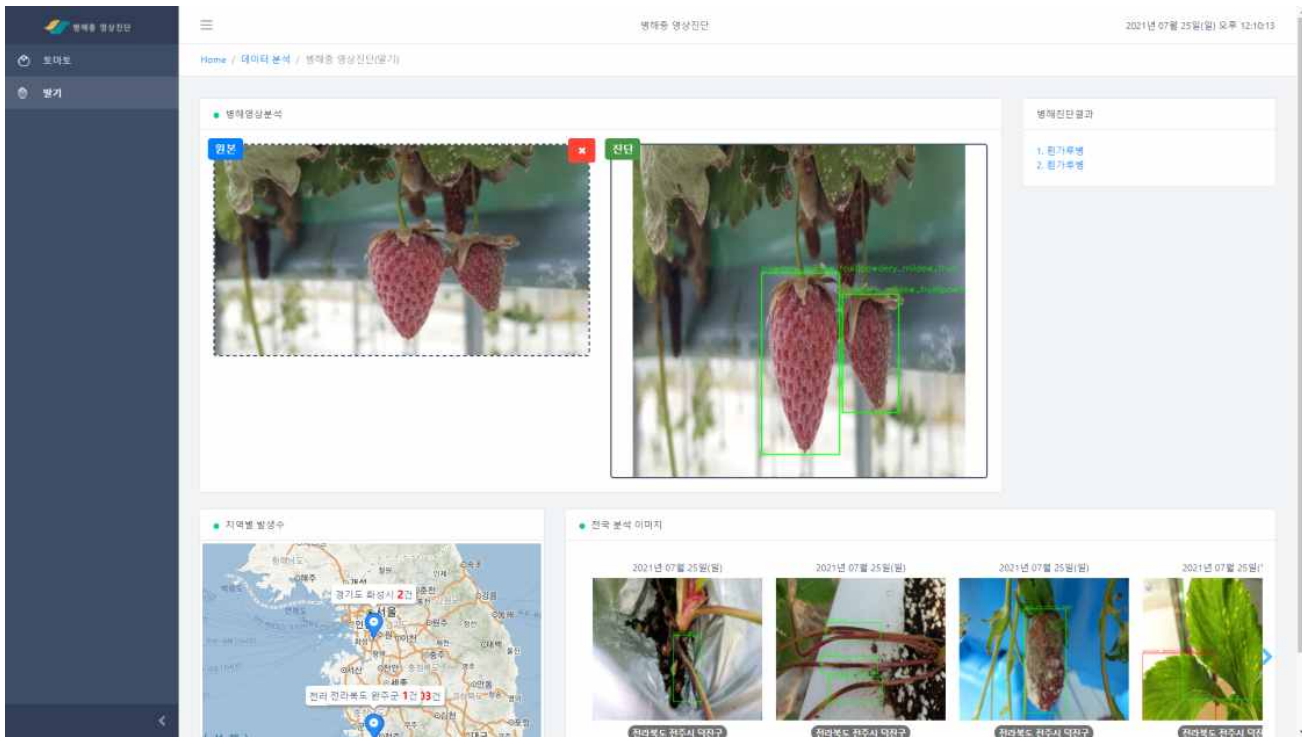


5.2. 흰가루병 과일(2)

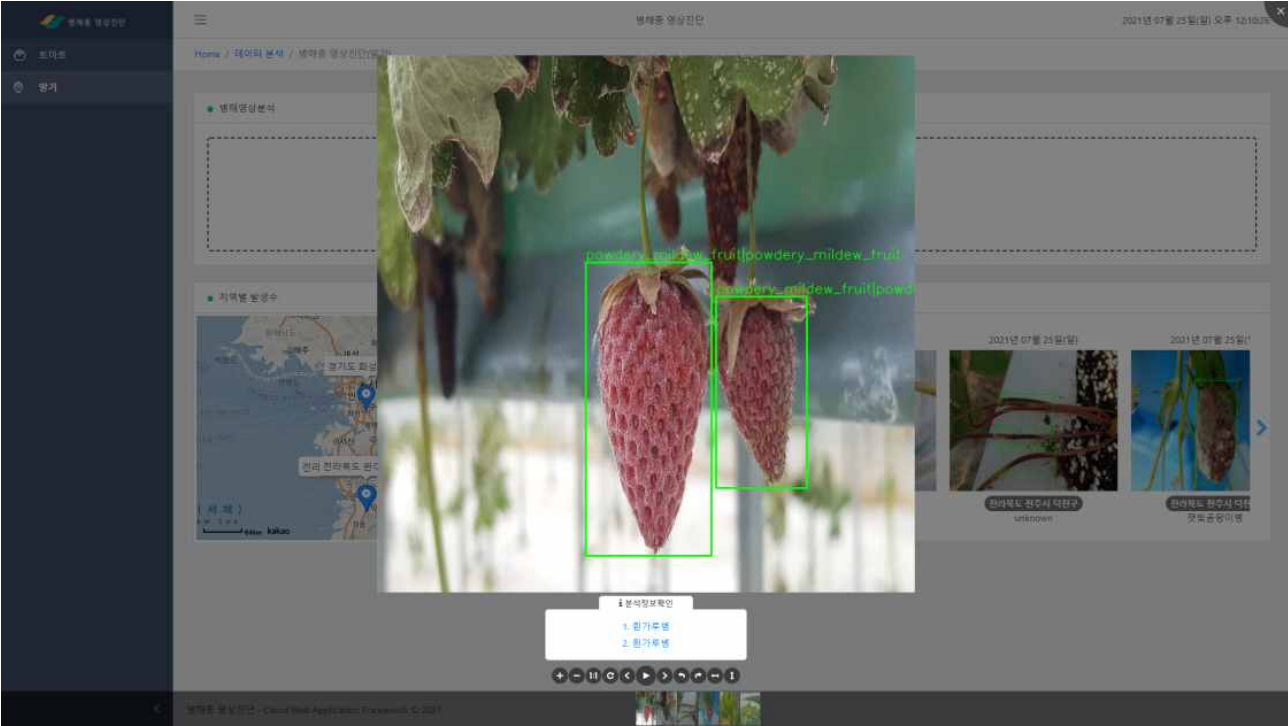
5.2.1. 사진 업로드 화면



5.2.2. 영상 분석 결과 화면(1)



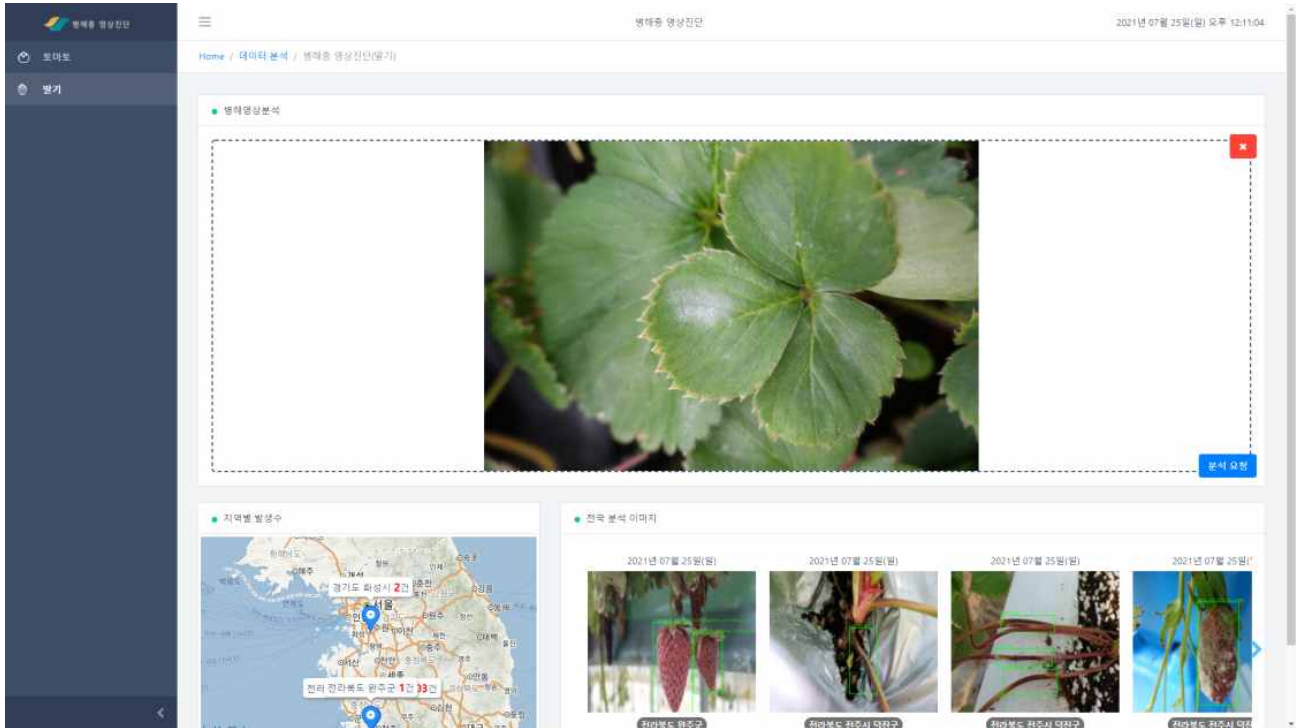
5.2.3. 영상 분석 결과 화면(2)



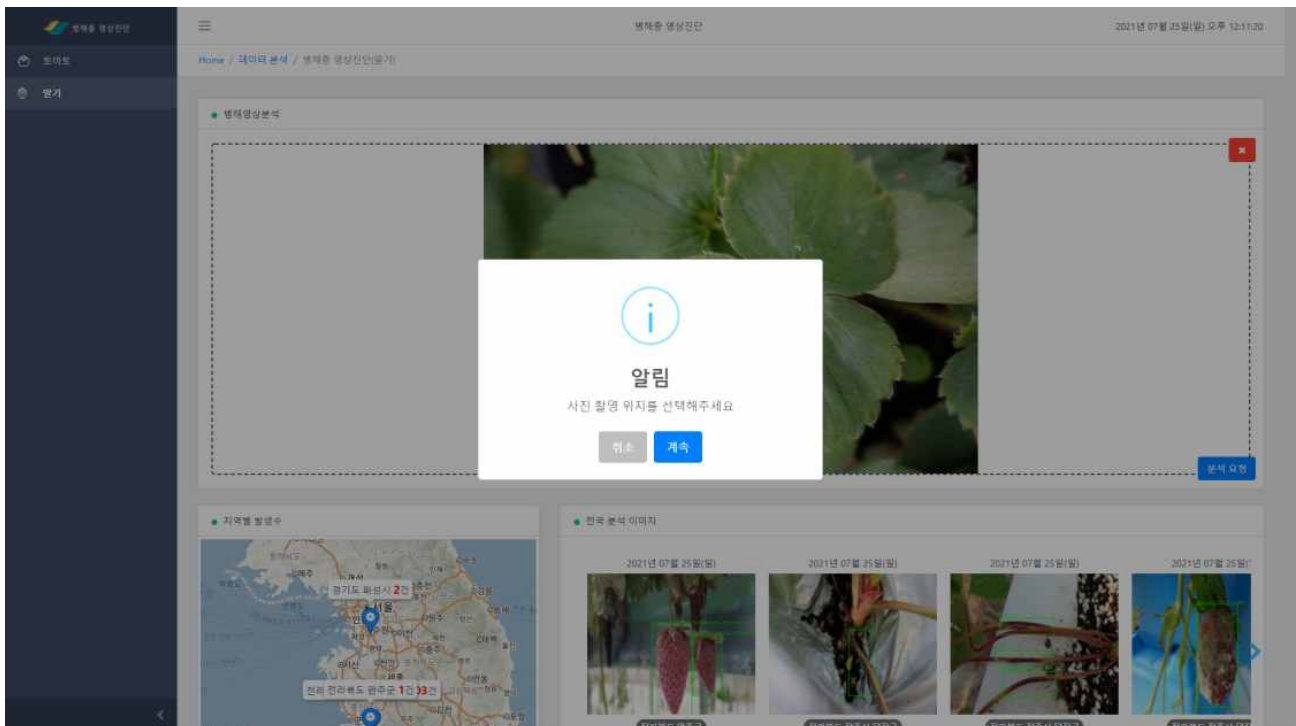
6. 흰가루병

6.1. 흰가루병(1)

