

3200
19-2

영상 분석을 통한 작물의
특성 조사 기술 개발

2021

농림축산식품부
농림식품기술기획평가원

보안 과제(), 일반 과제(O) / 공개(O), 비공개()발간등록번호(O)

첨단생산기술개발사업 2021년도 최종보고서

발간등록번호

11-1543000-003879-01

영상분석을 통한 작물의 특성조사 기술 개발

2022. 03. 21.

주관연구기관 / 한국전자기술연구원
협동연구기관 / (주)에스에스엘
(주)모터에이드

농림축산식품부
(전문기관)농림식품기술기획평가원

<제출문>

제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “영상분석을 통한 작물의 특성조사 기술 개발”(개발기간 : 2020.04.01.~ 2021.12.31.)과제의 최종보고서로 제출합니다.

2022. 03. 21.

주관연구기관명 : 한국전자기술연구원 (대표자) 김 영 삼 (인)

협동연구기관명 : (주)에스에스엘 (대표자) 장 영 원 (인)

협동연구기관명 : (주)모터에이드 (대표자) 한 경 민 (인)

주관연구책임자 : 정 성 환

협동연구책임자 : 장 영 원

협동연구책임자 : 한 경 민

국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 제18조에 따라 보고서 열람에 동의 합니다.

< 요약 문 >

사업명		첨단생산기술개발사업		총괄연구개발 식별번호			
내역사업명		ICT융복합		연구개발과제번호		320019-2	
기술분류	국가과학기술 표준분류	LB0804	40%	EE0202	30%	EE0108	30%
	농림식품 과학기술분류	RC0103	35%	RC0104	35%	AA0203	30%
연구개발과제명		영상분석을 통한 작물의 특성 조사 기술 개발					
전체 연구개발기간		2020.04.01.~ 2021.12.31. (21개월)					
총 연구개발비		총 933,333천원 (정부지원연구개발비: 700,000천원, 기관부담연구개발비: 233,333천원, 지방자치단체: 천원, 그 외 지원금: 천원)					
연구개발단계		기초[] 응용[] 개발[○] 기타(위 3가지에 해당되지 않는 경우)[]		기술성숙도		착수시점 기준() 종료시점 목표()	
연구개발과제 유형		지정공모					
연구개발 목표 및 내용	최종 목표	<ul style="list-style-type: none"> ○ (최종목표) 작물 품종 특성정보 획득, 분석 체계구축을 위한 영상분석 기술개발 및 영상자료 수집을 위한 표준화 시스템 구축 ○ 작물 특성정보 획득을 위한 영상분석 체계 개발 ○ 작물 특성정보 추정을 위한 영상분석 기술 개발 ○ 드론 영상 작물 자동판독 기술 개발 ○ 현장적용 가능 신속 영상분석체계 개발 					
	전체 내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 작물 특성정보 획득을 위한 영상분석 체계 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 표준환경에서의 활용 가능한 영상분석 체계 마련 - 영상자료 획득의 최적화를 위한 작물 촬영용지 설계 및 제작 - 작물 촬영세트 내 시료 굴곡 보정 및 조명 환경 검토 - 영상 센서 탑재 이동형 촬영 세트 설계 및 제작 ○ 작물 특성정보 조사를 위한 영상분석 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 작물 특성정보 영상분석 소프트웨어 개발 - 작물 특성정보를 TGR 또는 사진에 제시된 계급으로 추천 기술 개발 - 작물 색채 RHS 칼라차트 추천 기술 개발 - 영상 및 분석 데이터 저장·검색 DB 시스템 개발 - 작물 특성정보 영상분석 프로그램 사용 매뉴얼 문서화 ○ 드론 영상 작물 자동판독 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 벼 키다리병 및 도복 영상 수집 - 표준 영상 확보를 위한 최적화된 드론 영상촬영 매뉴얼 문서화 및 제작 - 딥러닝 학습용 영상 데이터 레이블링 소프트웨어 개발 - 딥러닝 모델을 이용한 벼 키다리병 및 도복 자동판독 기술 개발 - 벼 키다리병 및 도복 자동판독 시각화 제공 소프트웨어 개발 ○ 현장적용 가능 신속 영상분석체계 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 재배 심사 평가 시 개발 기술 현장적용 검토 - 현장적용을 위한 외부기관 시험 의뢰/검증 					

	1단계 1년차	목표	<ul style="list-style-type: none"> ○ 작물 특성정보 획득을 위한 영상분석 체계 개발 ○ 작물 특성정보 추정을 위한 영상분석 기술 개발 ○ 드론 영상 작물 자동판독 기술 개발 ○ 현장적용 가능 신속 영상분석체계 개발
		내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 작물 특성정보 획득을 위한 영상분석 체계 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 작물 특성정보 획득을 위한 요구사항 분석 - 영상자료 획득 환경 표준화 및 최적화를 위한 작물 촬영세트 설계 - 작물 촬영세트 내 시료 굴곡 보정 및 조명 환경 검토 - 영상자료 획득의 최적화를 위한 작물 촬영용지 설계 ○ 작물 특성정보 조사를 위한 영상분석 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 작물 특성정보 기술 개발을 위한 요구사항 분석 - 품종 보호 재배실험에 특화된 영상분석 기반 형질 계측 기술 개발 - 영상분석 결과 제공 및 누적 데이터 비교 기능 개발 - 영상 및 분석 데이터 저장·검색 DB 시스템 개발 - 조사결과를 토대로 구분 가능한 개체의 장폭 비율 자동 산정 기술 개발 - 엽병 및 엽신 길이 조사부위 영역 계측 기술 개발 - 분석 데이터를 스프레드시트로 저장 위한 방법론 및 기술 개발 ○ 드론 영상 작물 자동판독 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 딥러닝 모델을 위한 영상 데이터 수집 - 딥러닝 모델을 이용한 벼 키다리병 및 도복 판독 기술 분석/설계 - 딥러닝 학습용 영상 데이터 레이블링 소프트웨어 개발 - 드론 비행 고도 및 카메라 촬영 각도 선정 기술 개발 - 딥러닝 모델을 이용한 벼 키다리병 및 도복 판독 기술 개발 - 영상 및 분석 데이터 저장·검색 DB 시스템 개발 - 키다리병 및 도복 자동판독 GUI 소프트웨어 개발 ○ 현장적용 가능 신속 영상분석체계 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 재배 심사 평가 시 개발 기술 현장적용 검토 - 현장적용을 위한 외부기관 시험 의뢰
	1단계 2년차	목표	<ul style="list-style-type: none"> ○ 작물 특성정보 획득을 위한 영상분석 체계 개발 ○ 작물 특성정보 추정을 위한 영상분석 기술 개발 ○ 드론 영상 작물 자동판독 기술 개발 ○ 현장적용 가능 신속 영상분석체계 개발
		내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 작물 특성정보 획득을 위한 영상분석 체계 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 시료 굴곡 보정, RHS 칼라차트 정밀 매칭이 가능한 조명 환경 개발 - 비전 기술을 이용한 작물 촬영용지 내 시료 영역 추출 기술 개발 ○ 작물 특성정보 조사를 위한 영상분석 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 작물 특성정보 중 색채분석 개발을 위한 요구사항 분석 - RHS 칼라차트 정보 수집 및 명세 정의 - 작물 색채 RHS 칼라차트 추천 기술 개발

			<ul style="list-style-type: none"> - 구축된 DB의 가독성을 고려한 데이터 시각화 ○ 드론 영상 작물 자동판독 기술 개발 - 드론 비행 고도 및 촬영 각도 매뉴얼 문서화 및 제작 - 딥러닝 모델 세련화를 위한 영상 데이터 수집 - 딥러닝 모델을 이용한 키다리병 및 도복 자동판독 기술 고도화 - 사용자 의견 수렴을 통한 프로그램 개선 및 사용 매뉴얼 문서화 ○ 현장적용 가능 신속 영상분석체계 개발 - 개발된 자동판독 기술 및 영상 분석 기술 발표 - 현장적용을 위한 외부기관 시험 의뢰
--	--	--	---

연구개발성과			<ul style="list-style-type: none"> ○ 관련 기술 신규 지식 재산권 및 시험성적 확보 - 국내 특허 출원 6건, 소프트웨어 등록 5건, 시험성적 2건 • 영상분석 작물 특성조사 기술 관련 특허 출원 4건, 소프트웨어 등록 3건 • 드론영상 자동판독 기술 관련 특허 출원 2건, 소프트웨어 등록 2건 ○ 기술개발을 통한 기업 사업화 매출액 발생 및 신규 인력 채용 - 기술이전 2건, 사업화 매출액 110백만원, 신규 인력 채용 5명 ○ 기술개발을 통한 논문 및 학술대회 발표 - 논문(비SCI) 2건 게재, 학술대회 5건 발표 ○ 특성조사 업무 활용 및 표준화 추진을 위한 교육지도 및 정책건의 - 국립종자원 실무 담당자(품종보호과, 식량종자과) 대상 2건의 교육지도 - 품종보호제도 및 작물별 특성조사방법 등 민간대상 22건 교육지도 • 영상분석 실무과정(2.17, 2.24, 2.25, 3.3, 2.4, 3.10, 3.11, 3.17, 3.18, 3.24, 3.25) • 농생대 대상 영상분석 프로그램 활용 교육(5.25, 5.26) - 작물특성조사 업무 표준화 추진을 위한 46개 기관에 소프트웨어 무상제공 및 정책 건의 1건 - 벼 재배 관리 업무 표준화 추진을 위한 현장 시연회 시연 및 지도 ○ 국내외 시장 확보를 위한 홍보 및 전시회 참가 및 발표 - 전시회 및 홍보 10건, 국제워크숍 1건, 기술 발표회 6건 • 전시회 발표(자동판독 현장 시연회, 소프트웨어 시연회, 제 6차 전북 농생명 SW융합페어 발표, 과 학기술정보통신부 주최 디지털전환엑스포) • 홍보실적(세계일보, 농림축산식품부 보도자료, 농림축산신문, 농업경제신문) • 국제 워크숍 참석('식물 영상 분석 플랫폼' 국립종자원 주최, 국제작물품종보호연맹(UPOV) 회 원국-20개국, 국내 종자업체, 연구기관, 일반 국민 대상 300여명 참석) ○ 기술 개발을 통한 수상실적 - 중소기업중앙회 표창장 1건, 농림축산식품부장관 표창장 3건 - 행정안전부 주관 '책임운영기관 서비스혁신대회' 우수상 1건(국립종자원) ○ 영상분석기술개발 신규 사업 발굴 - 자율주행기술 기반 노지 작물 재배 병해충 예찰 기술 개발 - 드론영상 기반 질병 예찰 기술 개발 - 영상분석 작물 특성조사 기술 고도화
--------	--	--	--

연구개발성과 활용계획 및 기대 효과	<ul style="list-style-type: none"> ○ 영상분석 기반 작물 특성조사 업무 활용 및 표준화 추진 <ul style="list-style-type: none"> - 30~50여개 작물 특성조사를 통한 출원작물의 심사 업무 활용 - RHS 칼라차트 추천 기술을 통한 국제 기준 제시 및 업무 개선 기여 - 노지 재배 작물의 특성조사 기술 개발 활용가능성 검토 ○ 종자관리요강 내 포장검사 업무 활용 및 표준화 추진 <ul style="list-style-type: none"> - 드론 영상 자동판독 기술을 통한 노지 재배 작물의 포장검사 업무 활용 - 포장검사 업무에 대한 비용, 인력, 시간 소요 개선에 기여 ○ 영상분석 기반 작물 특성 조사 기술의 국내·외 협력방안 모색 및 사업화 추진 <ul style="list-style-type: none"> - 46개 기관에 프로그램 무상제공을 통한 기술 확산 및 보급, 협력방안 모색 및 사업화 추진 - 국제워크숍, 전시회를 통한 개발된 기술의 높은 범용성 및 신뢰도 인정을 통한 국가 간 협력 요청에 대한 MOU 추진 및 협력방안 모색 ○ 정밀농업시스템 제품출시 및 사업화 <ul style="list-style-type: none"> - IoT 기반 작물 생장 및 배지정보 원격 모니터링 및 자동제어기술 제품, 소프트웨어 사업화 ○ 비전기술 기반 작물 특성조사 기술을 통한 범용성 및 확장성을 갖춘 기술 선점에 따른 국가 기술경쟁력 향상 기대 ○ 작물 형태적 특성조사의 실측과 육안판별 업무에 대한 효율성 개선 및 일관된 객관적인 결과 제공 개선에 기여 ○ 인공지능 기술을 활용한 드론 영상 자동판독 기술을 통한 농업재해피해 추정 요소 기술 선점에 따른 국가 기술경쟁력 향상 기대 ○ 최적화지능화에 기반하여 키다리병 및 도복 자동판독을 통한 농가 갈등 문제 해소, 일관된 객관적인 결과 제공 개선에 기여
---------------------	---

연구개발성과의 비공개여부 및 사유	해당 없음
--------------------	-------

연구개발성과의 등록·기탁 건수	논문	특허	보고서 원문	연구 시설·장비	기술 요약 정보	소프트웨어	표준	생명자원		화합물	신품종	
								생명 정보	생물 자원		정보	실물
	2	6				5						
연구시설·장비 종합정보시스템 등록 현황	구입 기관	연구시설·장비명	규격 (모델명)	수량	구입 연월일	구입가격 (천원)	구입처 (전화)	비고 (설치장소)	ZEUS 등록번호			
국문핵심어 (5개 이내)	정밀농업			초분광영상분석		작물 특성분석		병해충분석		딥러닝		
영문핵심어 (5개 이내)	Precision agriculture			Hyperspectral image analysis		Crop characteristics analysis		Disease and pest analysis		Deep Learning		

< 목 차 >

1. 연구개발과제의 개요	1
1-1. 연구개발 개요	1
1-2. 연구개발 대상의 국내외 현황	4
2. 연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용	14
2-1. 연구개발과제의 최종 목표	14
2-2. 연구개발과제의 추진 전략 및 일정	15
2-3. 연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용	18
3. 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성 정도	95
3-1. 정성적 연구개발성과	95
3-2. 정량적 연구개발성과	96
3-3. 세부 정량적 연구개발성과	97
3-4. 계획하지 않은 성과 및 관련 분야 기여사항	100
3-5. 연구개발성과 목표 달성	101
4. 연구개발성과의 관련 분야에 대한 기여 정도	102

1. 연구개발과제의 개요

1-1. 연구개발 개요

가. 연구개발의 개요

- 스마트팜(시설원예, 정밀농업)은 온실 통합 모니터링 시스템을 통하여 작물의 생육을 위해 온실 내부의 환경을 제어하고 실시간 센싱 정보(온실 환경 : 온도, 습도, Co2, 광량 등)를 저장하는 시스템을 구축·운영하고 있으나, 온실 제어 시스템이 작물의 생육·생장에 미치는 영향에 대한 데이터 취득방법은 전문 재배사·농민이 수작업을 통해 기록하고 있어, 정량적인 성장 데이터 수집 시스템이 필요함
- 작물 품종 특성정보 획득, 분석 체계구축을 위한 영상분석 기술개발 및 영상자료 수집을 위한 표준화 시스템 구축
 - 자동화 기술과 영상분석을 통한 작물의 특성조사 기술을 개발하여 수작업으로 진행하고 있는 작물 특성조사를 자동화하여 체계적인 분석이 필요
- Machine Vision과 딥러닝 기반의 영상분석을 통한 작물의 특성조사 기술, 드론 촬영 영상기반의 자동판독 기술개발에 필요한 영상 데이터 획득, 작물 특성분석을 위한 전용 촬영시스템, 작물 특성분석의 시각화를 제공하는 소프트웨어 및 DB 관리 기능이 포함된 기술개발을 목표로 함



[그림] 연구개발 요소 기술

나. 연구개발의 필요성

- 작물 품종 특성정보 획득, 분석 체계구축을 위한 영상분석 기술개발 및 영상자료 수집을 위한 표준화 시스템 구축 필요
 - 스마트팜은 온실 통합 환경제어에 따른 내부 환경 변화 수치를 실시간 저장하는 빅데이터 시스템 구축을 진행하고 있으나, 실제 작물이 생장하는 정보는 데이터화 하지 못하여, 지능형 서비스 모델 개발 어려움이 존재함
 - 초분광 센서를 생태환경 분석에 활용하기 위한 분석 기술 개발과 적용 분야 확장에 관한 연구가 필요하며, 이는 경제성과 직결되는 농산물 생산량 예측 및 산림 바이오매스 추정과 같은 농업 및 산림 정책에 필요한 연구개발이며, 효과적인 생태환경 분석을 위한 초분광 영상자료 기반의 작물 분류기법 및 접근이 한정된 지역에 대한 식생 모니터링 기법 등 연구개발 필요
 - 초분광 영상을 통한 식생 모니터링은 기존 다중분광 영상을 통해 얻을 수 없었던 연속적이고 보다 구체적인 분광 반사 특성을 구축하여 보다 효과적이고 구체적으로 지상대 상물을 정확하게 분석할 수 있어 식생 모니터링에 용이함
 - 식생 종류의 분광특성 차이 및 세밀하게 표현할 수 있는 초분광 영상에 적합한 분류 기법 및 식생지수에 관한 연구부터 식생의 분광특성과 식생 매개변수의 관계를 분석하는 연구까지 다양하게 이루어지고 있음
 - 정밀농업을 위한 다양한 센싱 기술들이 개발되었으며 센싱 기술은 열매를 측정하여 수확량을 예측할 뿐만 아니라 잎의 질소 검출, 사일리지 수량 예측, 토양 양분상태, 병해충 등을 탐지할 수 있음
 - 질병 관리와 같은 작물의 변화는 농업에서 가장 중요하며, 감염 초기 무증상 단계에서 질병을 발견하는 것이 가장 효과적인 질병 통제방법이지만 일반적으로 사람이 직접 관찰하고 질병을 탐지하는데 질병 관리와 같은 작물의 변화는 농업에서 가장 중요함
 - 시설원예, 축산 등 대상 생물, 지역, 자연환경 등의 환경조건, 생육조건, 재배조건 등 매우 다양한 변수를 전 국토를 대상으로 체계적으로 조사하되, 동 사업의 최종 비전인 인공지능화가 가능하도록 체계화된 빅데이터 구축 및 이에 대한 분석, 서비스제공, 나아가 인공지능화가 절실한 실정임
 - 영상기반 작물생육 측정 시스템의 자동화가 이루어지는 경우, 수집된 데이터의 균일화를 통한 정규화로 빅데이터 수집의 가속화가 이루어질 것임
 - 현재 스마트팜 관련 빅데이터의 경우, 농림수산식품교육문화정보원(이하 농정원)*과 농촌진흥청은 254호 스마트팜 농가를 대상으로 10개 작물에 대해 4개 분류, 66개 정보 수집항목에 대하여 '17년 말 기준 약 6억 개의 데이터가 수집되어 있는 것으로 파악됨

<표 12> 스마트팜 관련 빅데이터 수집 대상 농가 수 현황(~17년 말 기준)

(단위 : 호)

구분	토마토	파프리카	딸기	참외	국화	양돈	감귤	버섯	포도	기타	합계
농정원	64	53	48	10	10	15	-	-	-	10	210
농진청	12	2	5	7	2	3	3	8	2	-	44

출처 : 농정원 제공 자료

<표 13> 스마트팜 관련 정보 수집 현황(~17년 말 기준)

(단위 : 개)

구분	환경정보	생육정보	제어정보	경영정보	합계
건수	366,787,653	420,236	225,378,270	1,033	592,587,192

출처 : 농정원 제공 자료

<표 14> 스마트팜 관련 정보 수집 항목 및 방법(시설원예기준)

구분	수집항목	항목수	수집주기	수집방법	
환경정보	내부환경	온도, 습도, 광량, CO2, 등	9	분	자동
	외부환경	풍향, 풍속, 일사량 등	8	분	자동
	토경정보	지온, 지습, 토양EC 등	6	분	자동
	수경정보	지온, 지습, 수분함수율 등	3	분	자동
	양액정보	배액EC, 배액pH 등	7	분	자동
생육정보	생장길이, 잎수, 줄기 굵기 등	13	주	수동	
제어정보	천창, 커튼, 유동팬, 양액 등	13	분	자동	
경영정보	인건비, 자재비, 출하량 등	7	수시	수동	
계		66	-	-	

출처 : 농정원 제공 자료

- 영상분석 기반 작물 특성조사 기술개발을 통한 원천기술의 국산화 확보 필요
 - 식물체의 꽃, 잎, 과실 등의 형태적 특성조사 시 실측과 육안판별로 인한 인력 및 많은 시간 소요로 인한 업무의 효율성 재고 필요
 - 작물은 다양한 품종으로 구성되고 생육환경 및 장소가 다양하므로 형태, 크기, 모양, 색상 등이 일정하지 않아 작물 특성조사의 최적화된 원천기술 국산화 확보 필요

1-2. 연구개발 대상의 국내외 현황

가. 국내 기술 수준 및 시장 현황

□ 국내 기술 수준

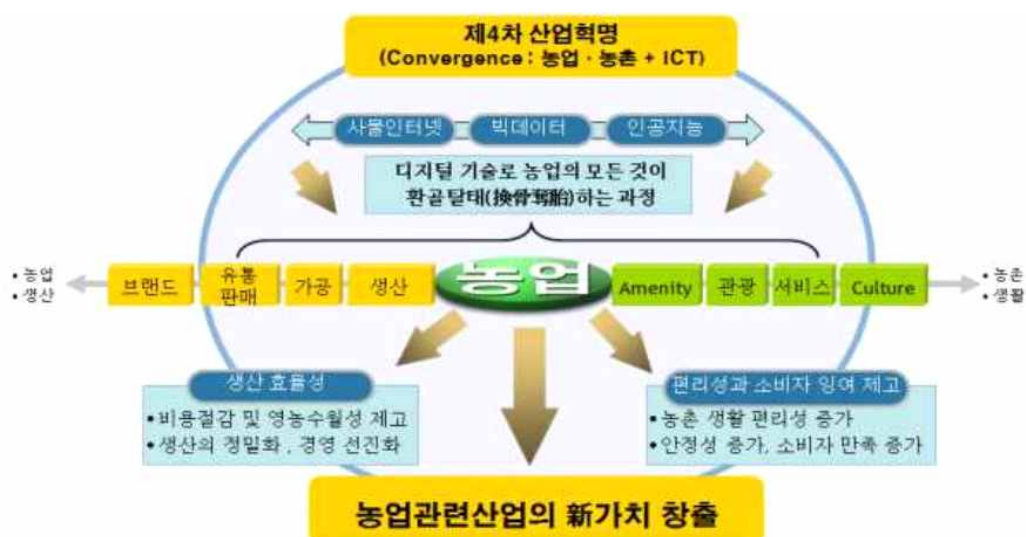
- 국내 스마트팜 시스템 기술은 1999년 정밀농업 국제심포지엄 및 미국과의 국제공동연구 추진 등으로 연구가 시작되었으며 이후 무인 작업기술, 자율주행기술 및 센서기술 관련 기술이 개발됨
- 정부 주도의 기술 중심 R&D를 추진하고 있으며 센서기술, GIS, 변량시비기술, 정보처리기술 등 정밀농업 제반기술은 선진국과 비교해 약 70% 수준

구분 (단위 %)	센서기술	지리정보기술	변량시비기술	정보처리기술
미국	100	100	100	100
영국	83	87	81	88
한국	72	73	45	81

(출처) LG그룹, ‘정밀농업, 함께 싹틔우다, 2016 LG Global Challenger 최종보고서’ (2016)

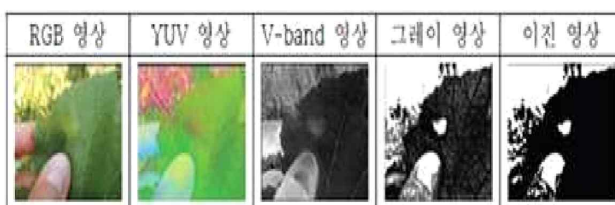
- 주로 스마트미디어를 통한 원격제어(개폐, 관수, 보일러 작동 등), 현장 영상 및 환경정보 제공 등으로 농민에게 편리성 향상에 기여하나, 작물의 생산성 및 품질 향상에는 기대치에 미치지 못하고 있음
- 농촌진흥청은 작물 생육정보 정량화를 위해 작물 표현체연구를 진행하고 있으나, 생육 정보 취득 제품의 경우 외산제품(LemnaTec 등)을 사용하여 생육정보 분석을 진행중임
- 농진청에서 추진하고 있는 스마트팜 3세대 모델(지능자동제어모델) 개발을 위해 ICT기 자체의 표준화, HW/SW 표준화 추진 및 빅데이터를 구축하기 위해 노력하고 있음*TTA PG426 프로젝트 그룹을 통해 온실 ICT기술의 표준화 추진중
- 최근 원격탐사 기술과 빅데이터, 인공지능 등 다양한 기술이 발전함에 따라 영상분석 기반의 가시광선, 근적외선(NIR), 적외선(MIR) 등을 활용한 연구가 진행
- 위성영상이나 항공사진 등의 공간해상도 및 적시성(시간해상도)의 문제점을 보완할 수 있는 방법으로 농업 분야에 주기적인 모니터링이 가능한 무인항공기가 좋은 대안으로 부각되며 원거리 센싱과 더불어 빅데이터, 인공지능 기술이 발전함에 따라 근거리 센싱 연구도 진행 중이며 정밀한 영상 자료 취득을 통해 농업분야 활용
- 작물의 정밀관리를 위해 생육기간 중 질소 영양 상태를 비파괴적으로 진단하는 방법으로 엽색표(leaf color chart, LCC), 엽록소/질소 측정기, 균락반사를 이용한 영양진단기, 디지털 카메라 등의 활용 연구가 진행되고 있음
- LCC, SPAD 등은 작물의 영양 상태 즉 비료의 시비 필요 여부에 대한 정보만을 제한적으로 제공할 뿐 얼마나 비료를 주어야 할지에 대한 정보는 제공하지 못하는 단점이 있음

- 군락 반사를 이용한 작물의 영양 및 생육 진단을 위하여 소수의 파장대를 이용하는 Fieldscout, Crop Circle, GreenSeeker 등의 측정기들이 외국에서 개발되어 있으나 가격이 비싸고 현장 연구가 미흡한 편임
- LCC나 SPAD를 이용하여 작물의 영양 진단에 이용하려는 연구 및 디지털 질소측정기가 개발 되었으나 얼마나 비료를 주어야 할지에 대한 정보는 제공하지 못하는 단점이 있음
- 범용 digital camera를 이용한 작물영양진단의 경우 Ku 등(2004)이 식물체 개엽의 엽록소 함량과 digital camera image의 EGB값을 추출하여 계산한 식생지수와의 관계를 검토한 연구가 있으나 생육진단과 시비처방에 활용한 연구는 없음
- 국가과학기술연구회는 SFS융합연구단을 출범하여 생육계측, 환경제어, 작업관리, 에너지관리, 유통관리 통합 기술에 대한 연구를 수행하여 왔음('18.10. 사업종료)
- 농업의 새로운 성장 동력으로 4차 산업혁명 기술을 농업·농촌분야에 접목하여 새로운 가치를 창출하고자하는 시도가 추진 중
- 토지, 인력에 의존하던 농업에 사물인터넷, 빅데이터, 인공지능 등이 결합되면서 스스로 생각하고 생산 가능한 농업으로 진화 중
- 아이디어와 창의력만으로도 농업의 변화와 혁신을 주도할 수 있는 새로운 생태계가 조성
- '농업 속으로 들어온 빅데이터'로 향후 10년간 세계 농업구조는 지난 반세기 동안의 변화보다 훨씬 더 큰 변화가 예상
- 농업과 빅데이터의 결합은 농산업 모든 과정(생산에서 소비까지)을 환골탈태(換骨奪胎)시킬 것으로 예상
- 빅데이터로 농업 생산성 제고, 각종 질병과 자연재해 예방은 물론 소비자의 행동과 생각까지도 분석할 수 있는 시대 도래
- 농업 관련 산업의 재창조, 새로운 농업 비즈니스 창출, 가치전달 모델의 재구성, 농산물 물류와 유통의 획기적 변화



[그림] 4차 산업혁명과 농업·농촌의 생태계(출처:빅데이터 바꾸는 농업의 미래, 농진청, 2017)

- 데이터 수집과 분석 능력이 미래 농업을 여는 열쇠
- 농업 선진국은 4차 산업혁명의 기회를 농업 재도약의 디딤돌로 활용하기 위해 치열하게 경쟁 중으로 ‘핵심은 빅데이터’로 농업시장 확장 및 新성장 전략산업 준비
 - ‘농업 내부(Within Agriculture)’의 발전을 뛰어넘어 다양한 분야와 연계된 농업 비즈니스를 창출하는 것이 특징
- 농기계, 유리온실 등의 전통적 장치산업(Hardware)의 범주를 뛰어넘어 고부가가치 시장을 창출하려는 것이 특징
 - 플랫폼을 통해 수집된 데이터를 분석하여 고객에게 유용한 정보를 판매 또는 제공
- 온실 자재 등의 하드웨어는 제품수명이 짧지만, 정보는 축적될 수 있도록 가치가 더 올라갈 뿐 아니라 남들이 복제할 수 없다는 것이 특징
- 빅데이터 활용 차원에서 선진 농업국과 같은 경쟁력을 확보하지 못하면, 농업용 데이터를 외부에 의존하게 되는 상황이 초래
- 농업의 경쟁력이 인프라와 기술, 하드웨어와 소프트웨어에서 빅데이터와 이를 이용하는 인공지능으로 이동
 - 가치 있는 데이터 수집, 분석과 가공을 통해 경쟁력을 높이는 데이터 활용법이 미래 농업경쟁력의 원천
- 빅데이터의 중요성을 강조하지만 데이터 수집과 집계에 대한 시스템적 접근이 취약하고 선진국에 비해 낮은 경쟁력
- (피노믹스 플랫폼) 영상·센서·로봇 기반의 작물 특성 통합 분석 시스템이며, ‘05년 프랑스에서 초기 버전을 개발한 이후 독일 등 농업 강국에서 관련 시스템에 관한 연구가 활발히 진행되고 있음
 - 최근 농업관련 선도기업*에서는 영상 이미지, 자동화 등을 이용한 식물 표현형 분석을 위한 고속 스캐닝 통합시스템, 자동운반장치, 분석요인 등 기술에 관한 연구가 활발히 진행되고 있음
 - 영상처리에 의한 병해여부를 조기에 탐지하기 위한 연구 및 특정 작물에 대한 품질분석 및 관리 등 연구가 진행되고 있음 (프랑스, 네덜란드, 포르투갈, ‘13.)



<감염이 진행된 작물에 대한 영상처리 결과>



<감염초기 육안으로 식별이 어려운 작물에 대한 영상처리 결과>

- (농촌진흥청) 작물육종 및 농업생명과학 기술 향상에 기여할 작물표현체 연구동을 국립 농업과학원 농업생명자원부에 건립 및 현재 운영하고 있음
 - 대규모 시설로 내부에는 1천 개체 식물표현형을 동시에 분석할 수 있는 영상분석 온실*과

360여 개체를 동시에 정밀 측정할 수 있는 환경 조절실을 갖추고 있음

- 온실에서 재배된 작물이 컨베이어벨트로 영상장치가 있는 이미지 분석실로 이동하고 다양한 영상장비로 이미지를 촬영하여 DB에 저장 및 이미지 분석을 통한 작물생육 시기별 크기, 생체량, 수량 등 농업 형질의 디지털화 및 객관화 추구



[그림] 작물 표현체 분석과정

□ 국내 시장 및 지식재산권 현황

- 국내 스마트팜 관련 시장은 연평균 14.5%씩 성장하여 2023년 기준 8조 1,132억 원 규모가 될 것으로 전망함 (중소·중견기업 기술 로드맵 2017-2019)

(단위 : 억원)

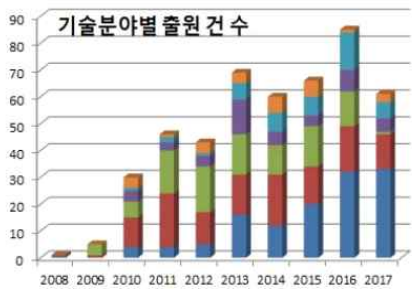
년도	(2019년) 현재년도	(2021년) 개발 종료후 1년	(2023년) 개발 종료후 3년
세계 시장 규모	49,711	132,214	152,555
한국 시장 규모	21,064	61,884	81,132

<표 2-5> 국내 스마트팜 관련 기업활동

업종	기업명	사업내용
이동통신	SK텔레콤	○ IoT 특화 전용기술 '로라(LoRa)' 네트워크 구축('16) ○ 농식품부 '스마트팜 확산 가속화 대책'에 참여('16) - 세종창조경제센터와 함께 LoRa네트워크 구축, 상설 교육장 제공 ○ '오리온-SK텔레콤-스머프-농가'와 스마트팜 구축사업 참여('18)
	KT	○ 'KT 기가 스마트팜 2.0' 솔루션 개발('16) 및 농가 보급('17) ○ 농식품부 '스마트팜 확산 가속화 대책'에 참여('16) - KT Cloud 스마트팜 통합관제플랫폼 개발, 상설 교육장 제공 ○ '제주 스마트팜 인큐베이팅 센터' 개소('17) ○ 브라질 스마트팜 실증단지 운영사업 참여('18)
	LG유플러스	○ 농식품부 '스마트팜 확산 가속화 대책'에 참여('16) - IoT 특화 전용기술인 'NB-IoT'를 적용한 네트워크 구축('16)
반도체	삼성전자	○ 원예 분야 LED 산업 진출 시도(국제 박람회 출시)('18)
전자	LG이노텍	○ 국립축산과학원과 무인 양계관리 시스템 개발을 위한 공동연구 협약('18)
인터넷	네이버	○ ICT 기반 O2O 방식의 플랫폼인 '프레시 윈도' 개설('14) ○ 2015년 8월 현재 전국 570여개 품목 직거래
	카카오	○ 스마트팜 업체인 만나CEA에 33% 지분 투자('15) ○ 모바일 농산물 유통 플랫폼 서비스인 '카카오파머' 런칭('15)
SW	엔씽	○ 2014년 설립. 도시농업을 위한 IoT 제품 및 서비스 개발 ○ HW인 스마트화분 플랜티(Planty)와 식물재배일지 WebLife 개발 ○ 덴마크에 수직농장 모델 수출('17)
농업	만나CEA	○ 기계학습식 제어시스템인 '자연어 인식 제어기술' 개발, 물고기 양식과 수경재배를 결합한 '아쿠아포닉스(Aquaponics)' 농법 개발 ○ 카자흐스탄에 30억원 규모의 스마트팜 수출계약 체결('18)

출처 : STEPI(2018)

- 스마트팜 기술에 대해 한국은 '10년부터 최근 '16년까지의 지속적인 특허출원 증가세를 보이며, '13년 이전에는 내국민의 특허 출원만이 이루어짐과는 달리 '14년 이후에는 외국인에 의한 특허출원이 소폭*으로 증가추세를 보이고 있음
- 스마트팜 관련 세부기술 중 국내 출원 특허 동향을 분석하면, 가장 많은 분포를 차지하는 통합제어 기술(126건, 27%)에서부터 재배시설 기술(122건, 26%), 광원 관련 기술(98건, 21%), 관수 및 양액공급기술(47건, 10%), 작물 성장 모니터링 기술(44건, 9%) 및 기타 기술(29건, 6%) 순으로 분석됨



<국내 스마트팜 기술 분야별 출원건수(건)>



<국내 스마트팜 기술 분야별 출원비중(%)>

지식재산권명	지식재산권출원인	출원국/출원번호
① 생육환경 모니터링을 위한 wifi기반 농업용 IoT통합센서 단말기	(주)에스에스엘	한국/1020140025461
② IoT 통합센서 인터페이스 기반 작물 생육상태 실시간 모니터링 시스템	(주)에스에스엘	한국/1020160175998
③ 스마트 프레임워크용 IoT 센서 단말기	(주)에스에스엘	한국/1020160006049
④ 스마트 프레임워크용 IoT 액추에이터 단말기	(주)에스에스엘	한국/102016-0006049
⑤ 프로그램 등록	(주)에스에스엘	한국/C2016030114
⑥ 식물 성장 모니터링 장치 및 방법	전자부품연구원	한국/10-2017-0175317
⑥ 영상기반 감시 시스템 및 그 동작방법	전자부품연구원	한국/10-2018-0167061
⑦ 열 전달 특성이 반영된 균일난방 제어 장치 및 방법	전자부품연구원	한국/10-2018-0164508
⑧ 정밀농업용 생육상태 모니터링 애플리케이션	(주)에스에스엘	한국/C-2016-030114
⑨ 정밀농업용 센서모듈	(주)에스에스엘	한국/C-2016-030431
⑩ 병충해감지용 객체 추출 배경생성 프로그램	전자부품연구원	한국/C-2017-000789
⑪ 병충해감지용 특징 고속 추출 프로그램	전자부품연구원	한국/C-2017-000790
⑫ 병충해 탐지에서 카메라 움직임 인식 기술	전자부품연구원	한국/C-2017-000791
⑬ 식물의 근원부 함수율 측정장치	(주)이레이에스	한국/1020140025461
⑭ 온실 생작물의 함수율 측정을 위한 슬라브 무게와 배액량 측정 장치 및 이를 이용한 측정방법	(주)이레이에스	한국/1020100070897

□ 국내 스마트팜 표준 현황 및 기술 표준

- 현재 국내 스마트팜 관련 표준은 총 45개이며, 한국정보통신기술협회(TTA PG426), 농업기술실용화재단(FACT), 한국농기계공업협동조합에 의해 표준화가 진행 중임
 - 45개 중 국가표준은 2건(KS), 단체표준은 43건으로 국내 표준화는 주로 스마트 온실과 관련된 단체표준으로 진행되고 있는 것으로 조사됨
 - 스마트 온실 표준은 총 24개로 국가표준 2건(23), 단체표준 22건이며, 스마트축사 6건(TTA 3건, FACT 3건), 스마트유통 8건, 팜 클라우드 7건에 대한 단체표준이 제정됨

- '14년 6월 스마트농업 전반에 대한 표준개발을 위해 산학연 관련 전문가를 중심으로 '농식품 ICT 융합 표준포럼'이 신설되었으며, 이어서 TTA에서도 2014년 10월 스마트농업 프로젝트 그룹(PG426)을 신설함

○ 기술 표준은 2018년 스마트 온실을 위한 구동기 인터페이스(KS X 3265, 2018.12.26.), 스마트 온실을 위한 센서 인터페이스(KS X 3266, 2018.12.26.) 2개가 제정됨

- 농업기술실용화재단은 단체표준인 '스마트 온실을 위한 구동기 인터페이스, 스마트 온실을 위한 센서 인터페이스'를 TTA와 협의를 거쳐 '18년 국가표준으로 제정함

<표 2-6> 스마트팜 관련 국가표준 현황

분야	표준코드	표준명	제정일
스마트 온실	KSX3265	스마트 온실을 위한 구동기 인터페이스	2018.12.26.
	KSX3266	스마트 온실을 위한 센서 인터페이스	2018.12.26.

출처 : 여현, 김성진. (2019). 국내 스마트팜 기술 및 표준화 동향. 한국통신학회지(정보와통신), 36(3), pp.25-31.

<표 2-7> 스마트팜 온실 관련 TTA 단체표준 현황(22개)

No	표준코드	표준명	제정일	
1	TTAK.KO-06.0286	온실 관제 시스템 요구사항 프로파일	2012.06.12	
2	TTAK.KO-06.0288- Part 1, 2, 3, 4	온실 관제 시스템	제1부 센서노드와 온실통합 제어기 간 인터페이스	2015.04.13
3			제2부 제어 노드와 온실 통합 제어기 간 인터페이스	2015.04.13
4			제3부 온실 통합 제어기와 온실 운영 시스템 간 인터페이스	2012.06.12
5			제4부 온실 운영 시스템과 온실 통합 관리 시스템 간 인터페이스	2013.03.28
6	TTAK.KO-10.0843	시설 원예 생육 진단 메타데이터	2015.12.16	
7	TTAK.KO-10.0844	스마트 온실 유즈케이스 및 기능 요구 사항	2015.12.16	
8	TTAK.KO-10.0845	스마트 온실을 위한 구동기 인터페이스	2015.12.16	
9	TTAK.KO-10.0903	스마트 온실을 위한 센서 인터페이스	2016.06.24	
10	TTAK.KO-10.0934	스마트온실 기능요소 간 인터페이스	2016.12.27	
11	TTAK.KO-10.0936	상호운용성 제공을 위한 스마트온실 환경제어 시그널링 요구사항	2016.12.27	
12	TTAK.KO-10.0943	스마트팜용 온실통합제어기와 센서-구동기 통합노드 간 통신 프로토콜	2016.12.27	
13	TTAK.KO-10.0944	스마트온실을 위한 양액기 및 이산화탄소 발생기의 운용 요구사항	2016.12.27	
14	TTAK.KO-10.0945	스마트온실을 위한 원격 감시용 스마트 영상 장치	2016.12.27	
15	TTAK.KO-10.1008	스마트온실용 온실 운영 시스템과 비순환식 양액 시스템 간 통신 프로토콜	2017.12.13	
16	TTAK.KO-10.1044	스마트 온실 센서/구동기 및 제어기 간 RS485 기반 모드 버스(MODBUS) 인터페이스	2018.06.27	
17	TTAK.KO-10.1045	스마트 온실 구동기 메타데이터	2018.06.27	
18	TTAK.KO-10.1046	스마트 온실 센서 메타데이터	2018.06.27	
19	TTAK.KO-10.1086	스마트 온실용 센서, 구동기 I/O 인터페이스 추상화 모듈	2018.12.19	
20	TTAK.KO-10.1087	스마트 온실 관제를 위한 경량형 제어 프로토콜	2018.12.19	
21	TTAK.KO-10.1088	스마트팜 센서 노드와 게이트웨이간 비연결형 통신 프로토콜	2018.12.19	
22	TTAK.KO-10.1092	농장 빅데이터 서비스 제공자와 온실 관제 시스템 간의 인터페이스	2018.12.19	

출처: 여현, 김성진(2019)

- 스마트 온실에 ICT 기술을 적용함에 있어서 필요한 서비스 요구사항, 인터페이스, 프로토콜 등에 22건의 표준을 제정함
 - 12년 6월 ICT 기술 적용을 위해 요구되는 요소에 대해 정의하고, 서비스에 필요한 기술적 요구사항에 대해 정의한 ‘온실 관제 시스템 요구사항 프로파일’ 표준(TTAK.KO-06.0286)을 기반으로 Part 1, 2, 3, 4로 세분화하여 진행됨
 - 센서 및 구동기 인터페이스와 각 기능 요구사항에 대해 표준화를 진행하였으며, 양액기, 이산화탄소 발생기 및 감시용 스마트 영상장치 등 관련 표준화를 진행함
 - 기존 제정된 표준을 기반으로 농장 빅데이터 서비스 제공자와 온실 관제 시스템 간의 인터페이스 및 온실 관련 장치 간의 프로토콜, 메타데이터 등 스마트 온실과 관련된 세부적인 내용들에 대한 표준화 작업이 진행됨
- 팜클라우드 관련 표준은 클라우드 컴퓨팅 기술을 기반으로 스마트팜을 관리, 운영하는 데 있어 필요한 서비스의 기술적 요구사항과 구성에 대해서 정의함
 - 정보통신기획평가원(IITP) 주관 ‘스마트팜 확산을 위한 클라우드 기반 스마트 베드 시스템 및 Farm-As-A-Service 기술개발’ 사업과 관련하여 표준화를 진행하였으며, ‘16년 처음으로 클라우드 기반의 FaaS(Farm as a Service) 관련 서비스 요구사항에 관해 표준 제정함
 - ‘17년 팜 클라우드 기반 병해충 대응 서비스, 서드파티 응용 서비스 인터페이스를 제정하였으며, 클라우드 장치 간 데이터 전송 프로토콜에 대해 표준 제정함
 - ‘18년 클라우드 기반 영농작업관리, 스마트팜 온실의 장비 오작동 대응 서비스 인터페이스와 스마트팜 장치 관리를 위한 생애주기 관리에 대한 표준 제정
 - 7개 표준은 추후 ‘클라우드 기반 스마트팜 서비스 요구사항’ 시리즈로 묶어 클라우드 기반 스마트팜 제1부부터 제6부까지 제목 및 내용을 개정 예정

<표 2-10> 스마트팜 팜클라우드 관련 TTA 단체표준 현황(7개)

표준코드	표준명	제정일
TTAK.KO-10.0937	클라우드 기반 스마트팜 서비스 요구사항	2016.12.27
TTAK.KO-10.1005	팜클라우드 기반 병해충 대응 서비스 인터페이스	2017.12.13
TTAK.KO-10.1006	팜클라우드와 서드파티 응용 서비스 간의 인터페이스	2017.12.13
TTAK.KO-10.1007	팜클라우드와 클라우드 장치간 데이터 전송 프로토콜	2017.12.13
TTAK.KO-10.1089	클라우드기반 스마트팜 영농작업관리 서비스 인터페이스	2018.12.19
TTAK.KO-10.1090	클라우드기반 스마트팜 온실의 장비 오작동 대응 서비스 인터페이스	2018.12.19
TTAK.KO-10.1091	클라우드기반 스마트팜 장치 관리를 위한 생애주기 관리	2018.12.19

출처: 여현, 김성진(2019)

나. 국외 기술 수준 및 시장 현황

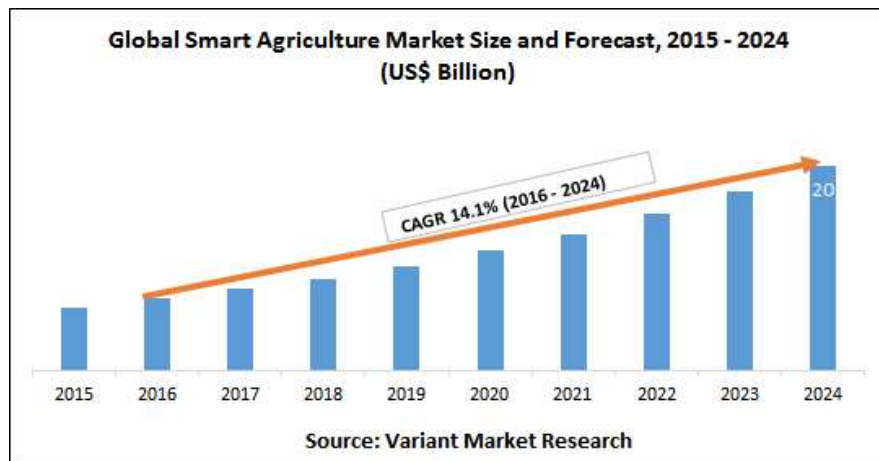
□ 국외 기술 수준

- 유럽연합 EU 차원의 ICT 국제공동 연구 프로젝트를 통해 '09년부터 '17년까지 1, 2단계로 구분하여 정밀농업 분야 ICT 및 로봇기술에 대해 연구개발을 진행함
 - 정밀 농업 분야의 연구역량 및 협력 네트워크 강화, EU 공통 연구 의제 설정 및 인적·물적 자원 활용 분절화 해소 등을 통해 연구개발의 효과성 및 효율성을 제고함
 - 실내기후 및 품질통제 자동화, 로봇 활용, 농장관리 정보시스템, 온라인 정보 플랫폼 등을 개발하여 공공 및 연구기관에 기술·사회적 정보를 제공하고 당사자들 간의 활발한 협력을 촉진함
 - 농업, 물류, 식품 정보와 관련된 R&D 프로젝트로서 농식품 부문에 대한 미래 인터넷 및 ICT의 응용 및 적용을 촉진을 목적으로 하며, 민·관 파트너십을 기반으로 Smart Agrimatics에 종사하고 있는 기업 또는 개인에게 직접적으로 자금 등을 지원함
 - 스마트농업에 특화된 프로토타입의 규정·개발, 기술 솔루션의 개발을 통한 대규모 실증 등을 추진하며, 3단계를 2년간 운영하며 총 10만 유로의 예산이 책정됨
 - EU 안팎의 다양한 산학연 집단이 프로젝트에 참여하여, 농식품 중소기업을 지원
 - 스마트 농업 및 물류와 관련하여 정교하고 강력한 광대역 감지 및 동물과 식물의 모니터링, 지능형 수송 및 실시간 물류 등에 대한 프로젝트를 수행함
- 네덜란드 경제농업혁신부는 농업 정밀화를 통한 지속가능한 농업의 발전과 신사업 창출을 위해 민·관 파트너십형 R&D 프로젝트(30)를 추진함(2010~2014년, 총 4년)
 - 자원 사용량 억제(물, 비료, 농약, 에너지 등)를 위한 연구를 통해 농업으로 인한 환경 영향을 감소시키고, 신규 농업 비즈니스 관련 기회 창출을 목적으로 함
 - ICT 기반 공공서비스 개발에 주력하여 친환경 농업기술개발에 활용할 수 있도록 시비, 작물 보호, 트래픽 제어 경작 등 핵심 주제에 관련된 연구를 수행함
 - 세부 연구주제는 위성관측, 지상센서, 현지 맞춤형 경작, 작물관리·수확기술, 로봇 공학, 조기경보 및 의사결정지원 시스템, 무선네트워크, 농장경영시스템(FMS) 등임
 - 작물의 재배관리를 위한 GPS 지리정보 융합, 실시간 센서 데이터 기반 비료공급 및 관수 등 토지 비옥화, 제초제 관리 및 전염병 예방 등 작물 보호 관련 사업을 지원함
 - 전체 비중의 95%를 과학 기술인 첨단화된 농업 국가로 성장하였으며, 특히 정밀농업을 정밀화 사업(PPL)로 지칭하여 지난 수십 년간 누적된 데이터와 재배환경 최적화 노하우를 바탕으로 한 기술을 개발하고 있음
- 독일은 정부 주도로 다양한 공공·민간 정보원 통합을 위해, 연방기관과 다양한 농업-IT 분야 민간업체들이 참여로 추진되는 프로젝트로서, 위치기반 서비스와 지식 네트워크 구현 및 개발을 통해 에너지 효율성, 경제적 이익 및 환경적 편익 추구를 목표로 함
 - 2009년 4월 1일부터 2013년 4월 30일까지 총 4년에 걸쳐 수행하며, 산·연 및 공공부문에서 혁신 동맹을 맺은 기관이 함께 연구를 수행함

- iGreen은 농업 분야에 종사하는 농업인, 농장 경영인, 농업용 기계오퍼레이터, 농업컨설턴트, 농업용 소프트웨어 개발자, 농업용 기계 제조업자 등을 대상으로 함
 - 지질자료, 기계 커넥터, 데이터 보존용 콘텐츠, 모바일 결정지원 시스템, Geobox 인프라 등의 서비스 및 단말기를 제공함
 - 특수작물 분야에서 활용하는 경우, 최종 사용자와의 협업을 통해 중·대형 사이즈의 농기계를 제작하고 실제 경작지에서 테스트를 수행하며, 지식 네트워크와 위치 기반 서비스가 통합된 인프라는 오픈소스 소프트웨어 형태로 제공됨
- 미국은 농업 부문의 성장이 식량안보에 직접적인 해결방안이 된다는 인식하에 1990년대부터 장기 지속 가능한 농업 및 환경 촉진을 주요 전략으로 설정
- 정밀농업(Precision Agriculture) 기술을 기반으로 노지재배 특화작물을 중심으로 한 시스템을 구축 및 운용하며, 적용농가 비중은 전체 대비 약 40% 수준
 - 미국에서 판매되는 농업용 트랙터 약 80%가 데이터 송수신 장치가 부착되어 있으며, 전체 농민의 절반 이상은 1~2가지 종류의 정밀농업 서비스 이용 중임

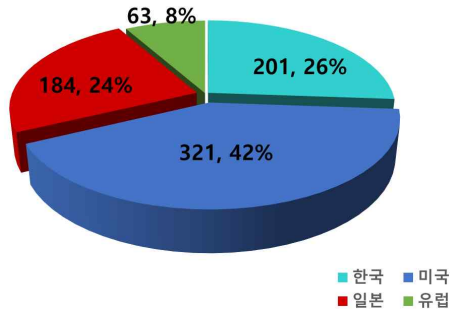
□ 국외 시장 및 지식재산권 현황

- 국외 스마트팜 시장은 2018년 약 84,753억 원에서 2023년 기준 약 15조 256억 원 성장하여 약 12.4%의 CAGR 기록 전망(Global Forecast to 2023, 2018.08)
- 전체 시장에서 북미 지역 52.1%, 유럽 지역 17.4%로 정밀농업 시장을 선도



[그림] 국외 스마트팜 시장현황

- 미국은 스마트팜 관련 '10년부터 최근 '16년까지 지속적으로 높은 특허 출원 증가세를 보이고 있으며, 미국 내 특허 출원 분포는 내국인 대비 외국인의 특허 출원 추이 또한 높은 편임



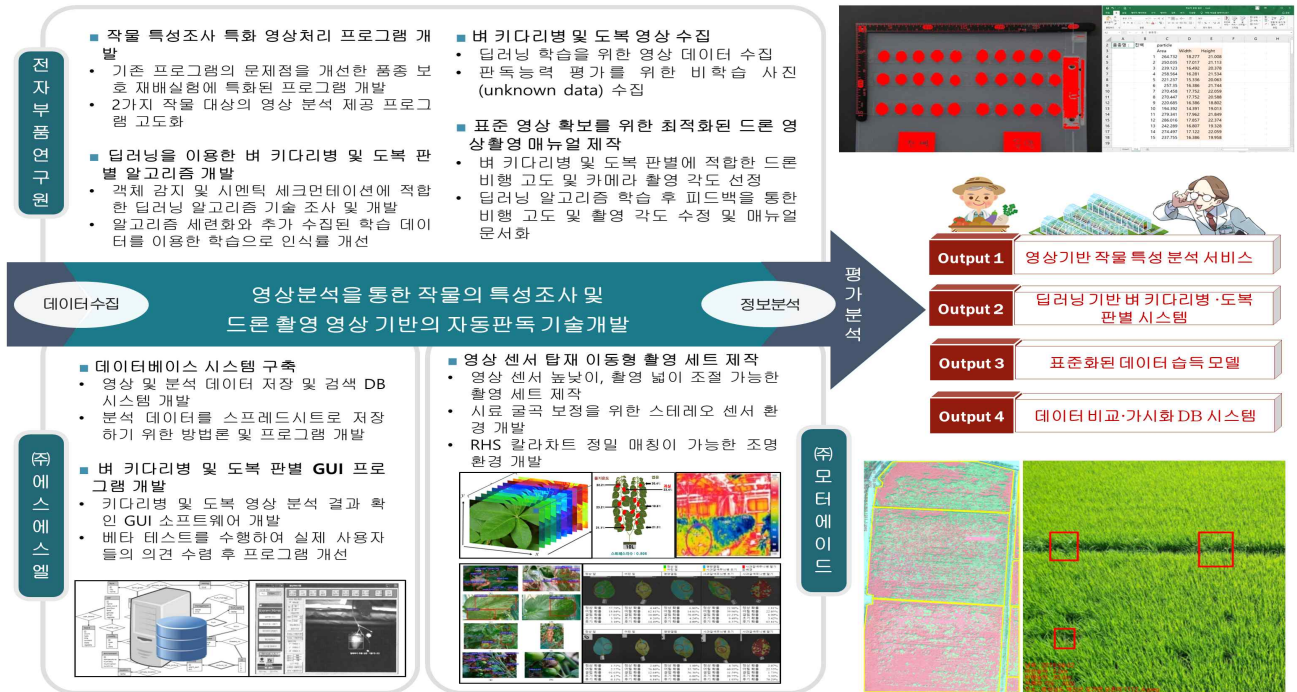
[그림] 국가별 특허 출원 현황

- 일본은 '11년까지 특허 출원 건수가 감소하였으나, '12년을 기점으로 증가추세로 변화하였으며, 외국인의 특허 출원 추이 역시 증가세를 보이는 것으로 판단
 - 유럽의 경우에는 매년 10여 개의 스마트팜 기술 관련 특허가 출원되고 있음
- 국외 스마트팜 표준 현황 및 기술 표준
- 농업 전반에 걸친 표준화가 ISO (International Organization for Standardization)에서 추진되어 왔으며, ISO 에서는 ISO65-시리즈 표준을 통하여 농업의 전반적인 분야에 대한 표준 기술을 확보하고 있음
 - ICT 기반 스마트농업에 관한 국제 표준화는 ITU-T를 중심으로 진행되고 있으며, 농업과 ICT기술 융합 관련 국제표준화는 ITU-T SG13과 SG20에서 담당함
 - 스마트팜 서비스 제공을 위한 시설원예에서의 센서노드, 구동기 노드, 온실통합제어기, 온실운영시스템 및 온실통합관리시스템 등에 관한 인터페이스 표준을 제정하는 스마트팜 인터페이스 표준(ITU-T Y.ISG-FR) 또한 2015년부터 개발 시작함

2. 연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

2-1. 연구개발과제의 최종 목표

- (최종목표) 작물 품종 특성정보 획득, 분석 체계구축을 위한 영상분석 기술개발 및 영상자료 수집을 위한 표준화 시스템 구축



[그림] 연구개발 범위 및 목표

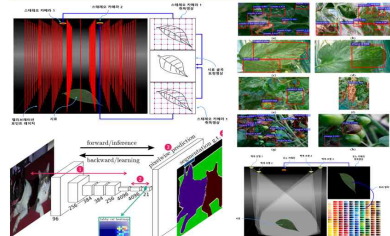
연구개발 요소		1차년도	2차년도
영상분석을 통한 작물의 특성조사 기술개발	촬영 세트 제작	영상 센서 높낮이, 촬영 넓이 조절 가능한 촬영 세트 제작	시료 굴곡 보정을 위한 스테레오 센서, RHS 칼라차트 정밀 매칭이 가능한 조명 환경 개발
	영상처리 프로그램 개발	Image J 프로그램의 문제점을 개선한 품종 보호 재배실험에 특화된 프로그램 개발	작물 특성조사 영상처리 소프트웨어 고도화 및 색채분석 기술 개발
	DB 구축	영상 및 분석 데이터 저장·검색 DB 시스템 개발	분석 데이터를 조건에 따른 모니터링위한 소프트웨어 방법론 및 프로그램 개발
드론 촬영 영상기반의 자동판독 기술개발	영상 수집	딥러닝 학습을 위한 영상 데이터 수집	판독능력 평가를 위한 비학습 사진 (unknown data) 수집 및 추가 학습을 위한 영상 데이터 수집
	드론 촬영 매뉴얼 제작	벼 키다리병 및 도복 판별에 적합한 드론 비행 고도 및 카메라 촬영 각도 선정	딥러닝 알고리즘 학습 후 피드백을 통한 비행 고도 및 촬영 각도 수정 및 매뉴얼 문서화
	DB 구축	영상 및 분석 데이터 저장·검색 DB 시스템 개발	분석 데이터를 스프레드시트로 저장하기 위한 방법론 및 프로그램 개발
	딥러닝 알고리즘 개발	객체 감지(벼 키다리병) 및 시멘틱 세그멘테이션(도복)에 적합한 딥러닝 알고리즘 기술 조사 및 프로토타입 프로그램 개발	알고리즘 고도화 및 추가 수집된 학습 데이터를 이용한 학습으로 인식을 개선
	GUI 프로그램 개발	키다리병 및 도복 영상분석 결과 확인 GUI 소프트웨어 개발	베타 테스트를 수행하여 실제 사용자들의 의견 수렴 후 프로그램 개선

2-2. 연구개발과제의 추진 전략 및 일정

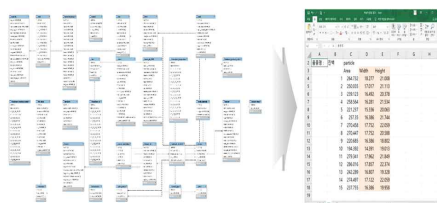
□ 연구개발과제의 추진 전략

영상분석을 통한 작물의 특성 조사 기술 개발		
전자부품연구원	(주)에스에스엘	(주)모터에이드
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Machine Vision 및 딥러닝 기반의 영상 분석을 통한 작물의 특성 조사 핵심 기술 개발 ▪ 드론 촬영 영상을 통한 키다리병 및 도복 인식 기술 및 시각화 제공 소프트웨어 개발 ▪ 국립종자원에서 제공하는 영상 기반의 인식 기술 개발과 사업 운영 협력을 통한 기술개발 방향 수립 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 영상 분석을 통한 작물의 특성조사 시각화 소프트웨어 설계 및 개발 ▪ 가독성을 고려한 데이터 시각화 기술 개발 ▪ 프로그램 활용 매뉴얼 제작 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 현장에서 작물의 촬영이 가능한 포터블 형태의 촬영 전용 시스템 개발
<ul style="list-style-type: none"> • 영상 분석 핵심 알고리즘 개발 • 사용자 편의성을 고려한 영상 분석 View SW개발 	<ul style="list-style-type: none"> • 서버 기반의 사용자별 소프트웨어 기능 제공 및 자동 기록 관리 소프트웨어 개발 	<ul style="list-style-type: none"> • 최적 조명 및 포터블 형태의 촬영 전용 시스템 개발


Machine Vision 및 딥러닝 기반의 영상 인식 기술 개발



사용자 기록 관리형 작물의 특성조사 소프트웨어 개발

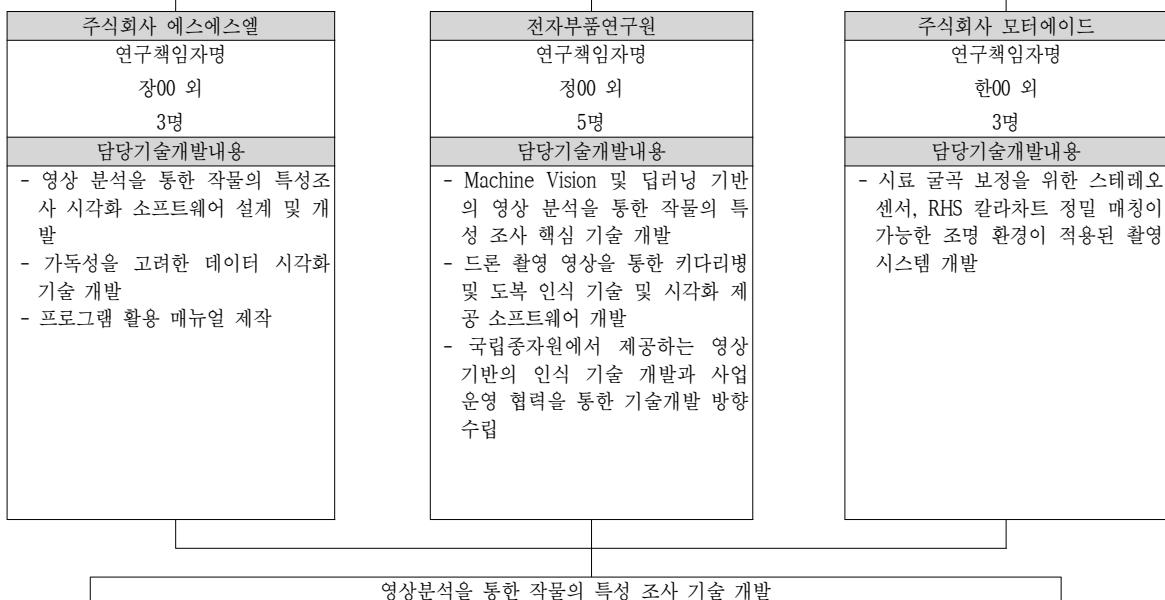


최적 조명이 적용된 작물 촬영 전용 시스템 제작



연구개발과제		총 참여 연구원
과제명	영상분석을 통한 작물의 특성 조사 기술 개발	주관연구책임자 정00 외 총 12명

기관별 참여 현황		
구분	연구기관수	참여연구원수
중소기업	2	8
대학	1	5
출연(연)		
기타		



□ 연구개발과제의 추진일정

1단계 1차년도															
일련 번호	개발내용	추진 일정(월)												기간 (주)	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
1	영상분석을 통한 작물의 특성조사 상세 기술 개발 수립				■	■	■								'20.04. - '20.08. (12주)
2	영상분석을 통한 작물의 특성 조사를 위한 시험 영상 취득					■	■	■	■	■	■	■	■	■	'20.05. - '20.12. (30주)
3	드론을 이용한 시험영상 취득						■	■		■	■				'20.06. - '20.10. (14주)
4	영상 분석을 위한 Machine Vision 및 딥러닝 알고리즘 개발						■	■	■						'20.04. - '20.10. (28주)
5	품종 보호 재배실험에 특화된 프로그램 개발						■	■	■	■	■	■	■	■	'20.06. - '20.12. (28주)
6	드론 비행 고도 및 각도에 따른 작물 촬영 설정					■	■	■							'20.05. - '20.07. (10주)
7	키다리병 및 도복 인식 기술 개발						■	■	■	■	■	■	■	■	'20.06. - '20.12. (28주)
8	작물의 영상 특성 인식 기술 개발						■	■	■	■	■	■	■	■	'20.06. - '20.12. (28주)
9	영상 분석 결과 제공 및 누적 데이터 비교 기능 소프트웨어 개발						■	■	■	■	■	■	■	■	'20.05. - '20.12. (30주)
10	현장 촬영용 전용 촬영 시스템 개발						■	■	■	■	■	■	■	■	'20.05. - '20.12. (30주)
11	기 수집 데이터 재가공 및 신규데이터 수집						■	■	■	■	■	■	■	■	'20.06. - '20.12. (28주)
12	사용자 서비스를 위한 데이터 시각화 알고리즘 개발							■	■	■	■	■	■	■	'20.07. - '20.12. (24주)

1단계 2차년도															
일련 번호	개발내용	추진 일정(월)												기간 (주)	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
1	드론을 이용한 시험영상 취득														'20.06. - '20.10. (14주)
2	영상 분석을 위한 Machine Vision 및 딥러닝 알고리즘 개발														'21.01. - '21.12. (48주)
3	품종 보호 재배실험에 특화된 프로그램 개발														'21.01. - '21.09. (36주)
4	드론 비행 고도 및 각도에 따른 작물 촬영 데이터 확보														'21.01. - '21.10. (38주)
5	키다리병 및 도복 인식 기술 개발														'21.01. - '21.06. (24주)
6	작물의 영상 특성 인식 기술 개발														'21.01. - '21.11. (44주)
7	영상 분석 결과 제공 및 누적 데이터 비교 기능 소프트웨어 개발														'21.01. - '21.11. (44주)
8	현장 촬영용 전용 촬영 시스템 개발														'21.01. - '21.10. (40주)
9	기 수집 데이터 재가공 및 신규데이터 수집														'21.01. - '21.11. (42주)
10	사용자 서비스를 위한 데이터 시각화 소프트웨어 개발														'21.01. - '21.11. (42주)
11	개발 내용 정리 및 시험성적서 확보														'21.07. - '21.12. (24주)

2-3. 연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

가. 작물 특성조사 특화된 영상처리 소프트웨어 개발

□ 작물 특성분석 소프트웨어 개발

- 육종가가 출원한 품종에 대하여 신품종 여부를 판단하기 위해 30~50여개의 특성을 조사한 후 품종보호권을 부여하는데 식물체의 꽃, 잎, 과실 등의 형태적 특성조사에 업무량의 60% 이상으로 실측과 육안판별에 많은 시간을 소요함



[그림] 작물 특성조사 업무 과정

- 본 연구에서는 기존 작물 특성조사의 업무 효율성 제고와 일관성 있는 객관적인 결과를 제공하기 위해 작물 특성조사 소프트웨어 개발 전 사용자의 의견 청취 및 요구사항 분석을 통한 시스템 기능 명세서 작성, 소프트웨어 아키텍처 설계, 제약조건, 목표설정 등을 진행함



[그림] 기존 영상분석 작물 특성조사 과정



[그림] 작물 특성조사 소프트웨어 개발 프로세스 및 일정

○ 작물 특성조사 과정 중 영상분석 기반 계측업무에 ImageJ 소프트웨어(미국국립보건원과 위스콘신 대학의 광학 및 컴퓨터 계측 연구소에서 연구용 분석 목적 개발)를 사용하지만, 특성조사 시 ImageJ 소프트웨어 문제점 및 원천 기술의 국산화 확보를 위해 개선사항 도출, 사용자 요구사항 수렴, 세부내용 협의 진행함



구분	내용
목적	영상분석을 통한 작물 특성조사 기술개발을 위한 계획지시서
대상	영상분석을 통한 작물 특성조사 기술개발을 위한 계획지시서
범위	영상분석을 통한 작물 특성조사 기술개발을 위한 계획지시서
요구사항	영상분석을 통한 작물 특성조사 기술개발을 위한 계획지시서
진행계획	영상분석을 통한 작물 특성조사 기술개발을 위한 계획지시서
기타사항	영상분석을 통한 작물 특성조사 기술개발을 위한 계획지시서

구분	내용
출발 개요	영상분석 프로그램 개발상황 점검 및 기술개발 협력 논의 결과
영상분석 프로그램 개발 상황 점검 결과(농진청 연구원)	영상분석 프로그램 개발 상황 점검 결과(농진청 연구원)
영상분석 기술개발 협력 논의 결과(농진청 농업생명학연구원)	영상분석 기술개발 협력 논의 결과(농진청 농업생명학연구원)
향후 계획	영상분석 기술개발 협력 논의 결과(농진청 농업생명학연구원)

영상분석을 통한 작물의 특성조사 소프트웨어 개발을 위한 계획지시서

개발된 소프트웨어의 기능 상세서 작성

- 기능 구현에 따른 기능 명세서 작성(3차) 및 기능 관련서 작성
- 개발된 소프트웨어의 기능 상세서 작성

기능 상세서 작성 및 검토

구분	내용
회의 개요	정당생산기술개발사업 과제 진도점검 회의 결과
주요 회의 결과	정당생산기술개발사업 과제 진도점검 회의 결과
향후 계획	정당생산기술개발사업 과제 진도점검 회의 결과

영상분석을 통한 작물의 특성조사 기술개발

1. 영상분석을 통한 작물의 특성조사 기술개발

- 작물 이미지의 영상 분석 및 ROI를 얻어 추출 기술 개발 계획 수립
- 작물영상의 Template Matching을 이용한 잎 모양, 잎 끝, 잎가자리 모양 추출 기술
- Image Enhancement(Linear) 및 color segmentation, 표준 ROI를 얻어차라를 이용한 잎 표면의 결구, 육체 추출 기술
- 결구 및 육체 추출 후, 추출된 잎의 형태, 크기, 길이, 넓이, 두께를 추출 기술
- 표준 ROI를 얻어 차라를 추출 기술
- 표준 ROI를 얻어 차라를 추출 기술

영상분석을 통한 작물 특성조사 분석 기술 개발

1. 회의 내용

- 영상분석을 통한 작물 특성조사 분석 프로그램 개발 구성
- 작물 특성조사 프로그램은 ImageJ의 특장점을 최대한 활용하여, 간단한 메뉴구조를 통해 영상기반 작물 특성 분석 결과를 얻을 수 있도록 개발 진행 중

[그림] 작물 특성조사 소프트웨어 개발 협의

[표] ImageJ 소프트웨어 문제점 발굴 및 개선사항 도출결과

절차	현 기술 상황	문제점 발굴 및 사용자 요구사항 수렴
영상분석 프로그램 실행	<ul style="list-style-type: none"> • 프로그램이 영어로 운영 • 재료 지정, 인식이 모두 수동 작업 • 재료 배열 각도에 따라 데이터 왜곡 발생 • Scale 매번 지정, 지정 시 오차발생우려 • 배경막, 재료에 따라 노이즈발생 • 모양, 형태 분석 불가 	<p style="text-align: center;"><계측조사 형질></p> <ul style="list-style-type: none"> • Scale, Marker 자동 인식 및 조정기능 • 동시에 전체 개체를 인식하고 개체별회전, 이동 등 기능 • 물체의 배열 각도에 상관없이 최장의 길이, 폭, 너비 측정 기능 • 상기 조사결과를 토대로 장폭비율이자동 산정 가능 • 참깨, 볏씨 등의 개수 자동 측정 가능 • 시스템 상에서 사진에 색칠, 색상보정, 회전, 용량 축소, copy & paste 등 기능 • 3D 촬영데이터를 활용 회전 등을 통해 측정 가능 • 엽병길이, 엽신길이등 조사부위영역을 특정하여 계측가능 • 여러 형질을 한 번에 조사할 수 있도록 조사형질 선택창 기능
	<ul style="list-style-type: none"> • 칼라 인식 불가 • 장폭비율이 높은데, 자동 산정 불가 • 배경색, 재료 색에 따라 형상 따는데 애로 	<p style="text-align: center;"><형태조사 형질></p> <ul style="list-style-type: none"> • 잎·과실·구근 등의 모양·형태를 TG 또는 사진에 제시된 계급으로 자동 표시 • 식물 생장습성(직립형, 개장형등), 패턴을 TG에 제시된 계급으로 자동 표시 • 잎 무늬 형태, 2차색무늬 형태, 용기 정도, 모용특성 등을 자동 인식하는 기능 • 현장에서 모바일 앱을 통해 실시간으로 촬영 후 결과 도출(경남)
	<ul style="list-style-type: none"> • 프로그램 창이 많고 고정되어 불편(제주) • Threshold color 색조정시변환 반응 느림 • 조사부위(엽병, 엽신) 계측영역지정 불가 	<p style="text-align: center;"><색조사 형질></p> <ul style="list-style-type: none"> • RHS칼라차트(1,000여개)와 연계하여 특정 부위·부분을 설정하면 자동 RHS 차트 번호 매칭 • RHS칼라차트그룹(자주색 계열 등 50여개)으로 자동 매칭 • TG에서 제시된 다양한 색조사 지동으로 RHS값으로 표시 • 표준품종을활용 색의 강도(약, 중, 강)를 자동 산정
		<p style="text-align: center;"><기타 편집 기능></p> <ul style="list-style-type: none"> • 텍스트 입력, 화소조정, 사이즈 조정(자르기), 색보정, 회전(좌우/상하, 부분), 피사체 오려내기, 바탕색 입히기 등 • 2개 작물에 대한 전체 형질을 영상분석화할 수 있는 프로그램으로 응용 • 질적, 양적, 유사질적형질 모두를 영상분석화작업 가능하도록 개발

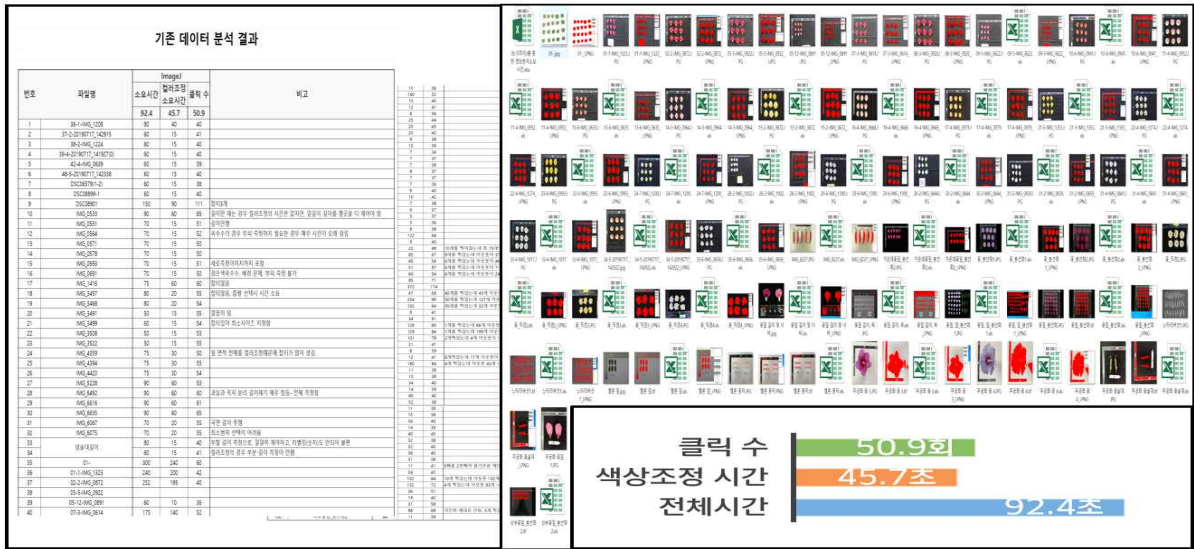
[표] 사용자 의견 수렴 결과

기능	세부 협의 내용
표준 scale 조정	• 사진이 달라질 때마다 조정해야 하는 것을 자동으로 표준 샘플을 인식하여 조정하게 함(동전, 카드 등)
시료의 정배열	• ImageJ에서 시료의 배열 방향에 따라 분석 결과가 달라짐 • 신규 프로그램에서는 시료의 배열 방향에 상관없이 분석 가능하게 개발 • 시료별로 하나씩 정방향으로 배열하는 기능이 포함될 예정
color threshold (피사체 구분)	• Color Threshold 조정을 위한 색조, 채도, 명도 조절시 반응이 느리고 조작 항목이 너무 많음 • 프로그램 개발시 피사체 구분작업을 자동화할 수 있게 개발
앞 길이 측정	• 앞의 엽신과 엽병으로 구분하여 측정할 수 있도록 기준점을 설정하여 개발
다수 시료의 분석	• 영상 분석시 시료의 순번을 사진에 표시하여 결과값이 어느 피사체의 수치인지 알수 있도록 기능 개발
개수 측정기능 추가	• 종자 수를 측정할 수 있는 기능 개발
결과값의 출력	• 결과값을 엑셀파일로 저장할 수 있도록 개발
측정값의 범위 설정	• 분석시 나타나는 노이즈를 제거하기 위해 측정값의 범위를 지정할 필요가 있음 • 피사체 구분시 노이즈가 없도록 개발

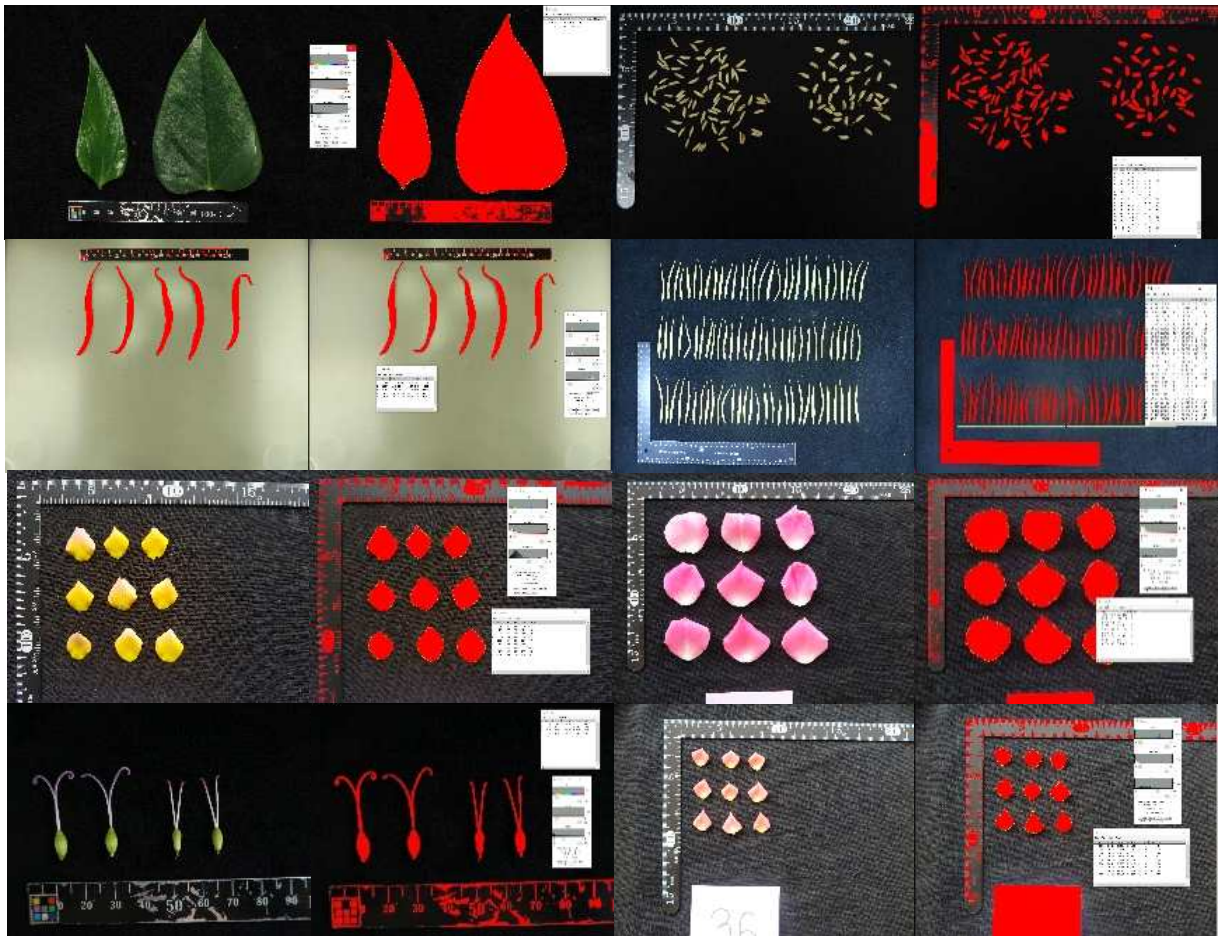
[표] 개선사항 도출 및 사용자 요구사항 세부내용 협의 결과

절차	현 기술 상황	문제점 발굴 및 사용자 요구사항 수렴
시료·촬영 준비	<ul style="list-style-type: none"> •현장에서 시료 채취 후 특성조사 실시 •사진 촬영 필요 시 식물체 채취, 실내로 이동 	<ul style="list-style-type: none"> •현장에서 촬영 가능한 이동식 소형 촬영 세트 제작 (가볍고, 이동식, 높낮이, 넓이 자동 조절 가능) •실내 표준촬영세트 제작(색, 특수 형질 활용 가능)
시료 배열	<ul style="list-style-type: none"> •배경막(검정, 흰색)을 활용시 표면 오염문제 •Scale(자 등)을 배경막 위에 올려 놓고 배열하지만 사과 등 두께가 있는 물체 촬영 시 Scale과 오차 발생 •기준지 활용 시 표준 Scale이 없어 영상분석시 애로 •시료 굴곡 퍼는 것과 고정하는데 애로 •재료 사이즈가 큰 것은 시료 배열에 문제 	<ul style="list-style-type: none"> •기존 배경막을 대체할 수 있는 1회용 및 재사용이 가능하고 오염이 적은 배경막 선정(경남) •배경막위에 Scale 배치 시 높낮이를 조절보정할 수 있는 방법 강구 •알려진 마커사이즈(동전, 식물체등)의 자동인식 필요 •굴곡을 쉽고 빠르게 펴 수 있는 방법 강구 •재료 사이즈가 큰 것도 배열할 수 있는 배경막과 촬영 기술세트 강구(동부) - 프로그램상에서 보정할 수 있는 기능 개발(서부)
사진촬영 (표준환경, 현장)	<ul style="list-style-type: none"> •디지털 카메라 주로 사용, 스마트폰도 일부 사용 •촬영 시 광 조건 등에 따라 채도, 명암 등이 차이 •현장 촬영에 따라 찍은 사진의 기울어짐 발생 •촬영사진을 형상을 따서 3D로 구현 필요 •원근에 따른 촬영 데이터 왜곡 발생 	<ul style="list-style-type: none"> •스마트폰으로 찍은 사진도 쉽게 프로그램으로 연결 가능 •찍은 사진의 채도, 명암 등을 보정할 수 있는 기능 확보 •사진의 비수평, 기울어짐, 비틀림을 사각 보정할 수 있는 기능 •연속 사진촬영, 3D촬영 등을 통해 다양한 분석 기능을 가능 •연속 촬영을 통한 하나의 결과물 도출할 수 있도록 강구 - 개인 휴대폰이 아닌 별도 촬영장비 사용(보안문제 등)(동부)

- 작물 특성조사 소프트웨어 개발을 위해 국립종자원(품종보호과, 경남지원, 제주지원, 동부지원, 서부지원)에서 22개 작물에 대한 현장 데이터 수집 및 제공함. 이에 기존 작물 특성조사에서 사용한 ImageJ 소프트웨어를 이용하여 테스트 데이터 100장에 대해 분석 및 결과 도출 진행함