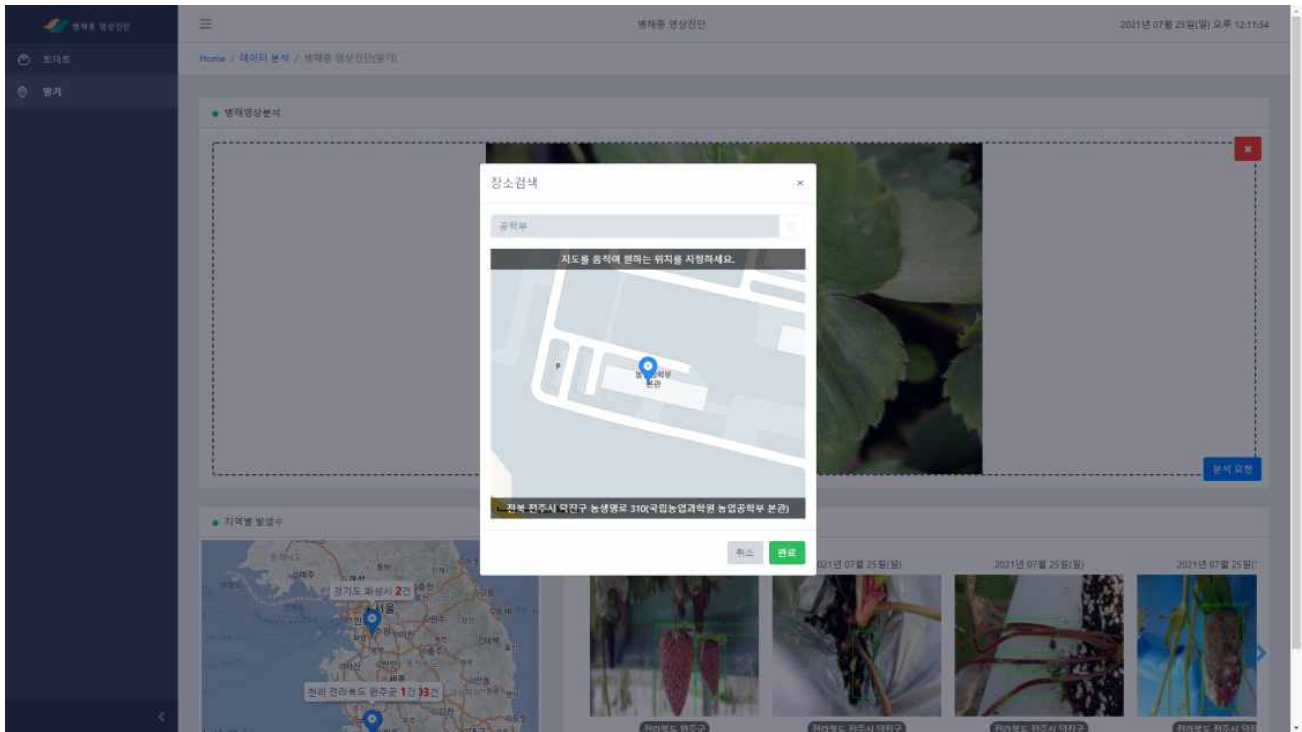
6.1.1. 사진 업로드 화면



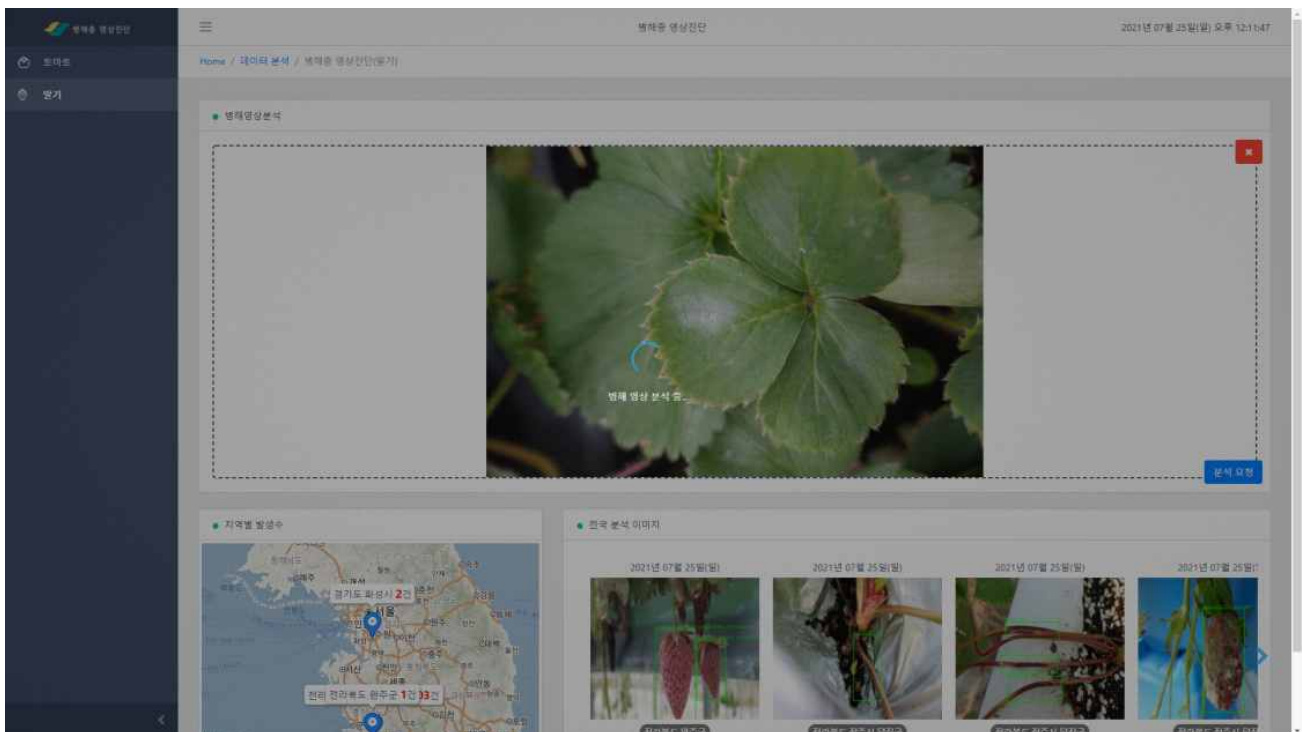
6.1.2. 업로드 전 촬영 위치 선택 알림창



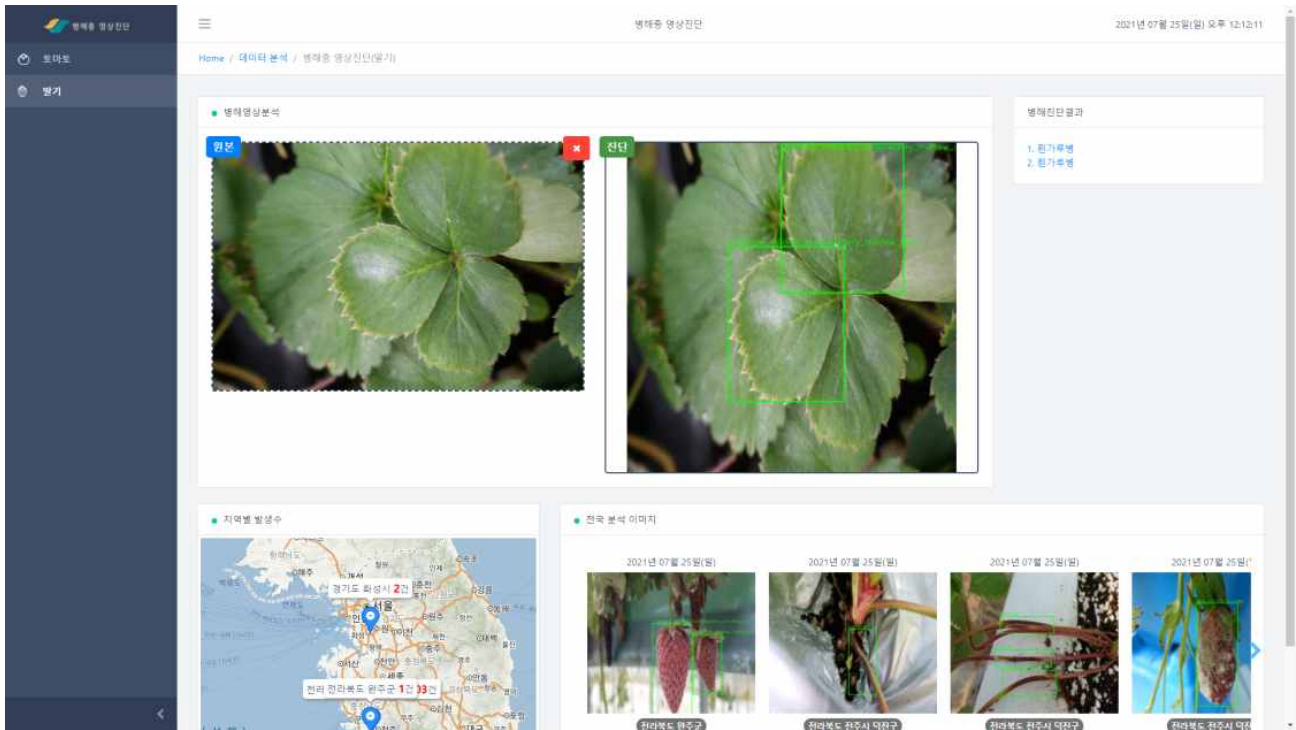
6.1.3. 촬영 위치 선택 화면



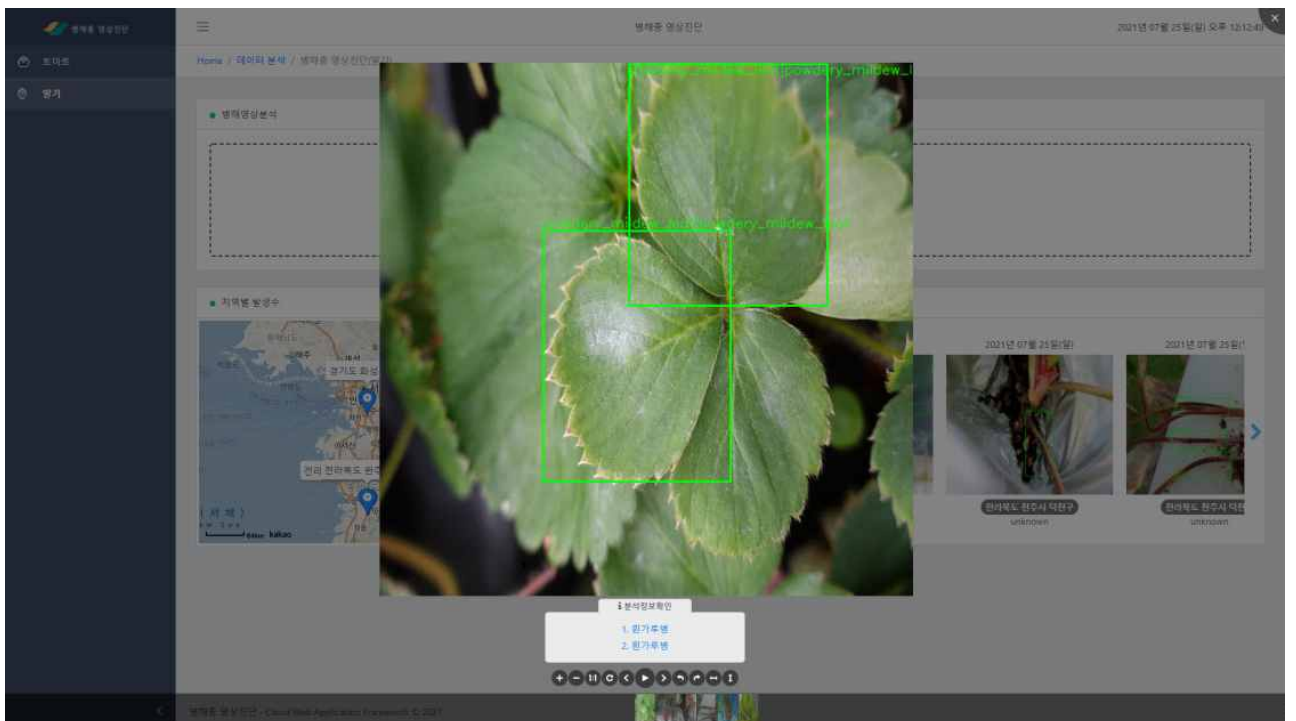
6.1.4. 영상 업로드 후 영상 분석 진행 화면



6.1.5. 영상 분석 결과 화면(1)

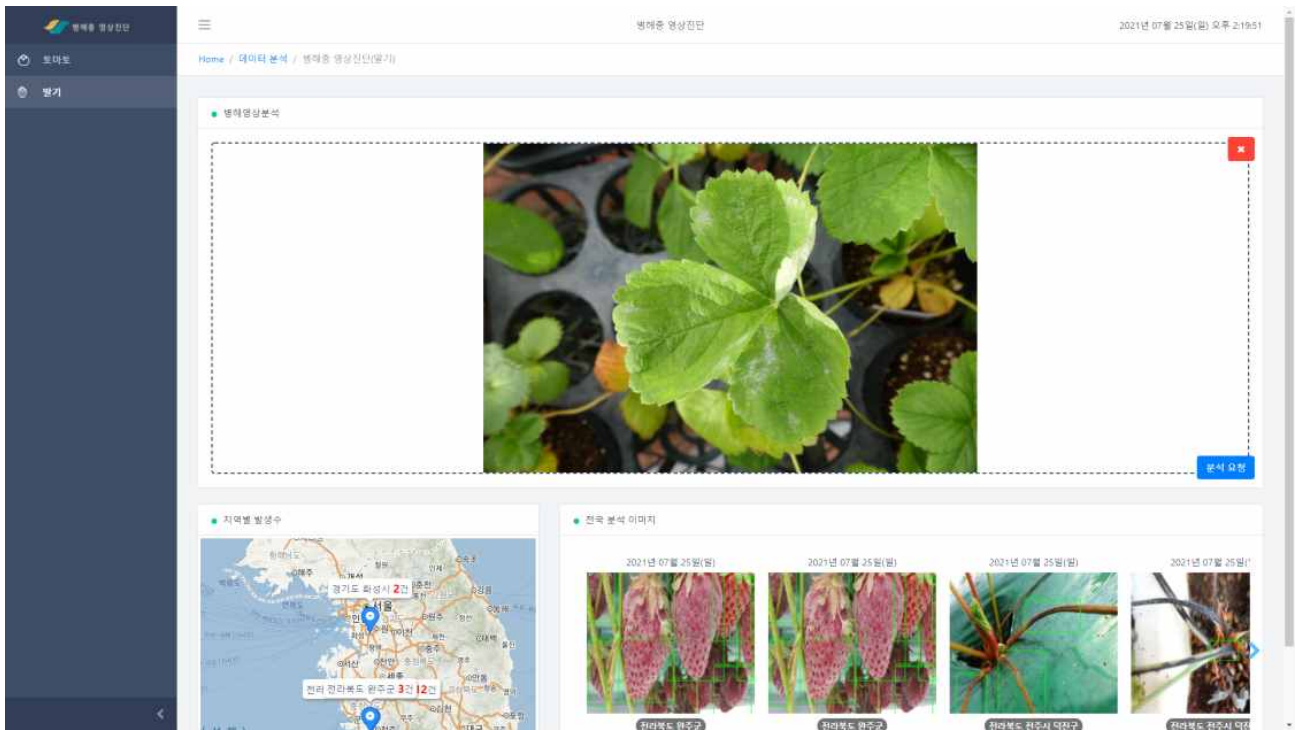


6.1.6. 영상 분석 결과 화면(2)