[그림] ImageJ 소프트웨어를 통한 작물 특성조사 분석 결과



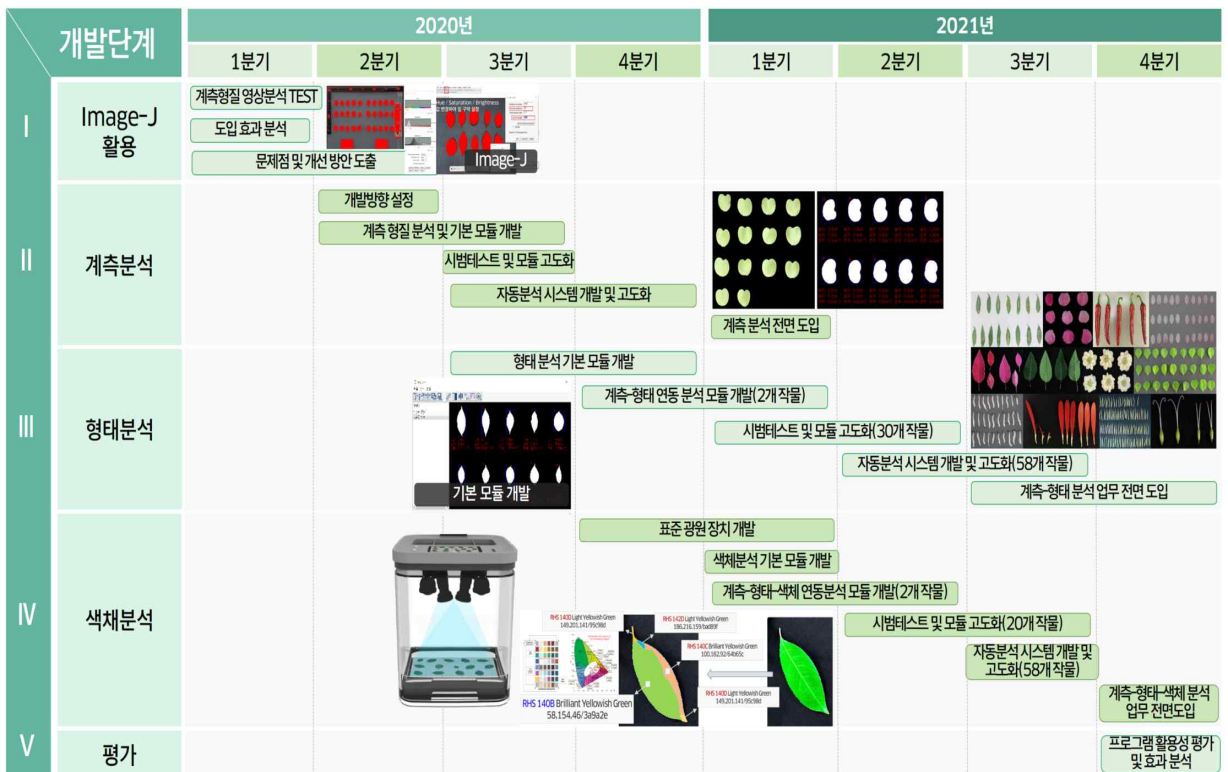
[그림] ImageJ 소프트웨어를 통한 작물 특성조사 분석 결과 예

- 전체 프로세스 중 색상조정(Threshold color) 분석에서 소요되는 시간이 길었으며, 시료와 배경색이 대비되고 반사 영역이 적을수록 특성조사가 잘되었지만, 좋은 결과를 획득하기 위해 제공되는 매개변수 및 방법 등을 적용해야 하는 애로사항이 존재함. 이에 편의성, 적합성, 정확성, 그리고 한계로 구분하여 문제점 도출함

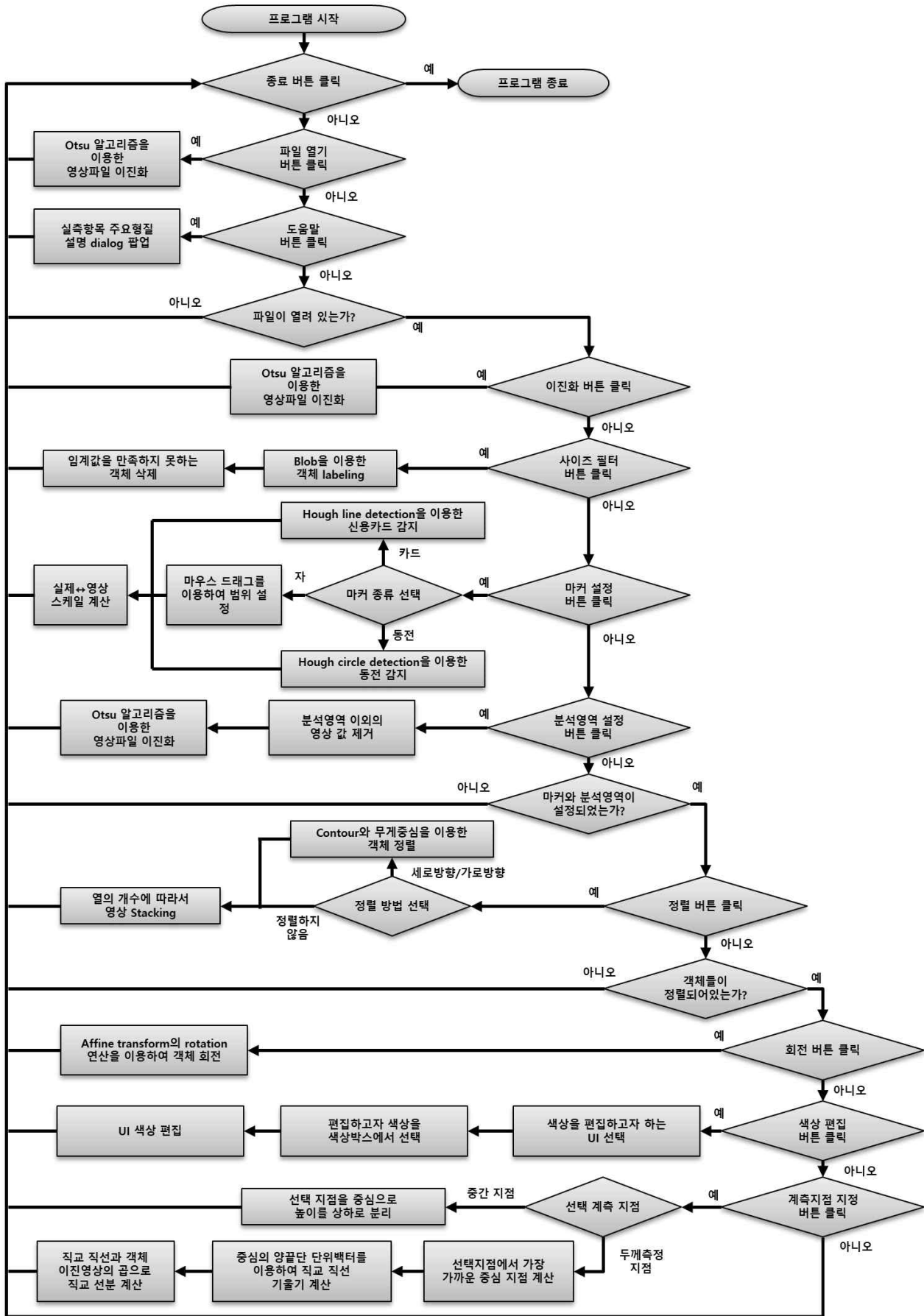


[그림] ImageJ 소프트웨어를 통한 작물 특성조사 활용 문제점

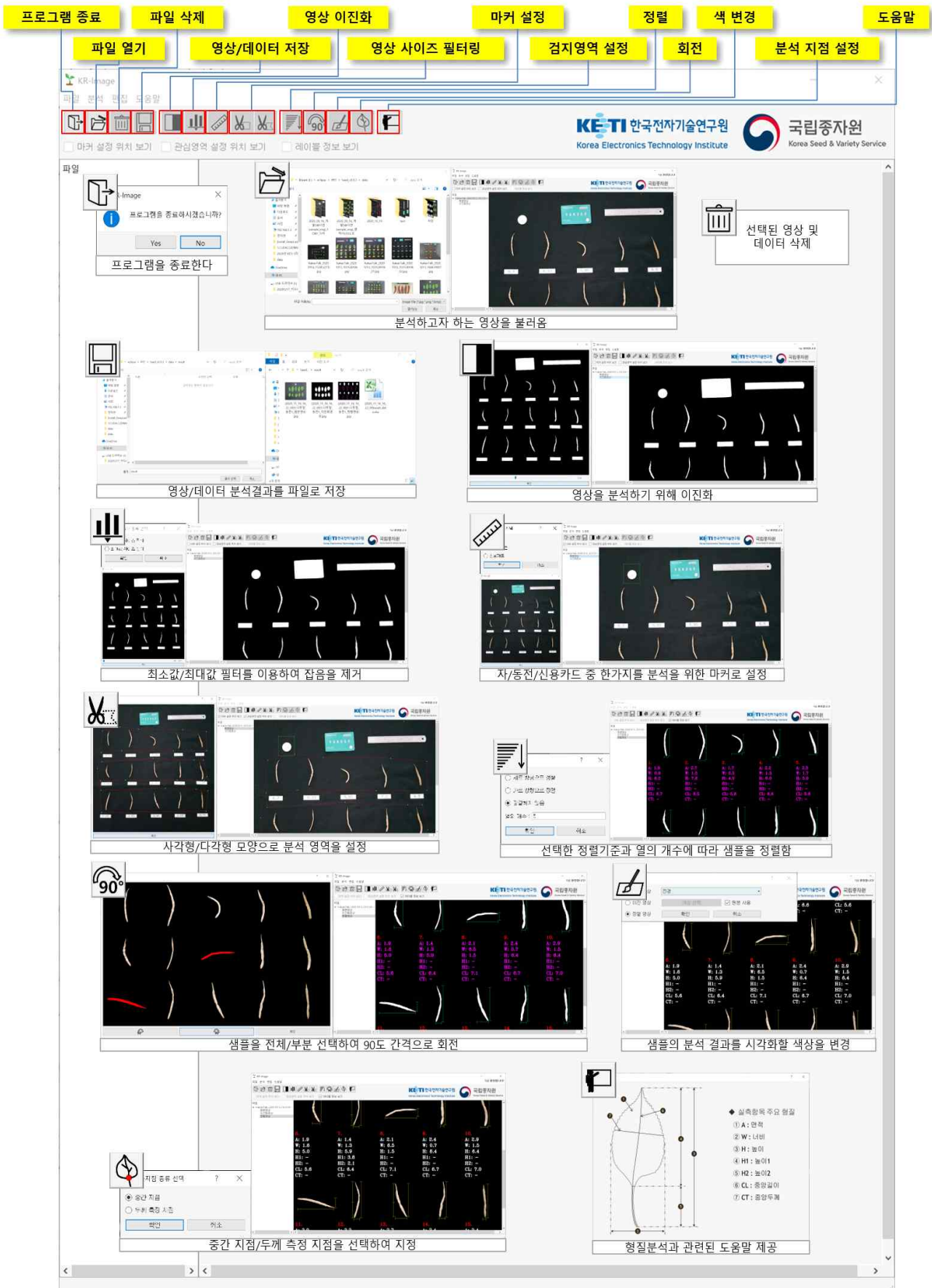
- ImageJ 소프트웨어를 이용한 작물 특성조사 활용 문제점 해결과 사용자 요구사항을 반영과 최대한 단순하고 클릭/기능 사용 횟수 최소화, 흰 작물의 중앙선 길이(곡률에 따른 길이) 측정, 지정 영역 이진화, 정렬 등과 같은 기능들을 적용하여 특화된 소프트웨어 개발을 진행함



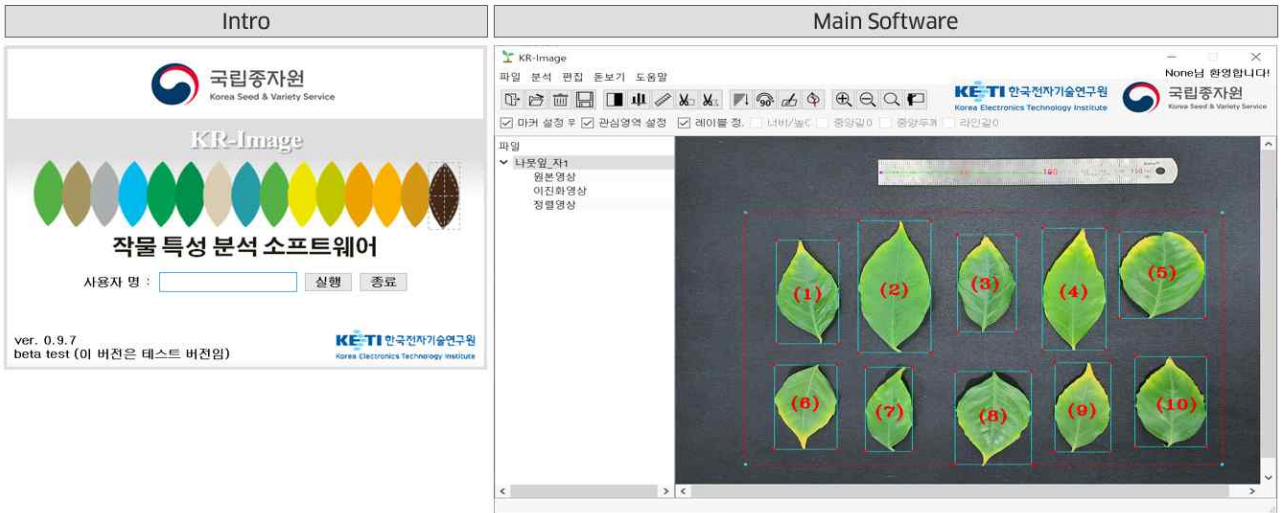
[그림] 작물 특성조사 기술개발 로드맵



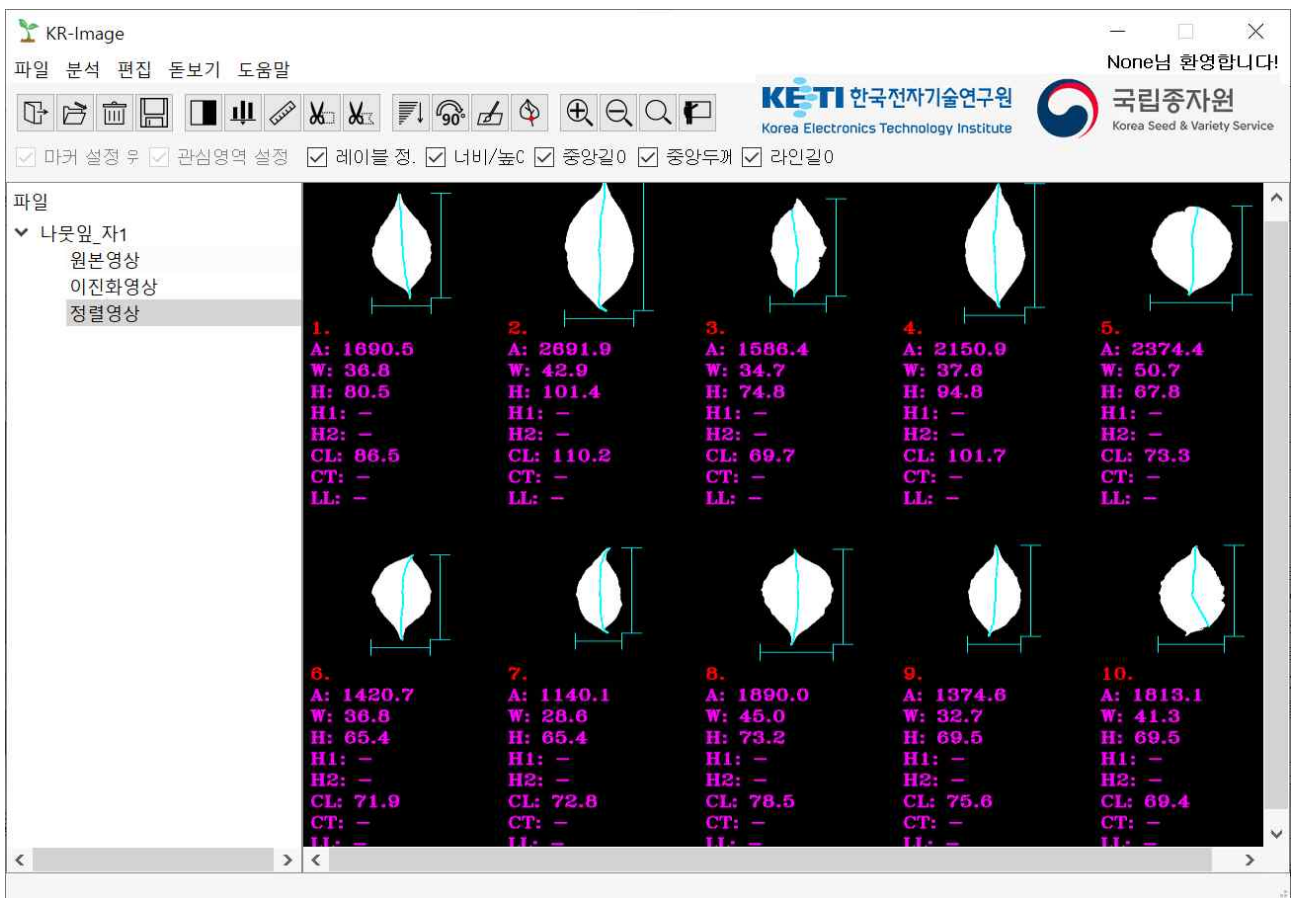
[그림] 작물 특성분석 소프트웨어 개발에 관한 세부 알고리즘 및 흐름도



[그림] 작물 특성분석 소프트웨어 개발에 관한 전체 기능 구성도



[그림] 작물 특성 분석 소프트웨어 모듈 및 UI



[그림] 작물 특성 분석 소프트웨어를 이용하여 계측 분석 결과 예

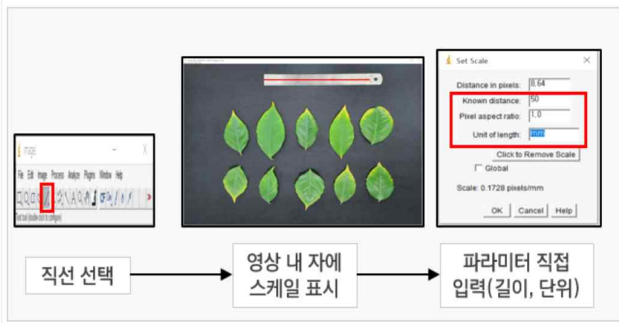
○ 개발한 작물 특성분석 조사 소프트웨어(KR-Image)와 ImageJ 소프트웨어에 비교분석을 수행하여 사용자 요구사항 세부내용에 적합도 평가를 진행함

- Scale 설정으로 인한 객관적인 결과를 획득하기 위하여 수동 설정을 단순화하고 세 가지 옵션으로 제공하여 사용성 및 편의성 개선

ImageJ 소프트웨어

◆ Scale 설정 문제

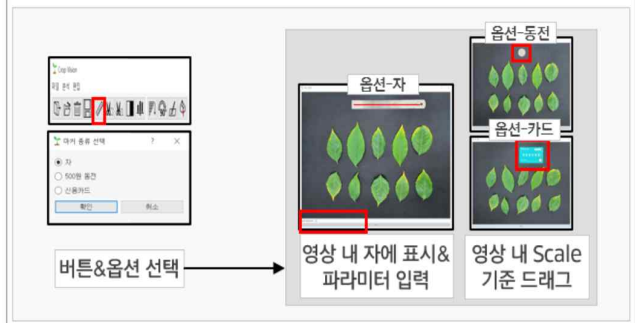
- Scale 설정을 수동으로 지정하기 때문에 매번 10초 이상 소요시간 발생(7회 클릭)
- 작업자가 직접 스케일을 지정하므로 휴먼 에러에 따른 오차와, 영상에서 사용된 자의 길이에 따라 정확도 차이가 발생



KR-Image 소프트웨어

◆ 다양한 옵션과 Scale 단순화

- 세 가지 옵션 제공(자, 500원, 신용카드)
- 500원/신용카드 : 범위 지정으로 자동 설정(4회)
- 자 : 기존 ImageJ와 동일(5회 클릭)
- 향후, 촬영용지 제작 시 별도 조작 없이 자동 완료

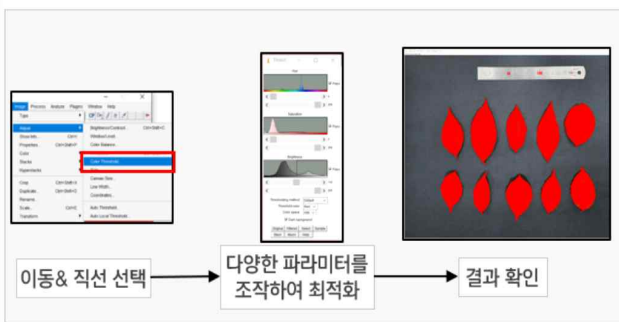


- ImageJ 소프트웨어에서 가장 시간 소요가 큰 색상조정(Threshold color) 기능을 자동 이진화 & 필터 활용으로 편리성 극대화, 사용자가 원하는 영역에 대해 이진화를 적용할 수 있어 영상 내 노이즈 제거 및 손쉽게 이진화 가능

ImageJ 소프트웨어

◆ Threshold color

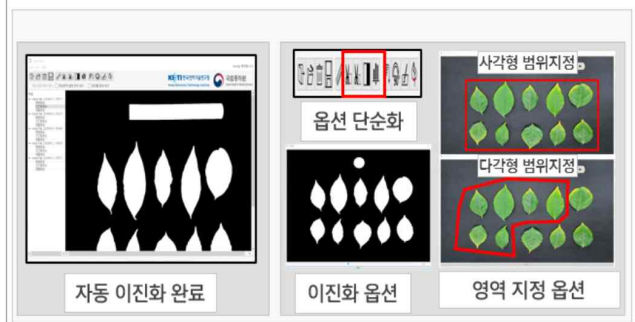
- 평균적으로 이 단계에서 가장 많은 시간이 소요됨
- 영상 전체에 대한 색상을 조정하므로, 촬영 시 배경과 시료 외의 노이즈에 민감함
- Threshold color에 사용되는 파라미터 수가 많고 복잡함



KR-Image 소프트웨어

◆ 자동 이진화&필터 활용으로 편리성 확대

- 영상을 불러오면 자동으로 이진화 영상 제공
- 영역 지정 옵션으로 원하는 범위만 이진화 가능(사각형, 다각형 범위 설정 가능)
- 노이즈 발생 시 이진화/최대/최소 필터를 활용하여 손쉽게 이진화



- 소프트웨어 내 하나의 창에서 여러 이미지를 편집하고 작물 특성분석 시 각 진행 단계의 중간 결과물도 저장 가능

ImageJ 소프트웨어

- ◆ 프로그램이 영어로 동작함
- ◆ 프로그램 창이 많고 이미지마다 크기가 다 다름
- ◆ 결과 이미지와 csv 파일을 각각 저장하고, 파일명도 Results로 동일하여, 매번 변경이 필요함




이미지 크기에 따라 창 크기가 다름

Results.csv

KR-Image 소프트웨어

- ◆ 프로그램 전체 한글 적용
- ◆ 동일한 창에 같은 이미지 크기로 출력됨
- ◆ 결과물은 [원본, 이진화, 정렬] 영상, 엑셀파일로 저장되며, 영상은 기존 파일명 [영상상태], 데이터는 result_data.xlsx로 작업한 데이터 모두 저장



기본 프로그램창에 리스트로 데이터 확인 가능

결과 저장

- 체크박스 옵션 제공으로 사용자가 손쉽게 측정 결과를 확인할 수 있고, 과실의 경우 꼭지/과실을 분리하여 측정하는 업무에 대해 중간점 길이 측정기능을 신규 도입함

ImageJ 소프트웨어

- ◆ 결과 이미지에 측정 결과가 표시되지 않아 이미지와 데이터를 하나씩 비교하여 확인하여야 함
- ◆ 분할 길이 측정이 매우 어렵고 시간소요가 큼
 - 꼭지/과실(고추 등)을 분리하여 측정 시 긴 시간 소요



이미지상 라벨과 번호를 확인하여야 함

직선으로 측정위치를 각각 지정하여 측정

KR-Image 소프트웨어

- ◆ 레이블 정보 보기 체크박스 옵션으로 손쉽게 결과 이미지에서 측정 결과 확인 가능함
- ◆ 분할 길이 측정 옵션으로 쉽게 측정이 가능함

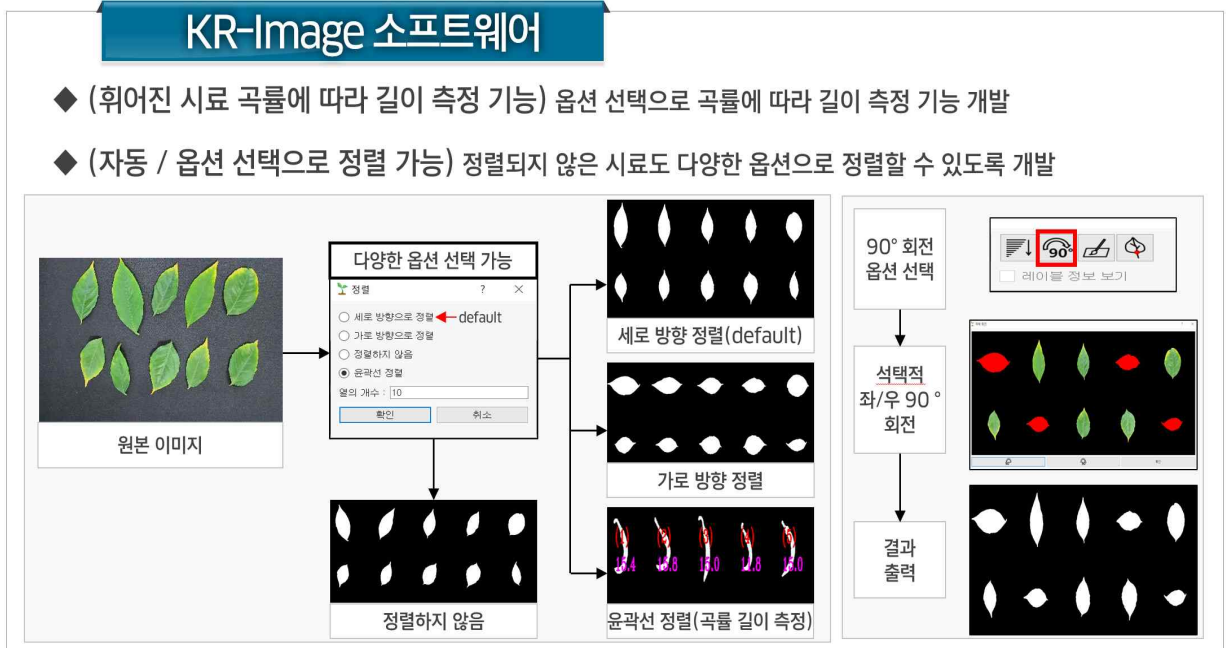


중간점 지점옵션 선택 & 중간점 마우스 선택

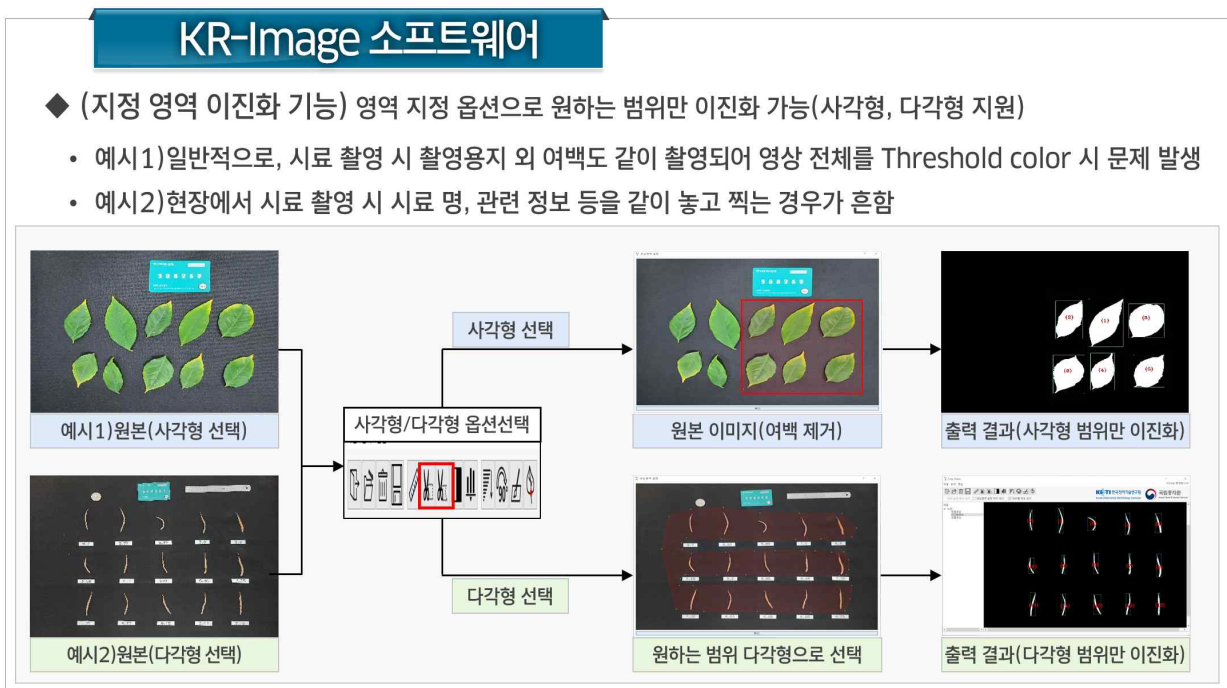
중간점 기준 상하 길이 출력

옵션선택에 따라 결과 확인

- 사용자 요구사항 내용 중 ImageJ 소프트웨어를 이용하여 작물 계측 시 측정 불가능한 증양선 길이(곡률에 따라 길이 측정) 측정기능 도입과 시료 사진 촬영 시 수작업으로 정렬해야 하는 문제에 대해 자동 정렬 옵션 기능(가로, 세로, 윤곽선 정렬, 정렬하지 않음) 도입

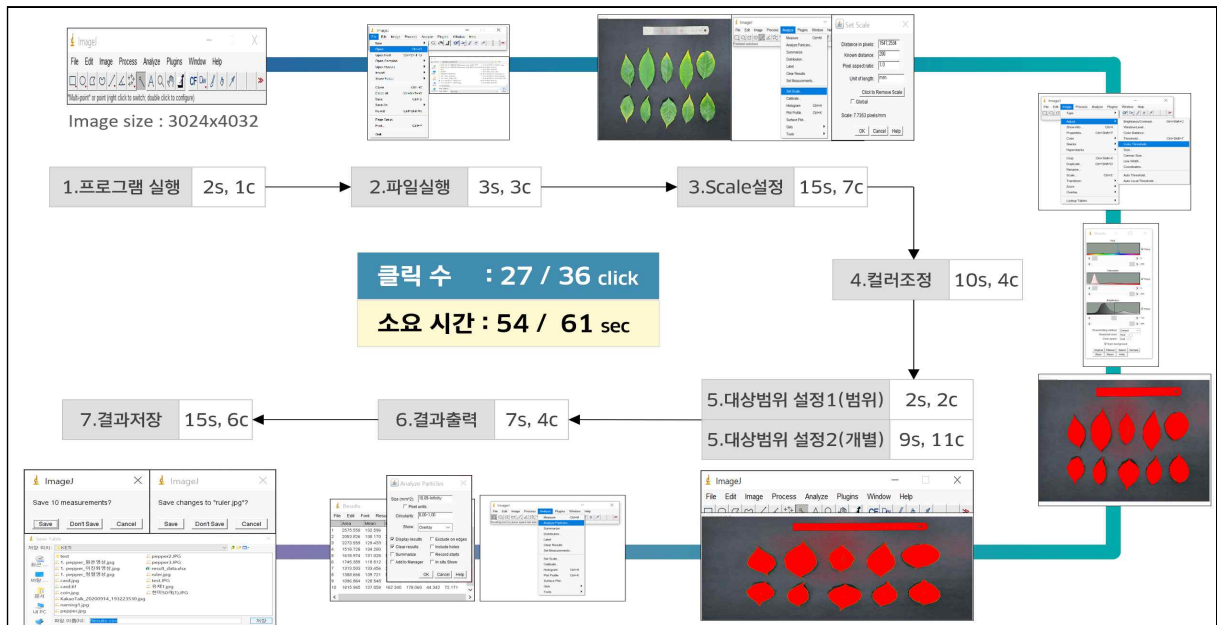


- 작물은 다양한 생육환경에 따라 시료의 모양, 크기, 형태가 다르고 촬영 현장 상황에 따라 취득한 영상은 다양한 상태를 나타냄. 또한, 카메라로 시료를 촬영할 시 시료 외 여백도 같이 촬영되어 이진화 단계에서 많은 시간이 소요됨을 해결하고자, 시료의 영역만 지정할 수 있도록 개발함



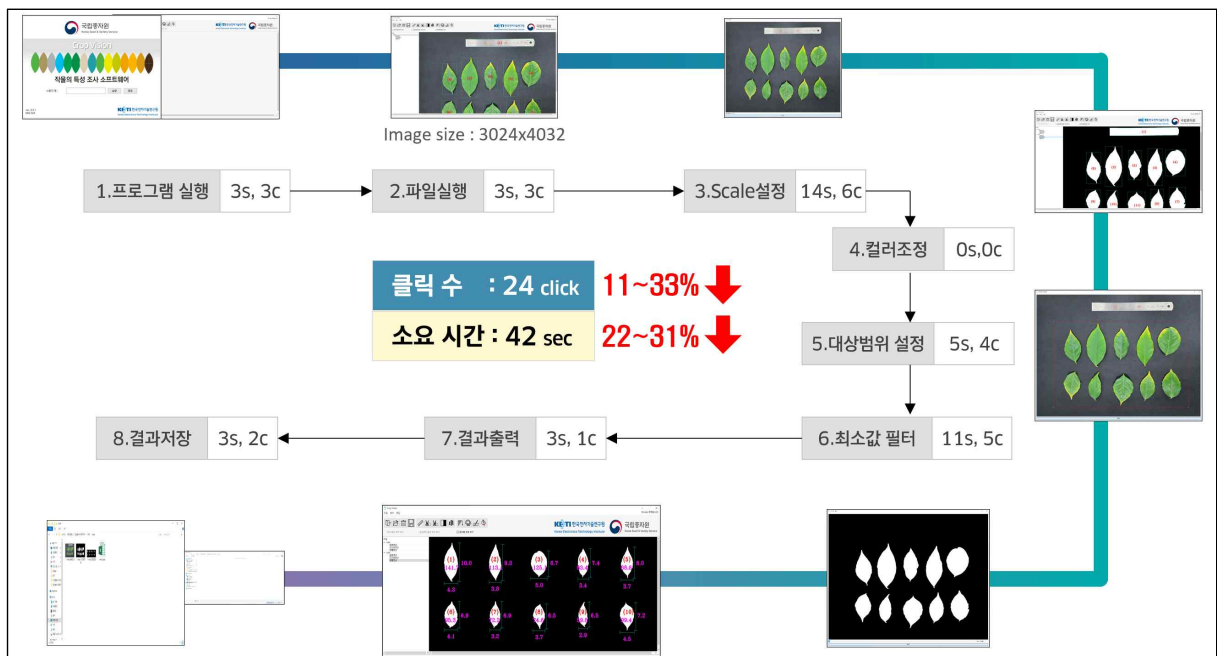
○ 개발한 작물 특성분석 조사 소프트웨어와 ImageJ 소프트웨어에 대한 대표 시료(잎)의 분석 절차 및 소요시간 비교 진행

- 작물 특성분석에 일반적으로 사용되는 시료인 잎으로 분석한 결과 ImageJ 소프트웨어는 Scale 설정에 많은 시간이 소요되며, 시료가 정렬되어 있지 않거나 시료 주변에 이물질이 포함될 경우 시료 범위 설정의 어려움이 존재함



[그림] ImageJ 소프트웨어를 이용한 대표 시료 분석 절차 및 소요시간

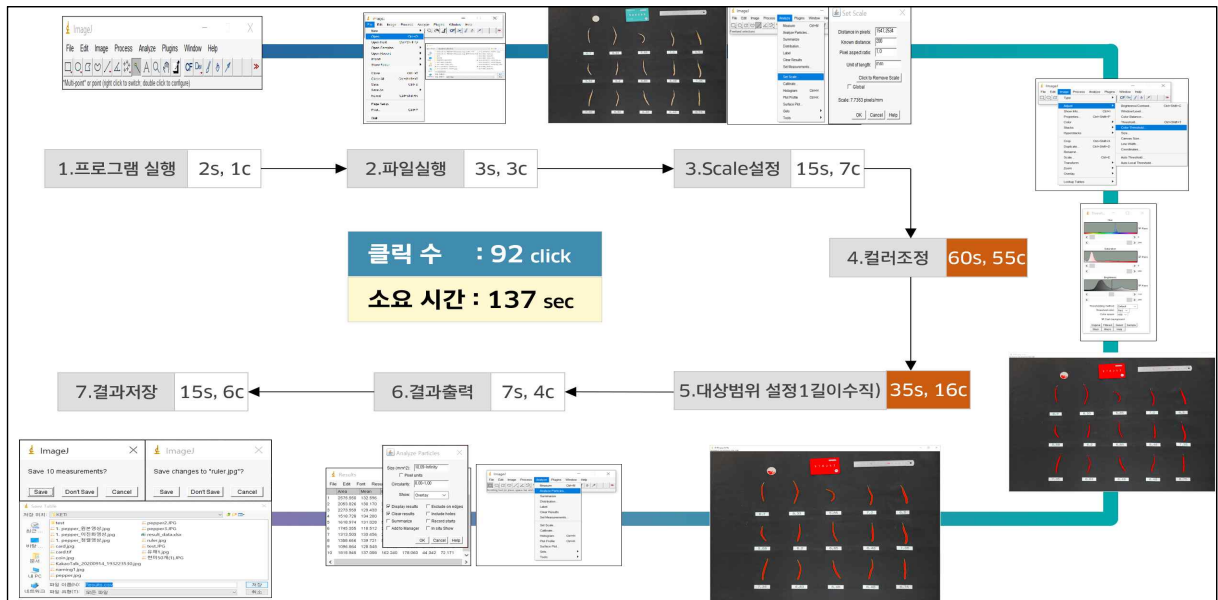
- 개발한 작물 특성분석 조사 소프트웨어(KR-Image)는 분석 소요시간, 마우스 클릭 수 감소로 인한 편리성, Scale 설정에 대한 동전·자·신용카드 등 제공으로 분석 시간 감소



[그림] 개발한 작물 특성분석 소프트웨어를 이용한 대표 시료 분석 절차 및 소요시간

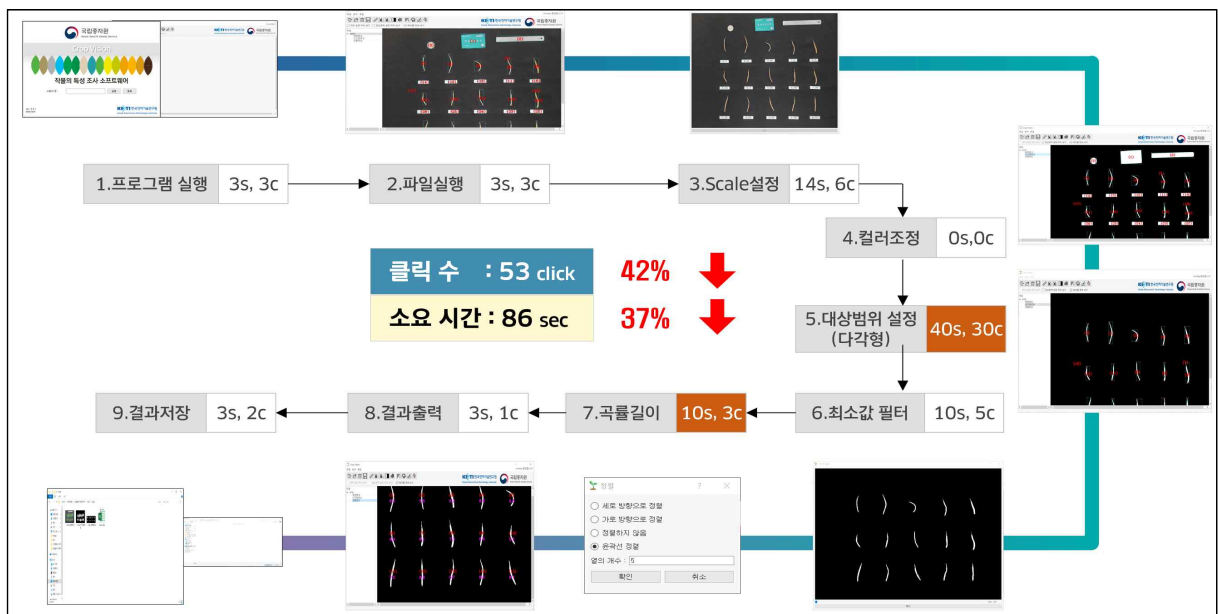
○ 작물 종류 중 휘어진 시료(유채 씨)에 대해 개발한 작물 특성분석 조사 소프트웨어와 ImageJ 소프트웨어에 대한 분석 절차 및 소요시간 비교 진행

- 영상 내 시료 외 동전, 카드, 자, 라벨지 등과 같은 다양한 정보를 포함하여 색상조정에 많은 시간을 소요되고 시료를 개별적으로 지정해야 하는 단점이 존재함. 또한, 유채씨는 휘어진 시료로 중앙선 길이를 측정해야 하는데 ImageJ 소프트웨어에서는 수직 길이 측정만 제공하는 단점이 존재함



[그림] ImageJ 소프트웨어를 이용한 유채 씨 시료 분석 절차 및 소요시간

- 개발한 작물 특성분석 조사 소프트웨어(KR-Image)는 휘어진 시료의 중앙선 길이 측정이 가능하고, 대상 범위 설정도 다각형 지정이 가능하여 분석 시간을 감소 이점 존재

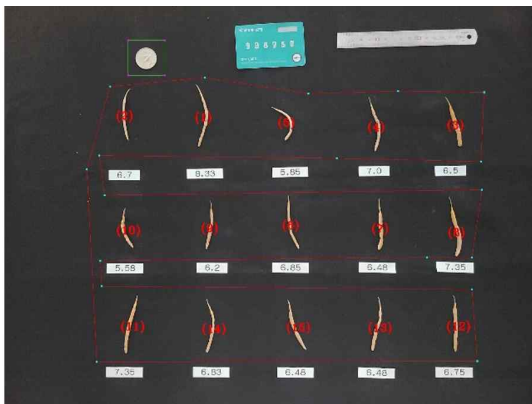


[그림] 개발한 작물 특성분석 소프트웨어를 이용한 유채 씨 시료 분석 절차 및 소요시간

- 개발한 작물 특성분석 조사 소프트웨어에 대하여 중앙선 길이(곡률에 따른 길이), 시료 촬영 영상의 해상도에 따른 소요시간 및 정확도, 그리고 실측값과 ImageJ 소프트웨어, 개발한 소프트웨어 간 정확도에 대해 3가지 측면의 정확도 분석 평가 수행
 - 중앙선 길이 측정 정확도를 평가하기 위해 4인이 측정한 값(휴먼 에러의 오차 최소화)을 평균하여 실측값 평균으로 정의한 결과와 비교하여 오차 계산
 - 비교결과 개발한 소프트웨어와 실측값 간의 오차는 평균 0.7mm, 최대 3.8mm로 휴먼 에러를 고려 시 매우 정확하다고 판단할 수 있음

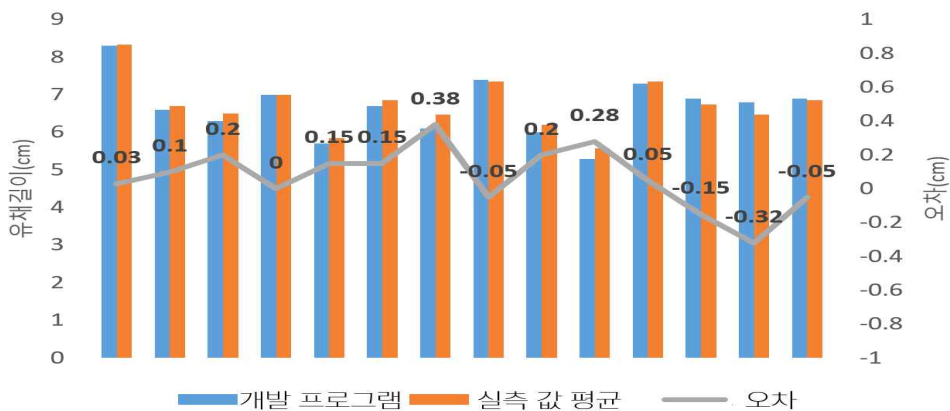


[그림] 유채 씨 시료에 대해 4인 실측 계산 사진



구분	개발프로그램	사람 측정				실측값 평균	오차
		A	B	C	D		
1	8.3	8.5	8.4	8.2	8.2	8.33	0.03
2	6.6	6.7	6.7	6.8	6.6	6.7	0.1
3	6.3	6.5	6.4	6.7	6.4	6.5	0.2
4	7	7.1	7	7	6.9	7	0
5	5.7	6	5.8	5.9	5.7	5.85	0.15
6	6.7	6.7	6.9	6.9	6.9	6.85	0.15
7	6.1	6.5	6.7	6.4	6.3	6.48	0.38
8	7.4	7.2	7.3	7.6	7.3	7.35	-0.05
9	6	6.2	6.2	6.2	6.2	6.2	0.2
10	5.3	5.5	5.5	5.6	5.7	5.58	0.28
11	7.3	7.2	7.3	7.6	7.3	7.35	0.05
12	6.9	6.8	6.6	6.8	6.8	6.75	-0.15
13	6.8	6.5	6.5	6.5	6.4	6.48	-0.32
14	6.9	7	6.7	6.7	6.9	6.85	-0.05
평균	6.66	6.74	6.71	6.78	6.69	6.73	0.07

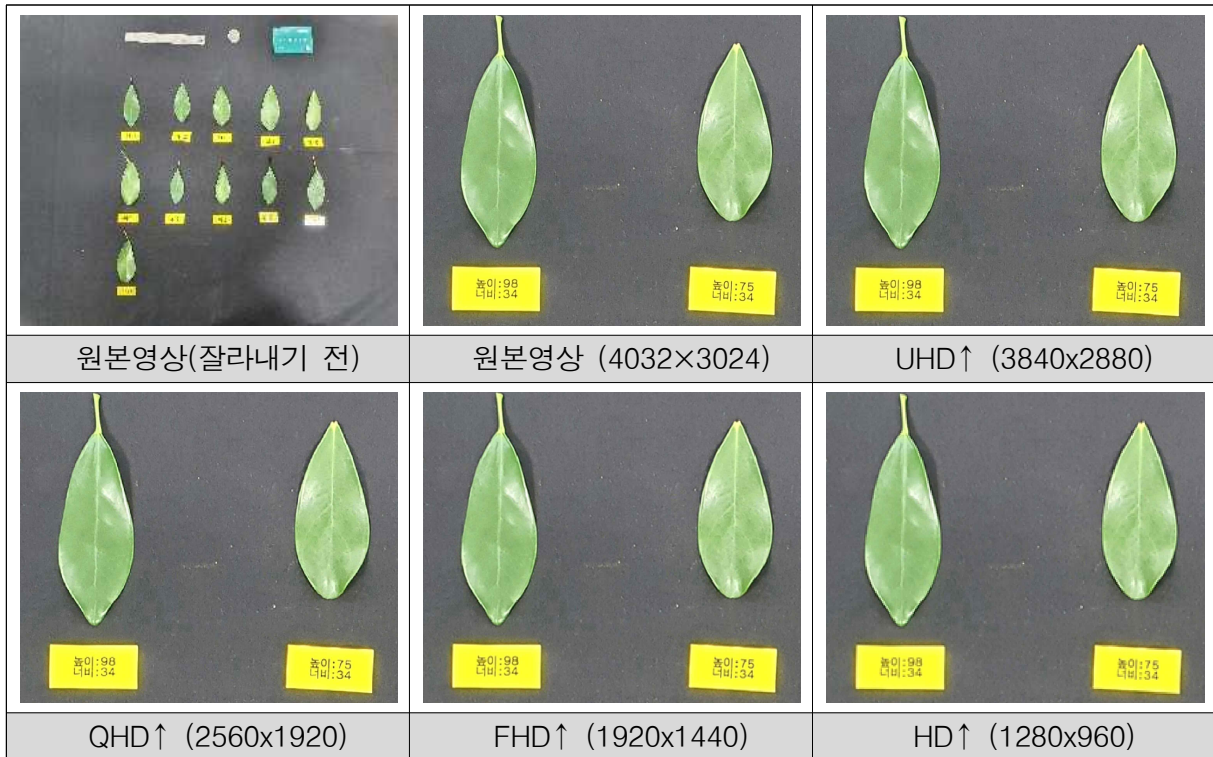
[그림] 각 시료의 실측값과 개발한 소프트웨어 측정 결과 비교



[그림] 실측값과 개발한 소프트웨어 측정 결과 오차 비교

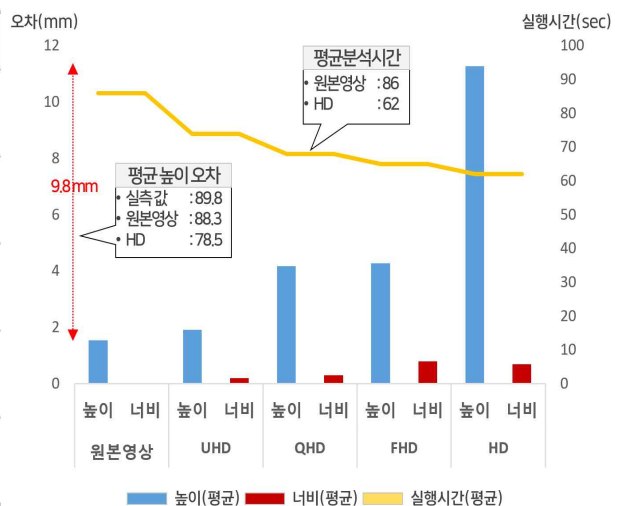
○ 시료를 촬영하기 위해 사용하는 카메라/핸드폰의 해상도에 따라 영상분석에 소요되는 시간과 정확도의 차이가 발생할 수 있기에 시료 촬영 영상 해상도에 따른 소요시간 및 정확도 분석 수행

- 5가지 샘플 영상에 대해 비교 분석한 결과 영상의 너비가 높이보다 해상도 변경에 덜 민감하고 해상도가 낮아질수록 정확도 측면과 분석에 소요되는 시간은 감소함



[그림] 시료 촬영 영상 해상도에 따른 소요시간 및 정확도 분석에 사용된 영상데이터

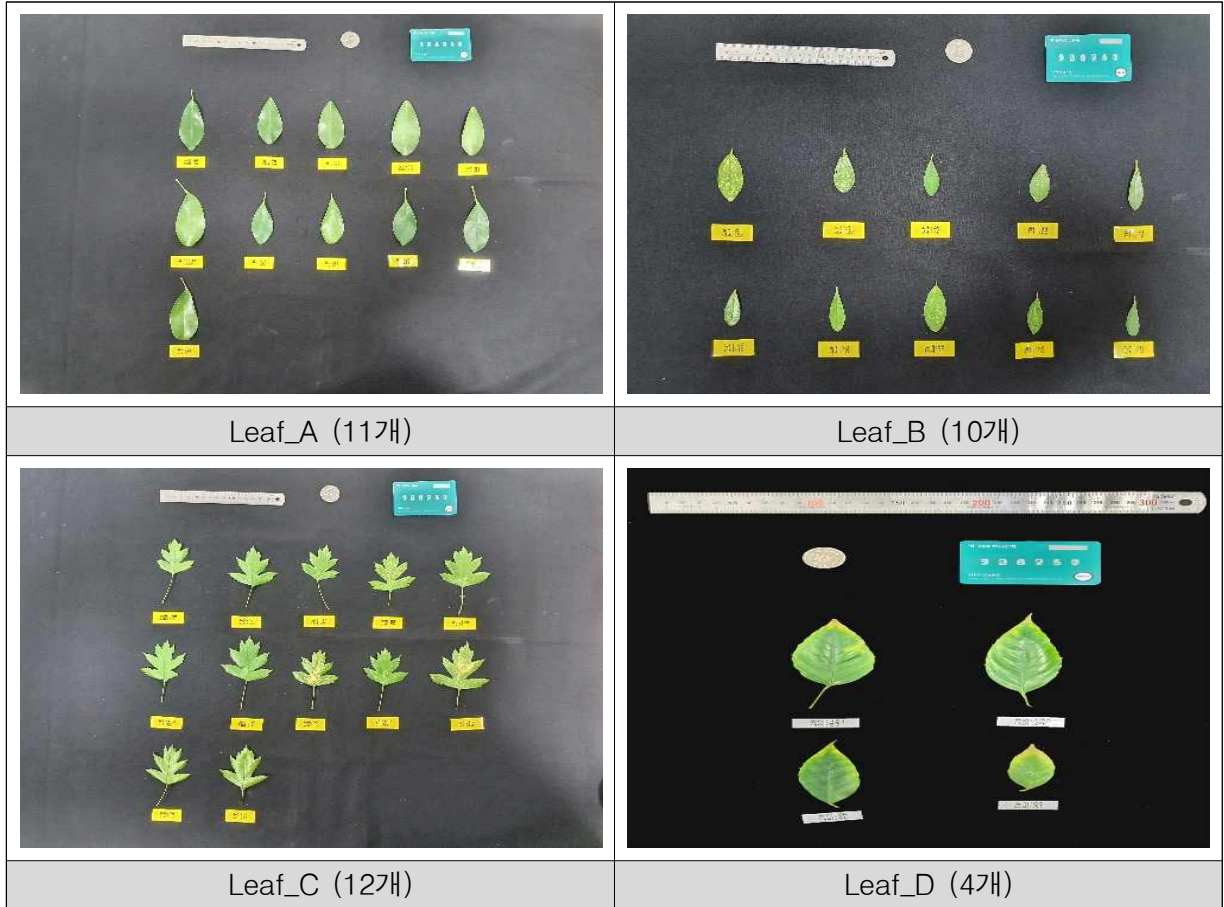
구분(해상도)	구분(평균)	실측 값	개발 프로그램	오차	분석시간(sec)
원본영상 (4032x3024)	높이	89.8	88.3	1.5	86
	너비	35.2	35.2	0.0	
UHD↑ (3840x2880)	높이	89.8	87.9	1.9	74
	너비	35.2	35.4	0.2	
QHD↑ (2560x1920)	높이	89.8	85.6	4.2	68
	너비	35.2	35.5	0.3	
FHD↑ (1920x1440)	높이	89.8	85.5	4.3	65
	너비	35.2	36.0	0.8	
HD↑ (1280x960)	높이	89.8	78.5	11.3	62
	너비	35.2	35.9	0.7	



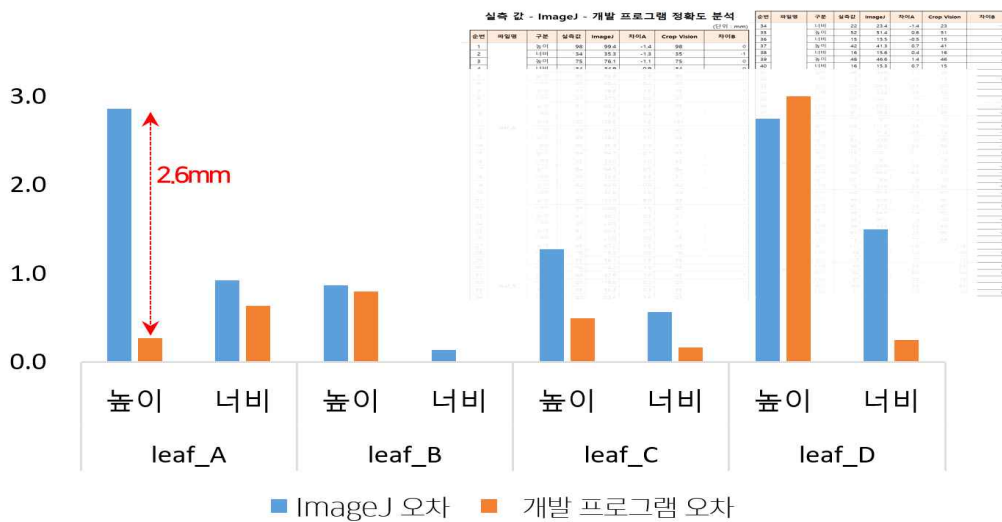
[그림] 시료 촬영 영상 해상도에 따른 정확도 및 분석 시간 경과 요약

○ 4가지 잎 종류의 38가지 샘플 데이터를 이용하여 실측값, ImageJ 소프트웨어, 그리고 개발한 소프트웨어 간의 잎의 높이와 너비 측정의 정확도 비교분석 수행

- 비교분석 결과 전반적으로 개발한 프로그램의 정확도가 높으며, 특히 잎 엽병이 휘어진 잎에 대한 높이의 정확도가 매우 높은 것을 확인함

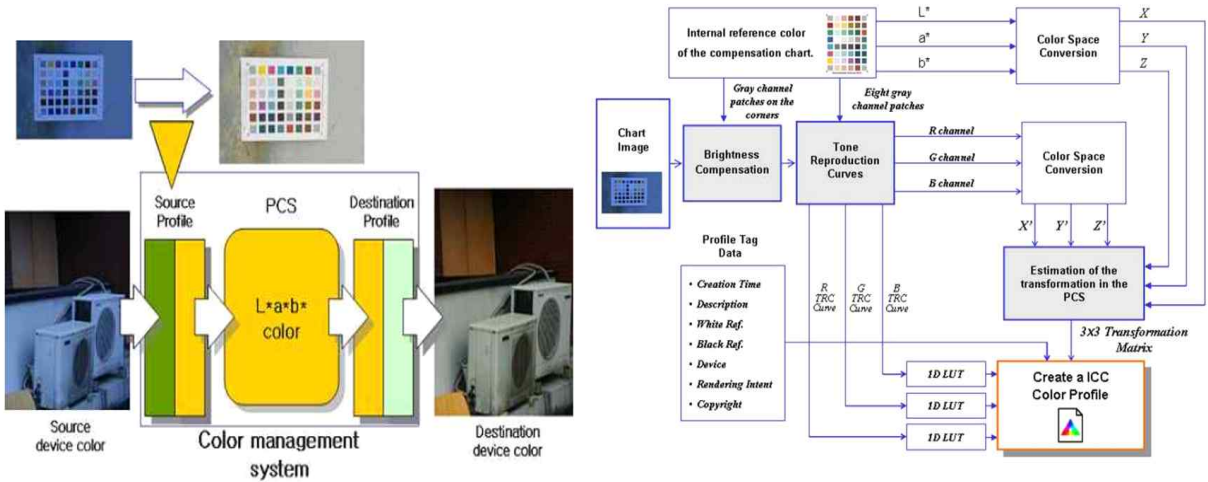


[그림] 정확도 측면 비교분석에 사용된 영상데이터



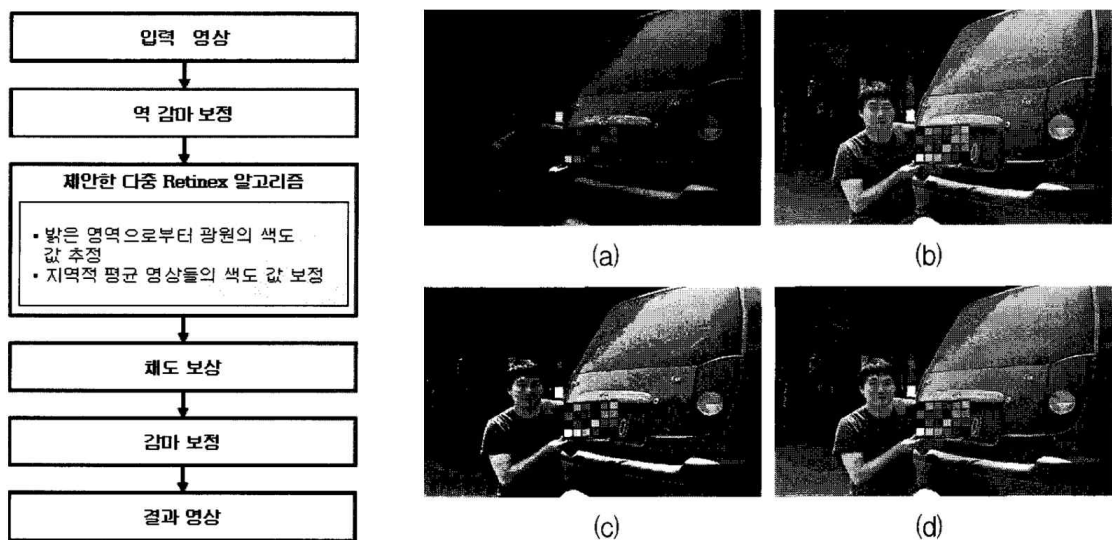
[그림] ImageJ 및 개발한 소프트웨어 정확도 비교분석 결과

- 비전 기술기반 방법은 광원에 따른 영상 내 명암, 작물의 색상, 형태, 크기 등을 고려하여 보정하기 때문에 본 연구에서는 비전 기술기반 작물 색상 추천 기술개발을 진행하기 위해 사전 조사 수행
- “장치 독립적 컬러공간에서 기준 컬러를 이용한 디지털 영상의 컬러 보정 알고리즘” 논문에서 제시한 방법은 색상 보정판 기준 색상 값과 영상으로부터 취득된 색상 변환 관계를 계산하여 프로파일 생성 및 보정 과정을 수행하는 방법을 제안함



[그림] 색상 보정판과 기준 색상 간 관계를 이용한 제안한 방법 및 구조

- “다중 Retinex 알고리즘에서 주색도 추정을 이용한 색상 왜곡 보정” 논문에서는 컬러 영상에서 채널별 지역적 평균 밝기 값 추정 시 단색의 채도가 높은 문체가 존재할 경우 색도에 영향이 나타나 색이 왜곡되는 문제가 존재함. 이를 해결하기 위해 다중 Retinex 알고리즘을 통해 밝은 영역으로부터 광원의 색도 값 추정과 지역적 평균 영상들의 색도 값 보정을 수행 후 채도 보상과 감마 보정 과정을 수행하는 방법 제안

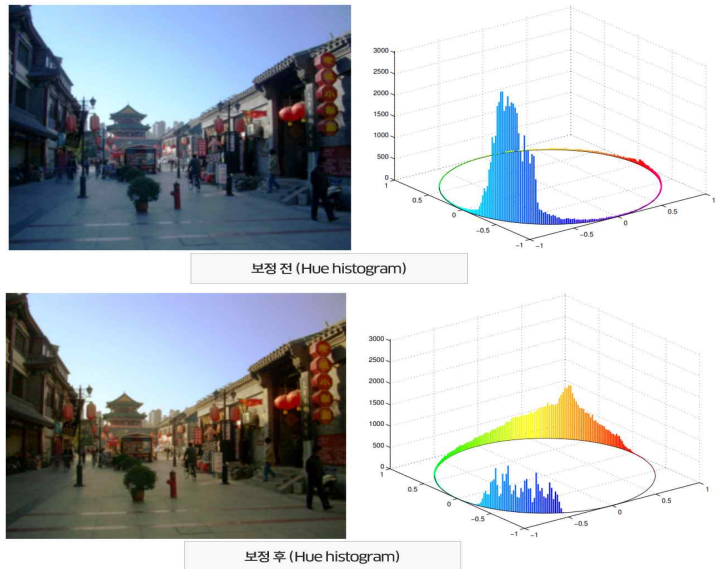


[그림] 다중 Retinex 알고리즘 기반 제안한 방법 및 구조

- “Gray world based color correction and intensity preservation for image enhancement” 논문에서는 카메라 촬영 환경의 영향으로 영상의 품질 저하 문제가 발생하여 색채를 정확하게 보정하는 것은 어려운 문제로 지적함. 문제를 해결하기 위해 감마 보정 기반 Gray world 알고리즘과 명암보존 방법을 적용하여 색상과 조도가 향상된 결과를 획득하는 접근 방식 제안

Algorithm 1 Gamma correction algorithm

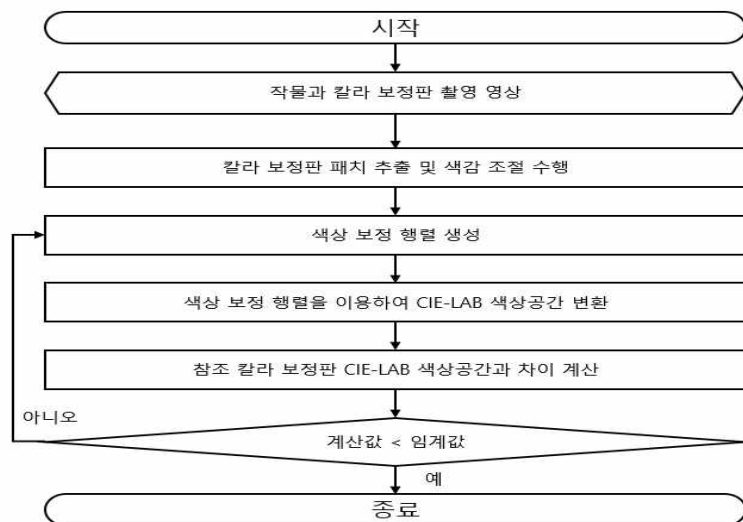
- 1: Given color image $\mathcal{I} = \{RGB\}$ of 3 color channels
- 2: Convert to HSI space and assign I as intensity
- 3: Calculate mean intensity \bar{I}
- 4: **for** each color channel, e.g., R channel, **do**
- 5: Assign initial γ_{min} , γ_{max} and γ_N
- 6: **repeat**
- 7: **for** each $\gamma_i \in [\gamma_{min}, \gamma_{max}]$, $i = 1, \dots, \gamma_N$ **do**
- 8: Find gamma corrected channel $R_i^* = R_i^{\gamma_i}$
- 9: **end for**
- 10: Calculate mean of gamma corrected image \bar{R}_i^*
- 11: Calculate absolute difference $\delta R_i = |\bar{R}_i^* - \bar{I}|$
- 12: Find $i^* = \operatorname{argmin}_i \{\delta R_i\}$
- 13: **if** $\delta R_{i^*} > \tau$ **then**
- 14: **if** $i^* = 1$ (smallest γ) **then**
- 15: $\gamma_{min} \leftarrow \gamma_1/2$ **else** $\gamma_{min} \leftarrow \gamma_{i^*-1}$
- 16: **end if**
- 17: **if** $i^* = \gamma_N$ (largest γ) **then**
- 18: $\gamma_{max} \leftarrow \gamma_N \times 2$ **else** $\gamma_{max} \leftarrow \gamma_{i^*+1}$
- 19: **end if**
- 20: **end if**
- 21: **until** $\delta R_{i^*} \leq \tau$
- 22: **end for**
- 23: **Return** gamma corrected image \mathcal{I}_{i^*}



[그림] Gray world 기반 색상보정과 명암보존 방법에 대하여 제안한 방법

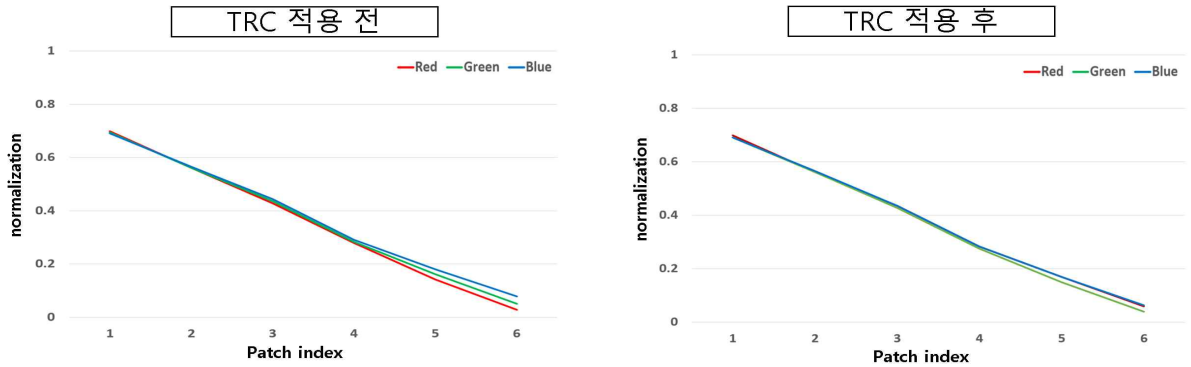
○ 본 연구에서는 작물 색상 추천 기술개발 중 영상 보정 시 표준광원장치 내 6500K 광원 환경하에 색상 보정판을 촬영한 영상과 기준 색상 값 간의 관계를 이용하여 보정하는 기술개발 진행

- 사용된 색상 보정판은 X-Rite사에서 판매하는 24색의 색상 보정판을 이용하여 아래 제시한 알고리즘을 통해 색상보정 행렬(color correction matrix)을 생성함



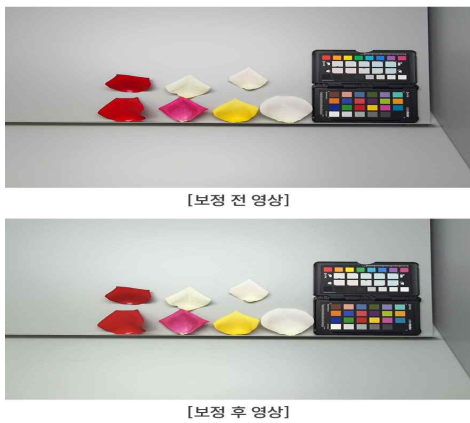
[그림] 영상 보정에 관한 세부 알고리즘 및 흐름도

- 촬영 영상 내 색상 보정판 내 24개의 색상 패치를 추출한 후, 6개의 회색 색상 패치에 대한 색감 조절(tone reproductive curve, TRC)을 수행하여 밝기 차이를 적절하게 재현 수행
- 재현 결과 표준광원장치 내 6500K 광원 환경하에 촬영한 영상일지라도 밝기의 차이가 존재하지만, 색감 조절 수행 시 오차의 차이가 줄어드는 것을 확인함



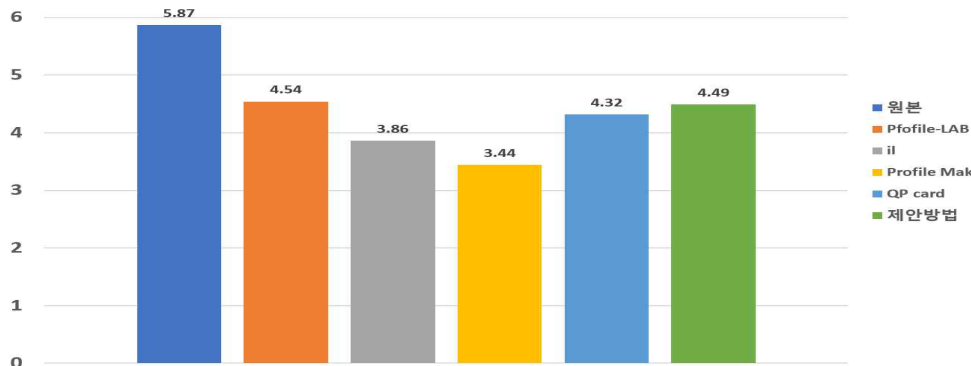
[그림] 추출한 6개의 회색 색상 패치에 대한 색감 조절 결과

- 영상 보정 알고리즘을 통해 획득한 색상보정 행렬을 이용하여 CIE-LAB 색상 공간 내 기준 색상 값과 보정한 색상 값에 대해 CIE2000 식을 통해 비교 시 ΔE 4.49의 오차를 확인 후 광원 6500K에 대한 기존 색상보정 방법들과 비교 시 큰 차이가 없는 것을 확인함



색상 패치 인덱스	기준 CIE-LAB 색상			보정 CIE-LAB 색상			CIE2000
	L	A	B	L	A	B	
1	37.986	13.555	14.059	33.7626	14.3292	16.1385	3.737515522
2	65.711	18.130	17.81	70.1032	15.7528	17.0538	3.809652405
3	49.927	-4.880	-21.925	47.2484	1.15999	-26.7718	5.479739023
4	43.139	-13.095	21.905	36.7628	-13.9905	22.3935	5.6341646
5	55.112	8.844	-25.399	54.3886	14.4934	-26.1751	4.054995288
6	70.719	-33.397	-0.199	70.9813	-28.2255	0.182731	2.234739632
7	62.661	36.067	57.096	60.9588	31.4334	53.1254	2.391591242
8	40.020	10.410	-45.964	35.9971	23.1576	-51.9621	7.10305888
9	51.124	48.239	16.248	48.9089	46.9706	19.5762	3.03033116
10	30.325	22.976	-21.587	26.0357	25.5912	-22.6657	3.480535232
11	72.532	-23.709	57.255	70.473	-27.3317	62.0085	2.28219003
12	71.941	19.363	67.857	67.2127	13.2858	60.5095	4.992887915
13	28.778	14.179	-50.297	26.6951	27.6832	-54.9197	7.135938141
14	55.261	-38.342	31.37	51.9604	-39.9711	38.5655	4.19926791
15	42.101	53.378	28.19	40.5889	49.5523	29.769	2.428189238
16	81.733	4.039	79.819	80.0671	-4.30648	74.1861	5.159306333
17	51.935	49.986	-14.574	49.8779	48.4586	-17.2353	2.501461507
18	51.038	-28.631	-28.638	46.9066	-9.35589	-26.3711	10.98615228
19	96.539	-0.425	1.186	93.37	-1.80191	1.70506	2.726389938
20	81.257	-0.638	-0.335	84.8661	-1.85356	1.08065	3.238629117
21	66.766	-0.734	-0.504	68.6209	-1.59308	0.0178375	1.97028165
22	50.867	-0.153	-0.27	44.1829	-1.83903	-0.178819	6.98210781
23	35.656	-0.421	-1.231	28.0974	-0.89581	-2.35994	6.103880146
24	20.461	-0.079	-0.973	11.7735	0.67187	-2.8125	6.113104354
	평균 ΔE						4.490714097

[그림] 광원 6500K 환경 내 작물 촬영 영상 보정 및 오차 결과



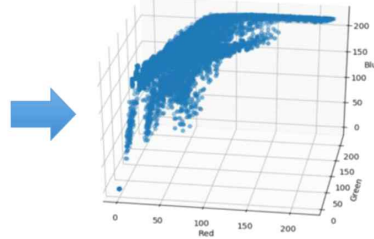
[그림] 기존 영상보정방법과 제안방법에 대한 ΔE 오차 비교 결과

○ 보정한 영상에 대해 사용자가 관심 영역(ROI) 지정 후, 영역 추출 및 군집화 기반 세그멘테이션 기법을 통해 작물의 대표 RGB 색상 획득

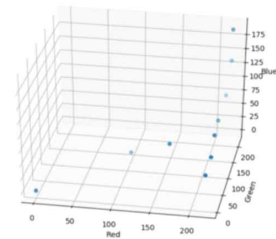
- 획득한 대표 RGB 색상은 920개의 RHS 칼라차트의 RGB 색상과 유클리디언 거리 계산을 통해 오차가 최소화하는 RHS 칼라차트의 정보를 제공함



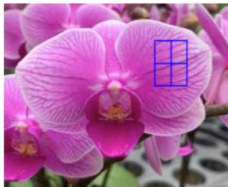
[보정 영상 내 관심영역 지정]



[관심영역 내 RGB 값 공간 투영]

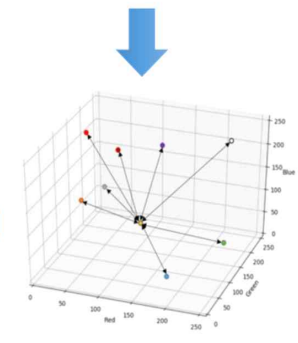


[군집화 세그멘테이션 기반 대표 색상 획득]



- Top-1, RHS index : RHS N80B, RGB color : [176 91 172], RHS color name : Strong Purple, Num Pixel : 1880
- Top-2, RHS index : RHS N78C, RGB color : [189 107 175], RHS color name : Deep Purplish Pink, Num Pixel : 1777
- Top-3, RHS index : RHS N78B, RGB color : [179 73 153], RHS color name : Strong Reddish Purple, Num Pixel : 1255
- Top-4, RHS index : RHS N80C, RGB color : [192 132 191], RHS color name : Light Purple, Num Pixel : 1243
- Top-5, RHS index : RHS N80D, RGB color : [203 148 203], RHS color name : Light Purple, Num Pixel : 583

[관심 영역에 대한 RHS 칼라차트 매칭 결과 제시]



[RHS 칼라차트와 대표 색상 매칭]

[그림] 보정된 영상 기반 관심영역 내 RHS 칼라차트 정보 추천 기술 과정

MainWindow

Make CCM file

Color Correction(total)

Color Correction(inside)

Exit

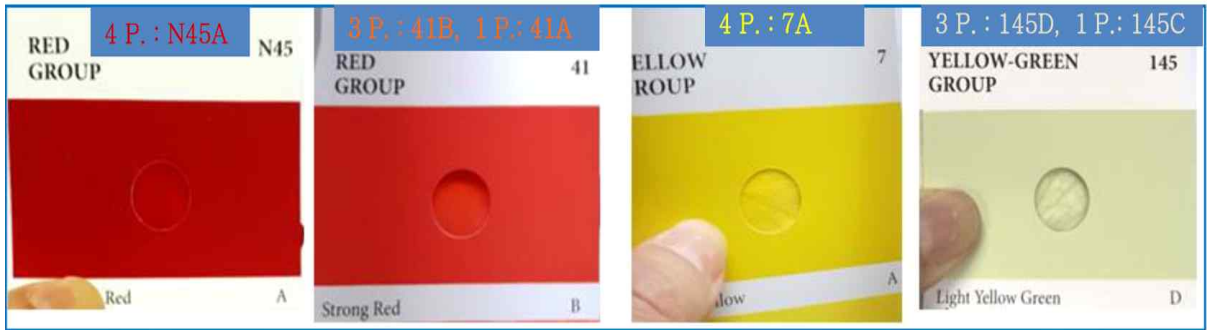
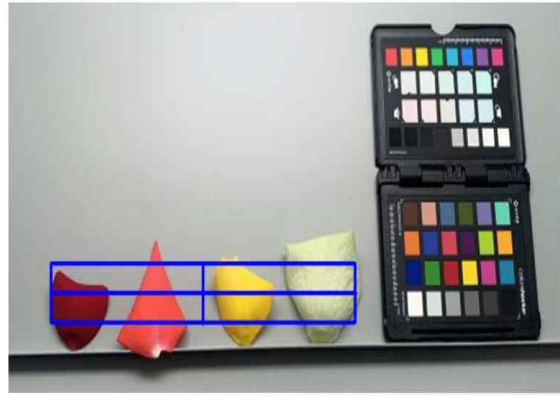
Taken by mobile, indoors






rhs result

- Top-1, RHS index : RHS 65A, RGB color : [244 153 190], RHS color name : Moderate Purplish Pink, Num Pixel : 1295
- Top-2, RHS index : RHS 70D, RGB color : [239 169 198], RHS color name : Moderate Purplish Pink, Num Pixel : 1146
- Top-3, RHS index : RHS 155C, RGB color : [239 232 229], RHS color name : Greenish white, Num Pixel : 615
- Top-4, RHS index : RHS 145A, RGB color : [166 184 98], RHS color name : Strong Yellowish Green, Num Pixel : 601
- Top-5, RHS index : RHS 156C, RGB color : [213 202 194], RHS color name : Yellowish Grey, Num Pixel : 433

[그림] 보정된 영상 기반 관심영역 내 RHS 칼라차트 정보 추천 결과 예

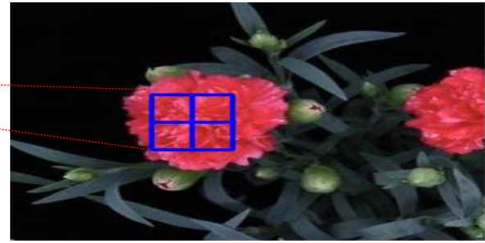
- 다양한 작물에 대한 RHS 칼라차트 정보 추천의 적합도를 평가하기 위해 국립종자원 화훼 전문가에게 4개의 작물 시료에 대한 육안 분석 결과와 개발한 작물 색채분석 기술을 통해 획득한 결과 비교 시 큰 오차가 없는 것을 확인함



	Top-1, RHS index : RHS 198B, RGB color : [166 162 155], RHS color name : Light Greenish Grey, Num Pixel : 5496
	Top-2, RHS index : RHS N45A, RGB color : [158 0 39], RHS color name : Moderate Red, Num Pixel : 1723
	Top-3, RHS index : RHS 145C, RGB color : [209 214 159], RHS color name : Light Yellowish Green, Num Pixel : 1648
	Top-4, RHS index : RHS 41A, RGB color : [233 81 70], RHS color name : Vivid Reddish Orange, Num Pixel : 1570
	Top-5, RHS index : RHS 7A, RGB color : [246 215 60], RHS color name : Brilliant Yellow, Num Pixel : 1315

[그림] 보정된 화훼 전문가 4인과 개발한 작물 색채분석 기술 결과 비교

- 기존 수작업으로 진행하여 출원한 작물 품종에 대하여 개발한 작물 색채분석 기술의 오차 정도를 판단하기 위해 비교분석 진행
 - 비교분석 영역은 출원 품종과 대조 품종의 주요 색으로 화훼 전문가의 결과와 개발한 작물 색채분석 기술 결과가 동일하게 매칭된 것을 확인함

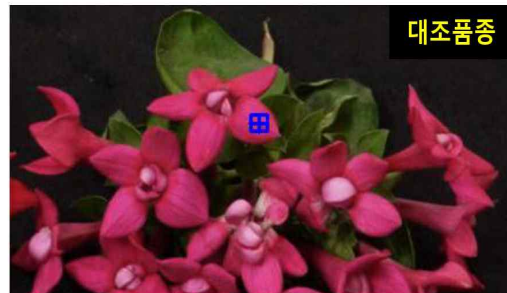


꽃잎 (cm)	꽃잎 : 너비 (cm)	중다	3	5	2.3	6	2.6
		중간	5				
		넓다	7				
꽃잎 (cm)	꽃잎 : 주요색				69B		52A
	꽃잎 : 2차색				60A	-	

- Top-1, RHS index : RHS 42A, RGB color : [199 58 58], RHS color name : Vivid Reddish Orange, Num Pixel : 507
- Top-2, RHS index : RHS 50A, RGB color : [213 65 81], RHS color name : Strong Red, Num Pixel : 456
- Top-3, RHS index : RHS 52A, RGB color : [225 77 93], RHS color name : Vivid Red, Num Pixel : 342
- Top-4, RHS index : RHS 45A, RGB color : [179 52 60], RHS color name : Vivid Red, Num Pixel : 308
- Top-5, RHS index : RHS 55A, RGB color : [240 106 138], RHS color name : Deep Purplish Pink, Num Pixel : 100



번호	특성	표현형태	계급	출원품종		대조품종	
				계급	실측치	계급	실측치
32 (*) R1	꽃단 열편 : 너비 (mm)	중간	5		8.6		8.6
		넓다	7				
33 (*) FR	꽃단 열편 : 색의 수	단색	1	1		1	
		2색 이상	2				
34 (*) FR	꽃단 열편 : 주요색				45B		N66A
35 (*) FR	꽃단 열편 : 2차색			-		-	



- Top-1, RHS index : RHS 45B, RGB color : [191 38 59], RHS color name : Vivid Red, Num Pixel : 102
- Top-2, RHS index : RHS 46B, RGB color : [184 41 58], RHS color name : Vivid Red, Num Pixel : 78
- Top-3, RHS index : RHS 46C, RGB color : [208 56 74], RHS color name : Vivid Red, Num Pixel : 56
- Top-4, RHS index : RHS N45A, RGB color : [158 0 39], RHS color name : Moderate Red, Num Pixel :

- Top-1, RHS index : RHS N66B, RGB color : [219 54 125], RHS color name : Vivid Purplish Pink, Num Pixel : 49
- Top-2, RHS index : RHS N66A, RGB color : [214 44 111], RHS color name : Vivid Purplish Pink, Num Pixel : 42
- Top-3, RHS index : RHS 61B, RGB color : [186 50 99], RHS color name : Strong Purplish Red, Num Pixel : 20
- Top-4, RHS index : RHS 60B, RGB color : [164 45 84], RHS color name : Strong Purplish Red, Num Pixel : 19

[그림] 품종 색상분석 결과와 개발한 작물 색채분석 기술 결과 비교

나. 작물 특성분석용 촬영용지 제작 및 시료범위 검출 기술 개발

□ 작물 특성분석용 촬영용지 제작

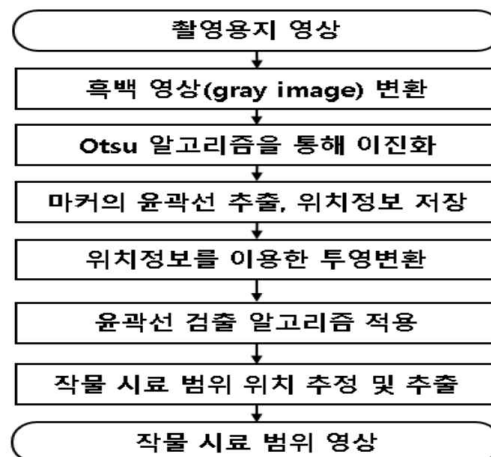
- 작물 특성조사 시 자동 Scale 계산이 가능하도록 측면에 마커를 삽입하고, 굴곡이 존재한 잎 등의 촬영이 용이하도록 A3 사이즈(297×420mm) 포스트잇 형태로 제작함