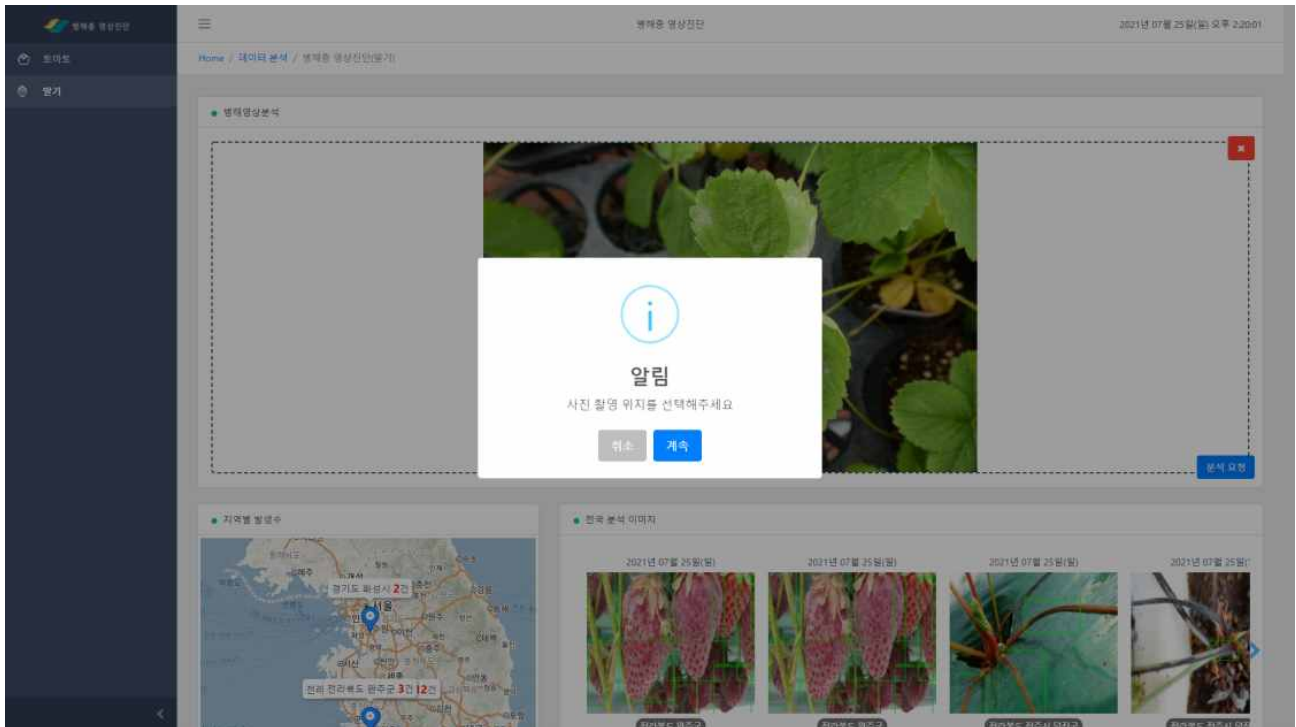


6.2. 흰가루병(2)

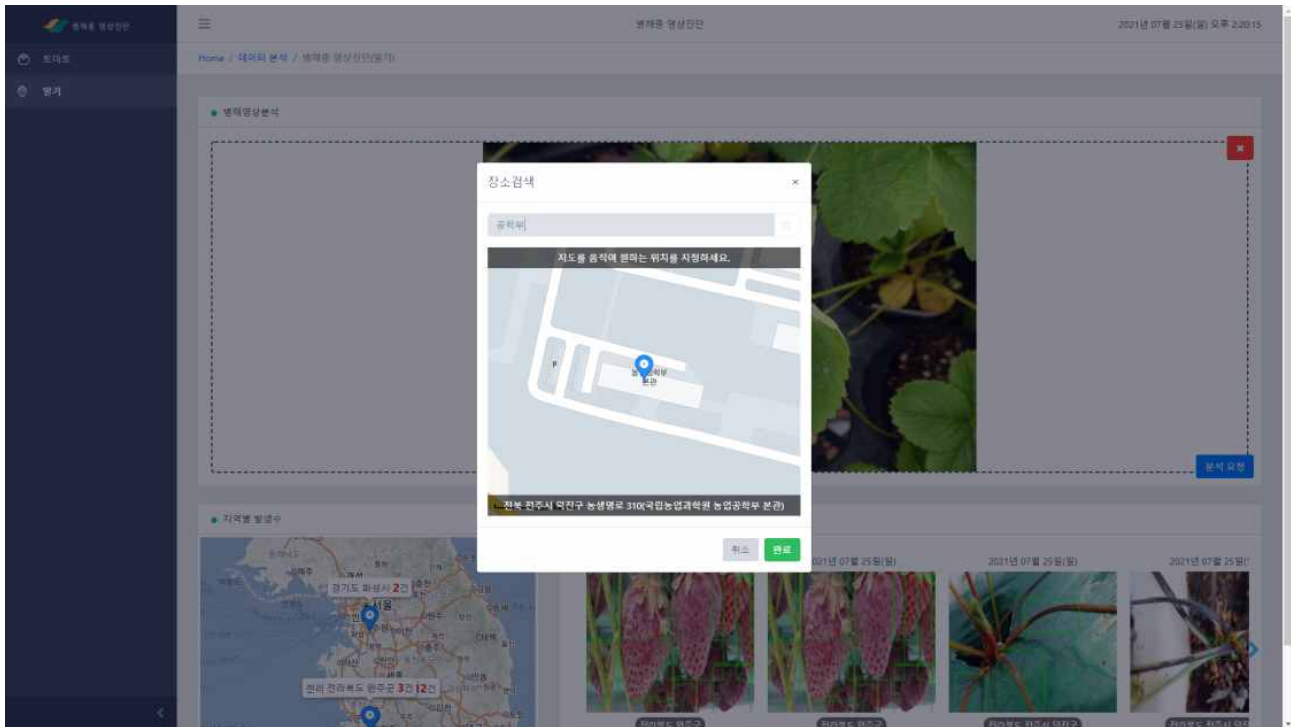
6.2.1. 사진 업로드 화면



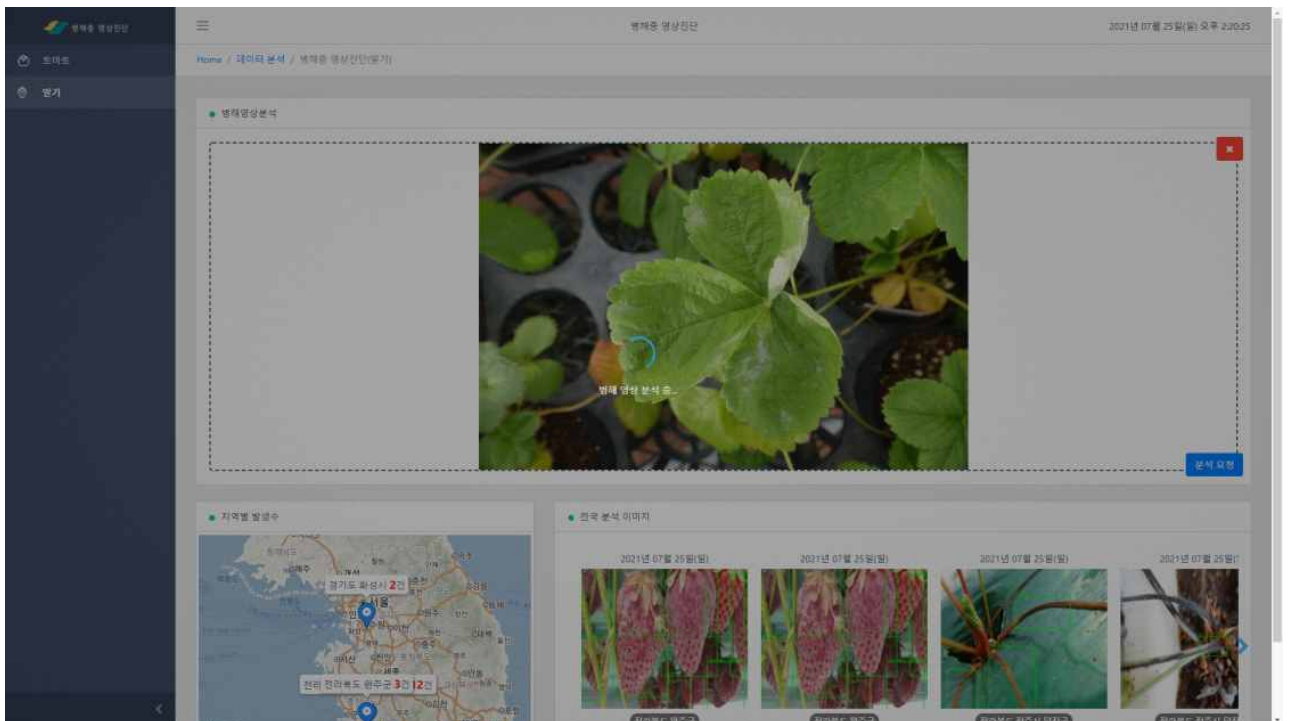
6.2.2. 업로드 전 촬영 위치 선택 알림창



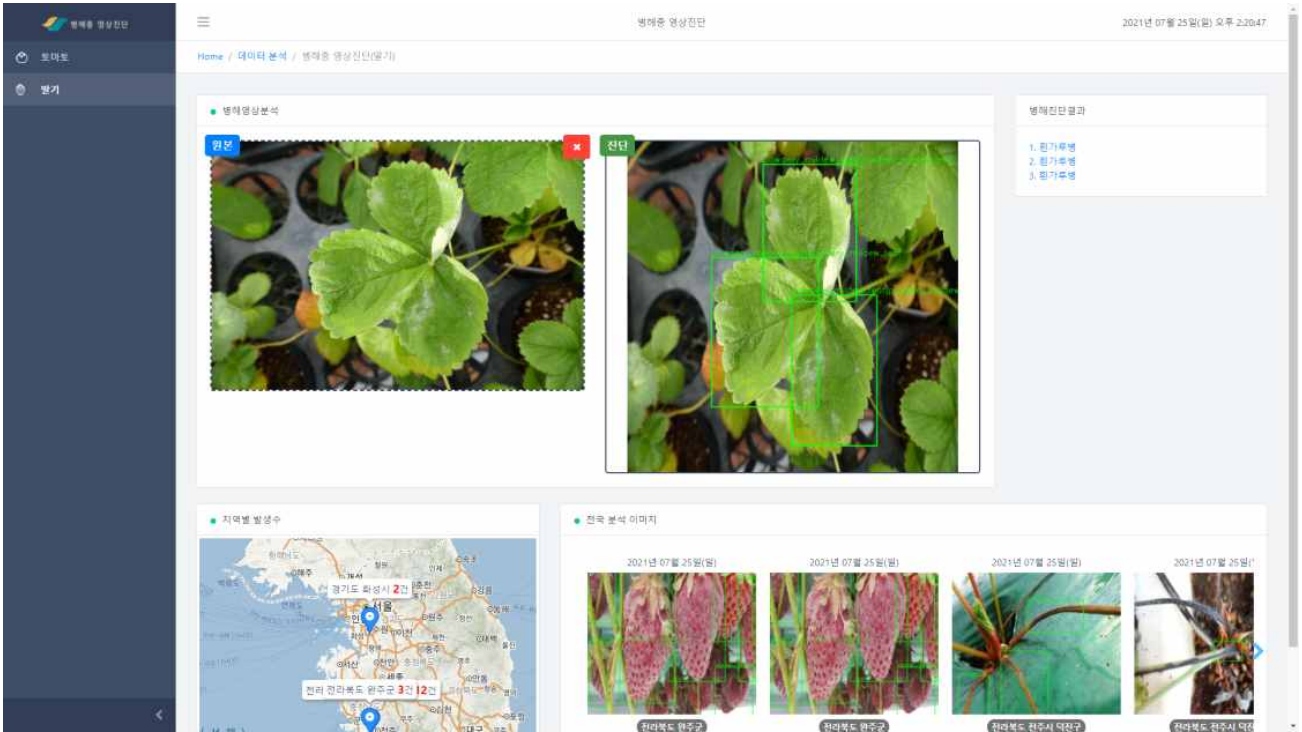
6.2.3. 촬영 위치 선택 화면



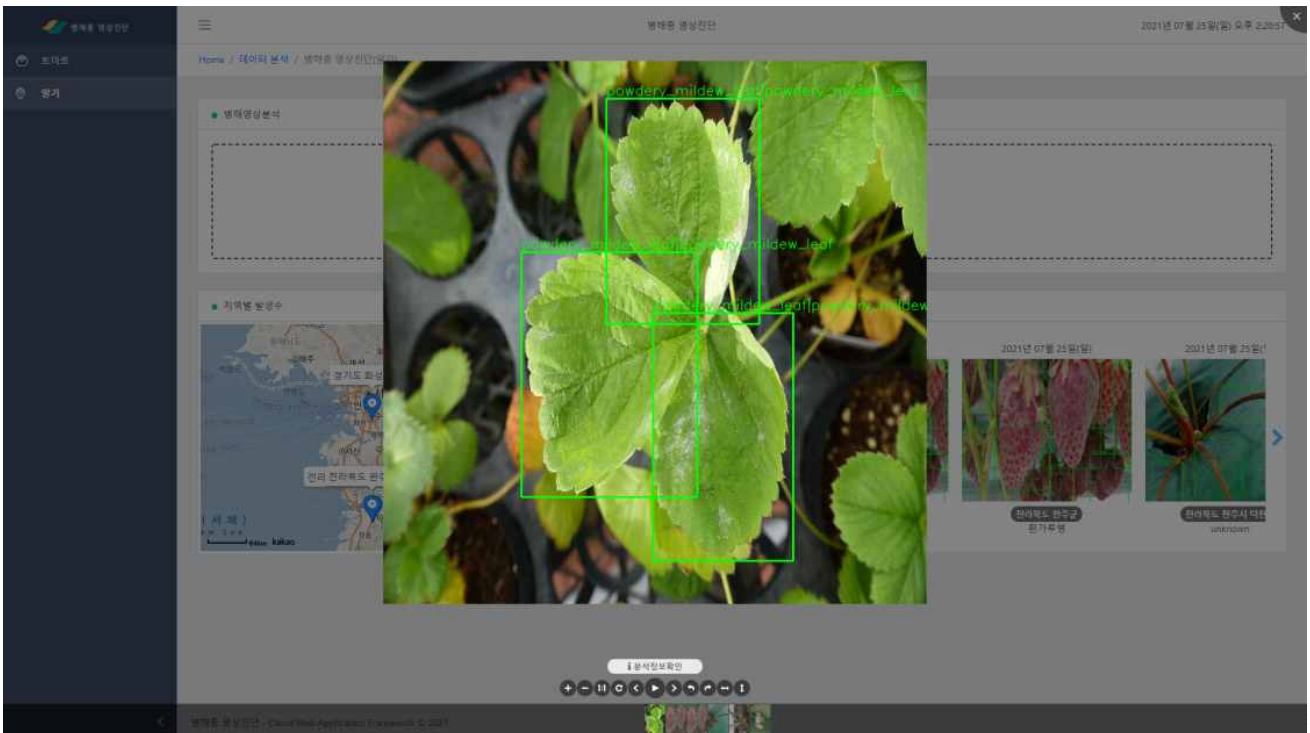
6.2.4. 영상 업로드 후 영상 분석 진행 화면



6.2.5. 영상 분석 결과 화면(1)

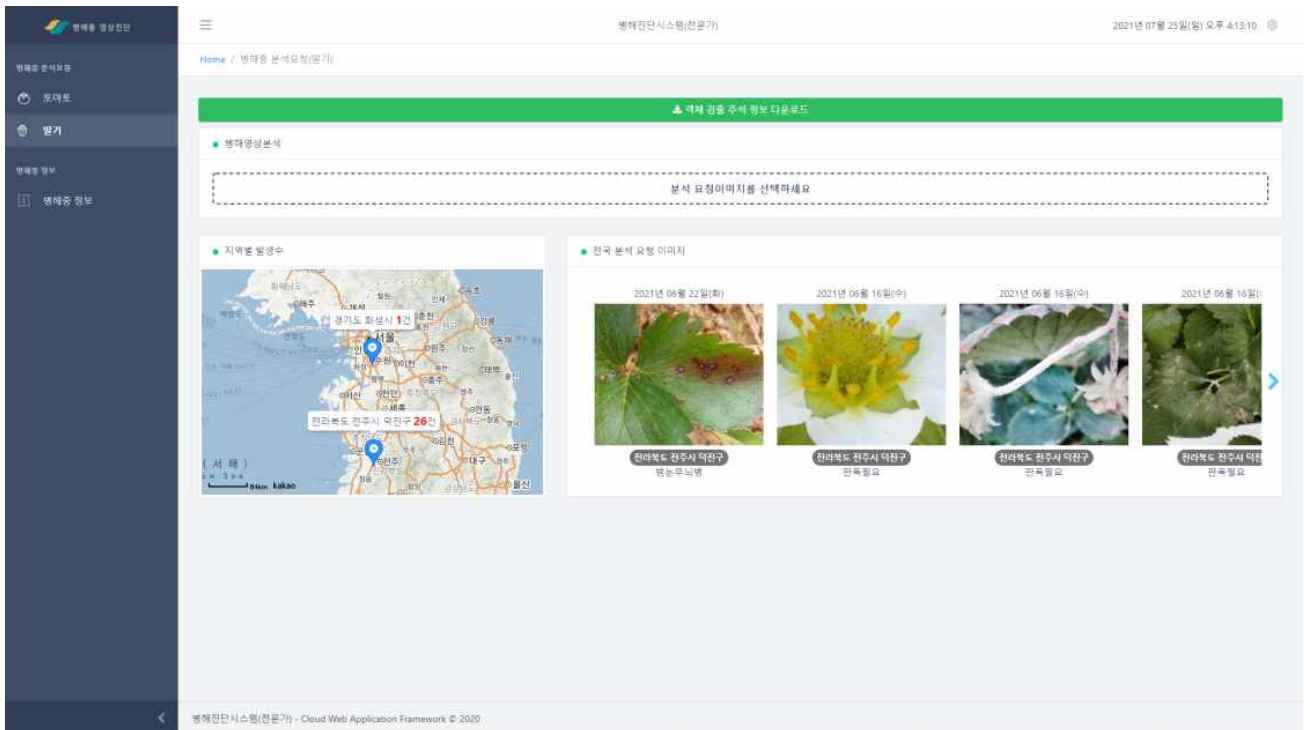


6.2.6. 영상 분석 결과 화면(2)

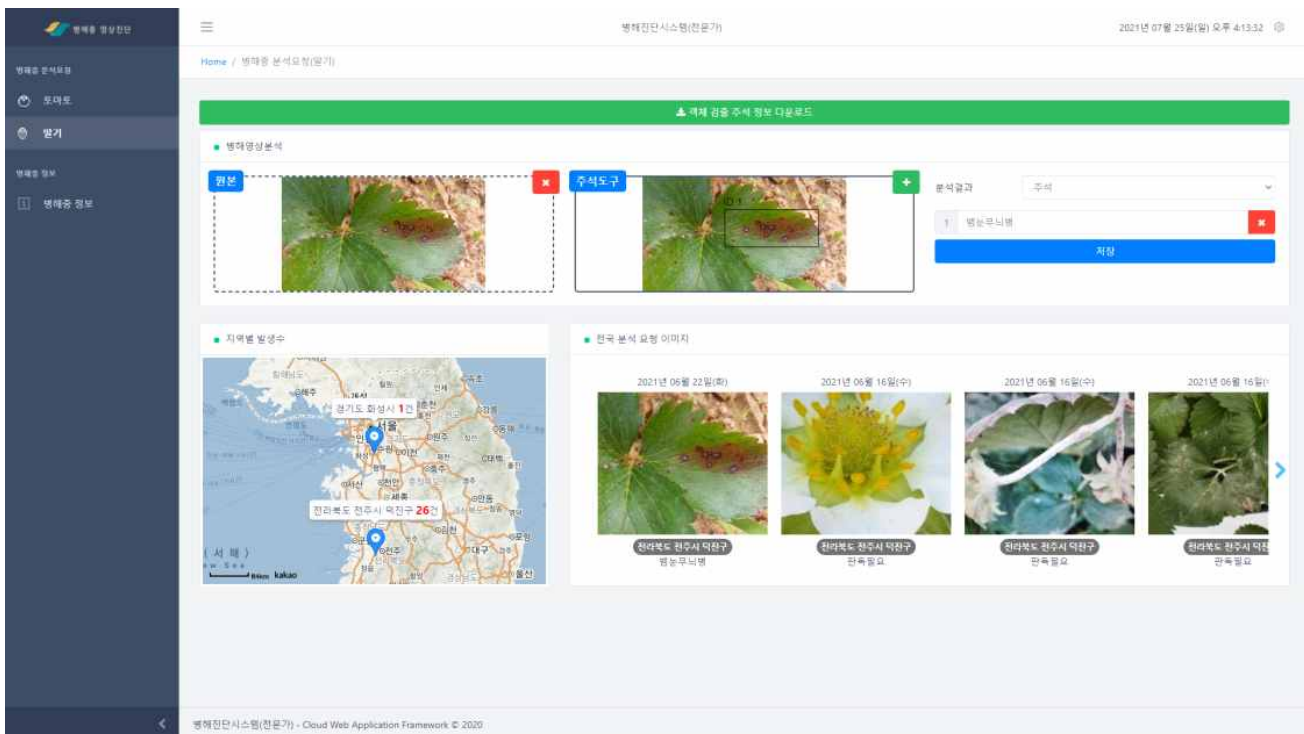


7. 관리자 페이지

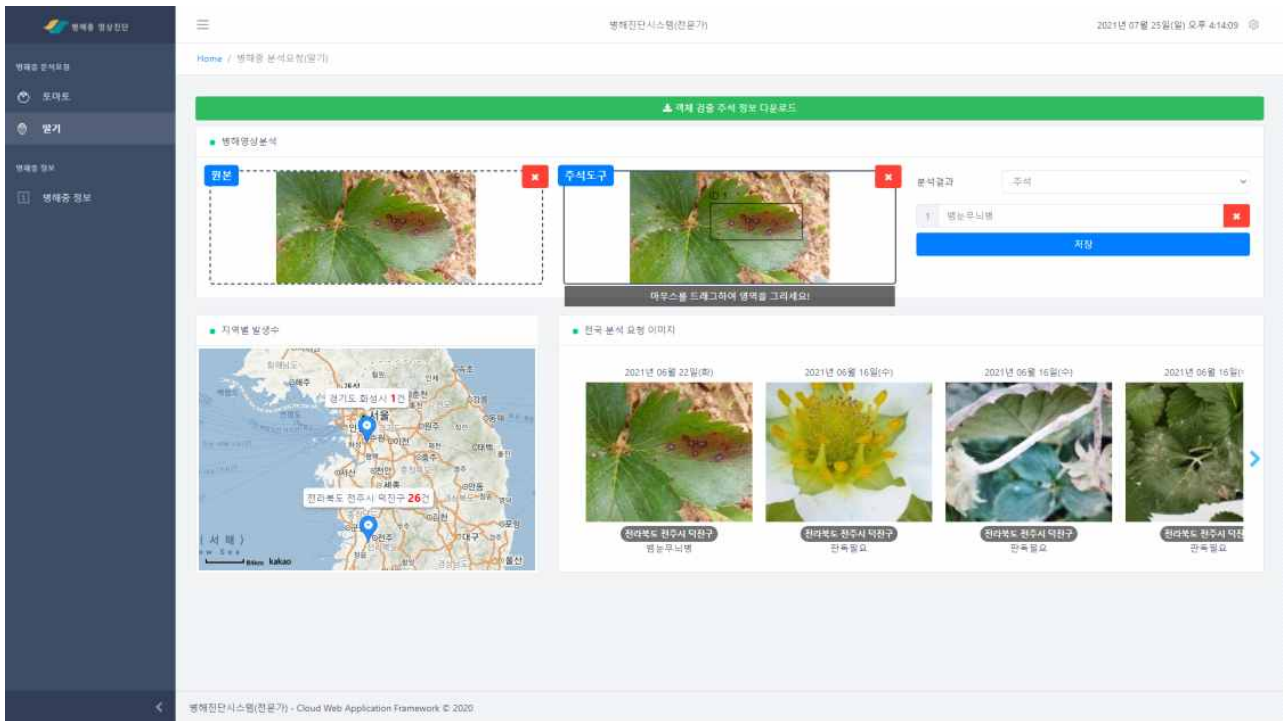
7.1. 초기 화면



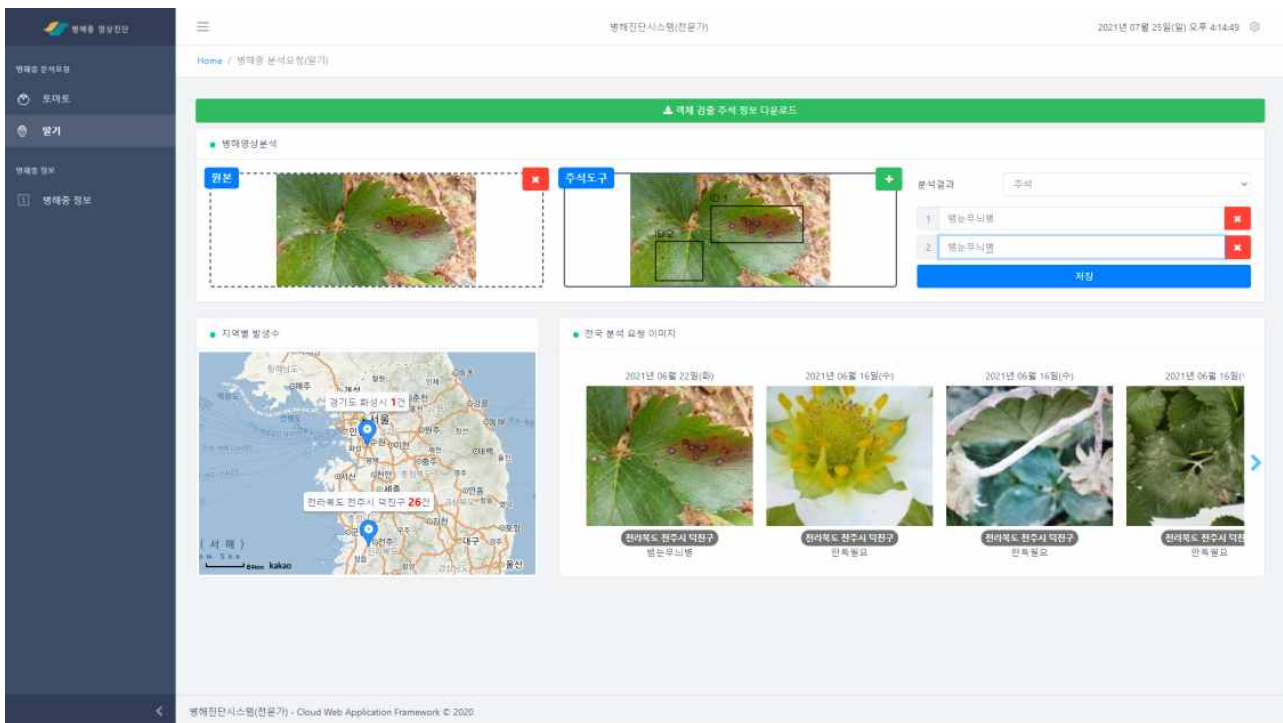
7.2. 영상 선택 화면



7.3. 주식 추가 전 화면



7.4. 주식 추가 화면



딥러닝을 위한 농업데이터 레이블링 방법

별첨 2-3



알찬대학 따뜻한동행

딥러닝을 위한 농업 데이터 labeling 방법

JEONBUK NATIONAL UNIVERSITY

전북대학교

알찬대학 따뜻한동행



Contents

1. 딥러닝을 위한 데이터 촬영방법
2. 딥러닝을 위한 label 유형
3. Labeling tool 설치 및 실행 방법
 - A. detection labeling 시연
 - B. Segmentation labeling 시연