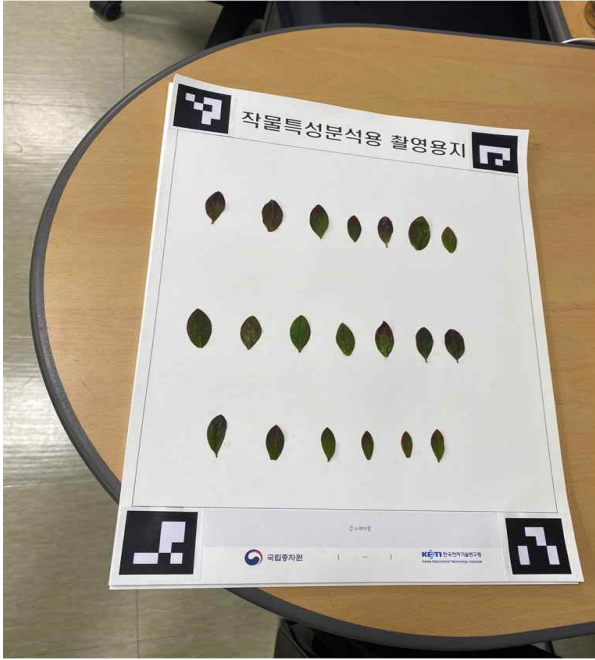
[그림] 작물 특성분석용 촬영용지 설계 도안

□ 작물 특성분석용 촬영용지 내 시료범위 검출 기술 개발

- 자동 Scale 계산을 위해 촬영용지 측면에 사용된 마커는 ArUco 마커로 N×N 크기로 이진화된 정사각형 형태를 나타내고 형태와 크기에 따라 고유번호를 가짐. 마커 검출, 왜곡 보정, 그리고 투영 변환을 통해 보정된 시료 배열 범위를 획득함



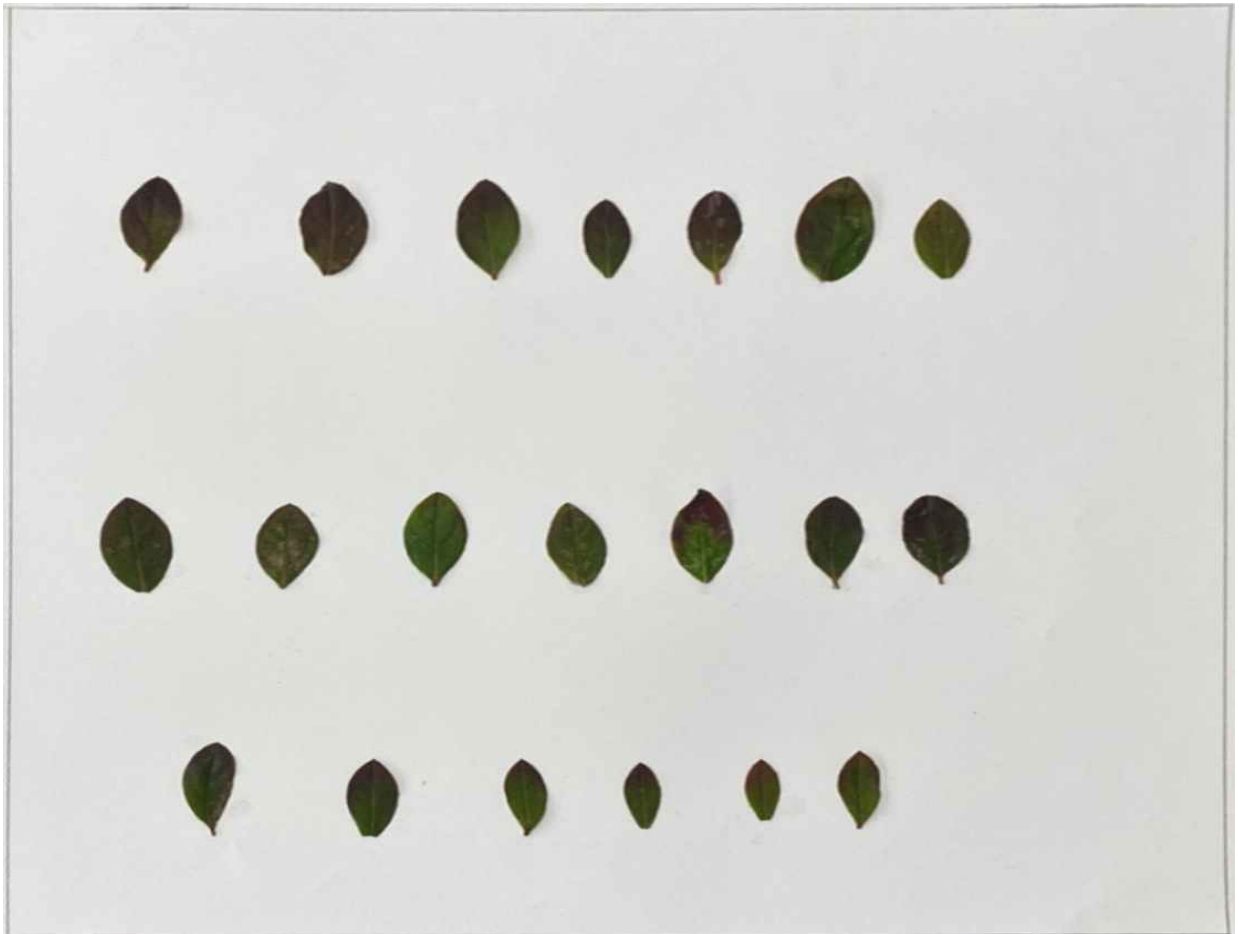
[그림] 시료 범위 검출 알고리즘 프로세스



<원본 영상>

<코너 점 검출 영상>

[그림] 작물 특성분석용 촬영용지 마커 검출결과

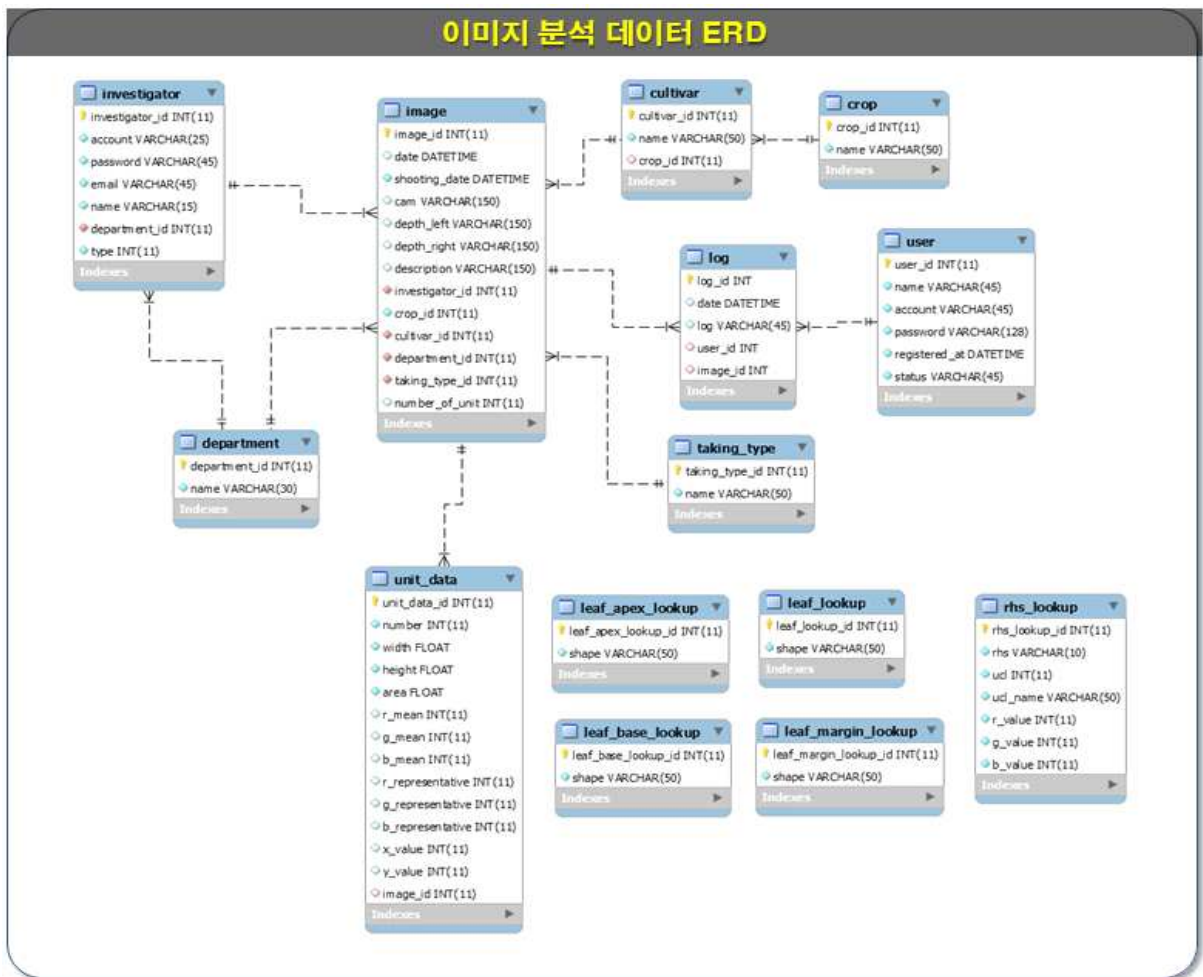


[그림] 검출된 마커 정보 기반 시료 배열 영역 검출 결과

다. 작물 품종 특성정보 취합 및 누적 데이터 비교·가시화 DB 구축

□ 작물 특성조사 데이터베이스 설계 및 구축

- 작물 특성조사 영상처리 소프트웨어를 통해 도출된 데이터의 보존 정보의 체계적 영구 저장을 위한 데이터베이스(Database, DB) 설계 및 구축 진행
 - 작물 특성조사 영상처리 소프트웨어를 통해 분석한 데이터 체계 분석
 - 이미지 분석 이력 및 분석결과 모니터링을 위한 필수 보존 정보의 체계적 영구 저장을 위한 DB 설계 및 구축



[그림] 작물 특성조사 데이터베이스 스키마

테이블명	필드명	DATA TYPE	데이터길이	KEY	NULL값여부	자동여부	디폴트값	필드설명
crop	crop_id	int	int(11)	PRI	NO	auto_increment	NULL	작물 ID
	name	varchar	varchar(50)		NO		NULL	작물 이름

테이블명	필드명	DATA TYPE	데이터길이	KEY	NULL값여부	자동여부	디폴트값	필드설명
cultivar	cultivar_id	int	int(11)	PRI	NO	auto_increment	NULL	품종 ID
	name	varchar	varchar(50)		NO		NULL	품종 이름
	crop_id	int	int(11)		YES		NULL	작물

테이블명	필드명	DATA TYPE	데이터길이	KEY	NULL값여부	자동여부	디폴트값	필드설명
department	department_id	int	int(11)	PRI	NO	auto_increment	NULL	부서 ID
	name	varchar	varchar(30)		NO		NULL	부서 이름

테이블명	필드명	DATA TYPE	데이터길이	KEY	NULL값여부	자동여부	디폴트값	필드설명
image	image_id	int	int(11)	PRI	NO	auto_increment	NULL	이미지 ID
	date	datetime	datetime		YES		NULL	기록 날짜
	shooting_date	datetime	datetime		NO		NULL	이미지 촬영 날짜
	cam	varchar	varchar(150)		YES		NULL	이미지 이름
	depth_left	varchar	varchar(150)		YES		NULL	왼쪽 depth 카메라
	depth_right	varchar	varchar(150)		YES		NULL	오른쪽 depth 카메라
	description	varchar	varchar(150)		YES		NULL	사용자가 입력하는 이미지 설명
	investigator_id	int	int(11)	MUL	NO		NULL	분석자
	crop_id	int	int(11)		NO		NULL	작물
	cultivar_id	int	int(11)	MUL	NO		NULL	품종
	department_id	int	int(11)	MUL	NO		NULL	부서
	taking_type_id	int	int(11)	MUL	NO		NULL	촬영 방식
	number_of_unit	int	int(11)		YES		NULL	분석 개체 수

테이블명	필드명	DATA TYPE	데이터길이	KEY	NULL값여부	자동여부	디폴트값	필드설명
investigator	investigator_id	int	int(11)	PRI	NO	auto_increment	NULL	분석자 ID
	account	varchar	varchar(25)		NO		NULL	계정 이름
	password	varchar	varchar(45)		NO		NULL	비밀번호
	email	varchar	varchar(45)		NO		NULL	이메일
	name	varchar	varchar(15)		NO		NULL	이름
	department_id	int	int(11)	MUL	NO		NULL	부서
	type	int	int(11)		NO		NULL	

테이블명	필드명	DATA TYPE	데이터길이	KEY	NULL값여부	자동여부	디폴트값	필드설명
leaf_apex_lookup	leaf_apex_lookup_id	int	int(11)	PRI	NO	auto_increment	NULL	잎 끝 모양 ID
	shape	varchar	varchar(50)		NO		NULL	잎 끝 모양

테이블명	필드명	DATA TYPE	데이터길이	KEY	NULL값여부	자동여부	디폴트값	필드설명
leaf_base_lookup	leaf_base_lookup_id	int	int(11)	PRI	NO	auto_increment	NULL	잎기부 모양 ID
	shape	varchar	varchar(50)		NO		NULL	잎기부 모양

테이블명	필드명	DATA TYPE	데이터길이	KEY	NULL값여부	자동여부	디폴트값	필드설명
leaf_lookup	leaf_lookup_id	int	int(11)	PRI	NO	auto_increment	NULL	잎 모양 ID
	shape	varchar	varchar(50)		NO		NULL	잎 모양

테이블명	필드명	DATA TYPE	데이터길이	KEY	NULL값여부	자동여부	디폴트값	필드설명
leaf_margin_lookup	leaf_margin_lookup_id	int	int(11)	PRI	NO	auto_increment	NULL	잎 가장자리 모양 ID
	shape	varchar	varchar(50)		NO		NULL	잎 가장자리 모양

테이블명	필드명	DATA TYPE	데이터길이	KEY	NULL값여부	자동여부	디폴트값	필드설명
taking_type	taking_type_id	int	int(11)	PRI	NO	auto_increment	NULL	촬영 방식 ID
	name	varchar	varchar(50)		NO		NULL	촬영 방식 이름

테이블명	필드명	DATA TYPE	데이터길이	KEY	NULL값여부	자동여부	디폴트값	필드설명
rhs_lookup	rhs_lookup_id	int	int(11)	PRI	NO	auto_increment	NULL	RHS ID
	rhs	varchar	varchar(10)		NO		NULL	RHS 값
	ucl	int	int(11)		NO		NULL	UCL 값
	ucl_name	varchar	varchar(50)		NO		NULL	UCL 이름
	r_value	int	int(11)		NO		NULL	red 평균값
	g_value	int	int(11)		NO		NULL	green 평균값
	b_value	int	int(11)		NO		NULL	blue 평균값

테이블명	필드명	DATA TYPE	데이터길이	KEY	NULL값여부	자동여부	디폴트값	필드설명
unit_data	unit_data_id	int	int(11)	PRI	NO	auto_increment	NULL	개별 데이터 ID
	number	varchar	varchar(45)		NO		NULL	개체 번호
	width	varchar	varchar(45)		NO		NULL	너비
	height	varchar	varchar(45)		NO		NULL	높이
	height1	varchar	varchar(45)		NO		NULL	개체의 위에서 중간까지의 길이
	height2	varchar	varchar(45)		NO		NULL	개체의 아래에서 중간까지의 길이
	center_length	varchar	varchar(45)		NO		NULL	개체의 측정 길이
	center_thickness	varchar	varchar(45)		NO		NULL	두께
	area	varchar	varchar(45)		NO		NULL	면적
	l_line_length	varchar	varchar(45)		NO		NULL	
	r_mean	int	int(11)		YES		NULL	평균 red 값
	g_mean	int	int(11)		YES		NULL	평균 green 값
	b_mean	int	int(11)		YES		NULL	평균 blue 값
	r_representative	int	int(11)		YES		NULL	대표 red 값
	g_representative	int	int(11)		YES		NULL	대표 green 값
	b_representative	int	int(11)		YES		NULL	대표 blue 값
	x_value	int	int(11)		YES		NULL	이미지 상에서 객체의 위치를 나타내는 x좌표
y_value	int	int(11)		YES		NULL	이미지 상에서 객체의 위치를 나타내는 y좌표	
image_id	int	int(11)	MUL	YES		NULL	이미지	

테이블명	필드명	DATA TYPE	데이터길이	KEY	NULL값여부	자동여부	디폴트값	필드설명
user	user_id	int	int(11)	PRI	NO	auto_increment	NULL	사용자 ID
	name	varchar	varchar(45)		NO		NULL	이름
	account	varchar	varchar(45)		NO		NULL	계정
	password	varchar	varchar(128)		NO		NULL	비밀번호
	registered_at	datetime	datetime		NO		NULL	가입일자
	status	varchar	varchar(45)		NO		NULL	사용자 상태

테이블명	필드명	DATA TYPE	데이터길이	KEY	NULL값여부	자동여부	디폴트값	필드설명
log	log_id	int	int(11)	PRI	NO	auto_increment	NULL	로그 ID
	date	datetime	datetime		YES		NULL	로그 입력 날짜
	log	varchar	varchar(45)		YES		NULL	로그내용
	user_id	int	int(11)		YES		NULL	사용자
	image_id	int	int(11)		YES		NULL	이미지

[그림] 작물 특성조사 데이터베이스 테이블 구조

□ 작물 특성조사 이미지 분석 데이터 모니터링 소프트웨어 개발

○ 구축된 작물 특성조사 데이터베이스를 통해 이미지 분석 데이터 모니터링 소프트웨어 개발 진행 시 다음과 같은 사항을 고려하여 진행

- 작물 특성조사 영상처리 소프트웨어를 통해 도출된 분석 데이터를 DB에 저장하고, 저장된 DB 정보를 사용자에게 원하는 형태로 제공해주는 소프트웨어
- 작물별, 품종별, 부서별, 담당자별로 드롭다운 형태로 데이터를 선택하도록 하여 DB에 저장된 방대한 분석 데이터 중 사용자가 원하는 정보를 편의성 등을 고려하여 선택한 항목별로 시각화한 분석 데이터 조회 기능 구현
- DB에 저장된 이미지와 관련 정보들을 기반으로 이미지 내 포함된 개체들에 대한 요약정보와 개별 개체 정보 조회 기능 구현
- 표현 정보의 가독성을 높일 수 있도록 시각화한 정보제공



[그림] 이미지 분석 데이터 모니터링 소프트웨어 메인 화면



[그림] 필터링 조건을 통해 검색한 데이터 시각화



[그림] 분석 데이터 확인을 위한 대상 이미지 선택

선택 이미지(고추)에 대한 분석 데이터 디스플레이 화면

작물특성조사


로그인 | 회원가입

분석 데이터 조회

기간별 분포 분석

고추									
개체번호	너비	길이	면적	길이1	길이2	중앙길이	중앙두께	라인길이	
1	고추_1	48.1	198.0	3695.1	-	-	226.6	-	-
2	고추_2	44.0	198.0	4190.1	-	-	226.2	28.8	-
3	고추_3	37.5	202.0	4348.7	120.6	81.5	167.3	-	158.0
4	고추_4	44.8	211.8	4654.7	-	-	156.1	-	-
5	고추_5	36.7	203.7	3809.9	115.7	88.0	192.3	-	-
더보기v									

원본영상
이진화영상
정렬영상



고추 고추 - 고추

분석개체수 5개

촬영박스


2021-10-1

선택 이미지(고추)에 존재하는 다섯 개 개체에 대한 분석 데이터 테이블

선택한 이미지 정보

선택 이미지(고추)에 대한 3가지 유형(원본, 이진화, 정렬) 영상 제공 화면

원본영상
이진화영상
정렬영상



고추 고추 - 고추

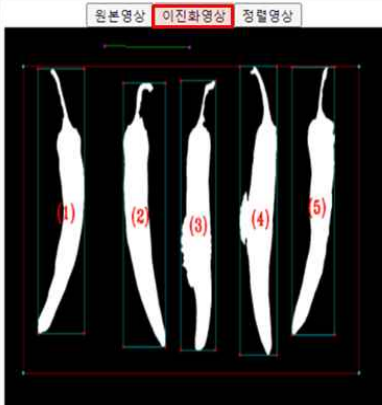
분석개체수 5개

촬영박스

2021-10-1

원본영상

원본영상
이진화영상
정렬영상



고추 고추 - 고추


분석개체수 5개

촬영박스

2021-10-1

이진화영상

원본영상
이진화영상
정렬영상



고추 고추 - 고추

분석개체수 5개

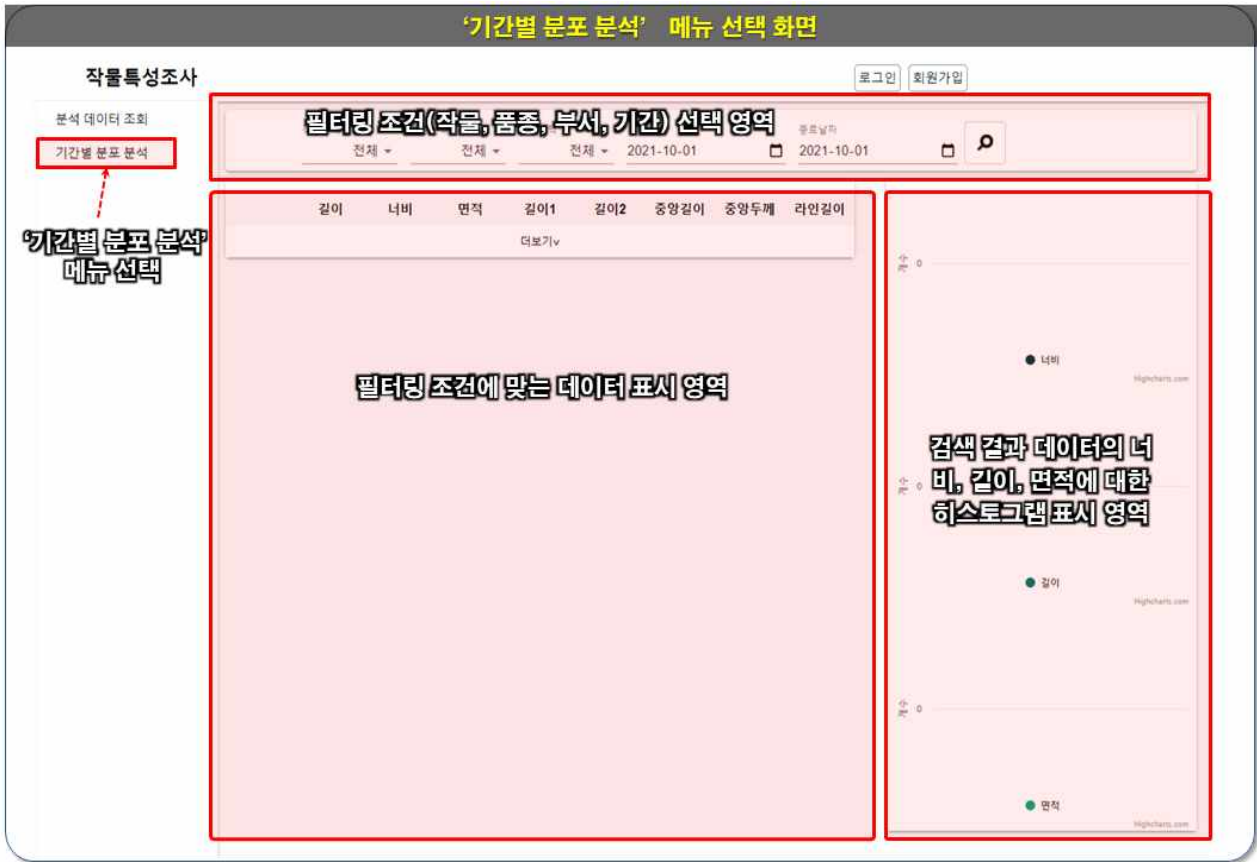
촬영박스

2021-10-1

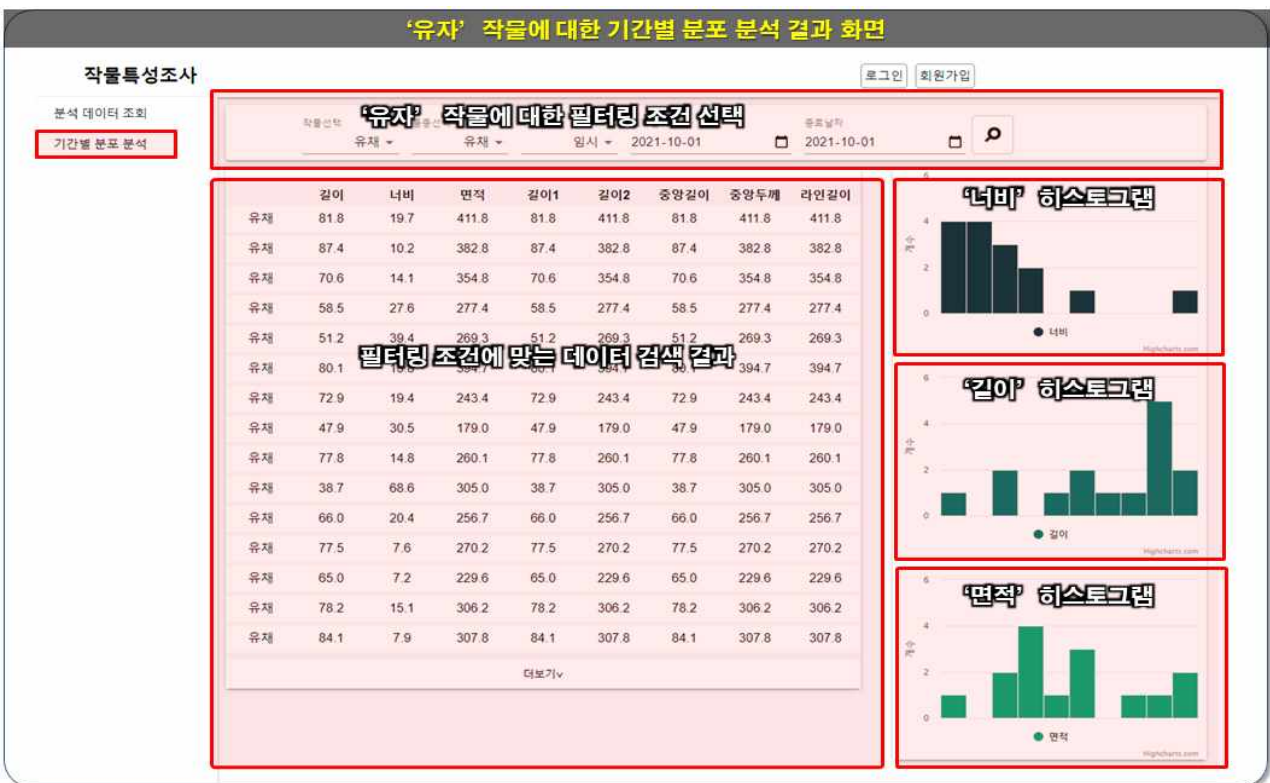
정렬영상

[그림] 선택한 데이터의 분석 결과를 시각화 및 제공

- 49 -



[그림] 기간별 저장된 분석 데이터 모니터링 화면



[그림] 설정한 조건에 대한 기간별 분포 분석 결과 시각화

라. 영상 센서 탑재 표준촬영박스 세트 제작

□ 영상 센서 탑재 표준촬영 박스 세트 설계

- 작물 특성조사 시 생육 장소를 방문하여 해당 작물의 잎 또는 열매를 파괴적으로 시료를 획득 후, 실내 및 실외 환경에서 특성조사를 진행하지만 분석하는 장소의 환경에 따라 일정한 광원의 색온도를 유지하는 것은 어려움
 - 분석하는 장소가 실외인 경우 맑은 날, 구름이 낀 흐린 날 등과 같이 날씨의 영향이 존재하여 동일한 광원일지라도 시간에 따라 색온도가 변화하는 문제와 카메라를 통해 시료를 촬영할 시 명도 및 채도가 균일하지 않은 문제가 존재함
 - 실내인 경우 형광등, LED, 백열등 등과 같이 다양한 조명이 설치되어 있고 3000K, 5000K, 5500K, 6500K, 7000K 등과 같이 다양한 색온도를 표현하기 때문에 카메라로 시료를 촬영할 시 조명의 수명, 실내 환경의 크기, 빛 반사, 그림자 등과 같은 환경정보를 고려해야 하는 단점이 존재함
- 언급한 문제 해결 및 일관성 있는 객관적인 결과를 획득하기 위해 영상 센서 탑재 표준 촬영박스 세트 제작 진행
 - 표준촬영박스 세트는 작물의 영상과 깊이를 촬영하기 위해 Depth 카메라와 RGB 카메라를 사용함. 최적의 촬영 박스의 밀면적, 높이 설정을 위해 카메라 테스트 및 설계 진행함



<테스트용 간이 세트>

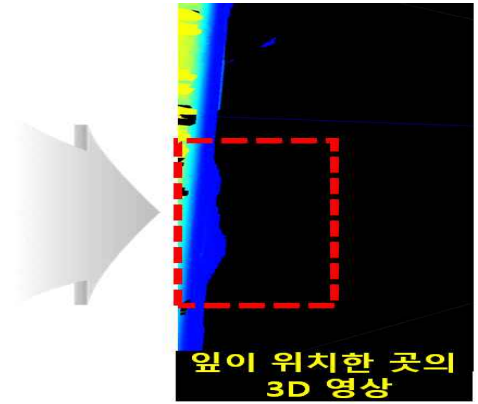
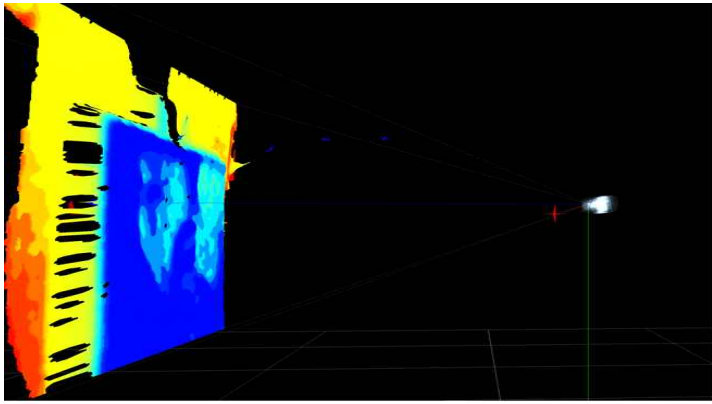


<카메라 장착 사진>



<실험 환경>

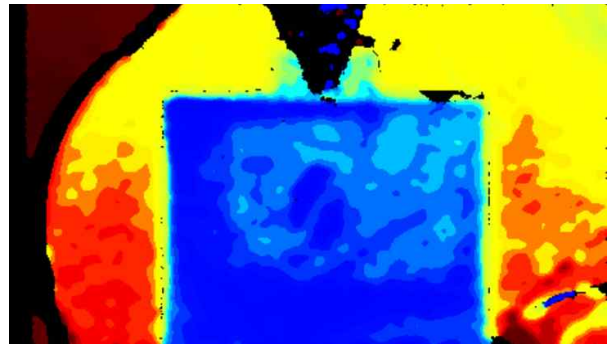
[그림] 표준촬영박스의 밀면적, 높이 분석을 위한 실험 환경



<3D 영상 결과>

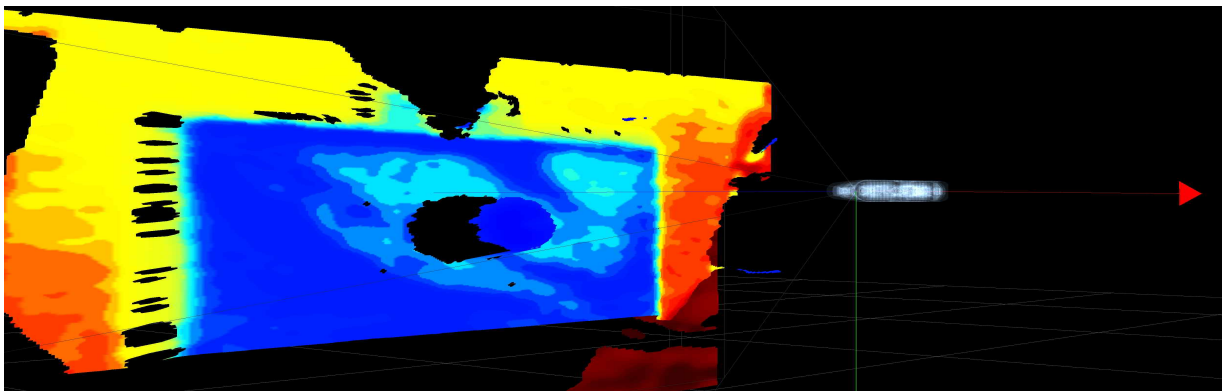


<RGB 카메라 영상>

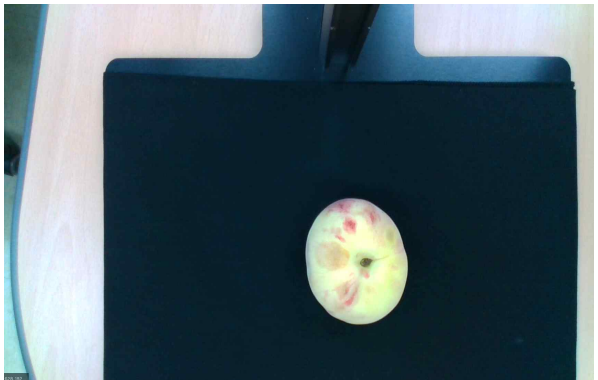


<Depth 카메라 영상>

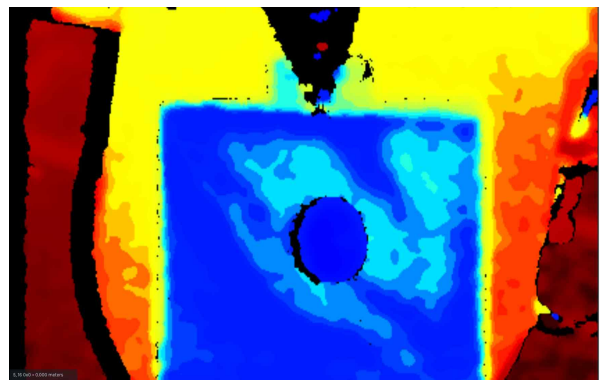
[앞의 Depth 분포 분석]



<3D 영상 결과>



<RGB 카메라 영상>



<Depth 카메라 영상>

[과실(복숭아)의 Depth 분포 분석]

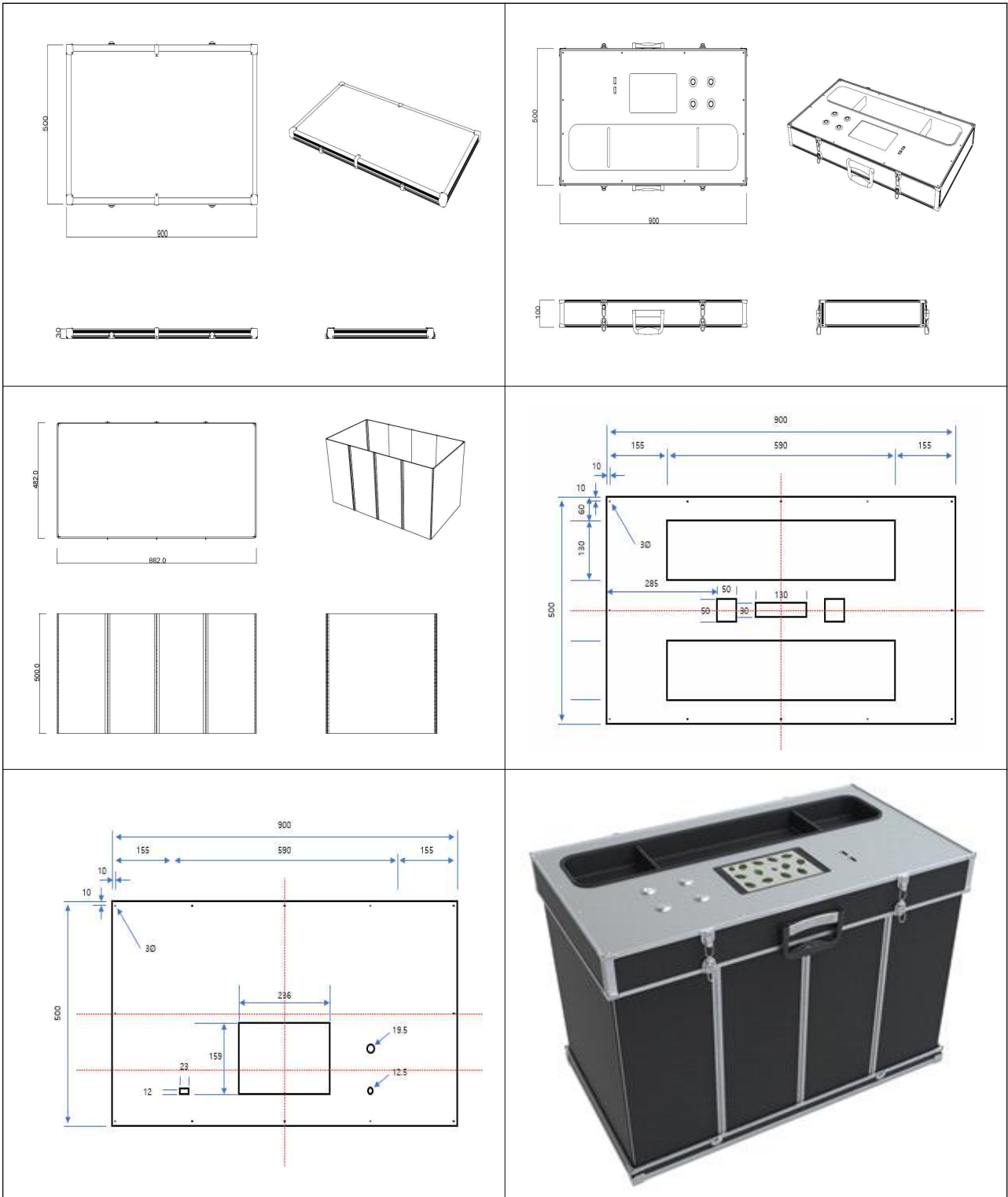
[그림] 3D 영상 및 Depth 분포 분석으로 촬영 박스의 높이 분석

□ 영상 센서 탑재 표준촬영 박스 세트 제작

○ 표준촬영박스 시제품 도면 및 렌더링

- 작물 촬영을 위한 도면 설계

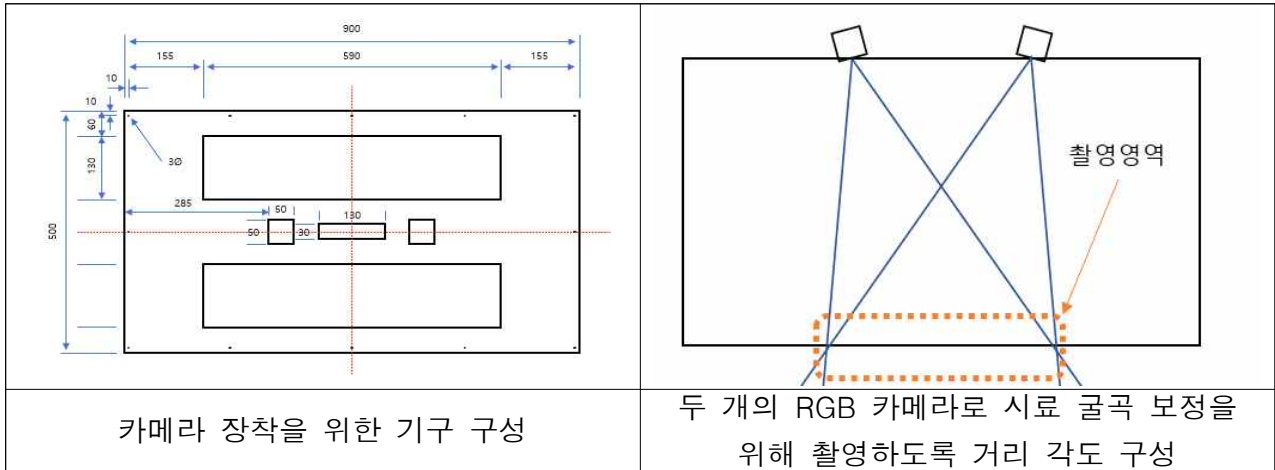
- 작물 배치를 위한 베이스 박스와 촬영시스템을 탑재한 상부 케이스로 구성



[그림] 시제품 제작을 위한 도면 및 렌더링 이미지

○ 표준촬영박스 내부 카메라 도면

- 작물 촬영 시 RGB 영상과 Depth 영상을 동시에 촬영하기 위해 Depth 카메라 1개, RGB 카메라 2개로 구성
- Depth 카메라는 높이가 있는 작물의 크기나 모양을 촬영하고, RGB 카메라는 좌우 2개로 구성하여 분석 엔진에서 사용할 수 있도록 동시 촬영함



[그림] 표준촬영박스 내부 카메라 구성 도면

○ 표준촬영박스 내부 도색

- 작물 촬영 시 내부 빛 반사를 방지하기 위해 도색 작업 진행
- 3개의 도료 비교 분석을 통해 “Fleur Chalky Look Black” 도료를 선정함

[표] 표준촬영박스 내부 도색 도료 비교 결과

<p>도료명</p>	<p>VANTA BLACK</p>	<p>BALCK 3.0</p>	<p>Fleur Chalky Look Black</p>
<p>특징</p>	<p>- 가시광선 흡수율 99.96%</p>	<p>- 가시광선 흡수율 99% - 구하기 쉬움</p>	<p>- 가시광선 흡수율 97% - 모든 재질 사용가능 - 페인트와 비슷한 강도 - 상대적 저렴</p>
<p>단점</p>	<p>- 고가의 가격 - 약한 강도를 가짐 - 특정한 독점, 구매불가</p>	<p>- 고가의 가격 - 약한 강도를 가짐</p>	<p>- 색상 수요로 인해 주문 기간 필요</p>