1

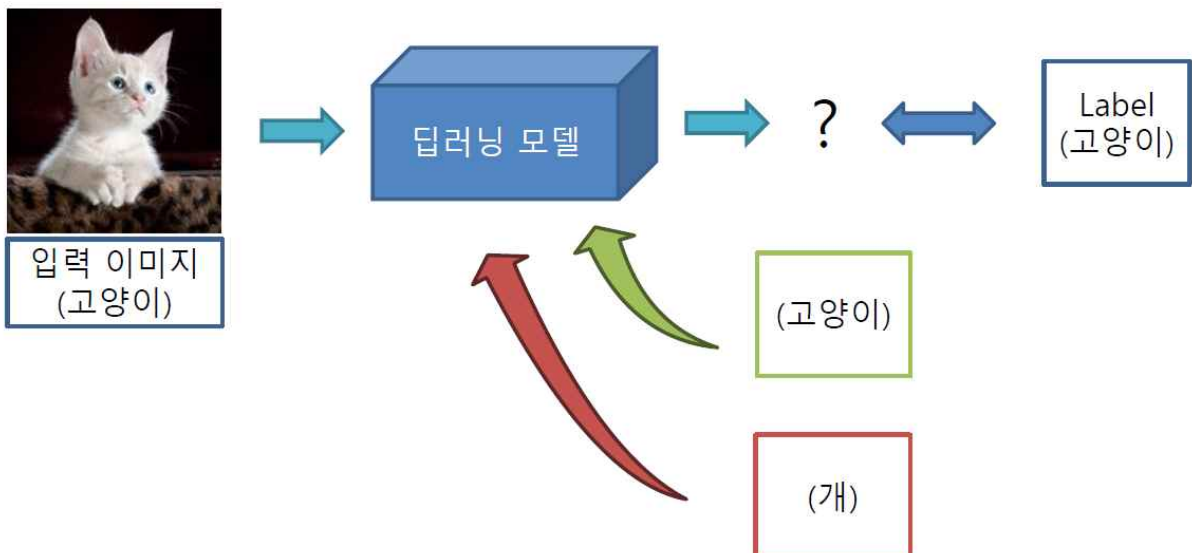
딥러닝을 위한 데이터 촬영 방법

JEONBUK NATIONAL UNIVERSITY



Label이 필요한 이유

딥러닝을 위한 데이터 촬영 방법



학습 이미지 촬영 방법

딥러닝을 위한 데이터 촬영 방법

다양한 변화 요인:

- 다양한 질병
- 감염 정도
- 질병 위치
- 패턴
- 색상
- 크기
- 주변 환경
- ...



학습 이미지 촬영 방법

딥러닝을 위한 데이터 촬영 방법

좋은 예제: 실제 딥러닝을 적용할 대상과 비슷한 조건의 이미지

Ex) 작물 잎의 병변을 촬영하는 경우

→ 잎이 영상의 60~70%를 차지하고 검출하는 병변이 화면크기의 1/16 이상 일수록 좋음



Ex) 작물 러너의 병변을 촬영하는 경우

- 카메라 촬영한 해상도 너무 높아서, 병변 위치중심으로 찍으면 좋다



Ex) 질병 부위가 불규칙, 사이즈 작고 흩어져 있는 경우

- 감염 식물의 부위 별(과실, 잎, 관부)에 대한 촬영 더 좋다



흰가루, 과실



흰가루병, 잎



흰가루병, 러너

Ex) 햇빛은 질병의 특징에 큰 영향을 경우

- 강한 햇빛때문에 흰가루 병, 인식 어렵다



반사된 햇빛? 질병?



명확하게

학습 이미지 촬영 방법

딥러닝을 위한 데이터 촬영 방법

나쁜 예제:

사진이 너무 넓은 영역이나 좁은 영역을 포함한 경우



x, 너무 넓다



✓, 질병 중심



x, 질병 작은



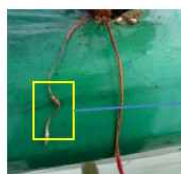
✓, 질병 좀 크게 환경 정보도 있다



x, 복잡한 주변환경



✓, 질병 중심



x, 러너 작은



✓, 확장된 변형 구역

학습 이미지 촬영 방법

딥러닝을 위한 데이터 촬영 방법

나쁜 예제:

사진이 너무 넓은 영역이나 좁은 영역을 포함한 경우



실제와 너무 다른 상황에서 찍힌 경우



제가 이 경우에 찍은 사진 사용된다고 생각한다

2

딥러닝을 위한 label 유형

JEONBUK NATIONAL UNIVERSITY



농업 데이터에 적합한 Task

딥러닝을 위한 label 유형

1. **Classification** : 사진 전체에 대한 index
2. **Object Detection** : 사진 속 여러 물체 표시 및 index
3. **Segmentation** : 사진 속 여러 물체 표시 및 index
4. Key points
5. Depth map, cloud points, Time series, etc

Classification labeling

딥러닝을 위한 label 유형



"콩"



"보리"

Classification labeling

딥러닝을 위한 label 유형

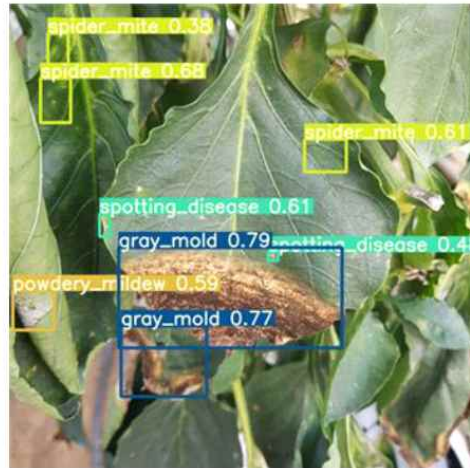
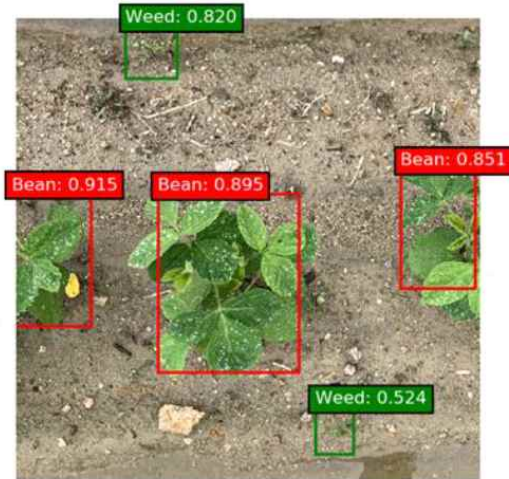
- sesame
- red_bean
- bean
- foxtail_millet
- corn
- great_millet
- perilla
- green_gram
- peanut
- proso_millet

| 촬영시간 | 질병명 |
|------------|--------------------------------|
| 2021-06-07 | jonghoo_참깨_0_1623038619624.JPG |
| 2021-06-07 | jonghoo_참깨_0_1623038619471.JPG |
| 2021-06-07 | jonghoo_참깨_0_1623038619320.JPG |
| 2021-06-07 | jonghoo_참깨_0_1623038619118.JPG |
| 2021-06-07 | jonghoo_참깨_0_1623038618523.JPG |
| 2021-06-07 | jonghoo_참깨_0_1623038618355.JPG |
| 2021-06-07 | jonghoo_참깨_0_1623038618197.JPG |
| 2021-06-07 | jonghoo_참깨_0_1623038617976.JPG |
| 2021-06-07 | jonghoo_참깨_0_1623038617775.JPG |
| 2021-06-07 | jonghoo_참깨_0_1623038617606.JPG |

| 촬영구역 | 질병명 |
|------------|---|
| 2021-06-10 | jonghyeok_red_bean_90_1623306275183.JPG |
| 2021-06-10 | jonghyeok_red_bean_90_1623306274983.JPG |
| 2021-06-10 | jonghyeok_red_bean_90_1623306273966.JPG |
| 2021-06-10 | jonghyeok_red_bean_90_1623306252699.JPG |
| 2021-06-10 | jonghyeok_red_bean_90_1623306252539.JPG |
| 2021-06-10 | jonghyeok_red_bean_90_1623306252352.JPG |
| 2021-06-10 | jonghyeok_red_bean_90_1623306252157.JPG |
| 2021-06-10 | jonghyeok_red_bean_90_1623306251860.JPG |
| 2021-06-10 | jonghyeok_red_bean_90_1623306251255.JPG |
| 2021-06-10 | jonghyeok_red_bean_90_1623306251093.JPG |

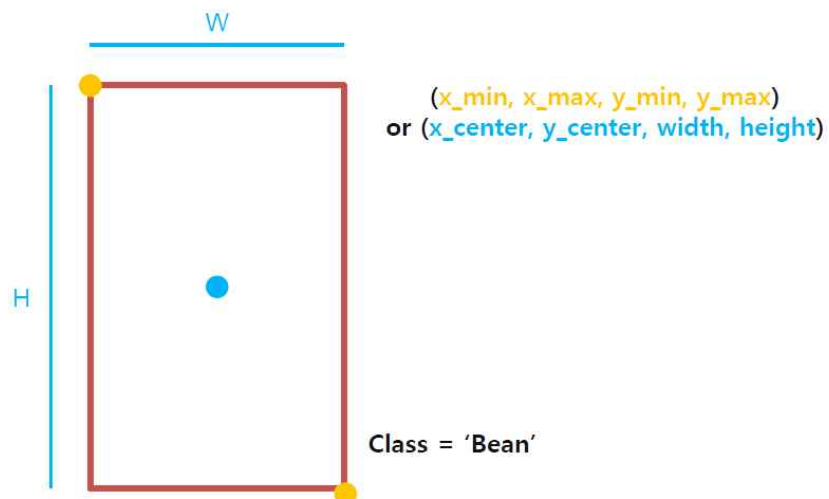
Object detection labeling

딥러닝을 위한 label 유형



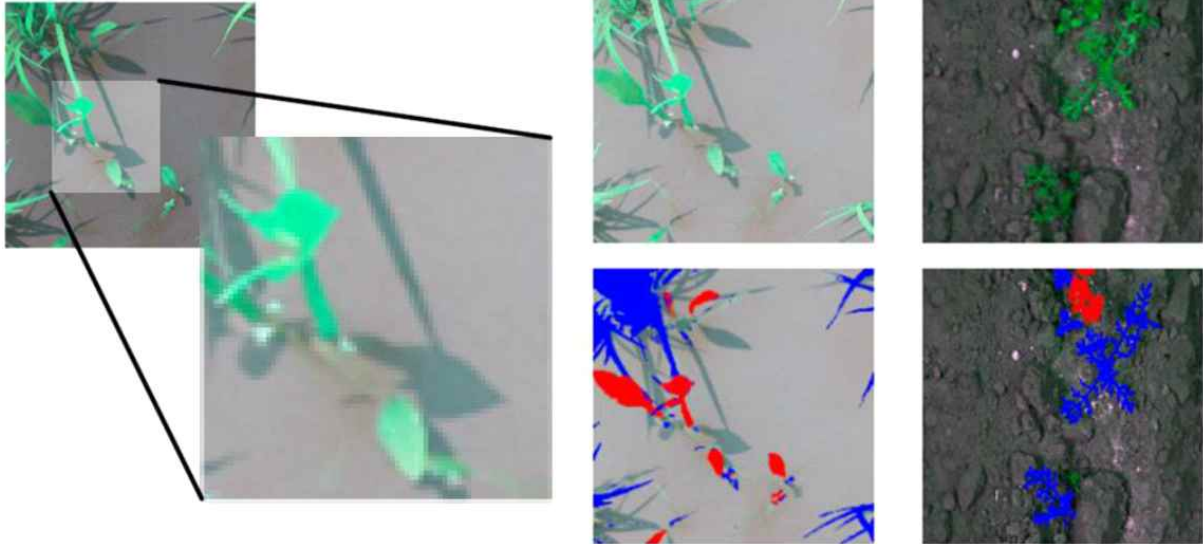
Object detection labeling

딥러닝을 위한 label 유형



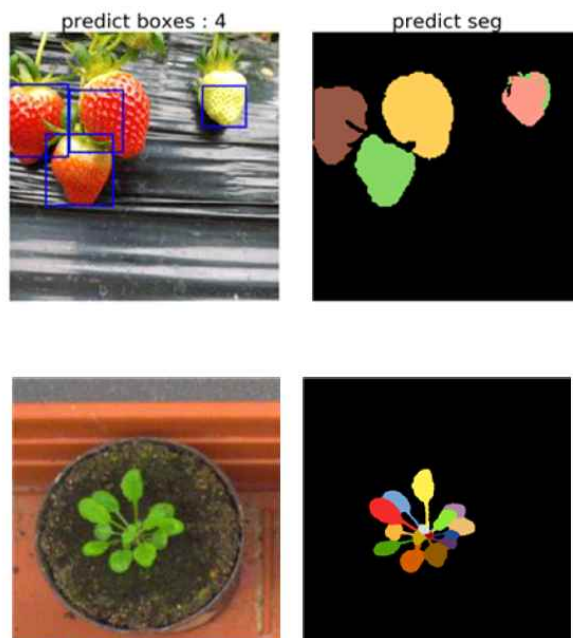
Semantic segmentation labeling

딥러닝을 위한 label 유형



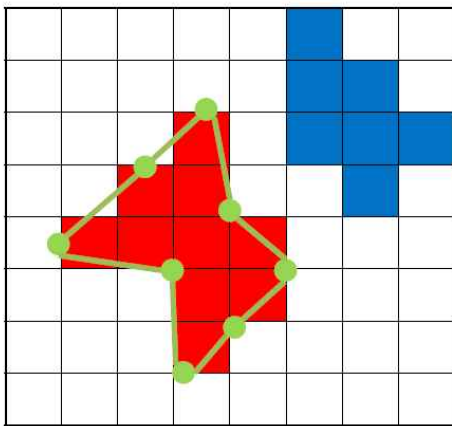
Instance segmentation labeling

딥러닝을 위한 label 유형

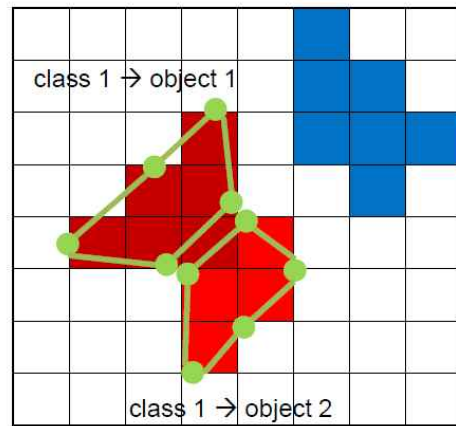


Segmentation labeling

딥러닝을 위한 label 유형



Semantic



Instance

Label의 종류 – etc

딥러닝을 위한 label 유형



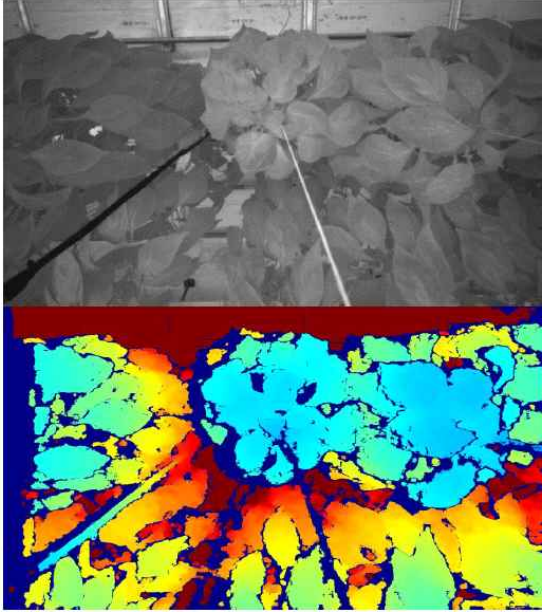
Pose keypoints



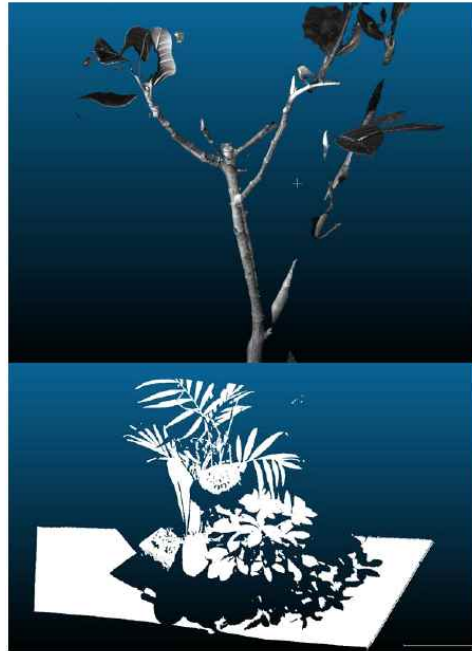
Landmark keypoints

Label의 종류 – etc

딥러닝을 위한 label 유형



Depth map



Cloud Points

3

Labeling tool 설치 및 실행 방법

JEONBUK NATIONAL UNIVERSITY



Labeling tool 선택

Labeling tool 설치 및 실행 방법

| 사진 편집 프로그램 | 전용 labeling 툴 |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> ◆ Photoshop (유료) ◆ Gimp (무료) ◆ Pixlr(온라인) ◆ 그림판 | <ul style="list-style-type: none"> ◆ labellmg (Bounding box) ◆ CVAT: Computer Vision Annotation Tool ◆ LabelMe ◆ Labelbox ◆ VoTT (Bounding box) ◆ imglab (Bounding box) ◆ PixelAnnotationTool (computing support) |

Detection
segmentation

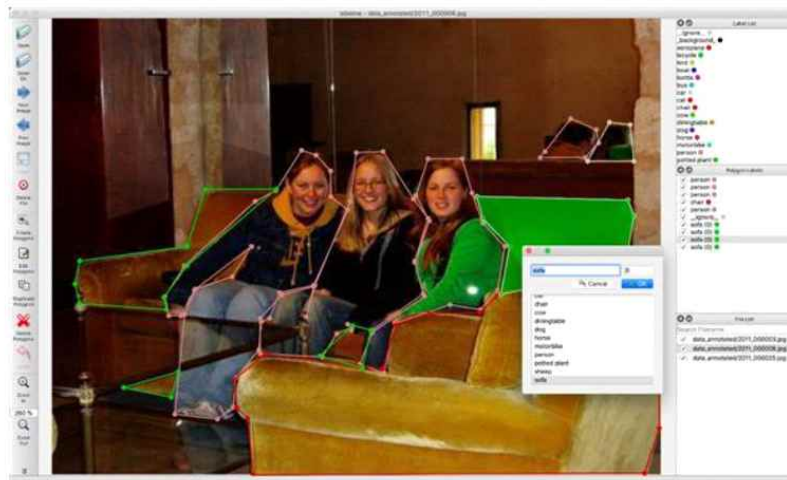
Detection
segmentation
classification

“labelme”

Labeling tool 설치 및 실행 방법



[Labelme 링크](#)



“labelme” 설치 방법

Labeling tool 설치 및 실행 방법

1. Python 설치 (path 추가 필수) [파이썬 다운로드 링크](#)
2. 명령프롬프트 or PowerShell 실행(CMD or PowerShell)
3. Labelme 설치

```
>pip install labelme
```

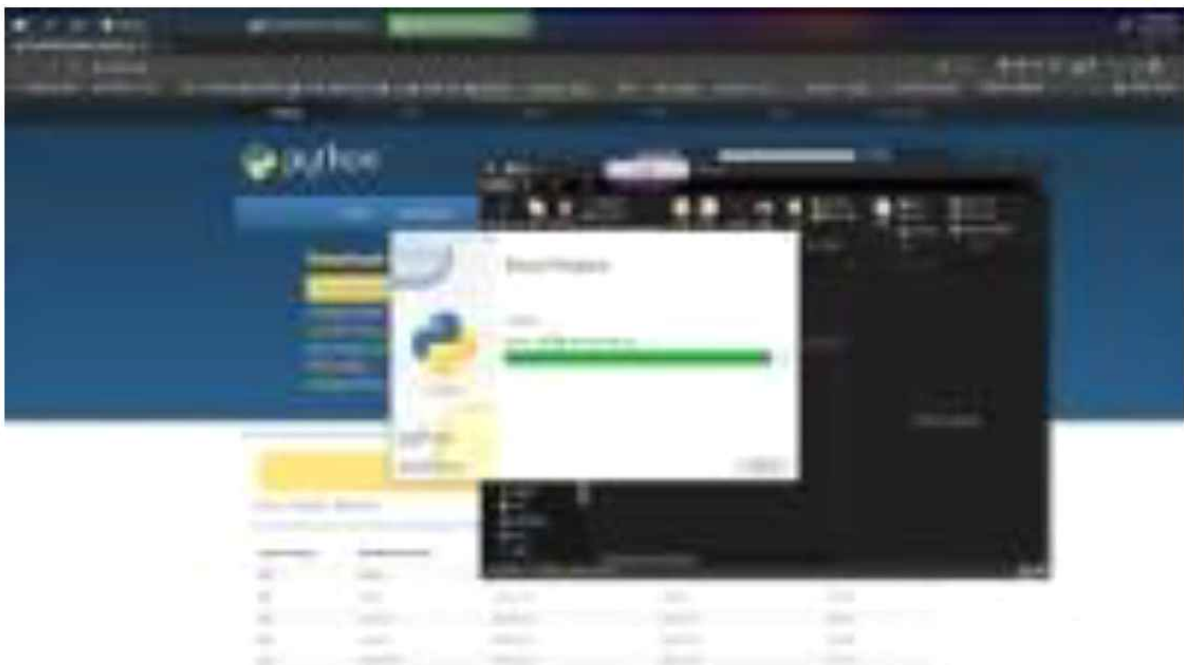
4. Labelme 실행

```
>labelme
```

“labelme” 설치 및 실행 과정

Labeling tool 설치 및 실행 방법

[영상 링크](#)



A. Labeling – Object detection

Labeling tool 설치 및 실행 방법

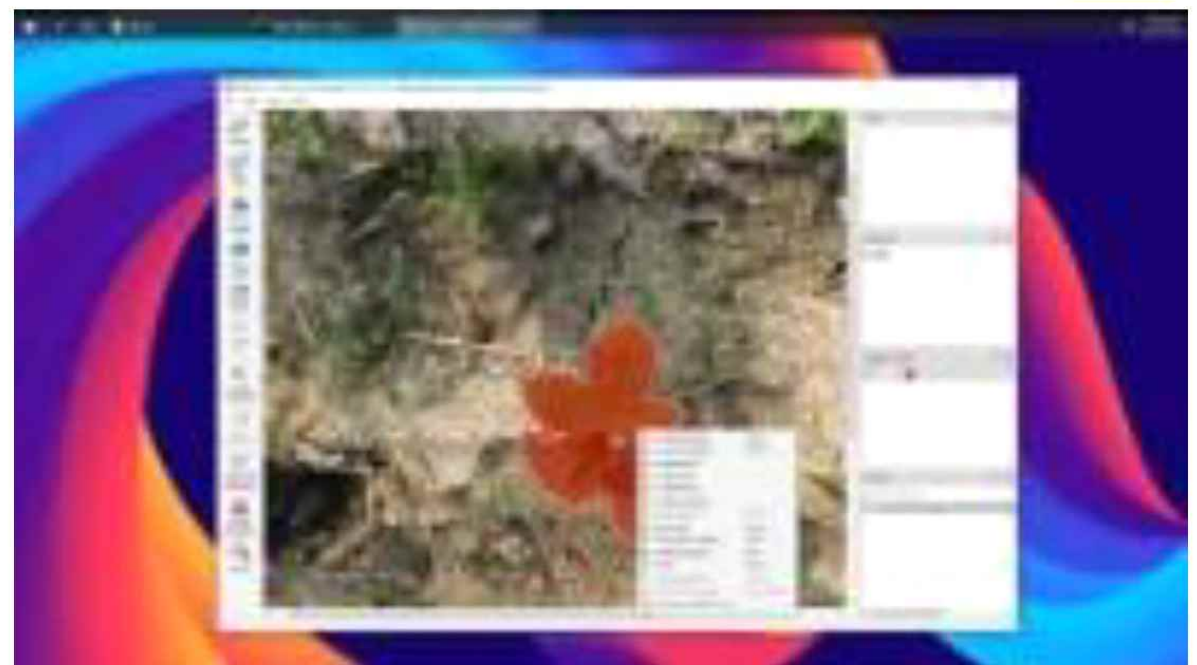
[영상 링크](#)



B. Labeling – Segmentation

Labeling tool 설치 및 실행 방법

[영상 링크](#)



감사합니다

JEONBUK NATIONAL UNIVERSITY

딸기잎 점무늬증상 현장기술지원 결과보고

2020. 10. 16.(금)

보고자

원예원 원예특작환경과 한유경

□ 개 요

- 일 시: 2020. 10. 15.(목)
- 장 소:
- 기술 지원내용: 딸기잎 점무늬 증상 현장기술지원

□ 현장기술지원 내용

- (품종) 딸기 "금실", 경남도원 개발 품종, (정식) 9월 14, 17일
- 재식주수 : 18,000주(6,000주/동), 단동 3동
- 자가육묘, 묘가 모자라 진주 개인육묘업자에게 4,000주를 가지고 음
- 진주에서 가지고 온 묘를 3동 중 한 동에 2/3정식
- 정식 한달후 재식된 전체 묘에서 점무늬 증상 발생
- 딸기 세균모무늬병으로 진단
- 딸기 세균모무늬병 시료 채집, 방제 약제(동제, 항생제) 살포요령 및 농
작업시 주의해야 할 사항 설명
* 등록약제의 작용기작별 약제 추천 및 교호살포 요령 설명