[표] 표준촬영박스 구성 세부 규격

구성	사진	제품명	세부 규격
제품		표준촬영박스	외관 사이즈 : 920×520×670mm 내부 사이즈 : 900×500×500mm
카메라		Intel RealSense D455 (Depth Camera)	Depth 해상도 : 1280×720 Depth 시야 : 87×58° Depth 프레임 속도 : 최대 90렌 최소 측정 깊이 : 16cm 최대 측정 깊이 : 10m RGB 센서 해상도 : 1280×800 / 30렌 RGB 센서 시야각 : 90×65°
카메라		IMX477 HQ dual (RGB Camera)	Optical Format : 1/2.3" Resolution : 4056×3040 12.3MP Pixel Size : 1.55um×1.55um IR Sensitivity : Visible light Interface : 4-lane MIPI CSI-2 Lens Mount : CS-Mount Lens Resolution : 10MP Aperture : F1.4-16
제어 보드		Jetson Nano (Embedded board)	128-core NVIDIA Maxwell™ GPU Quad-core ARM® A57 CPU 4GB 64bit LPDDR4 USB 2.0/3.0 Type MIPI-CSI camera connector Gigabit Ethernet DC power adapter 5V 4A GPIOs, I2 C, I2 S, SPI, UART
LCD		LCD	사이즈 : 10.1" IPS Panel 터치 : PCAP Touch 규격 : HDMI Input 정격전압 : 12V 1.5A
LED		LED light	색온도 : 6500K 정격전압 : 12V 20W 사이즈 : 620×180×22mm

○ 표준촬영박스 시제품 결과



[그림] 표준촬영박스 시제품 결과

마. 드론 촬영 영상 기반의 자동판독 기술 개발

□ 벼 키다리병 및 도복 영상 수집

○ 벼 키다리병 드론 촬영 높이·각도 설정 최적화를 위한 데이터 수집

- 국립종자원에서는 정부 보급종 생산/공급을 위해 전문가가 생육 장소를 직접 방문하여 달관 검사 및 표본검사를 통해 획득한 결과를 포장검사부에 기록하는데, 전문가의 경험과 주관적인 판단으로 객관적인 결과 제공의 어려움이 존재함. 또한, 작물은 다양한 환경을 포함한 장소에서 생육하기 때문에 필지의 크기, 형태 등이 일정하지 않고 작물의 생육방법이 다양하므로 조사의 어려움이 존재함
- 드론 촬영 높이·각도에 따라 영상 해상도의 변화가 존재하고 높이가 낮을 경우 드론 프로펠러에 의해 벼가 흔들리는 문제로 인해 데이터 수집의 최적화가 요구됨
- 본 연구에서는 정부 보급종 생산/공급 중 벼에 대한 포장 검사 업무의 효율성 및 정확성 개선을 위해 드론 촬영 영상을 기반으로 자동판독 기술개발을 진행하기 위해 데이터 수집을 진행함
- 드론 비행 제어 기능 중 자동 높이 설정 기능은 드론 내 센서를 통해 지면과 드론의 거리를 계산하여 높이를 산정하는데 매우 부정확하므로 매 촬영시 벼와 드론 사이의 높이를 사진과 같이 설정 후 진행함



[그림] 드론 촬영 높이·각도 설정 방법

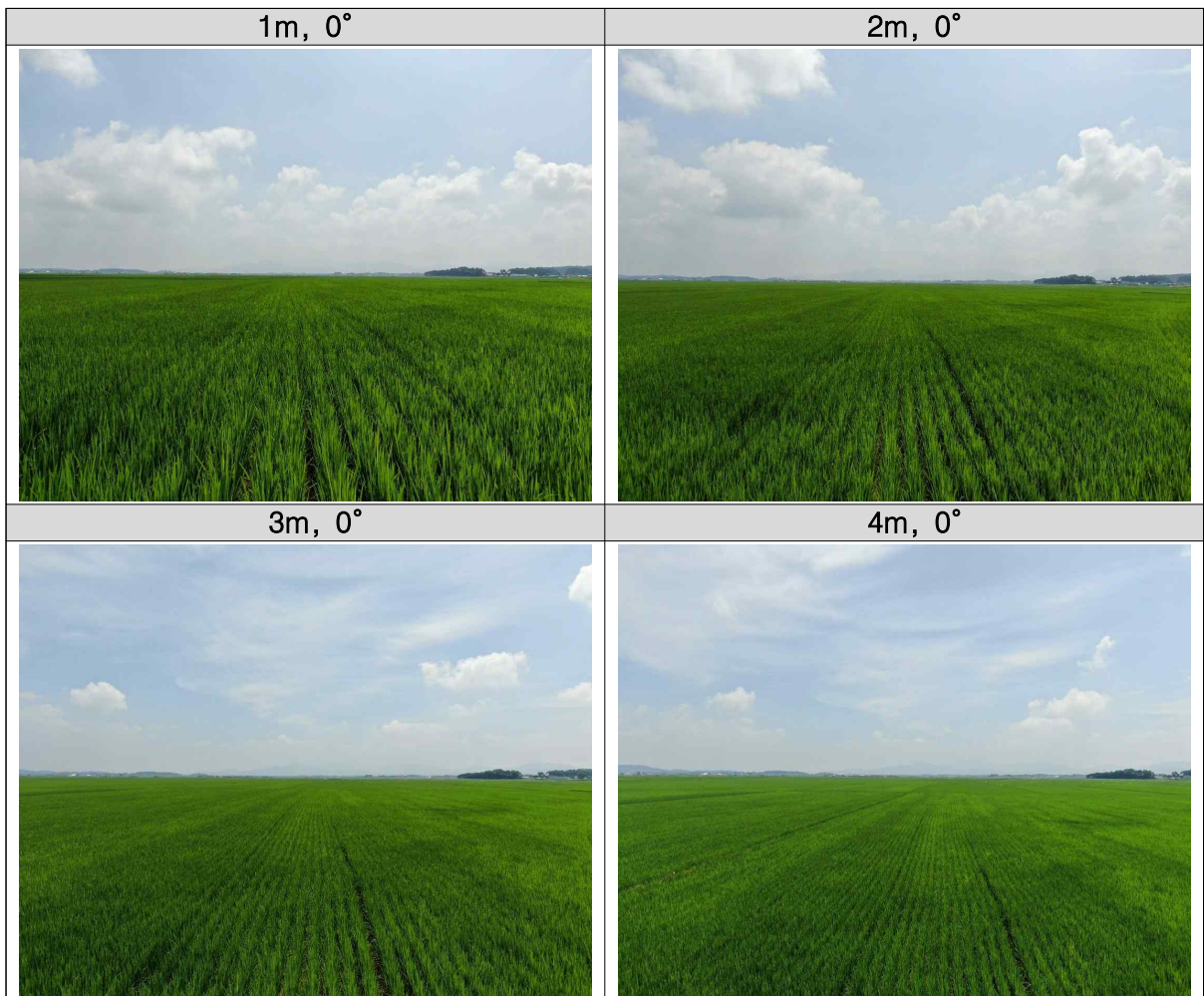
- 높이 : 1·2·3·4m, 각도 : 0·5·10·15°로 구성한 총 16가지 조건에 대하여 분석용 드론 영상 데이터 수집을 진행함
- 촬영 기간 : 2020.07.10. ~ 2020.08.30
- 촬영 장소 : 남원(2곳), 김제(3곳), 군산(1곳)



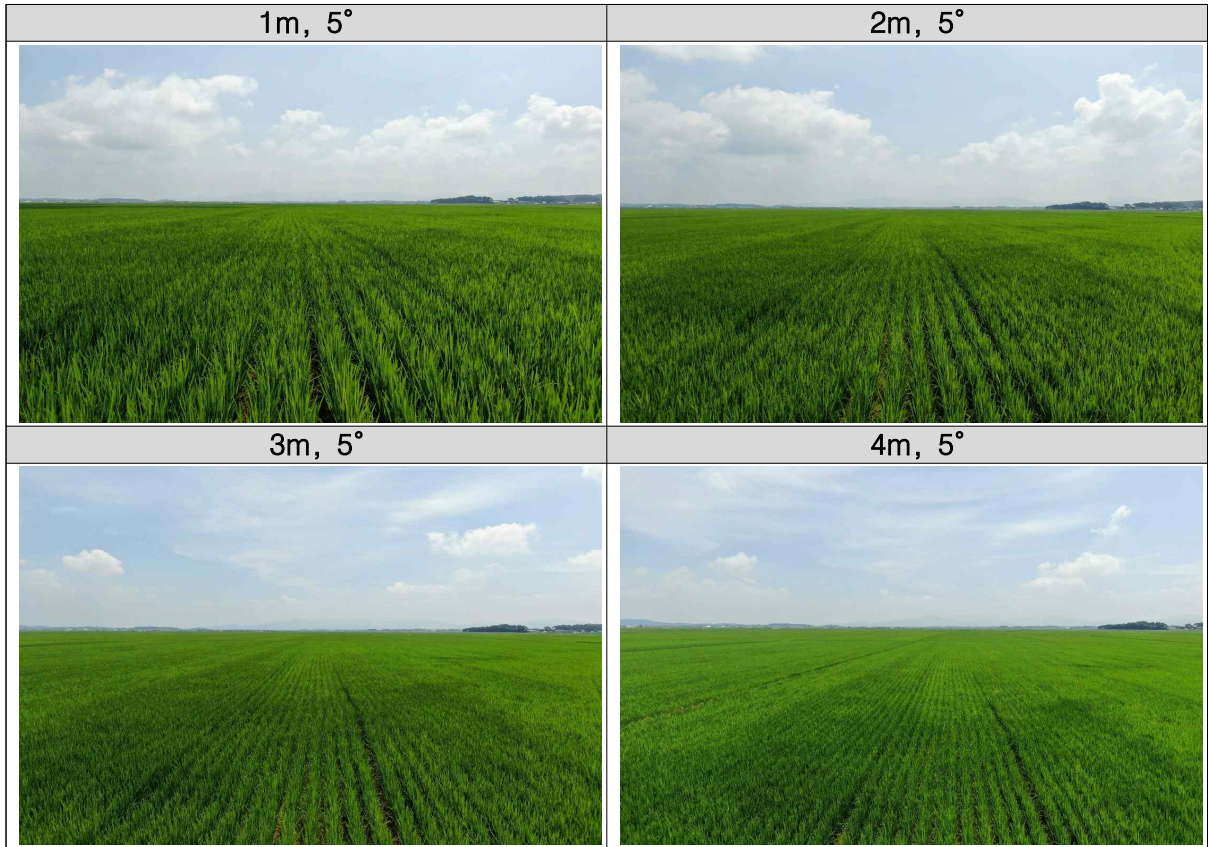
[그림] 드론 촬영 높이·각도 최적화를 위한 데이터 수집

[표] 드론 촬영 높이·각도 최적화를 위해 수집된 데이터 정보

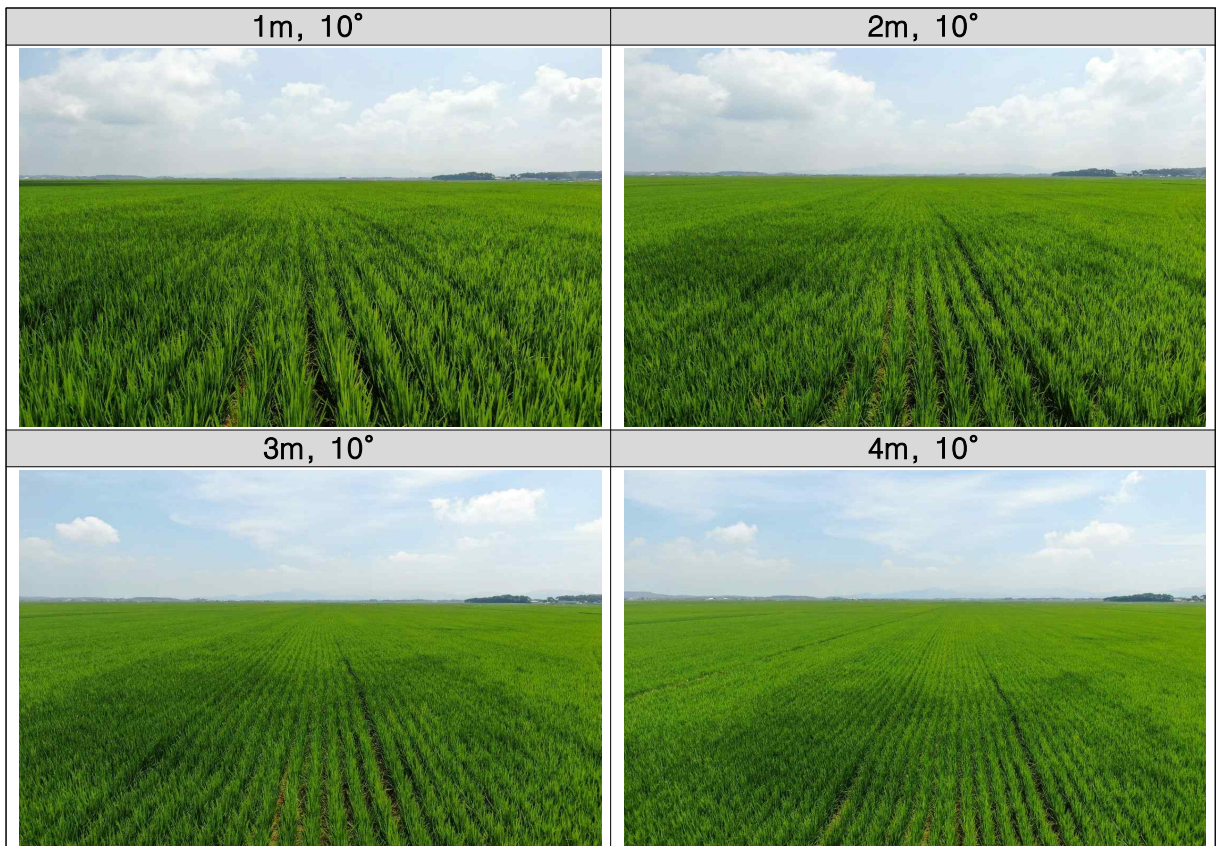
촬영 높이(m)	촬영 각도(°)				합 계
	0	5	10	15	
1	126	126	128	126	506
2	126	126	128	126	506
3	126	124	126	127	503
4	126	124	125	124	499
합 계	504	500	507	503	2,014



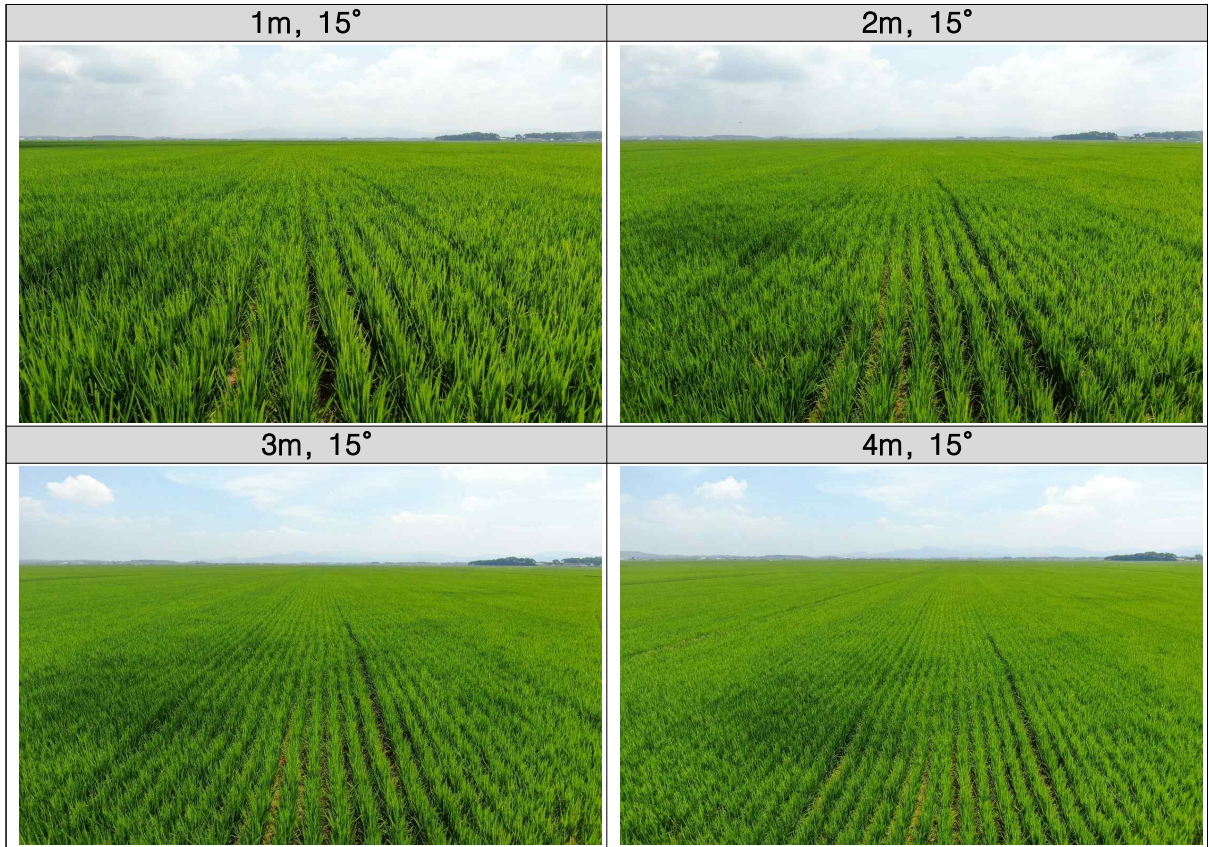
[그림] 수집한 드론 영상 샘플(0°)



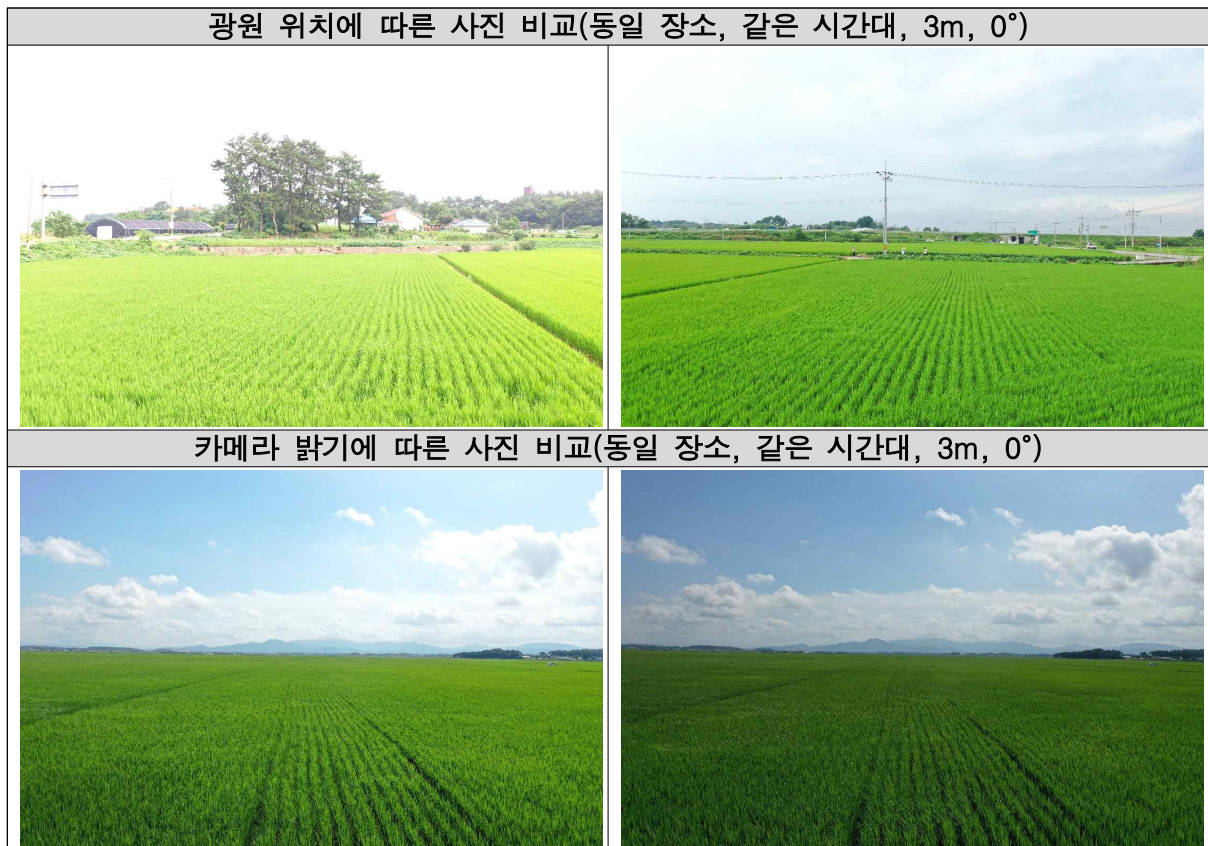
[그림] 수집한 드론 영상 샘플(5°)



[그림] 수집한 드론 영상 샘플(10°)



[그림] 수집한 드론 영상 샘플(15°)



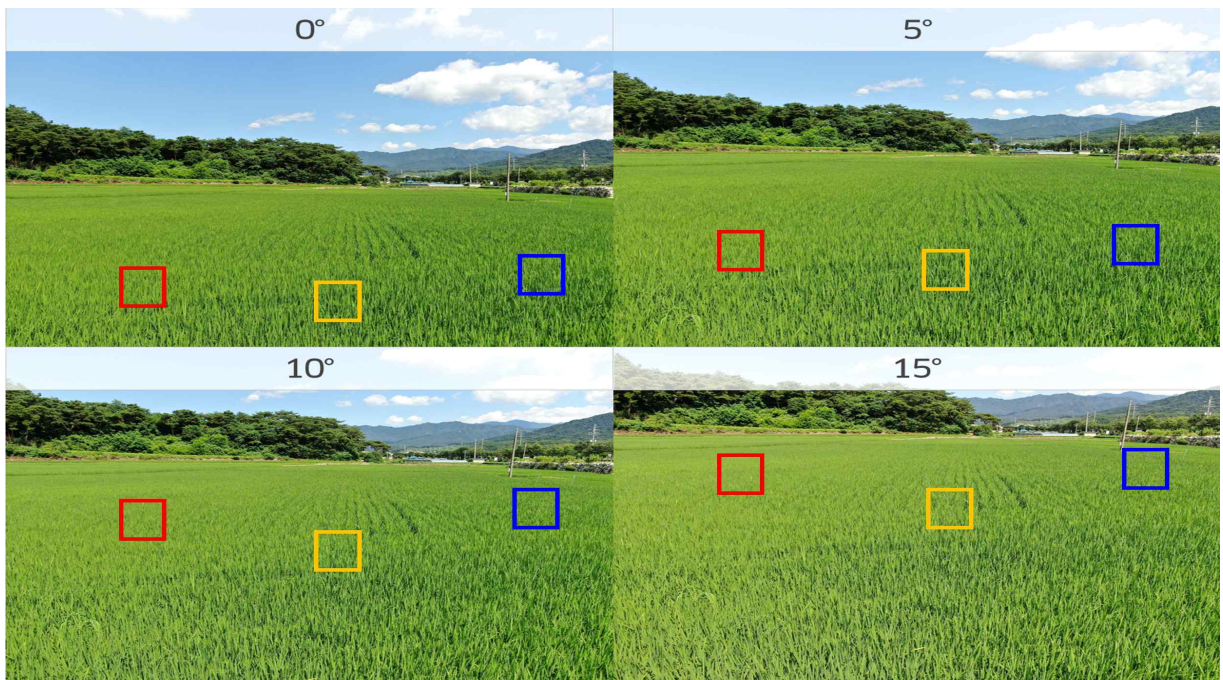
[그림] 광원 변화 및 카메라 밝기 비교를 위해 수집한 드론 영상 샘플

- 16가지 조건(1·2·3·4m, 각도 : 0·5·10·15°)을 통해 수집한 벼 키다리병 데이터에 대하여 드론 촬영 최적 높이·각도 선정을 위해 다음과 같은 분석 절차를 통해 최적의 조건 도출 수행



[그림] 드론 촬영 높이·각도 최적화 조건을 도출하기 위한 분석과정

- 최적 높이·각도를 도출하기 위해서는 키다리병과 일반 벼의 크기, 형태, 색상 등과 같은 공간적인 특징 분석을 위해 해당 영역의 영상을 추출함
- 추출한 데이터는 29×29 크기로 재구성한 후 키다리병과 일반 벼로 총 2,912장(91set, 1set당 32장으로 구성(일반 벼 16장, 키다리병 16장))으로 제안한 HSI 색상 모델 기반 선정 알고리즘을 수행함



[그림] 드론 촬영 높이·각도 최적화 조건을 도출하기 위한 키다리병과 일반 벼 영역 추출



<추출한 벼 키다리병 영상 데이터 샘플>

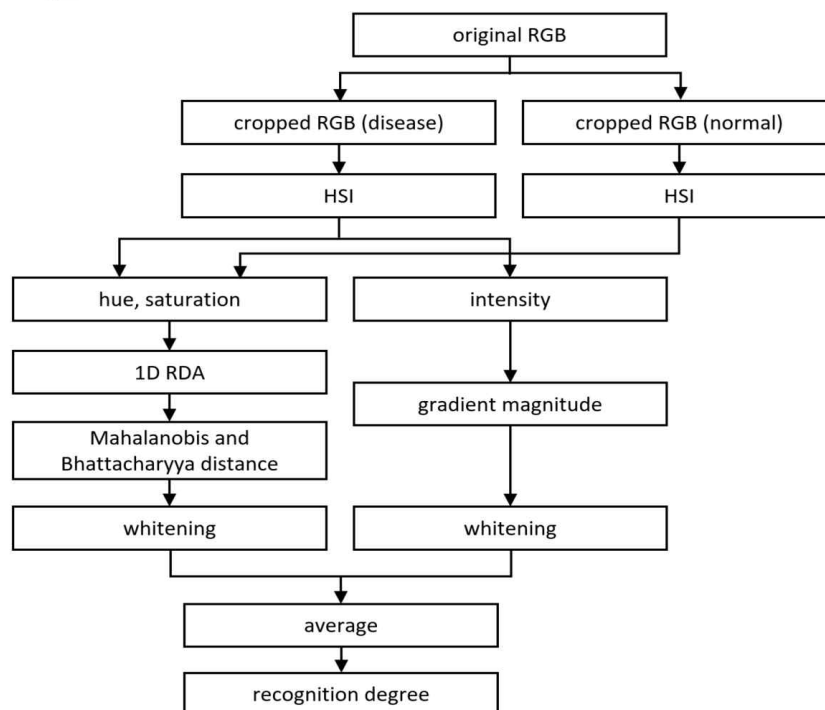


<추출한 일반 벼 영상 데이터 샘플>

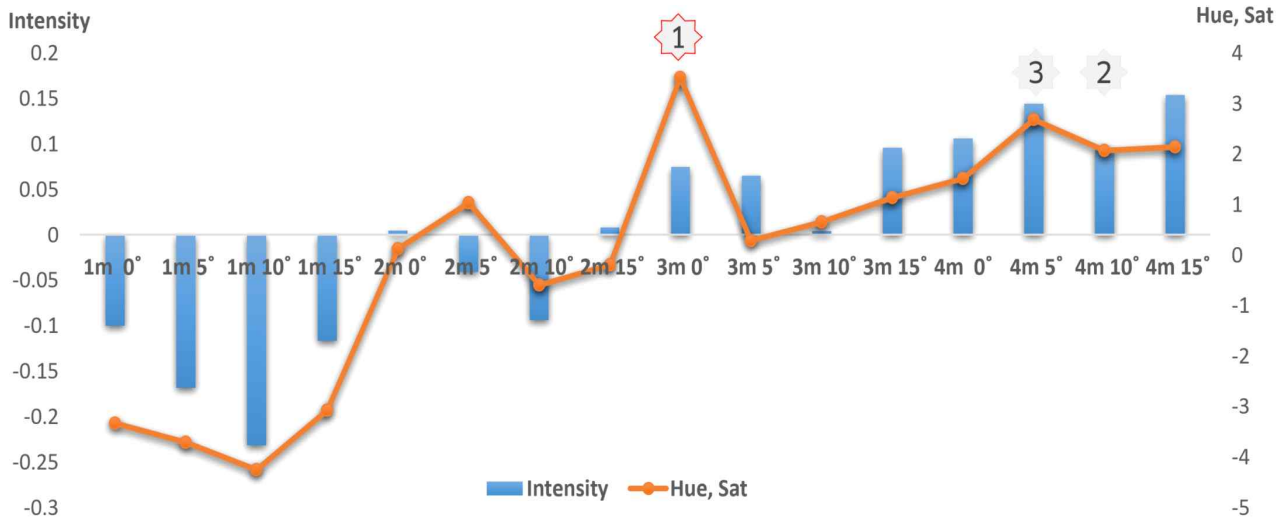
[그림] 최적화를 위해 사용된 영상 데이터 샘플

- 제안한 HSI 색상 모델 기반 선정 알고리즘은 추출한 일반 벼와 키다리병 영상을 HSI 색상 공간으로 변환하여 Intensity / Hue, Saturation을 Whitening 하여 평균 계산 후 인식 정도를 분석함

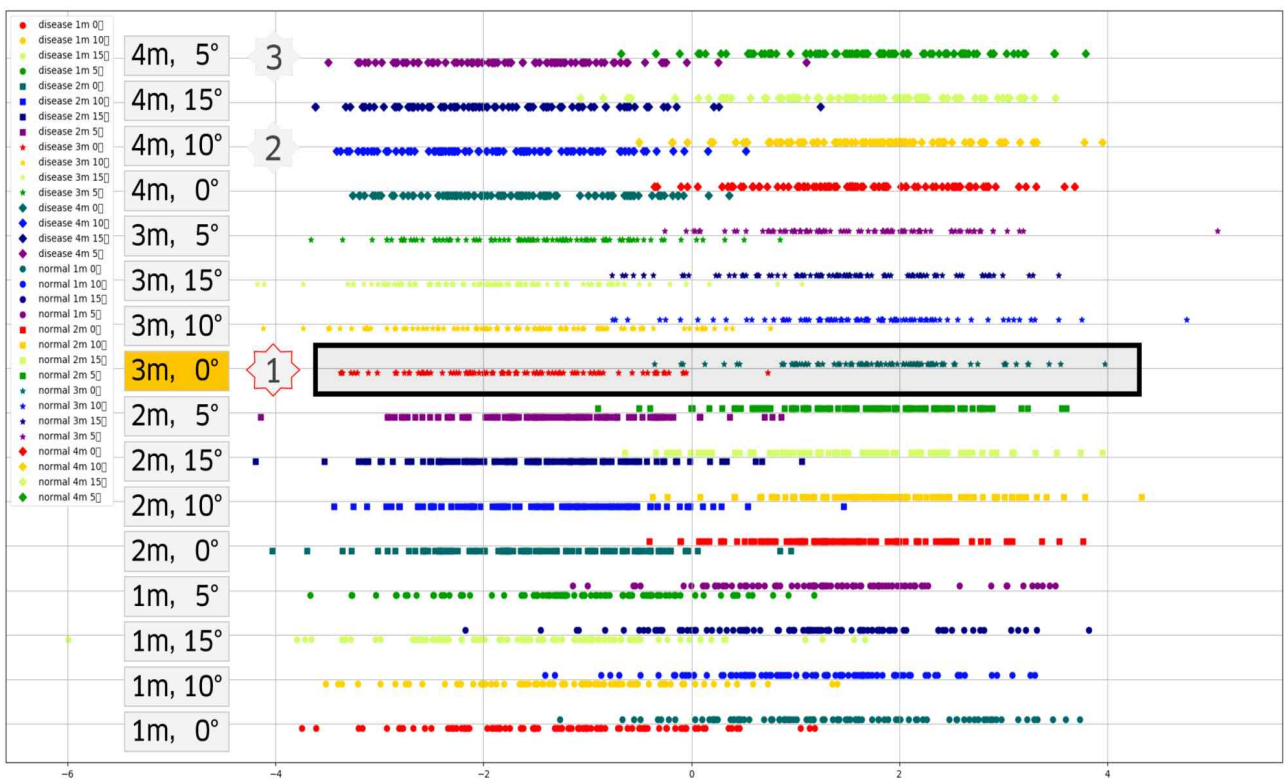
$$Whitening = \frac{Val - Avg}{Var}, \quad Var = Intensity, Hue, Saturation \text{ value}$$



[그림] 드론 촬영 높이·각도 선정 알고리즘



[그림] 드론 촬영 높이·각도 선정 알고리즘을 통해 도출된 Whitening 결과



[그림] 드론 촬영 높이·각도에 대한 분석 결과

- 드론 촬영 높이·각도에 대해 제안한 알고리즘을 수행하여 획득한 결과 분석 시 1차원 선형 판별 분석값은 3m, 10°에서 1.255로 가장 높은 값을 도출하였고, 그라디언트 강도에서는 3m, 15°에서 1.312로 가장 높은 값으로 확인됨
- 1차원 선형판별 분석과 그라디언트 강도 값의 평균값을 통해 키다리병 인식 정도는 3m, 0°에서 높은 수치인 1.23으로 높이 3m, 각도 0°로 드론 촬영 높이·각도를 선정함

□ 표준 영상 확보를 위한 최적화된 드론 영상촬영 매뉴얼 문서화 및 제작

○ 표준 영상 확보를 위한 드론 영상촬영 매뉴얼 문서화 및 제작

- 드론영상 데이터 수집은 한국전자기술연구원과 국립종자원 각 분원에서 진행하며 드론 영상촬영 시 일관성 있는 객관적인 결과를 획득하기 위해서는 표준화된 촬영 규정이 요구됨
- 벼 키다리병 드론 촬영 높이·각도 선정 결과 및 도복 촬영 방법에 대한 매뉴얼 문서화 및 제작함



[그림] 드론영상 자동판독 기술관련 촬영 매뉴얼 문서화



[그림] 제작한 드론영상 자동판독 촬영 매뉴얼

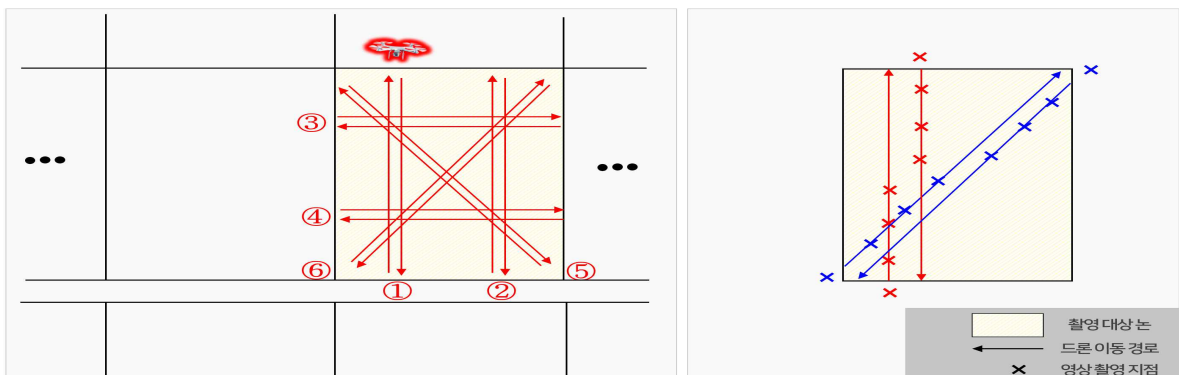
□ 드론 촬영 높이·각도 최적화를 통한 영상 데이터 수집

○ 벼 키다리병 드론 영상 데이터 수집

- 드론 영상촬영 매뉴얼을 통해 선정된 드론 촬영 높이·각도에 대한 벼 키다리병 드론 영상 데이터 수집을 진행함
- 데이터 수집 시 생육환경과 품종에 따라 논마다 벼 길이가 다양하고 광원의 위치 및 기타 환경적인 요인으로 영상 내 키다리병이 파악되지 않을 경우를 대비하여 여러 방향에서 촬영하는 것을 고려함



[그림] 벼 키다리병 드론 영상 데이터 수집 절차



[그림] 벼 키다리병 드론 영상 데이터 촬영 방법



[그림] 특정 위치 기준 네 방향으로 벼 키다리병 데이터 촬영

- 촬영 기간 : 2020.07.07. ~ 2021.11.12
- 촬영 장소 : 전라도 일대, 경상도 일대, 충청도 일대
- 촬영 조건 : 높이 3m, 각도 0°

[표] 벼 키다리병 드론 영상 취득 데이터

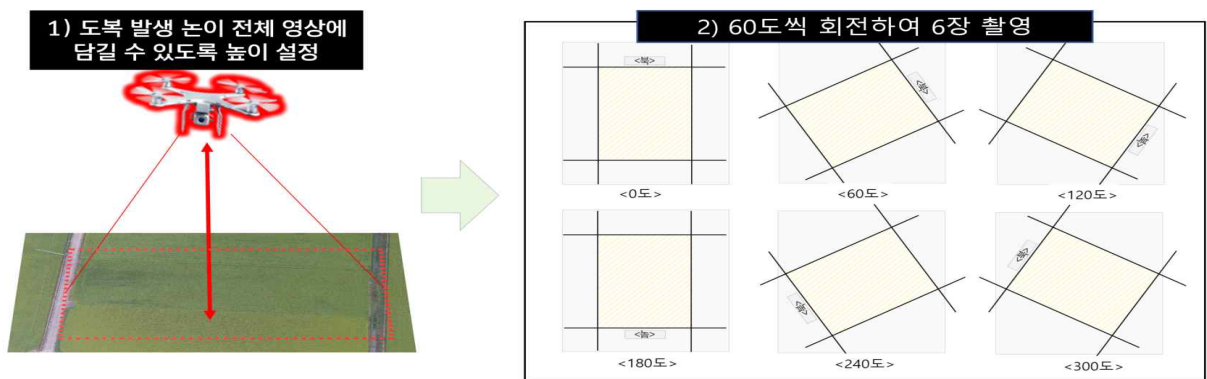
촬영 주체		수집년도	사진 수(장)	촬영 장소	촬영 기간
KETI		1차년도	17,584	6곳	2020. 07. 10. ~ 2020. 08. 30.
		2차년도	12,874	4곳	2021. 06. 25. ~ 2021. 11. 12.
국립 종자 자원	경북지원	1차년도	73	1곳	2020. 08. 09.
	경북·경남지원	2차년도	3,033	4곳	2021. 06. 25. ~ 2021. 11. 12.
	전북지원	1차년도	527	1곳	2020. 08. 04. ~ 2020. 08. 06.
	전북·전남지원	2차년도	2,736	6곳	2021. 06. 25. ~ 2021. 11. 12.
	충북지원	1차년도	1,074	4곳	2020. 07. 07. ~ 2020. 08. 20.
	충북·충남지원	2차년도	1,771	4곳	2021. 06. 25. ~ 2021. 11. 12.
	소계	9,214		※ 딥러닝 학습·검증·평가에 사용되는 데이터는 적을 수 있음	
합 계	66,470				



[그림] 벼 키다리병 드론 영상 샘플(3m, 0°)

○ 벼 도복 드론 영상 데이터 수집

- 딥러닝 기반 벼 도복 자동판독 소프트웨어 개발을 위해 데이터 수집 시 전체 논외 면적 대비 백분율로 나타내어야 하므로, 촬영 높이 기준이 없고 전체 필지가 영상에 제시되도록 촬영이 필요함
- 광원의 위치 및 기타 환경적인 요인이 존재하여도 강인하게 도복 자동판독을 위해 한 필지당 6장의 데이터를 취득함



[그림] 벼 도복 드론 영상 데이터 촬영 방법



<(적합 예) 전체 필지 촬영>



<(비적합 예) 전체 필지가 보이지 않음>

[그림] 촬영된 벼 도복 드론 영상 데이터 사용 가능 비교

- 촬영 기간 : 2020.08.30. ~ 2021.11.12
- 촬영 장소 : 전라도 일대, 경상도 일대, 충청도 일대
- 촬영 조건 : 필지당 6장(각도 0°, 60°, 120°, 180°, 240°, 300°)

[표] 벼 도복 드론 영상 취득 데이터

촬영 주체		수집년도	사진 수(장)	촬영 장소	촬영 기간
KETI		1차년도	722	5곳	2020. 08. 30. ~ 2020. 09. 25.
		2차년도	157	3곳	2021. 08. 15. ~ 2021. 11. 12.
국립 종자 자원	경남지원	1차년도	256	5곳	2020. 09. 14. ~ 2020. 09. 16.
	경북·경남지원	2차년도	60	2곳	2021. 08. 15. ~ 2021. 11. 12.
	전북·전남지원	1차년도	620	5곳	2020. 09. 21. ~ 2020. 10. 14.
	전북·전남지원	2차년도	83	4곳	2021. 08. 15. ~ 2021. 11. 12.
	충북지원	1차년도	670	3곳	2020. 09. 09. ~ 2020. 09. 29.
	충북·충남지원	2차년도	150	2곳	2021. 08. 15. ~ 2021. 11. 12.
	소계	1,839		※ 딥러닝 학습·검증·평가에 사용되는 데이터는 적을 수 있음	
합 계	2,718				



[그림] 벼 도복 드론 영상 샘플

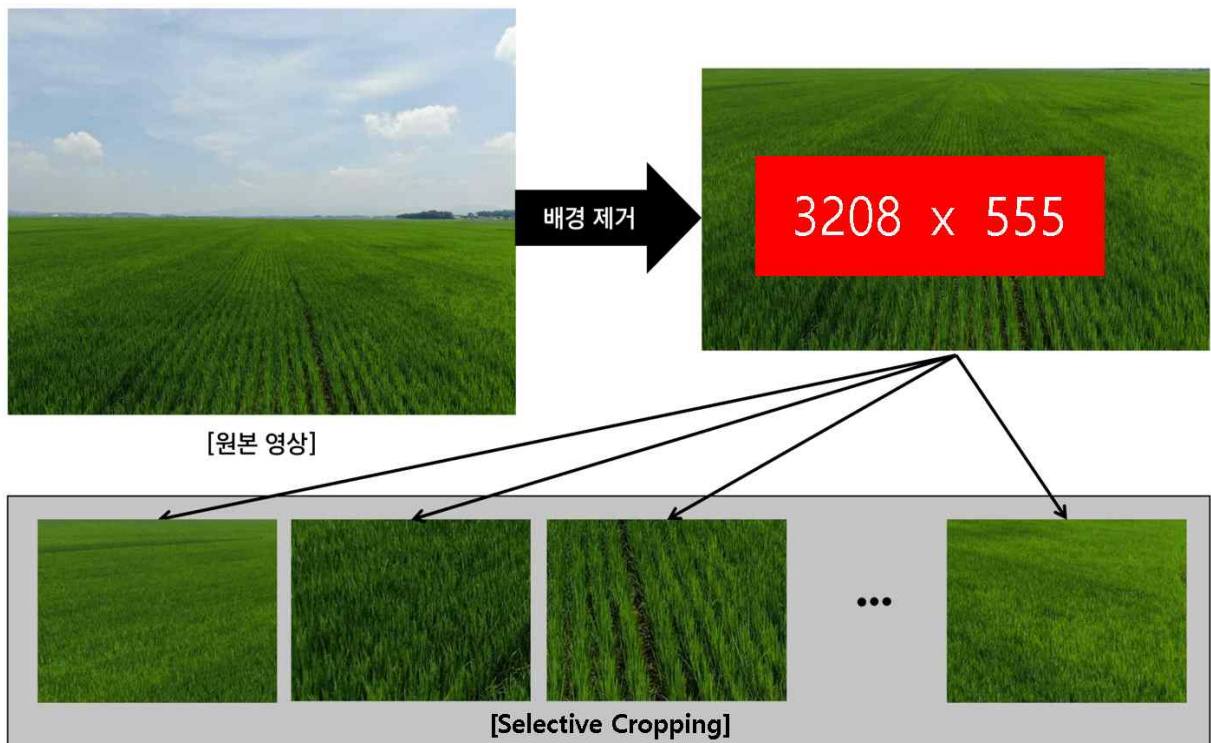
○ 벼 키다리병 드론 영상 데이터 사전분류 및 레이블링 프로그램 개발

- 드론으로 촬영하여 수집한 데이터는 물리적·기타 요인(조도, 바람 등)으로 인해 사용 가능
과 불가능 영상으로 구성되어 있음. 이에 대해 다음과 같은 과정을 통해 사전분류 및 레이
블링과정을 수행함