□ 금후 계획

- 딸기 병해 모니터링 및 병해충의 지속적 기술지원 예정
* " 딸기 병해진단 인공지능 학습용 이미지 수집 및 DB 고도화 과제 " 와 연계
- 딸기 세균모무늬병 병원균 분리 후 실내 접종시험에 사용 예정

□ 관련 사진



현장기술지원(일제거)



세균모무늬병 증상



제거한 병든 잎

딸기 병해관리 현장기술지원 결과보고

2021. 3. 10.(수)

보고자

원예원 원예특작환경과 박종한

□ 개 요

- 일 시: 2021. 3. 10.(수)
- 장 소
-
-
- 기술 지원내용: 딸기 병해관리 현장기술지원 및 사진자료 수집

□ 현장기술지원 내용

- 딸기 주요 발생 병은 흰가루병, 잿빛곰팡이병, 세균모무늬병이었음
- 세균모무늬병은 간헐적으로 발생(감염 모주 식재 주요인)
 - 딸기 세균모무늬병 방제 약제(동제, 항생제) 살포요령 및 농작업시 주의해야 할 사항 설명
 - 발병주 제거 필요성 설명
- 흰가루병, 잿빛곰팡이병
 - 시설내 환기 등 환경관리 필요성 설명 및 약제 교호사용 중요성 설명

□ 금후 계획

- 딸기 병해 모니터링 및 병해충의 지속적 기술지원 예정
 - * " 딸기 병해진단 인공지능 학습용 이미지 수집 및 DB 고도화 과제 " 와 연계
- 연구과제의 시스템 현장실증 자료로 활용

□ 관련 사진



현장기술지원



딸기 잿빛곰팡이병



딸기 흰가루병

딸기병해 관리방안 현장기술지원 결과보고

일자: 2021. 4. 6.(화)

보고자

원예특작환경과 박종한

□ 개요

- 목적: 딸기병해 발생농가 현장기술지원 및 사진자료 수집
- 일시와 장소: 2021. 4. 2.(금), 충북 청주시 일원
- 출장자: 농업연구원 박종한

□ 딸기 병해 현장 조사

- 조사 및 컨설팅 농가
-
- 조사결과
 - 방문 농가는 시설 딸기 고설재배 농가로 비교적 여러 병해 발생이 적었음
 - 잿빛곰팡이병, 꽃곰팡이병, 탄저병등이 발생하고 있어 방제방법을 컨설팅함

□ 현장컨설팅 내용

- 딸기 잿빛곰팡이병
 - 발생환경 및 특징 : 병원균은 균핵이나 분생포자의 형태로 토양이나 병든 식물체의 잔재(殘滓)에서 월동하여 1차전염원이 되며, 2차전염은 기주작물의 병반 상에 형성된 분생포자가 비산하여 이루어진다. 20℃ 전후의 저온과 다습조건이 가장 중요한 다발생 원인이며, 특히 시설재배지에서 피해가 크다.
 - 피해증상 : 과실, 잎, 과경, 잎자루 등 지상부 모든 부위에 발생하나 특히 잎과 과실에서의 발생이 심하다. 잎의 끝부분부터 병반이 시작되는 일이 많으며, 초기에는 갈색의 소형반점으로 나타나고, 진전되면 대형병반으로 확대된다. 심하면 잎전체가 고사한다. 과실에는 처음 암갈색의 작은 원형병반으로 나타나고, 진전되면 과실 전체가 물러 썩는다. 줄기는 꽃잎이나 잎이 떨어져 붙어 있는 부위에서 발병이 시작되는 일이 많은데, 처음에는 갈색의 작은 반점으로 시작되어 심해지면 줄기 전체가 갈색으로 변하여 고사한다. 병든 부위에는 잿빛의 분생포자가 밀생하는 것이 특징이다.
 - 방제방법 : 하우스내 온습도의 관리를 철저히 조절한다. 병든 잔재물은 비닐봉지에 넣어 하우스 밖에서 소각 또는 매몰 한다. 꽃잎이 과일이나 채내성이 매우 잘 생기므로 약제를 살포 할 때는 계통이 다른 약제를 교호로 살포해야 한다.

○ 딸기 꽃곰팡이병

- 피해증상 : 딸기의 설향 품종에 많이 발생하며 꽃 암술머리에 회색의 곰팡이가 피고 심해지면 꽃받침 까지 꽃 전체가 검게 변한다.
- 발생환경 및 특징 : 2~4월에 발생이 많으며 친환경 농가에서 발생이 많은 경향이다. 병원균은 부생성이 강한 특성을 가지고 있어 상처나 하우스 내의 밀도 증가로 발생되며 고습의 환경조건에서 발생이 많다. 병원균의 생육 적온은 20℃ 내외의 저온성 균이고 높은 습도나 수분이 많은 환경을 선호한다.
- 방제방법 : 하우스 내부 습도가 병 발생에 가장 중요한 요인이므로 습도를 낮게 관리하여야 한다. 특히 2화방이 출퇴되는 시기에 발생이 많으므로 환경관리에 주의한다. 등록된 약제가 없으므로 친환경자재를 이용하여 예방적으로 방제하고, 발생이 시작되면 꽃에 발생한 곰팡이에 약제가 충분히 묻도록 처리하여야 한다.

□ 사진자료



딸기 포장 전경



병해조사 및 현장기술지원



딸기 탄저병



딸기 잿빛곰팡이병



딸기 꽃곰팡이병



딸기 시들음병(짜잎 발생)

[별첨 1]

연구개발보고서 초록

| | | | | | |
|---|---|------------|------------------|--------------------------------------|-----|
| 과 제 명 | (국문) 딸기 병해진단 웹 UI 고도화 및 전문가 활용 시스템 구축 | | | | |
| | (영문) Enhancing the UI for Web-Based Strawberry Disease Diagnosis and Installment of the System for Experts Applications | | | | |
| 주관연구기관 | 전북대학교 | | 주 관 연 구 책 임 자 | (소속) 전북대학교 컴퓨터공학부 | |
| 공동연구기관 및 참여기업 | 국립농업과학원, 국립원예특 작과학원, (주)에스씨컴퍼니 | | | (성명) 이 준 환 | |
| 총연구개발비 (316,810 천원) | 계 | | 총 연 구 기 간 | 2020. 07. 03. ~ 2021. 07. 02.(1년 0월) | |
| | 정부출연 연구개발비 | 300,000 천원 | 총 참 여 연 구 원 수 | 총 인 원 | 47명 |
| | 기업부담금 | 16,810 천원 | | 내부인원 | 47명 |
| | 연구기관부담금 | 0 | | 외부인원 | 0 |
| <p>○ 연구개발 목표 및 성과</p> <p>딸기 주요 병해를 대상으로 클라우드 기반 병해영상 판독 시스템 과 서비스 플랫폼을 개발과 실증을 목표로 다음과 같은 대표성과를 얻음</p> <ul style="list-style-type: none"> - 잣빛곰팡이, 흰가루병(과일, 잎), 탄저병, 세균모무늬병, 뱀눈무늬병, 꽃곰팡이병 등 6종의 딸기 병해영상을 판독하는 3종류의 딥러닝 병해영상 판독모델을 개발하고 각각의 모델에 대해 90%이상의 정확도를 얻었으며 이는 목표 정확도 mAP 88%를 상회하는 결과임 - 농촌진흥청 클라우드 DB에 병해영상을 적재할 수 있으며, 적재된 병해영상의 주석편집을 통한 학습데이터 준비, 학습된 병해영상 판독 추론 엔진을 적재하여 병해영상의 판독을 수행하는 클라우드 기반 병해영상 판독 시스템 개발과 서비스 플랫폼 구성함 <p>○ 연구내용 및 결과</p> <ul style="list-style-type: none"> - 딸기 주요병해인 잣빛곰팡이, 흰가루병(과일, 잎), 탄저병, 세균모무늬병, 뱀눈무늬병, 꽃곰팡이병 등 6종의 병해영상을 3000장 이상 추가 확보하였음 - 다양한 용도에 맞게 3종류의 딥러닝 모델을 개발하고 모든 모델에 대해 실험을 통해 90%이상의 정확도를 얻었음. - Faster R-CNN과 DML분류기를 단단으로 접속하는 실증 모델을 적용 ROI 모드와 객체검출 모델을 동시에 활용할 수 있게 하였으며, unknown 질병을 찾아냄 - 농촌진흥청 클라우드 DB에 병해영상을 적재할 수 있으며, 적재된 병해영상의 주석편집을 통한 학습데이터 준비, 병해영상의 판독이 가능한 추론엔진을 구비한 클라우드 기반 병해영상 판독 시스템 개발과 서비스 플랫폼 구성함 - 웹기반의 반응형 앱을 통해 위치기반의 병해영상 취득 및 DB 적재, 주석편집, 병해판독 서비스와 농진청 '농사로' 접속이 가능한 최적화된 GUI를 개발하였음 <p>○ 연구성과 활용실적 및 계획</p> <ul style="list-style-type: none"> - 모바일 앱 형태의 판독, 로봇장착 카메라를 통한 병해중 예찰서비스, 원격 서버 접속을 통한 병해영상 판독 및 병해관리 시스템 등의 사업화가 가능함 - 클라우드 DB에 병해영상과 데이터가 수집, 저장되고 이를 전문가들이 접속하여 주석 작업을 하며, 인공지능 모델을 학습하고, 그 결과를 추론엔진으로 장착하여 서비스할 수 있는 AIaaS가 가능함 - 반응형 웹은 PC나 모바일에서 인터페이스를 통해 위치기반 데이터 수집, 병해영상 판독뿐만 아니라 주석 편집 등 다양한 작업이 수행될 수 있도록 요구사항을 반영하여 개발하였기 때문에 타 작물에서도 그대로 활용할 수 있음 - 수집된 병해영상 데이터는 영상기반 딸기병해 판독의 연구 자료로 활용될 수 있음 | | | | | |

자체평가의견서

1. 과제현황

| | | 과제번호 | | | |
|-----------------------|--------------------------------------|-----------------------|------------|----------|------------|
| 사업구분 | 1세대 스마트 플랜트팜 산업화기술개발사업 | | | | |
| 연구분야 | | | | 과제구분 | 단위 |
| 사업명 | 1세대 스마트 플랜트팜/애니멀팜 산업화기술개발사업 | | | | 주관 |
| 총괄과제 | 기재하지 않음 | | | 총괄책임자 | 기재하지 않음 |
| 과제명 | 딸기 병해진단 웹 UI 고도화 및 전문가 활용 시스템 구축 | | | 과제유형 | (기초,응용,개발) |
| 연구개발기관 | 전북대학교, 국립농업과학원, 국립원예특작과학원, (주)에스씨컴퍼니 | | | 연구책임자 | 이준환 |
| 연구기간 연구개발비 (천원) | 연차 | 기간 | 정부 | 민간 | 계 |
| | 1차년도 | 2020. 7. 3-2021. 7. 2 | 300,000 천원 | 16,810천원 | 316,810 천원 |
| | 2차년도 | | | | |
| | 3차년도 | | | | |
| | 4차년도 | | | | |
| | 5차년도 | | | | |
| | 계 | | | | |
| 참여기업 | (주)에스씨컴퍼니 | | | | |
| 상대국 | | | 상대국연구개발기관 | | |

※ 총 연구기간이 5차년도 이상인 경우 셀을 추가하여 작성 요망

2. 평가일 : 2021년 7월 22일

3. 평가자(연구책임자) :

| 소속 | 직위 | 성명 |
|-------|----|-----|
| 전북대학교 | 교수 | 이준환 |

4. 평가자(연구책임자) 확인 :

본인은 평가대상 과제에 대한 연구결과에 대하여 객관적으로 기술하였으며, 공정하게 평가하였음을 확약하며, 본 자료가 전문가 및 전문기관 평가 시에 기초자료로 활용되기를 바랍니다.

| | |
|----|--|
| 확약 | |
|----|--|

1. 연구개발실적

1. 연구개발결과의 우수성/창의성

■ 등급 : 우수, 보통, 미흡, 극히불량)

본 연구는 주관 및 공동 연구기관들의 헌신적인 노력과 충실한 연구수행으로 제안서의 개발목표 완성하였음. 즉 클라우드 기반의 딸기 병해충 판독 시스템 및 서비스에 필요한 모든 부품기술을 완성하고 프로세스를 실증하였음

2. 연구개발결과의 파급효과

■ 등급 : 우수, 보통, 미흡, 극히불량)

본 연구결과는 비록 딸기징병 6가지에 대해 연구되었으나 유사한 프로세스 토마토, 파프리카 등의 작물에 쉽게 적용할 수 있어 클라우드 기반의 온실작물 병해충 판독 시스템 및 서비스로 일반화 될 수 있음

3. 연구개발결과에 대한 활용가능성

■ 등급 : 우수, 보통, 미흡, 극히불량)

본 연구에서 개발한 기술은 비단 클라우드 기반의 영상 병해판독 시스템 개발 및 모바일 서비스를 목표로 했으나, stand-alone 방식의 앱, 온실내 로봇장착 카메라를 통한 예찰 등으로 활용할 수도 있음

4. 연구개발 수행노력의 성실도

■ 등급 : 우수, 보통, 미흡, 극히불량)