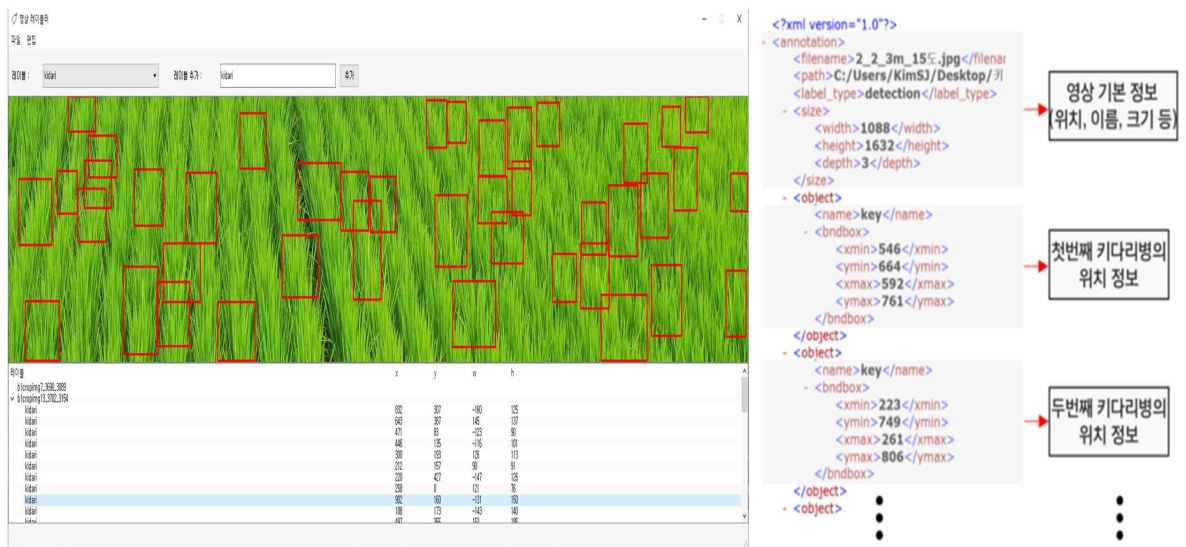
[그림] 벼 키다리병 영상 데이터 전처리 및 레이블링 과정

- 사전분류를 통해 획득한 데이터는 배경 영역을 제거 후 3208×555 크기로 선택적 크로핑
(Selective Cropping)을 수행하여 학습, 검증, 그리고 평가데이터로 구성함

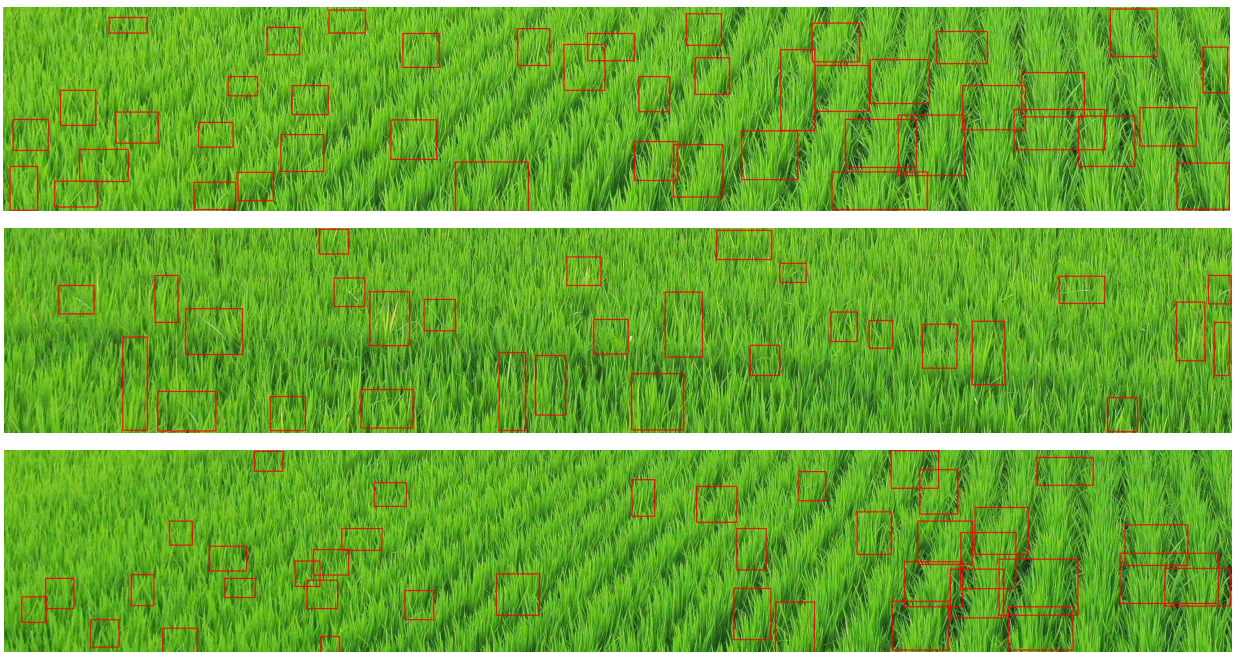


[그림] 벼 키다리병 드론 영상 선택적 크로핑 과정

- 영상 내 벼 키다리병 위치를 강건하게 검출하기 위해 딥러닝 중 객체검출(object detection) 기법을 사용하는데 객체검출 기법에 사용하는 데이터는 영상과 xml 파일이 한 쌍으로 구성되어 키다리병 위치에 최적화된 레이블링을 수행하기 위해 키다리병 레이블링 전용 프로그램 개발함
- 개발한 키다리병 레이블링 전용 프로그램은 다음과 같은 화면으로 사용자가 마우스를 이용하여 영상 내 키다리병 영역을 박스 형태로 표기 시 좌표 형태의 결과를 시각화하여 제시하고, 저장 시 xml 파일로 저장됨
- 데이터의 객관성 및 신뢰성 확보를 위해 작물 전문가인 국립종자원에서 레이블링 수행하여 제공함



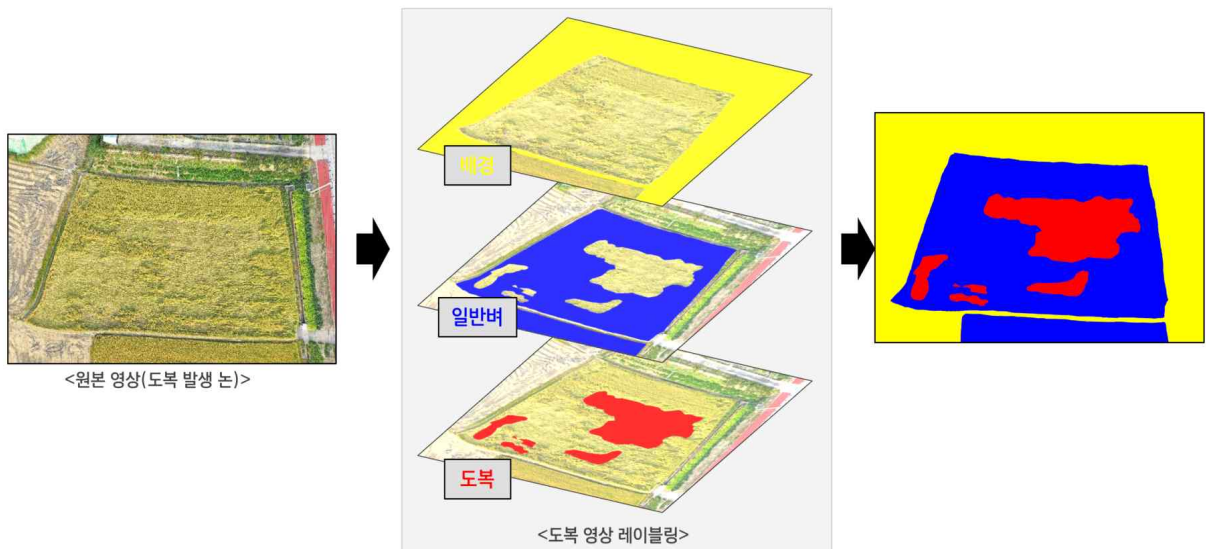
[그림] 개발한 벼 키다리병 레이블링 프로그램 및 결과 예



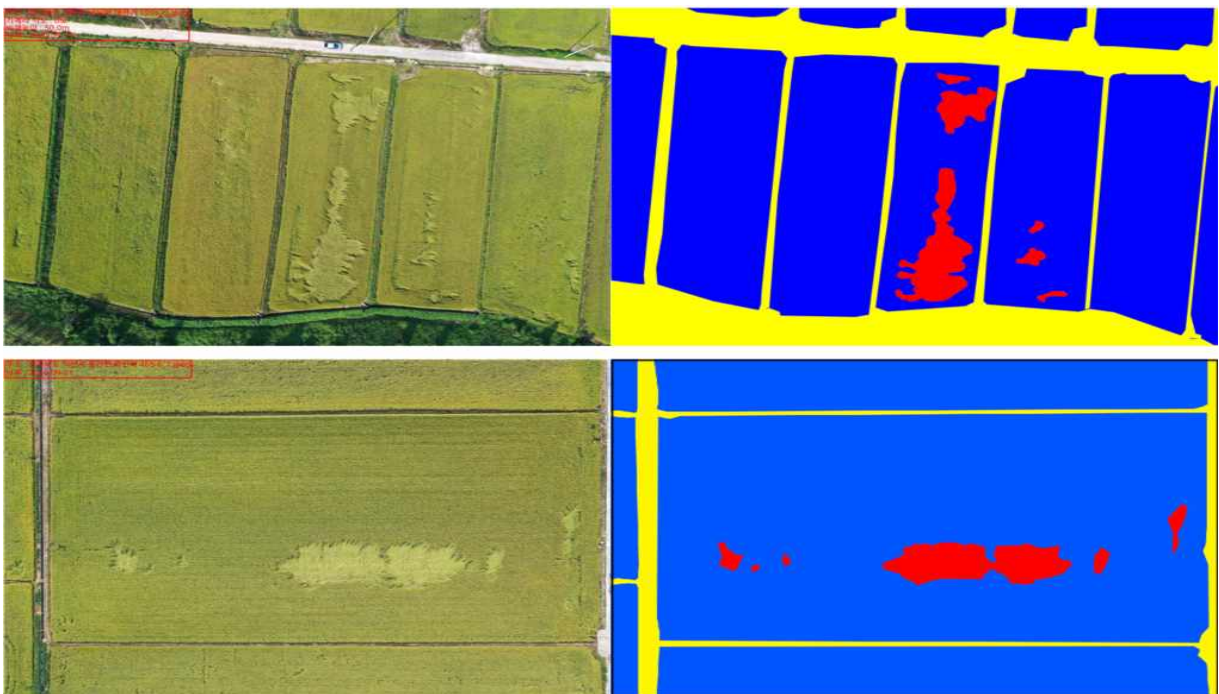
[그림] 벼 키다리병 레이블링 샘플

○ 벼 도복 드론 영상 데이터 레이블링

- 드론으로 촬영한 벼 도복 영상 데이터는 벼 키다리병과는 달리 별도의 전처리를 하지 않고, 필지 내 일반 벼와 도복 피해 영역을 자동판독하기 위해 딥러닝 모델 중 시멘틱 세그멘테이션(semantic segmentation) 기법을 사용함
- 시멘틱 세그멘테이션 기법 사용 시 사용되는 데이터는 영상 내 모든 픽셀에 클래스를 부여하는데 도복과 일반벼의 오분류 감소 및 정확도를 재고하기 위해 배경(노란), 일반 벼(파란), 도복(빨간) 등 3가지의 클래스로 구성 후 다음과 같은 절차를 통해 레이블링을 수행함



[그림] 벼 도복 드론 영상 레이블링 과정

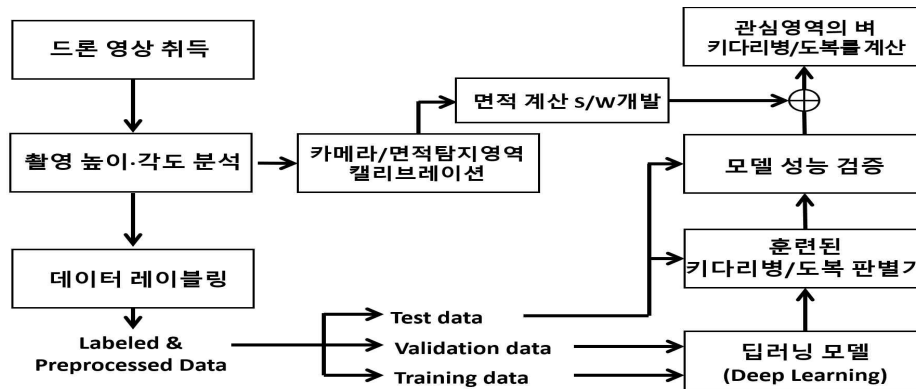


[그림] 벼 도복 레이블링 샘플(왼쪽:원본 영상, 오른쪽:레이블링 영상)

□ 딥러닝 모델을 이용한 벼 키다리병 및 도복 자동판독 알고리즘 개발

○ 벼 키다리병 및 도복 자동판독 딥러닝 알고리즘 절차

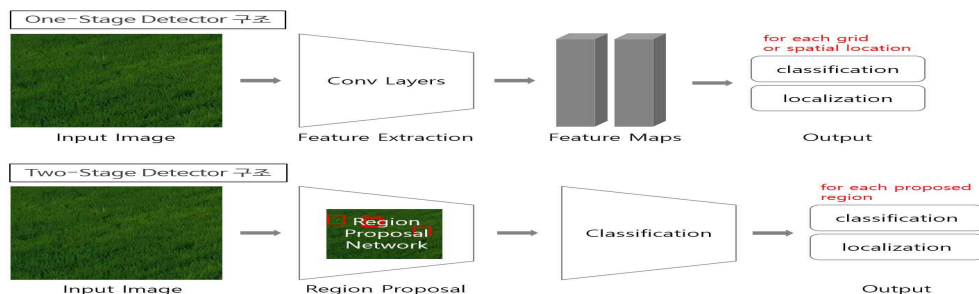
- 최근 GPU 등과 같은 컴퓨터 하드웨어의 발전으로 고속 연산 가능 및 대용량 데이터 수집, 제공이 가능해짐으로 딥러닝 모델 개발 및 응용 분야에서 다양한 연구가 진행됨. 그중 영상 분석 분야의 객체 인식과 검출, 세그멘테이션 기법의 성공은 다양한 문제에 대하여 해결 및 과거의 비전기술 방법의 패러다임을 변화시켰고 수많은 성공사례를 가능하게 제시함
- 딥러닝을 이용한 벼 키다리병 및 도복 자동판독 기술 및 소프트웨어 개발은 다음과 같은 진행 단계를 통해 개발됨. 드론을 통해 필지를 촬영한 영상을 수집하여 벼 키다리병과 도복 데이터로 구분 후 각 데이터 특성에 따라 촬영 높이·각도 계산 및 레이블링을 수행함. 수행된 데이터들은 학습, 검증, 그리고 평가데이터로 구성 후 딥러닝 모델을 학습 후 평가데이터를 통해 모델 성능 평가를 진행함
- 우수한 성능을 나타낸 학습 결과를 통해 도출된 결과와 카메라/면적탐지영역의 캘리브레이션을 통해 획득한 면적 계산 결과를 결합하여 관심 영역에 대한 벼 키다리병 발병률 및 도복률을 계산함



[그림] 드론 영상기반 자동판독 기술개발 진행 단계

○ 벼 키다리병 자동판독 딥러닝 알고리즘 개발

- 딥러닝 객체검출은 합성곱 신경망을 백본 네트워크(backbone network)로 구성하여 입력 영상 내 특징을 추출 및 분석한 결과를 이용하여 객체의 위치(localization) 및 인식(recognition) 문제를 학습을 통해 해결하는 방식임. 객체 후보 영역을 찾는 방법에 따라 One-stage 검출기와 Two-stage 검출기로 구분됨



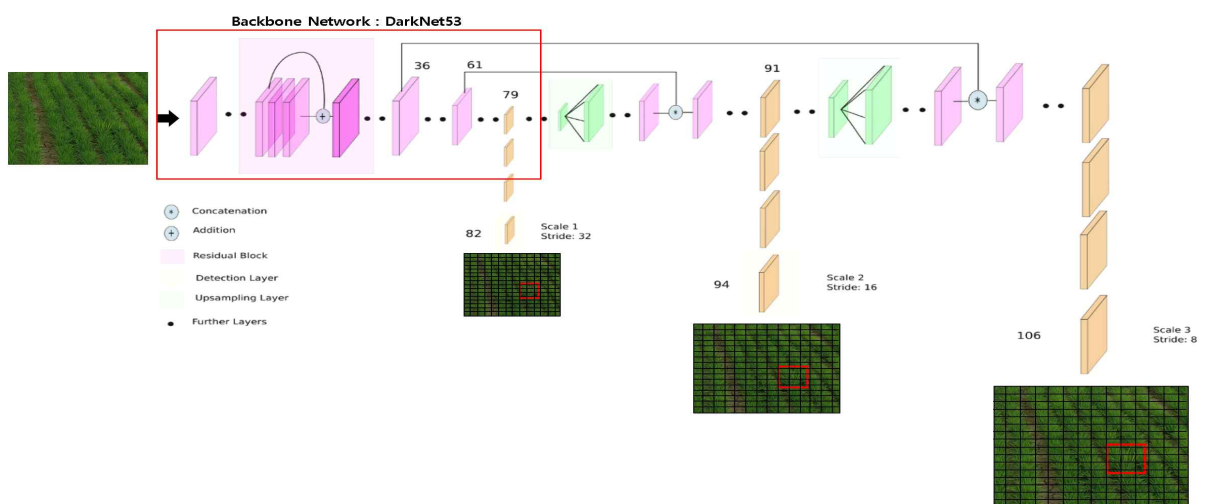
[그림] 딥러닝 객체검출 구조 비교

- One-stage 검출기는 백본 네트워크인 합성곱 신경망(Convolutional Neural Network)를 통해 입력 영상 내 공간적인 특징 추출 및 분석한 특징맵을 기반으로 객체의 위치와 인식 문제를 동시에 해결하는 방법임
- Two-stage 검출기는 One-stage 검출기와 유사한 구조로 백본 네트워크인 합성곱 신경망을 통해 공간적인 특징 추출 및 분석한 특징맵에서 선택적 검색(Selective Search), 에지 박스(Edge box), RPN(Region Proposal Network) 등과 같은 다양한 방법을 통해 다수개의 객체의 후보 영역을 선정 후 분류기를 통해 인식 문제를 해결하는 방법임
- One-stage 검출기는 Two-stage 검출기보다 실시간 검출 성능이 높지만 정확도 측면에서 낮은 성능을 보였지만, 현재 다양한 기법들이 적용되어 Two-stage 검출기와 유사한 정확도를 나타내고 있음
- 벼 키다리병 자동판독 딥러닝 알고리즘 개발을 위해 객체검출 공개 데이터인 Pascal VOC로 평가한 결과를 비교하여 우수한 성능을 나타낸 YOLOv3 모델을 선정함

[표] Pascal VOC 데이터 기반 객체검출 모델 성능 비교

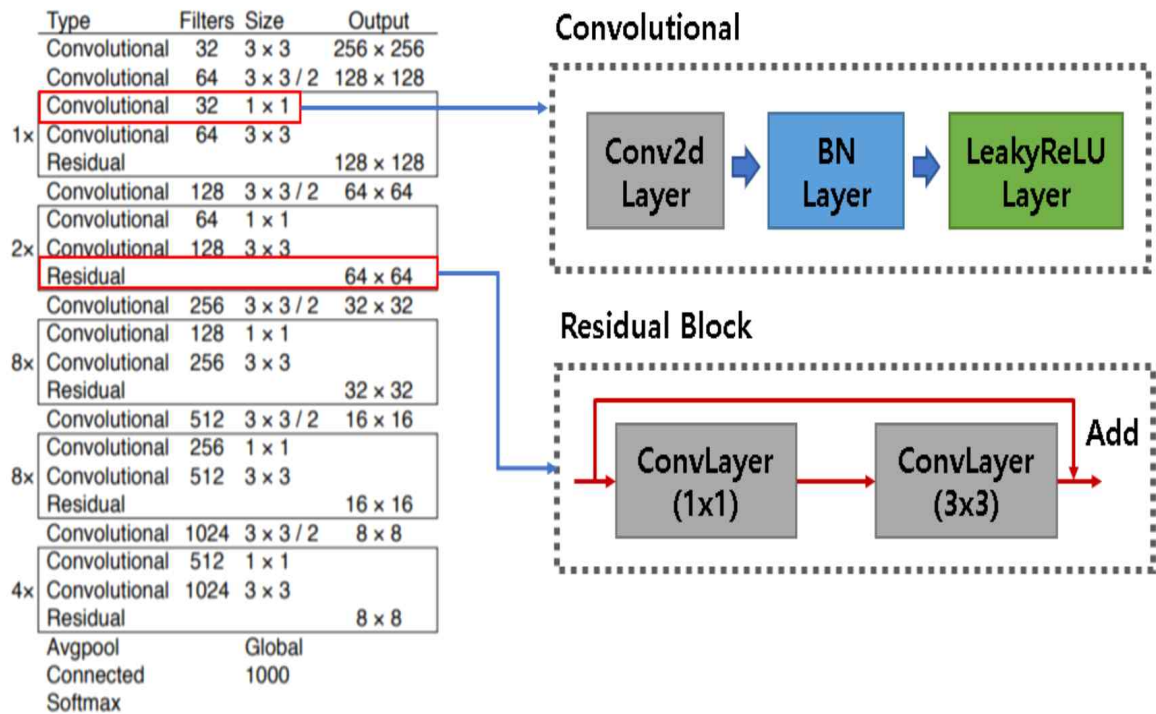
딥러닝 객체검출 모델	백본 네트워크	검출 성능(mAP)	FPS
Faster R-CNN	ResNetv2 101	74.63%	7
FPN(Feature Pyramid Network)	ResNetv2 101	75.89%	6
Bi-FPN	ResNetv2 101	76.04%	23
YOLOv2	DarkNet53	78.6%	40
YOLOv3	DarkNet53	80.15%	35

- YOLOv3 딥러닝 모델은 FPN 모델의 multi-scale feature map을 획득하는 방법과 유사한 형태로 서로 다른 3개의 scale의 feature map에서 N×N 그리드(grid)로 나눈 후 각 셀에 M 개의 anchor box를 이용하여 객체를 검출 후 NMS(Nom-Maximum Suppression)를 통해 객체의 위치와 인식을 동시에 수행함



[그림] DarkNet 53을 백본 네트워크로 사용하는 YOLOv3 모델 구조

- YOLOv3 딥러닝 모델의 백본 네트워크는 shortcut connection이 추가된 53개의 레이어를 가진 DarkNet53을 사용함. DarkNet53은 ResNetv2 101보다 1.5배 빠르고, ResNetv2 152와 유사한 인식성능을 나타냄

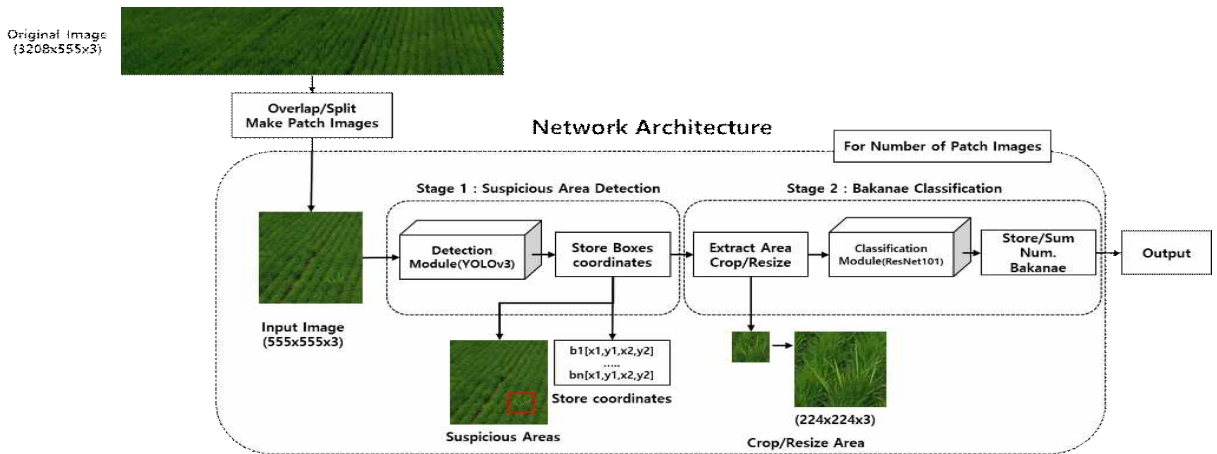


[그림] DarkNet 53구조

- 벼 키다리병이 발병된 주수는 분열을 통해 하나의 주수에서 앞이 1개 또는 2개로 구성되는 모호한 특징을 가지고 있어서 단순히 YOLOv3 딥러닝 모델만으로 키다리병 발병률 계산의 어려움과 주변 환경으로 인한 오검출이 존재함
- 본 연구에서는 YOLOv3 딥러닝 모델을 통해 키다리병 포기 영역을 검출하고, 검출된 영역 내 키다리병 주수 분류 후 발병률을 계산하는 구조를 개발함

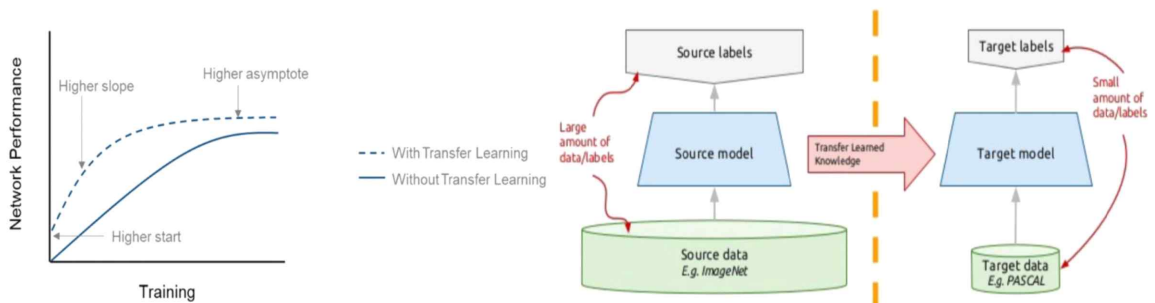


[그림] 키다리병 발병된 하나의 주수에 대한 영상 샘플



[그림] 개발한 벼 키다리병 포기영역 검출 및 주수 분류 모델

- 3208×555 크기의 입력 영상을 딥러닝 모델 사용 시 양질의 대량 데이터와 매개변수 최적화의 어려움이 존재하여 ImageNet 데이터로 사전 학습한 모델을 사용하는 전이학습 (transfer learning)을 사용함. 전이학습은 특정 분야에서 학습된 신경망의 일부 가중치를 이용하여 새로운 데이터에 대하여 학습하는 방법으로 성능 고도화의 이점이 존재함



[그림] 전이학습 성능 비교 및 적용과정

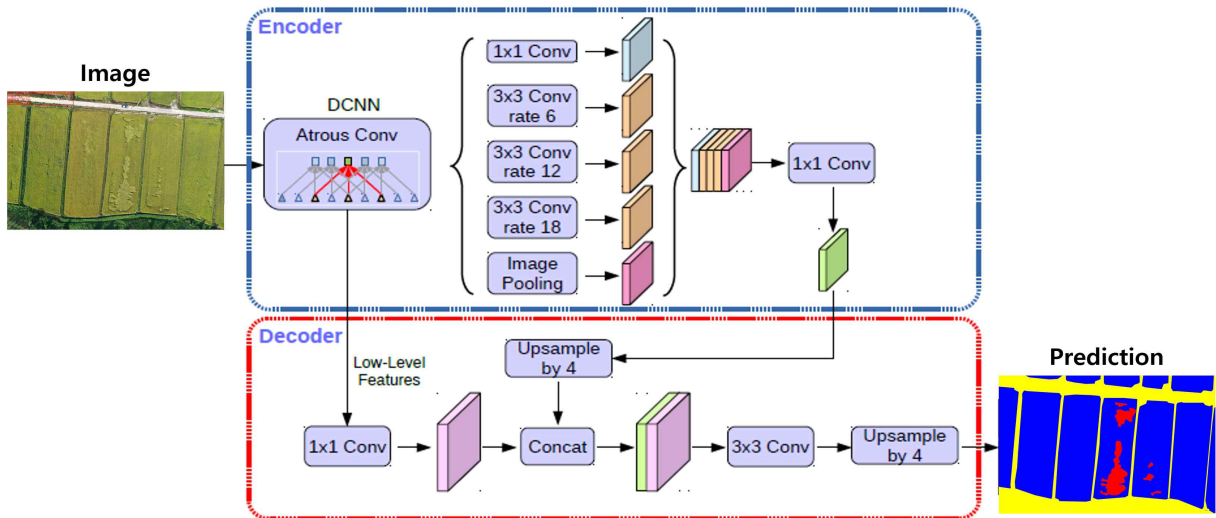
- 전이학습 적용을 위해 3208×555 크기의 입력 영상을 555×555 크기 영상으로 분할 하는데 키다리병 레이블링의 손실을 최소화하기 위해 세로 55 크기로 교차(overlap)하여 패치 분할 데이터를 생성함



[그림] 555×555 크기의 패치 분할 데이터 생성과정

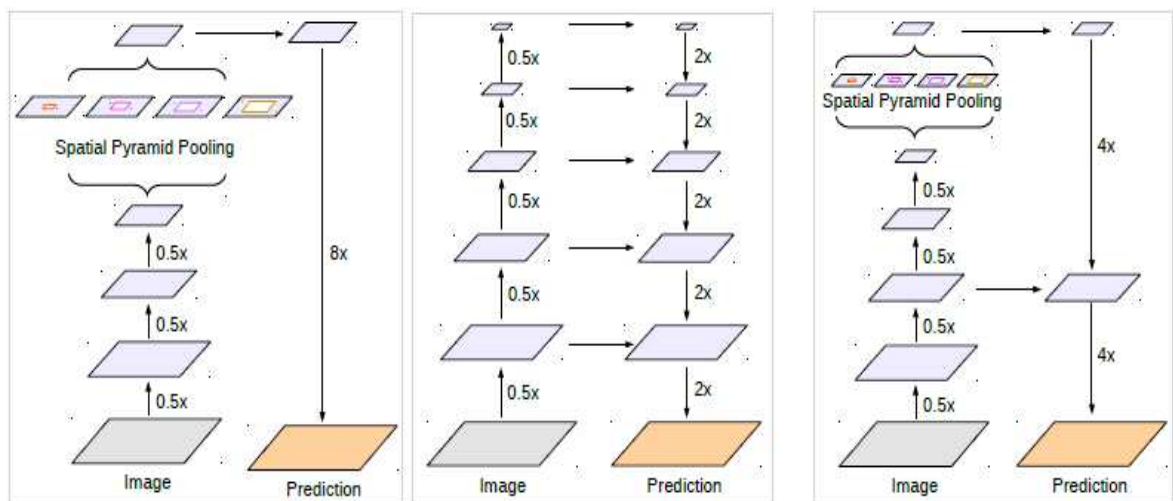
○ 벼 도복 자동판독 딥러닝 알고리즘 개발

- 벼 도복 자동판독 딥러닝 알고리즘 개발에서는 시멘틱 세그멘테이션 모델 중 DeepLabV3+ 모델을 활용하는데 DeepLabV+ 모델은 Encoder-Decoder 구조로 구성되어 있음
- 일반적으로 Encoder-Decoder 네트워크는 특징 맵을 점진적으로 줄이고 더 높은 의미 정보를 캡처하는 인코더 모듈과 공간 정보를 점진적으로 복구하는 디코더 모듈이 포함되는데 DeepLabV3+ 모델에서는 더 선명한 분할을 얻기 위해 spatial pyramid pooling 기법, atrous convolution 구조, 그리고 multi-scale feature map 활용함



[그림] DeepLabV3+ 모델을 사용한 벼 도복 자동판독 모델

- DeepLabV3+ 모델은 인코더 모듈에서 atrous convolution을 통해 임의의 해상도로 특징을 추출 및 분석을 수행하여 다양한 정보를 추출할 수 있으며, 세부적인 객체 경계는 단순하지만, 효과적인 디코더 모듈에 의해 복구가 됨



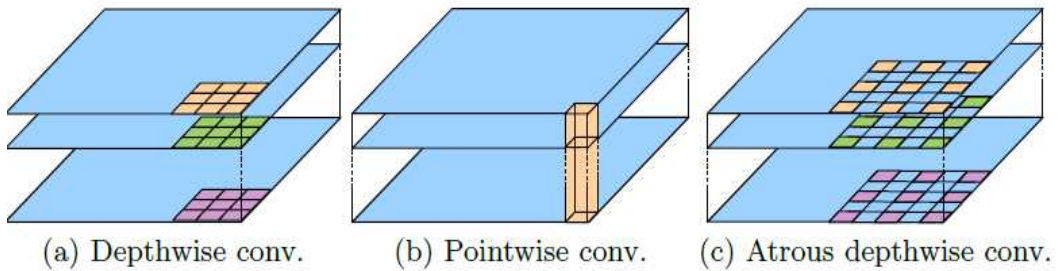
(a) Spatial Pyramid Pooling

(b) Encoder-Decoder

(c) Encoder-Decoder with Atrous Conv

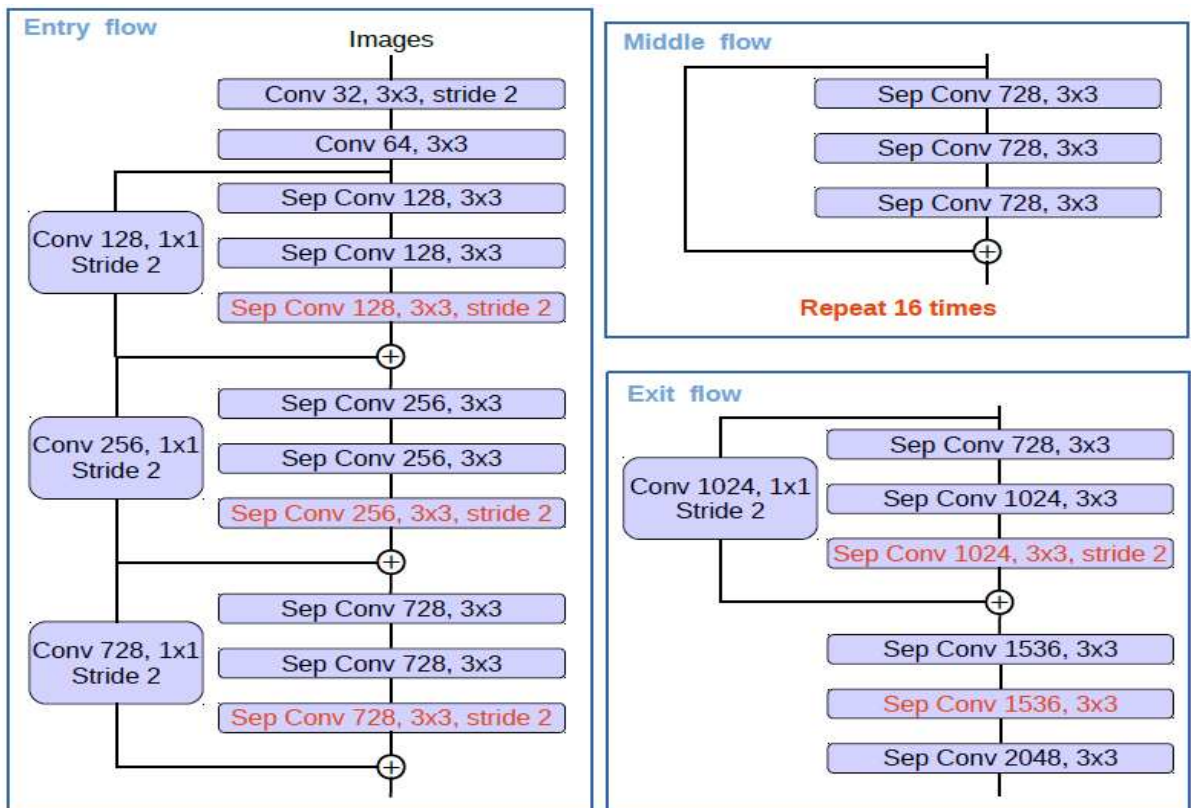
[그림] Encoder-Decoder 구조

- 벼 도복 피해 면적의 공간적인 특징을 추출하기 위해 convolution 구조를 사용하는데 일반적으로 Depthwise convolution 구조를 사용함. Depthwise convolution은 각 입력 채널에 대한 단일 필터 적용으로 커널 사이즈에 대한 공간적인 특징을 추출 및 분석함
- 다른 convolution 구조는 pointwise convolution으로 채널 간 depthwise convolution의 결합 구조를 가짐. 본 연구에서는 벼 도복 피해 면적의 주변환경의 오류 완화와 선명한 분할을 수행하기 위해 rate=2인 atrous depthwise convolution을 사용함



[그림] 다양한 convolution 구조

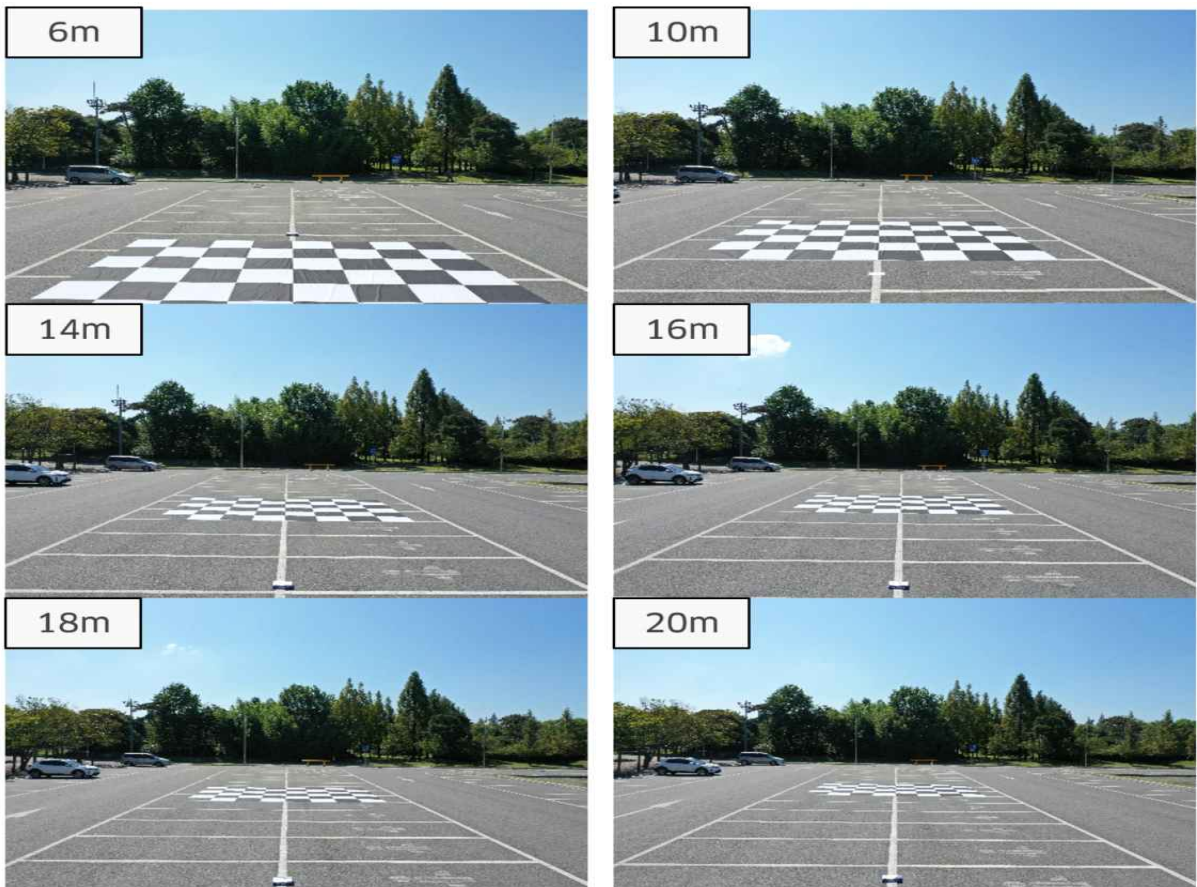
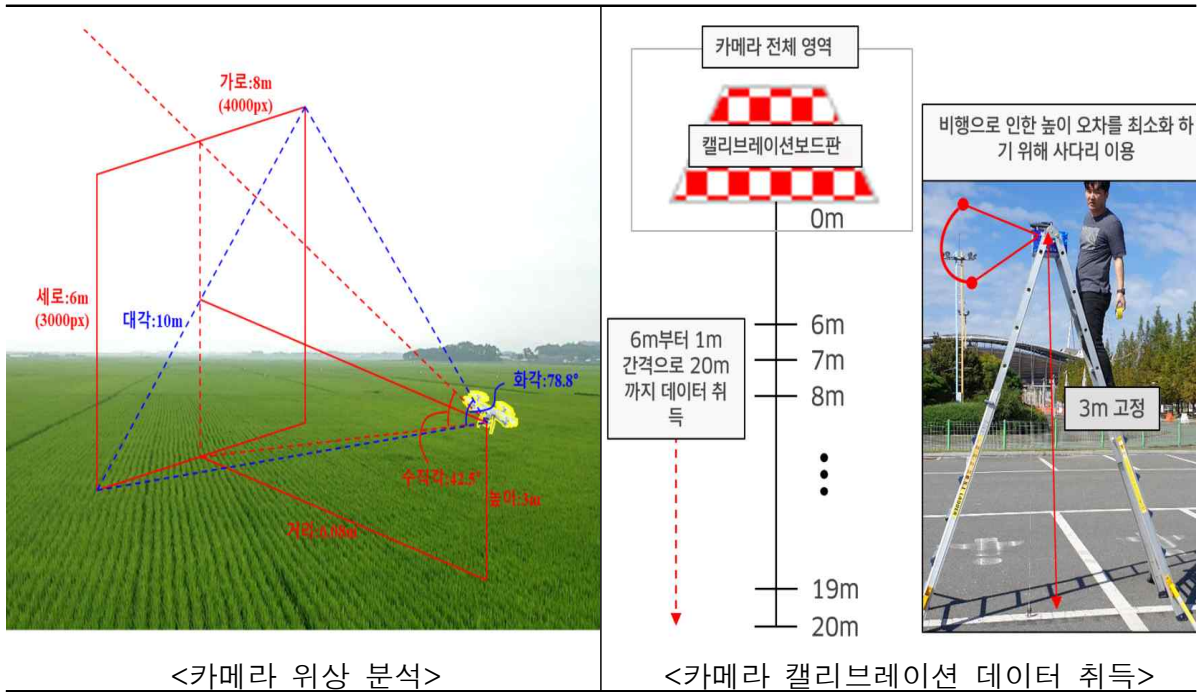
- 입력영상의 공간적인 특징 추출 성능 고도화를 위해 기존 Xception 모델을 변형하여 더 많은 레이어를 추가하여 깊은 네트워크를 구성하는데 모듈 중 Max-pooling이 striding과 함께 depthwise separable convolution 구조로 대체하고, batch normalizaiton과 activation function인 ReLU는 MobileNet과 유사하게 추가함