본 연구는 주관인 전북대학교, 공동연구기관인 국립농업과학원, 국립원예특작과학원, (주)에스씨컴퍼니의 헌신적인 노력과 협력을 통해 완성되었음. 코로나로 인해 대면 회의는 최소한으로 하며 여러 차례의 전체 또는 그룹별 온라인 회의를 통해 원만이 의사소통이 이루어졌음

5. 공개발표된 연구개발성과(논문, 지적소유권, 발표회 개최 등)

■ 등급 : 우수, 보통, 미흡, 극히불량)

1년이라는 짧은 연구기간에 저명 국제학회지(Frontiers for Plant Science) 1편 논문게재, 국내학술지 2편, 특허출원 2건의 우수한 연구 성과를 얻었음

II. 연구목표 달성도

| 세부연구목표 (연구계획서상의 목표) | 비중 (%) | 달성도 (%) | 자체평가 |
|---|-----------|------------|--|
| <p>다양한 환경에서의 병해영상 분석기 적응성/정확성 여부</p> <ul style="list-style-type: none"> - 3개소 이상, 6개 질병(젓빛곰팡이, 흰가루병(과일, 잎), 탄저병, 세균모무늬병, 뱀눈무늬병, 꽃곰팡이병) 평균 정확도 88% - 데이터 취득 6개 이상 온실(유리, 비닐)이상을 대상 - 학습을 위한 추가 데이터 2,000장 이상 확보 | 60 | 100 | <ul style="list-style-type: none"> - 3개소 이상, 6개 질병 평균정확도 92%이상 달성 - 데이터 취득 6개 온실(유리, 비닐)이상 약 8900장(추가 3,500장 포함) 병해 영상 확보 - 정확성이 요구되는 2단계 Faster R-CNN 모델, 속응성이 요구되는 YOLO v.5 모델, 정확성 및 ROI 모드와 unknown 식별을 위한 Faster R-CNN 및 DML 분류 모델 개발 - 모든 모델에서 모두 90% 상회하는 정확성 및 다양한 응용 모델이 가능하게 개발함 |
| <p>웹 기반 주석 편집기 등의 학습보조 SW의 편의성 확보</p> <ul style="list-style-type: none"> - 주석 편집기는 작물 전문가 편의성 확보 | 15 | 100 | <p>웹 환경에서 PC 또는 모바일 단말기에서 전문가용 주석편집 SW 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> - 클라우드 DB의 병해영상 주석 작업가능 - 작업된 데이터는 Jason 파일로 저장 학습에 활용 |
| <p>모바일 데이터 취득 장치의 편의성 확보</p> | 10 | 100 | <p>반응형 앱을 이용한 사용자 친화적 GUI개발</p> <ul style="list-style-type: none"> - 위치기반 데이터 취득 가능 - 일괄 데이터 업로드 가능 |
| <p>모바일 웹 기반 병해진단 시스템의 편의성/현실성</p> <ul style="list-style-type: none"> - 비전문가 사용자 편의성 - 작물 전문가 활용 편의성 | 10 | 100 | <p>모바일 웹 기반 병해 진단실증으로 가능성 확인</p> <ul style="list-style-type: none"> - 클라우드 시스템의 API 개발 추론 엔진, GUI, DB 시스템 연계 - 사용자 농진청 '농사로' 연계 서비스 가능 - 전문가 데이터 취득 및 주석 작업 가능 |
| <p>클라우드 시스템 전문가 교육 정도</p> <ul style="list-style-type: none"> - 작물 전문가의 클라우드 시스템 활용 학습 엔진 이해 및 판독기 사용 가능 | 5 | 100 | <p>온라인 교육 2회 및 4차례 이상 전체 및 소그룹 과제협의를 통해 직접 및 간접교육</p> <ul style="list-style-type: none"> - 웹 인터페이스를 통해 클라우드 시스템 접속 및 활용 가능 - 영상취득, 주석편집 방법, 딥러닝 활용방법 교육 |
| 합계 | 100점 | | |

III. 종합의견

1. 연구개발결과에 대한 종합의견

본 연구결과를 통해 클라우드 기반에서 병해영상 판독 인공지능 개발 및 서비스 플랫폼이 완성되었으며 그 프로세스가 실증된 중요한 결과를 도출함

2. 평가시 고려할 사항 또는 요구사항

코로나 19로 인해 대면회의가 어려웠으며, 연구 종료시에 딸기질병을 온실에서 얻기 힘든 상태로 미리 취득한 실증데이터로 성능검증이 이루어 졌음

3. 연구결과의 활용방안 및 향후조치에 대한 의견

주관연구기관과 공동연구기관의 지속적인 협력으로 시제품 개발과 사업화가 요구됨

IV. 보안성 검토

해당사항 없음

※ 보안성이 필요하다고 판단되는 경우 작성함.

1. 연구책임자의 의견

해당사항 없음

2. 연구개발기관 자체의 검토결과

해당사항 없음

연구성과 활용계획서

1. 연구과제 개요

| | | | | |
|----------|--|-----------|---------|-----------|
| 사업추진형태 | <input type="checkbox"/> 자유응모과제 <input type="checkbox"/> 지정공모과제 | 분 야 | | |
| 연구과제명 | 딸기 병해진단 웹 UI 고도화 및 전문가 활용 시스템 구축 | | | |
| 주관연구개발기관 | 전북대학교 산학협력단 | | 주관연구책임자 | 이준환 |
| 연구개발비 | 정부지원 연구개발비 | 기관부담연구개발비 | 기타 | 총연구개발비 |
| | 300,000천원 | 16,810천원 | 0 | 316,810천원 |
| 연구개발기간 | 2020. 7. 3 - 2021. 7. 2 | | | |
| 주요활용유형 | <input checked="" type="checkbox"/> 산업체이전 <input type="checkbox"/> 교육 및 지도 <input type="checkbox"/> 정책자료 <input type="checkbox"/> 기타() <input type="checkbox"/> 미활용 (사유:) | | | |

2. 연구목표 대비 결과

| 당초목표 | 당초연구목표 대비 연구결과 |
|---|--|
| ① 딸기 병해판독 인공지능의 정확성/현실성 확보 - 3개소 이상, 6개 질병(잣빛곰팡이, 흰가루병(과일, 잎), 탄저병, 세균무늬병, 뱀눈무늬병, 꽃곰팡이병) 평균 정확도 88%의 병해검출 성능 - ROI 모드/객체검출 모드/unknown 질병 검출 - 6개 온실 병해영상 2000장 이상 추가확보 | ① 딸기 병해판독 인공지능의 정확성/현실성 확보 - 3가지 종류의 제안 모델에서 정확도 목표를 초과하여 90%이상 달성 - ROI 모드/객체검출 모드/unknown 질병 Faster R-CNN과 DML 분류모델로 달성 - 6개 온실이상 3500장 이상 추가확보 |
| ② 클라우드 기반 병해영상 판독 인공지능 시스템 및 웹 서비스 플랫폼 개발 | ② 클라우드 기반 병해영상 판독 인공지능 시스템 및 웹 서비스 플랫폼 개발 실증 - API개발 개발 및 서비스 컴포넌트 접속 가능 |
| ③ 모바일 및 웹 데이터 취득, 주석 작업 및 서비스 인터페이스 개발 | ③ 모바일 및 웹 데이터 취득, 주석 작업 및 서비스 인터페이스 개발 실증 - 반응형 앱 기반 인터페이스 개발 완성 |

3. 연구목표 대비 성과

(단위 : 건수, 백만원, 명)

| 성과 목표 | 사업화지표 | | | | | | | | | | 연구기반지표 | | | | | | | | | |
|------------------------|--------------|--------------|-----------|-----------------------|------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------------|-------------|------------------|-------------|------------------|----------|----------|------------------|------------------|--------------------------|------------------|
| | 지식 재산권 | | | | 기술 실시 (이전) | | 사업화 | | | | 기술 인증 | 학술성과 | | | 교육 지도 | 인력 양성 | 정책 활용·홍보 | | 기타 (타연구 활용)(명) | |
| | 특 허 출원 | 특 허 등록 | S/W 등록 | S M A R T | 건 수 | 기술 료 | 제 품 화 | 매 출 액 | 수 출 액 | 고 용 창 출 | | 투 자 유 치 | 논 문 | | | | 학 술 발 표 | 정 책 활 용 | | 홍 보 전 시 |
| | | | | | | | | | | | | | S C I | 비 S C I | | | | | | |
| 단위 | 건 | 건 | 건 | 평 년 건 수 | 건 | 백 만 원 | 건 | 백 만 원 | 백 만 원 | 명 | 백 만 원 | 건 | 건 | 건 | 명 | 건 | 건 | | | |
| 가중치 | 20 | | 10 | | | | | | 5 | | | | | 25 | 10 | 10 | 10 | | 10 | |
| 최종 목표 | 1 | 0 | 1 | 0 | | | | | | | | 0 | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | 0 | 1 | |
| 당해 년도 달성률 (%) | 1 | 0 | 1 | 0 | | | | | 1 | | | 0 | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | 0 | 1 | |
| 달성률 (%) | 2 | 0 | 1 | 0 | | | | | 1 | | | 1 | 0 | 2 | 2 | 7 | 1 | 0 | 4 | |
| 달성률 (%) | 200 | | 100 | | | | | | 100 | | | 100 | 0 | 200 | 100 | 350 | 100 | | 400 * | |

* 데이터 수집과 병행한 농가지도(국립원에 특작과학원), 영농기술정보(국립농업과 학원)

4. 핵심기술

| 구분 | 핵심기술명 |
|----|-------------------------------------|
| ① | 딸기 병해영상 판독 인공지능 모델개발 |
| ② | 클라우드 기반 작물병해 판독 시스템 개발 및 서비스 플랫폼 기술 |
| ③ | 위치기반 병해데이터 수집 및 판독서비스 GUI 기술 |

5. 연구결과별 기술적 수준

| 구분 | 핵심기술 수준 | | | | | 기술의 활용유형(복수표기 가능) | | | | |
|-------|----------|----------|------------|---------------|---------------|-------------------|----------------|------------|----------|----|
| | 세계 최초 | 국내 최초 | 외국기술 복제 | 외국기술 소화·흡수 | 외국기술 개선·개량 | 특허 출원 | 산업체이전 (상품화) | 현장애로 해결 | 정책 자료 | 기타 |
| ①의 기술 | | v | | | v | v | | | | |
| ②의 기술 | | v | | v | | | | | | |
| ③의 기술 | | v | | | v | | | | v | |

6. 각 연구결과별 구체적 활용계획

| 핵심기술명 | 핵심기술별 연구결과활용계획 및 기대효과 |
|-------|--|
| ①의 기술 | 모바일 앱, 로봇예찰, 클라우드 기반 서비스 등의 다양한 시스템의 핵심기술로 활용가능 |
| ②의 기술 | 다양한 작물로 확장 적용이 가능하고, 데이터 수집과 인공지능 개발, 서비스가 클라우드에서 이루어지는 모든 분야 적용가능 |
| ③의 기술 | 다양한 측면의 요구사항을 수집 분석하고 위치기반 정보를 부가하여 개발함으로써 유사한 타 GUI 개발에 폭넓게 활용가능 |

7. 연구종료 후 성과창출 계획

(단위 : 건수, 백만원, 명)

| 성과 목표 | 사업화지표 | | | | | | | | | | | 연구기반지표 | | | | | | | | | |
|---------------------|-----------|----------|-----------|-----------------------|------------------|-------------|---------|-------------|-------------|----------|-------------|----------|-----------|------------|------------------------|----------|----------|-------------|----------|--------------------|----------|
| | 지식 재산권 | | | | 기술 실시 (이전) | | 사업화 | | | | | 기술 인증 | 학술성과 | | | 교육 지도 | 인력 양성 | 정책 활용·홍보 | | 기타 (타연구 활용예) | |
| | 특허 출원 | 특허 등록 | S/W 등록 | S M A R T | 건 수 | 기술 료 | 제품 화 | 매출 액 | 수출 액 | 고용 창출 | 투자 유치 | | 논문 SCI | 논문 BSCI | 논문 평 균 I F | | | 학술 발표 | 정책 활용 | | 홍보 전시 |
| 단위 | 건 | 건 | 건 | 건 | 건 | 백 만 원 | 건 | 백 만 원 | 백 만 원 | 명 | 백 만 원 | 건 | 건 | 건 | 건 | 명 | 건 | 건 | | | |
| 가중치 | 20 | | 10 | | | | | | | 5 | | | | | 25 | 10 | 10 | 10 | | 10 | |
| 최종목표 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 2 | 2 | 1 | 0 | 1 |
| 연구기간내 달성실적 | 2 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 4.9 | 2 | 2 | 7 | 1 | 0 | 3 |
| 연구종료후 성과창출 계획 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

8. 연구결과의 기술이전조건(산업체이전 및 상품화연구결과에 한함)

| | | | |
|--------------------------|--|-----------------------|----|
| 핵심기술명 ¹⁾ | | | |
| 이전형태 | <input type="checkbox"/> 무상 <input type="checkbox"/> 유상 | 기술료 예정액 | 천원 |
| 이전방식 ²⁾ | <input type="checkbox"/> 소유권이전 <input type="checkbox"/> 전용실시권 <input type="checkbox"/> 통상실시권 <input type="checkbox"/> 협의결정 <input type="checkbox"/> 기타() | | |
| 이전소요기간 | | 실용화예상시기 ³⁾ | |
| 기술이전시 선행조건 ⁴⁾ | | | |

주 의

1. 이 보고서는 농림축산식품부에서 시행한 1세대 스마트 플랜트팜 산업화기술개발 사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 농림축산식품부에서 시행한 1세대 스마트 플랜트팜 산업화기술개발 사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀 유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 됩니다.