[그림] 벼 도복 자동판독 모델 내부 공간적인 특징 추출 및 분석 구조

○ 드론 영상 면적 계산을 위한 카메라 캘리브레이션 기술 개발

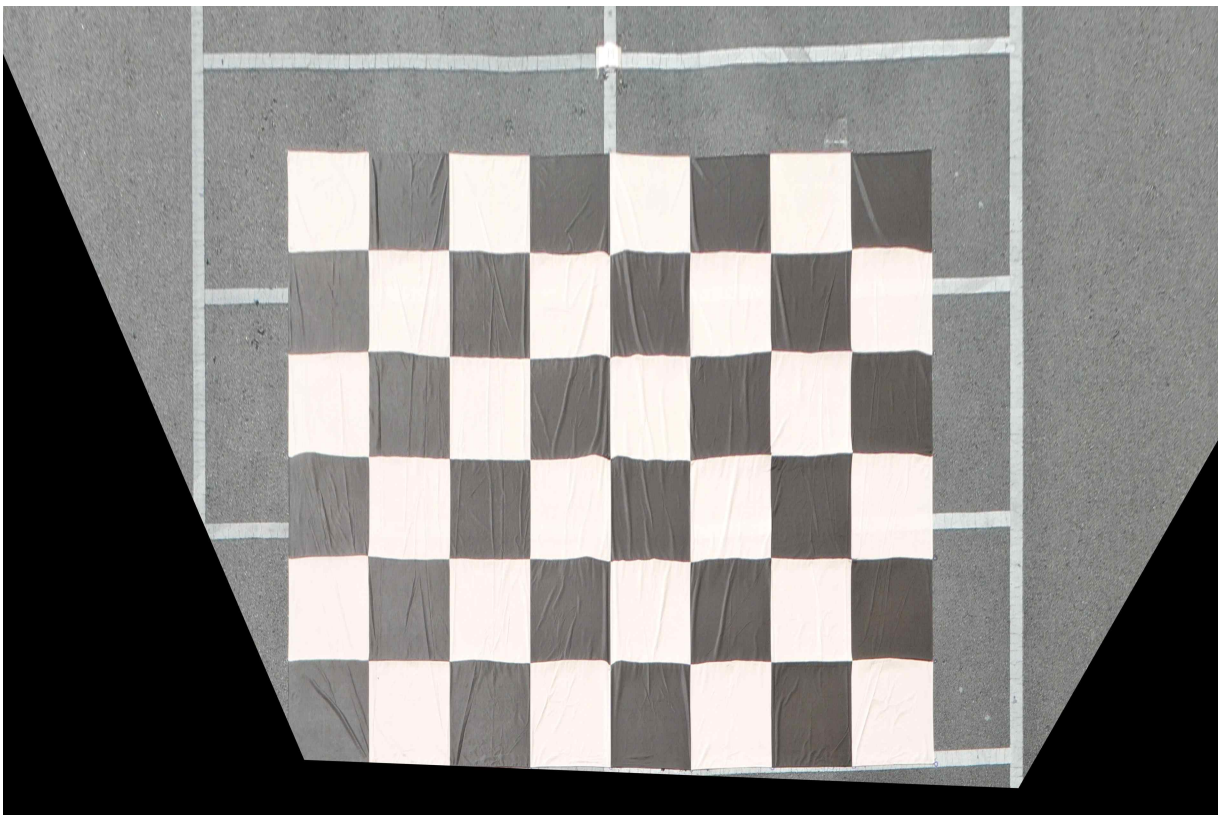
- 드론으로 촬영한 영상을 통해 면적 계산 시 높은 정밀도로 계측하기 위해서는 카메라 렌즈를 교정해야 하므로 별도 제작한 6m×8m 교정 플레이트를 이용함



[그림] 거리에 따른 캘리브레이션 교정 플레이트 촬영 사진



[그림] 원본영상(카메라로부터 플레이트까지 거리 : 6m)

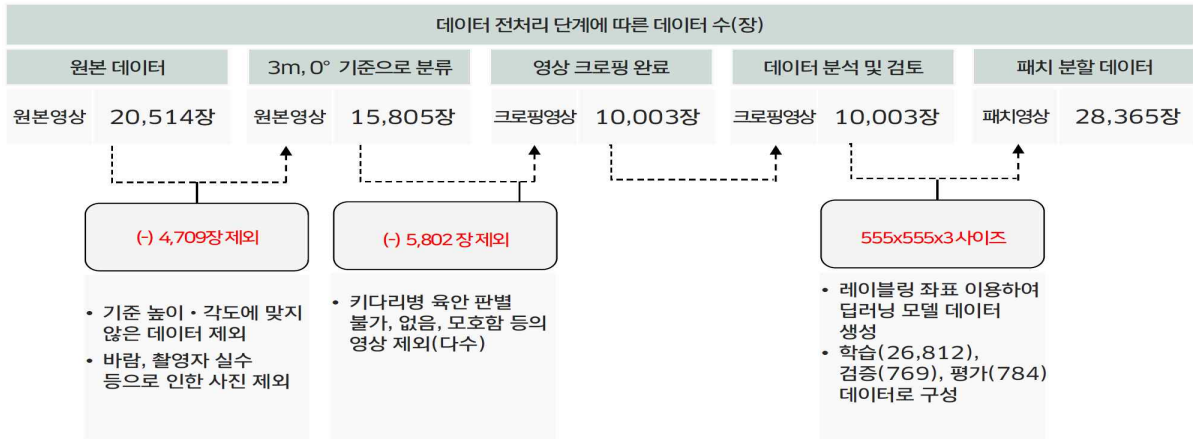


[그림] 투영 변환으로 영상 교정 결과

□ 딥러닝 모델을 이용한 벼 키다리병 및 도복 자동판독 소프트웨어 개발

○ 벼 키다리병 자동판독 딥러닝 모델 학습 및 평가

- 개발한 벼 키다리병 자동판독 딥러닝 알고리즘에 대하여 학습, 검증, 그리고 평가를 진행하기 위해 수집한 데이터 66,470장 중 중복 데이터 제외, 육안판별 불가, 키다리병 미 존재 등과 같은 1차 전처리 단계를 거쳐 사용 가능 데이터 20,514장을 추출함. 추출한 데이터는 전처리 단계를 통해 패치 분할 데이터를 생성함



[그림] 벼 키다리병 자동판독을 위한 패치 분할 데이터 생성 과정

- 생성된 패치 분할된 데이터는 총 28,365장으로 학습 26,812장, 검증 769장, 그리고 평가 784장으로 구성하고 다음과 같은 매개변수를 통해 YOLOv3 모델 학습을 진행함

[표] YOLOv3 모델 학습 매개변수

매개변수	방법
batch size	5
Total epoch	120
Batch normalization	True
Batch normalization decay	0.99
Weight decay	5e-4
Learning rate	1e-4
Cosine learning rate decay	True
NMS threshold	0.45
Pre-train weight	ImageNet
loss function	Focal loss($\alpha=0.25, \gamma=2$)

- 학습에 사용된 데이터는 26,812장으로 검출 성능 고도화를 위해 Mixup, label smoothing, 그리고 data shuffle 기법을 적용함. Mixup은 데이터 증강(data augmentation) 기법의 하나로 두 개의 이미지를 사용하여 서로 다른 coefficient ratios 곱한 후 중첩된 ratios로 레이블을 조정하는 방법임

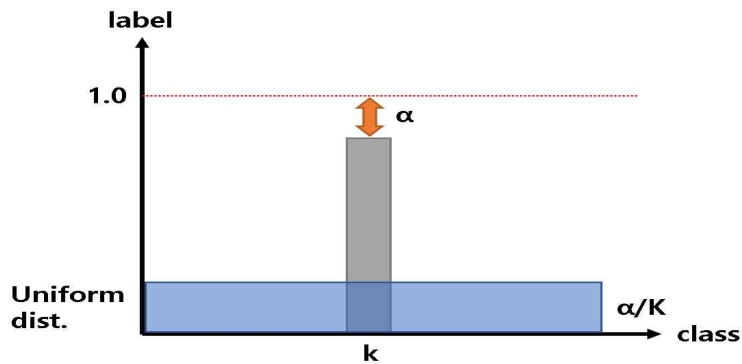
$$\begin{aligned}\hat{x} &= \lambda x_i + (1 - \lambda)x_j, \\ \hat{y} &= \lambda y_i + (1 - \lambda)y_j,\end{aligned}$$

where $\lambda \in [0, 1]$ is a random number



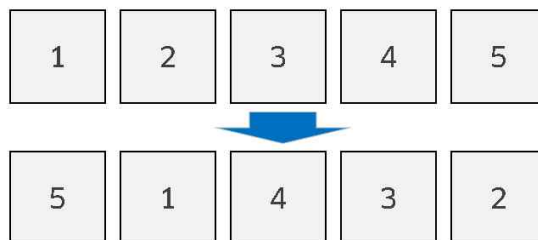
[그림] Mixup 데이터 증강 과정

- label smoothing 기법은 데이터 정규화(regularization) 기술 가운데 하나로 간단한 방법이면서 모델의 일반화 성능을 높여줌. 예를 들어 객체검출에 사용되는 레이블은 Hard target[0,1,0,0]을 Soft target[0.025, 0.925, 0.025, 0.025]으로 변환하는데 정답 K가 차지하는 비중을 줄이면서 나머지 클래스에 대해 α/K 만큼의 uniform 분포를 제공하여 발생할 수 있는 레이블 노이즈에 대해 사전 분포를 적용한 것임



[그림] Label smoothing 기법

- 학습 전체 데이터는 batch size를 통해 순서가 있는 데이터로 구성되어 학습을 수행함. 하지만 동일한 순서의 데이터를 학습 시 주변 순서의 데이터가 동일한 경우 과적합(Overfitting)이 발생하는 문제가 존재함. 이를 해결하기 위해 data shuffle 기법은 매 epoch마다 학습 데이터의 순서를 랜덤하게 재구성하는 기법으로 학습 시 과적합(Overfitting) 방지 해결 및 학습 성능을 높일수 있는 이점이 있음



[그림] Data shuffle 기법 적용

- 벼 키다리병 포기영역 검출 성능 평가는 mAP(mean Average Precision) 지표를 사용함. mAP는 객체검출 모델의 성능 평가에 사용되는 지표로 평균 정밀도(average precision)를 이용하여 평가함. 평균 정밀도는(precision-recall) 그래프 아래 영역에 해당하며 재현율(recall)은 [0,0.1,0.2,...,1]과 같이 일정한 간격을 가짐

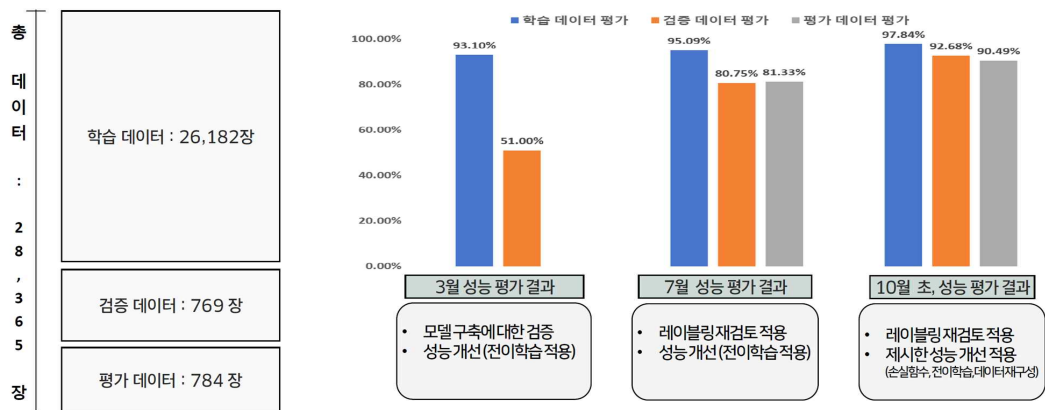
$$AP = \frac{1}{11} \sum_{r \in (0,0.1,0.2,\dots,1)} P_{interp}(r)$$

$$P_{interp}(r) = \max_{\hat{r} \geq r} P(\hat{r})$$

$$IoU = \frac{area(gt_{box} \cap tr_{box})}{area(gt_{box} \cup tr_{box})}$$

- 여기서 $P_{interp}(r)$ 은 r보다 큰 재현율에 대한 최대 정밀도, $P(\hat{r})$ 은 재현율 \hat{r} 에서 평가된 정밀도, AP는 모든 재현율 범위에 대한 $P_{interp}(r)$ 을 평균으로 계산함. IoU(Intersetction over Union)은 실측 경계상자(gt_{box})와 예측한 경계상자(tr_{box})의 면적에 대한 합집합 내 교집합 비율을 계산하기 위해 사용됨

- 평가데이터 784장에 mAP 지표를 통해 벼 키다리병 포기영역 검출 성능은 90.49%를 확인함. 이를 통해 레이블 영역(노란 박스)과 예측 영역(빨간 박스)에 대하여 비교한 결과 오검출 및 미검출은 존재하지만, 주변 환경의 오분석 완화 및 신뢰성 있는 결과 획득 가능하다고 판단됨

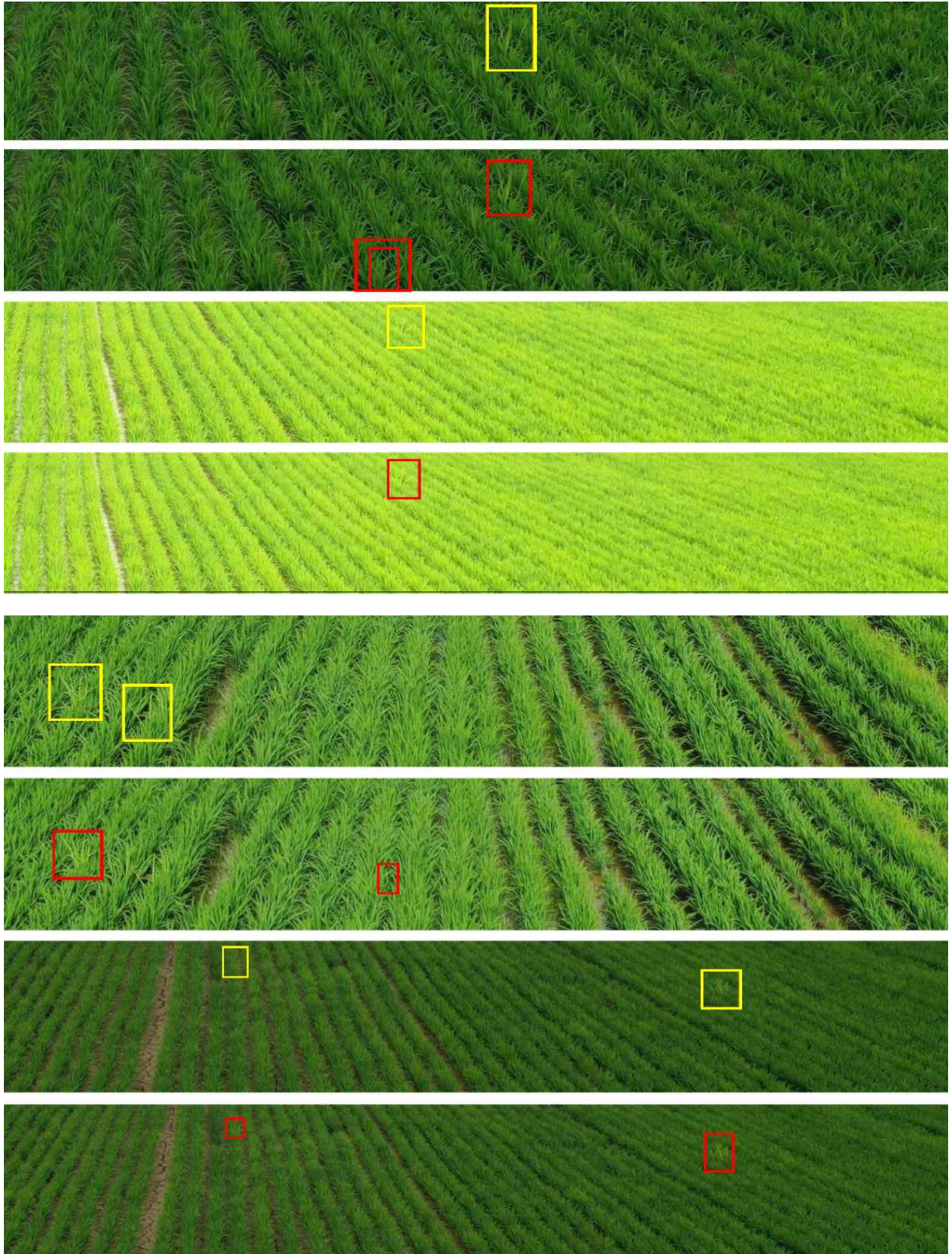


[그림] YOLOv3 모델 기반 벼 키다리병 포기영역 검출 성능 결과



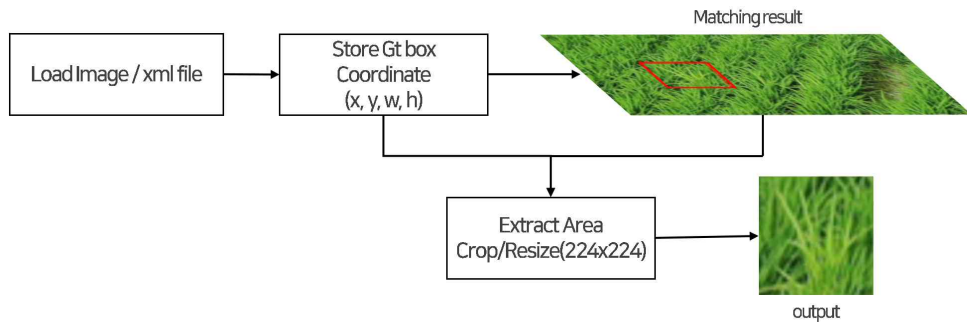
[그림] 패치 분할 데이터 기반 벼 키다리병 포기영역 검출결과

- 패치 분할 데이터를 통해 예측된 키다리병 포기영역은 좌표 정보는 NMS(Non-Maximum Suppression)를 통해 재구성 후 원본 입력 영상(3208×555)에 투영한 결과는 다음과 같음

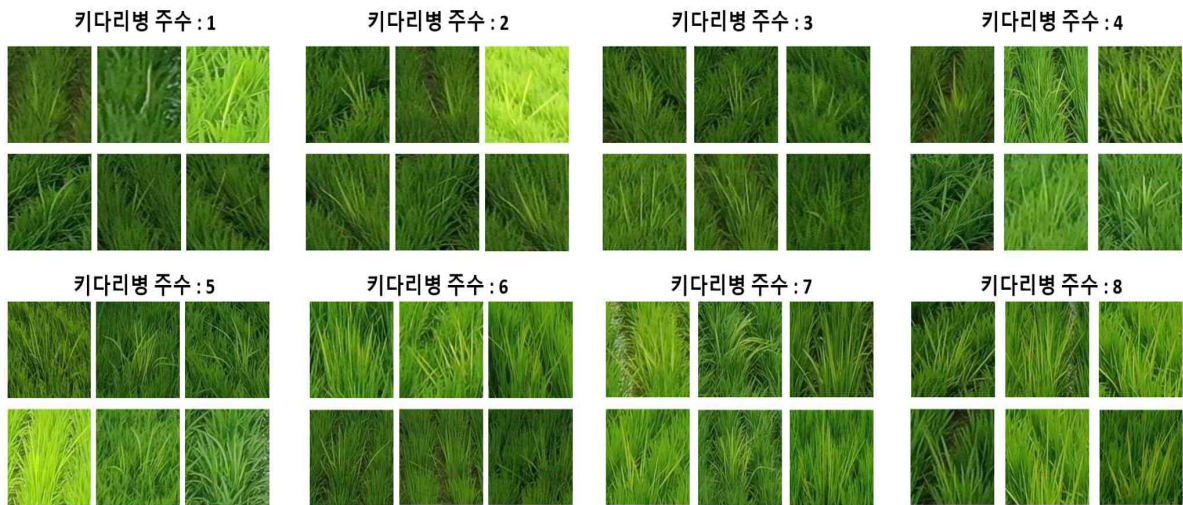


[그림] 3208×555 크기 영상 기반 벼 키다리병 포기영역 검출결과

- YOLOv3 모델을 통해 검출한 벼 키다리병 포기영역 내 주수 분석을 위해 레이블링 영역의 좌표를 입력 영상에 투영 후 영상을 추출하여 분류함. 분류 시 수집한 데이터에서는 키다리병이 1~8 주수로 분류되었고, 그에 따른 특징을 분석함



[그림] 영상과 레이블링을 이용한 벼 키다리병 포기영역 추출 과정



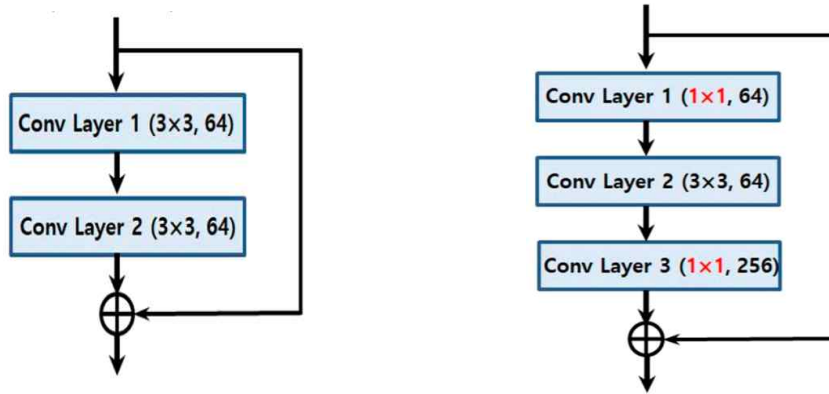
[그림] 추출된 벼 키다리병 포기영역 영상 주수 분류 결과

- 추출된 벼 키다리병 포기영역 내 주수는 분열로 인해 모호한 특성이 있으므로 비전기술, 확률 및 퍼지 기반, 영상처리 기법 적용의 어려운 점이 존재함. 이에 대해 공간적 특징 추출 및 분석을 강인하게 수행하는 합성곱 신경망을 이용하여 키다리병 주수 분류를 수행함
- 합성곱 신경망을 이용하기 위해 추출된 벼 키다리병 포기영역 영상 주수 데이터 수를 확인한 결과, 6~8주의 데이터는 약 1,000개 미만인 데이터로 데이터 수 부족과 과적합 문제 발생으로 인해 키다리병 주수 분류에는 1~5주의 데이터로 사용 범위를 결정함

[표] 추출된 벼 키다리병 포기영역 영상 데이터

키다리병 주수	1	2	3	4	5	6	7	8
데이터 수	4,190	9,106	9,701	6,629	1,678	372	127	23

- 합성곱 신경망은 깊이가 깊을수록 수용체(receptive field)가 높아져 공간적인 특징 추출에 강인한 이점을 가지고 있어서 본 연구에서는 ResNet 구조를 이용함
- ResNet 네트워크는 잔여 블록(residual block) 구조를 사용하여 구조의 복잡성 감소와 기울기 소실 및 증가 문제를 해결하여 현재까지 사용되고 있는 네트워크로 최소 18층 최대 200층까지 구성되어 있음



ResNet 18/34 구조 잔여 블록

ResNet 50/101/152 구조 잔여 블록

[그림] ResNet 네트워크 내 잔여 블록 구조

layer name	output size	18-layer	34-layer	50-layer	101-layer	152-layer
conv1	112×112	7×7, 64, stride 2				
		3×3 max pool, stride 2				
conv2_x	56×56	$\begin{bmatrix} 3 \times 3, 64 \\ 3 \times 3, 64 \end{bmatrix} \times 2$	$\begin{bmatrix} 3 \times 3, 64 \\ 3 \times 3, 64 \end{bmatrix} \times 3$	$\begin{bmatrix} 1 \times 1, 64 \\ 3 \times 3, 64 \\ 1 \times 1, 256 \end{bmatrix} \times 3$	$\begin{bmatrix} 1 \times 1, 64 \\ 3 \times 3, 64 \\ 1 \times 1, 256 \end{bmatrix} \times 3$	$\begin{bmatrix} 1 \times 1, 64 \\ 3 \times 3, 64 \\ 1 \times 1, 256 \end{bmatrix} \times 3$
conv3_x	28×28	$\begin{bmatrix} 3 \times 3, 128 \\ 3 \times 3, 128 \end{bmatrix} \times 2$	$\begin{bmatrix} 3 \times 3, 128 \\ 3 \times 3, 128 \end{bmatrix} \times 4$	$\begin{bmatrix} 1 \times 1, 128 \\ 3 \times 3, 128 \\ 1 \times 1, 512 \end{bmatrix} \times 4$	$\begin{bmatrix} 1 \times 1, 128 \\ 3 \times 3, 128 \\ 1 \times 1, 512 \end{bmatrix} \times 4$	$\begin{bmatrix} 1 \times 1, 128 \\ 3 \times 3, 128 \\ 1 \times 1, 512 \end{bmatrix} \times 8$
conv4_x	14×14	$\begin{bmatrix} 3 \times 3, 256 \\ 3 \times 3, 256 \end{bmatrix} \times 2$	$\begin{bmatrix} 3 \times 3, 256 \\ 3 \times 3, 256 \end{bmatrix} \times 6$	$\begin{bmatrix} 1 \times 1, 256 \\ 3 \times 3, 256 \\ 1 \times 1, 1024 \end{bmatrix} \times 6$	$\begin{bmatrix} 1 \times 1, 256 \\ 3 \times 3, 256 \\ 1 \times 1, 1024 \end{bmatrix} \times 23$	$\begin{bmatrix} 1 \times 1, 256 \\ 3 \times 3, 256 \\ 1 \times 1, 1024 \end{bmatrix} \times 36$
conv5_x	7×7	$\begin{bmatrix} 3 \times 3, 512 \\ 3 \times 3, 512 \end{bmatrix} \times 2$	$\begin{bmatrix} 3 \times 3, 512 \\ 3 \times 3, 512 \end{bmatrix} \times 3$	$\begin{bmatrix} 1 \times 1, 512 \\ 3 \times 3, 512 \\ 1 \times 1, 2048 \end{bmatrix} \times 3$	$\begin{bmatrix} 1 \times 1, 512 \\ 3 \times 3, 512 \\ 1 \times 1, 2048 \end{bmatrix} \times 3$	$\begin{bmatrix} 1 \times 1, 512 \\ 3 \times 3, 512 \\ 1 \times 1, 2048 \end{bmatrix} \times 3$
	1×1	average pool, 1000-d fc, softmax				
FLOPs		1.8×10^9	3.6×10^9	3.8×10^9	7.6×10^9	11.3×10^9

[그림] 깊이에 따른 ResNet 구조

[표] ResNet 네트워크 학습, 평가를 위한 벼 키다리병 주수 데이터

키다리병 주수	원본 데이터	학습 데이터	검증 데이터	평가 데이터
1	4,190	3,258	838	94
2	9,106	7,087	1,839	180
3	9,701	7,655	1,870	176
4	6,629	5,252	1,265	112
5	1,678	1,282	326	70
합계	31,304	24,534	6,138	632

- 위 표를 통해 구성된 키다리병 데이터를 이용하여 ResNetv2 구조 학습 시 다음과 같은 매개변수를 통해 학습과 검증을 수행함. 분류 성능 평가는 혼동행렬(confusion matrix)을 이용하여 평가를 진행하고, 벼 키다리병 주수에 대한 분류 성능을 검토함

[표] ResNet 네트워크 학습 매개변수

매개변수	방법
Model	50/101/152
Number of classes	5
Batch size	16
Epoch	300
Learning rate	0.001
Pre-train dataset	ImageNet
Learning rate decay rate	0.1
Weight decay	0.0004
Optimizer	Adam
Loss function	Focal loss($\alpha=4.0$, $\gamma=2.0$)
training strategy	
Each epoch dataset shuffle	True
Shift augmentation	True

- 합성곱 신경망 깊이에 따른 성능 변화를 관찰하기 위해 ResNetv2 50/101/152 구조를 학습 후 평가데이터 632장으로 평가를 수행함. 성능 평가 시 ResNetv2 101 구조에서 85.46%로 50과 152 구조와 비교하면 약 4.33%, 9.88% 높게 나온 것을 확인하였고, ResNetv2 152 구조에서 과적합 발생된 것을 확인함

[표] ResNet 네트워크 기반 벼 키다리병 주수 분류 성능 결과

	ResNetv2 50	ResNetv2 101	ResNetv2 152
best epoch	244	213	259
best validation loss	0.6667	1.361	6.594
Validation accuracy	90.84%	93.17%	89.31%
Teset accuracy	81.13%	85.46%	75.58%

- 벼 키다리병 주수 분류 성능이 높게 나온 ResNetv2 101 구조에 대해 각 키다리병 주수 성능을 평가한 결과 키다리병 주수 4개에 대한 성능이 82.14%로 최소 성능을 나타냈고, 키다리병 주수 1개에 대한 성능이 91.48%로 최대 성능을 나타낸 것을 확인함



- 키다리병 주수 : 1개
- 평가 데이터 수 : 94개
- 정 예측 수 : 86
- 오 예측 수 : 8
- 성능 : 91.48%



- 키다리병 주수 : 2개
- 평가 데이터 수 : 180개
- 정 예측 수 : 152
- 오 예측 수 : 28
- 성능 : 84.45%



- 키다리병 주수 : 3개
- 평가 데이터 수 : 176개
- 정 예측 수 : 153
- 오 예측 수 : 23
- 성능 : 86.36%



- 키다리병 주수 : 4개
- 평가 데이터 수 : 112개
- 정 예측 수 : 92
- 오 예측 수 : 20
- 성능 : 82.14%



- 키다리병 주수 : 5개
- 평가 데이터 수 : 70개
- 정 예측 수 : 58
- 오 예측 수 : 12
- 성능 : 82.85%

[그림] ResNetv2 101 구조 기반 벼 키다리병 주수 분류 성능 결과

○ 벼 키다리병 자동판독 소프트웨어 개발

- 벼 키다리병 자동판독 소프트웨어 개발을 위해 국립종자원 내 종자관리요강 벼 포장검사 내용과 사용자 의견 요구사항을 수렴한 내용을 토대로 소프트웨어 개발 진행함
- 소프트웨어는 윈도우 환경에서 동작하고, 언어는 Python, PyQT, Tensorflow, 그리고 OpenCV 라이브러리를 사용하여 개발함

벼 드론영상 자동판독 소프트웨어 UI 구성요소 설계(안)

□ 목적

- 벼 도복 및 키다리병 자동판독 프로그램 개발 일정에 맞춰 실제 벼 포장점사 시 사용하기 편하도록 자동판독 소프트웨어 UI 구성요소 설계

□ 자동판독 소프트웨어

- 벼 도복 및 키다리병 자동판독 소프트웨어(통합)
- 향후 벼 기타병 등 자동판독 프로그램 추가 가능토록 구성

□ 영상데이터 기본정보

- 농가명, 지번, 재배면적 등이 자동판독 시 추가입력 없이 판독결과에 나타날 수 있어야 하며 수정할 수 있어야 함

□ 도복 구성요소

- 원본영상열기 → 판독 대상필지 선택(원본사진의 여러필지 중 판독하고자 하는 필지) → 자동판독(판독결과 이미지 출력 : 도복 레이블링 표시영상) 및 레이블링 수정기능(판독오류 시 활용) → 결과 출력(엑셀 저장) → 영상 및 데이터 저장

〈판독결과 출력 예시〉

농가명	지번	재배면적(a)	도복면적(a)	도복률(%)	판정	합격면적(a)
홍00	김천시 12-1	100	50	50	불합격	0
홍00	김천시 12-2	100	20	20	부분합격	80
홍00	김천시 12-3	100	0	0	합격	100

* 도복 판정 기준 : 전체 재배면적의 도복면적이 1/3(33.3%) 이상 경우 전체 재배면적 불합격 처리, 도복면적이 1/3 미만인 경우 부분합격 처리(근거 : 종자관리요강 벼 포장조건)

□ 키다리병 구성요소

- 원본영상열기(대상필지 선택) → 판독 조사구 선택(대상필지 중 판독하고자 조사구 영역) → 자동판독(판독결과 이미지 출력 : 키다리병주 레이블링 표시영상) 및 레이블링 수정기능(판독오류 시 활용) → 결과 출력(엑셀 저장) → 영상 및 데이터 저장

〈판독결과 출력 예시〉

농가명	지번	재배면적(a)	조사구수	전체주수	키다리병주수	발병률(%)	결과
홍00	김천시12-1	30	3	33,120	3	0.009	합격
홍00	김천시12-2	45	4	44,100	25	0.057	불합격

* 보급종 키다리병주 합격기준 : 키다리병주 최고한도 0.02%(근거 : 종자관리요강 벼 포장사 규격)

*조사구수 : 드론으로 촬영한 한 필지의 영상 수

〈 조사구대비 최고한도 개체 수 예시 〉

구분	조사구당 이삭수(11,040주)		특정병(0.02%)
	면적(a)	조사구	
30.9 까지	3	33,120	6.6
40.0-59.9	4	44,100	8.8
60.0-89.9	5	55,200	11.0
90.0-119.9	6	66,240	13.2

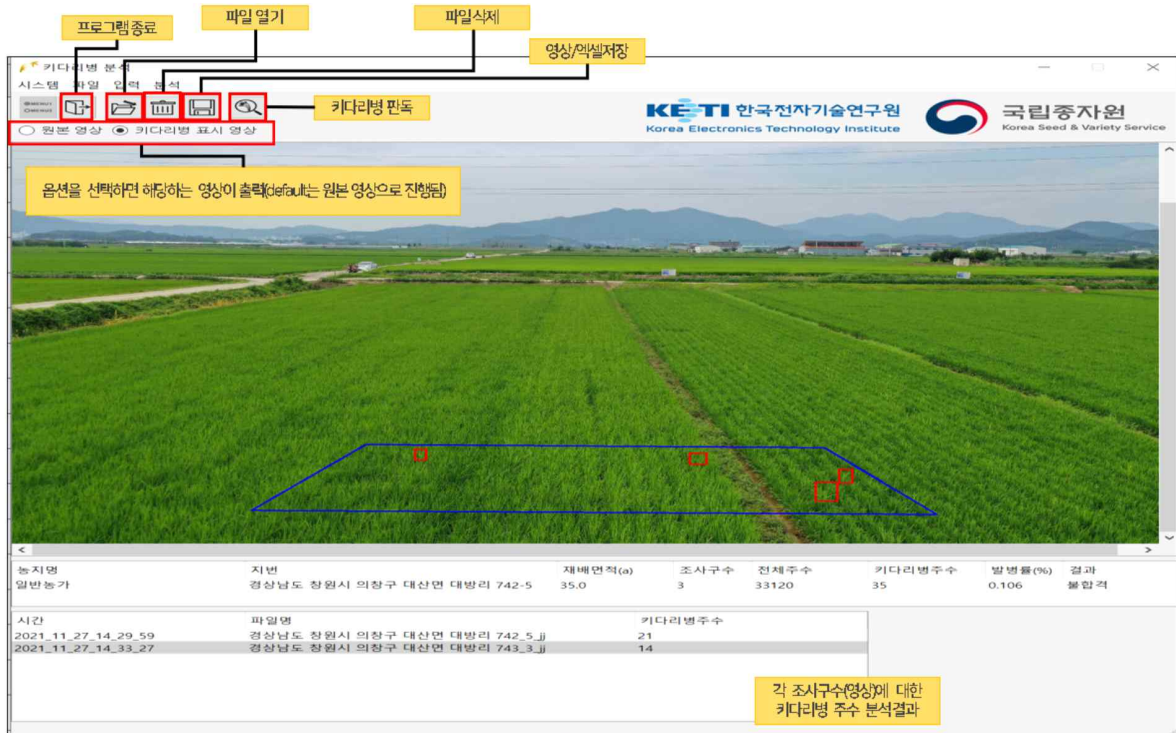
* 조사구 당 총 주수 : 11,040개(벼의 경우 1㎡ 당 20포기, 평균 분얼수 23개, 조사구 폭 6m, 길이 4m(수정가능) 기준, 6m×4m×20×23]

** 면적 40a 포장점사 시 키다리병의 경우 4개의 조사구에서 9주가 발견되면 불합격(1개 조사구 기준 3개 이상이면 불합격)

- 1 -

- 2 -

[그림] 드론영상 자동판독 소프트웨어 개발 설계 명세



[그림] 벼 키다리병 자동판독 소프트웨어 UI

키다리병 분석

시스템 파일 입력 분석

원본 영상 키다리병 표시 영상

KE-TI 한국전자기술연구원 국립종자원
Korea Electronics Technology Institute Korea Seed & Variety Service

농지명	지번	재배면적(a)	조사구수	전체주수	키다리병주수	발병률(%)	결과
일반농가	경상남도 창원시 의창구 대산면 대방리 744	50.0	4	44160	25	0.057	불합격

시간	파일명	키다리병주수
2021_11_27_14_16_23	경상남도 창원시 의창구 대산면 대방리 744_1_jj	10
2021_11_27_14_19_03	경상남도 창원시 의창구 대산면 대방리 744_2_jj	10
2021_11_27_14_21_03	경상남도 창원시 의창구 대산면 대방리 744_3_jj	5
2021_11_27_14_22_21	경상남도 창원시 의창구 대산면 대방리 744_2_jj	

키다리병 분석

시스템 파일 입력 분석

원본 영상 키다리병 표시 영상

KE-TI 한국전자기술연구원 국립종자원
Korea Electronics Technology Institute Korea Seed & Variety Service

농지명	지번	재배면적(a)	조사구수	전체주수	키다리병주수	발병률(%)	결과
일반농가	경상남도 창원시 의창구 대산면 대방리 744	50.0	4	44160	25	0.057	불합격

시간	파일명	키다리병주수
2021_11_27_14_16_23	경상남도 창원시 의창구 대산면 대방리 744_1_jj	10
2021_11_27_14_19_03	경상남도 창원시 의창구 대산면 대방리 744_2_jj	10
2021_11_27_14_21_03	경상남도 창원시 의창구 대산면 대방리 744_3_jj	5
2021_11_27_14_22_21	경상남도 창원시 의창구 대산면 대방리 744_2_jj	

[그림] 벼 키다리병 자동판독 소프트웨어 실행 결과

○ 벼 도복 자동판독 딥러닝 모델 학습 및 평가

- 벼 도복 자동판독 딥러닝 알고리즘에 대하여 학습, 검증, 그리고 평가를 진행하기 위해 수집한 데이터 2,718장 중 중복 데이터 제외, 필지 잘림, 육안판별 불가 등과 같은 1차 전처리 단계를 거치고 랜덤하게 선택한 816장을 사용함
- 딥러닝 모델은 수많은 매개변수 조정과 양질의 대량 데이터를 사용하여 학습할 경우 최적의 성능을 나타내지만, 최적화를 위한 시간적 소요가 크기 때문에 공개 데이터 중 ImageNet을 사용하여 ResNetv2 101 구조를 사전 학습한 결과를 이용하여 공간적인 특징을 추출하는 전이학습 방법과 매 epoch 시 학습 데이터의 순서를 무순위로 재구성하는 방법을 적용함
- 816장에 대해 학습 748장, 검증 40장, 그리고 평가 28장으로 구성하고 다음과 같은 매개변수를 통해 DeepLabV3+ 모델 학습을 진행함

[표] DeepLabV3+ 모델 학습 매개변수

매개변수	방법
Epoch	210
Batch size	5
Start learning rate	0.007
End learning rate	0.000001
Weight decay	0.0002
Optimizer	SGD(Stochastic Gradient Descent)
Loss function	Focal loss
	softmax cross entropy loss
Learning rate policy	polynomial
Output stride	16
Batch normalization	True

- 손실함수에 따른 모델 성능 평가를 위해 Focal loss와 softmax cross entropy loss 함수 비교를 수행하며, 모델 평가 시 신뢰성 있는 결과가 도출되었는지 확인하기 위해 픽셀 정확도와 mIoU 평가방법을 사용함. 픽셀 정확도는 분할된 픽셀 수가 레이블링 된 픽셀 수를 정확하게 예측한 비율 정도이고, mIoU는 예측된 분할 영역과 레이블링 된 영역에 대하여 겹치는 비율로 분할 성능 평가 시 사용됨

$$Pixel\ accuracy = \frac{TP + TN}{TP + FP + FN + TN}$$

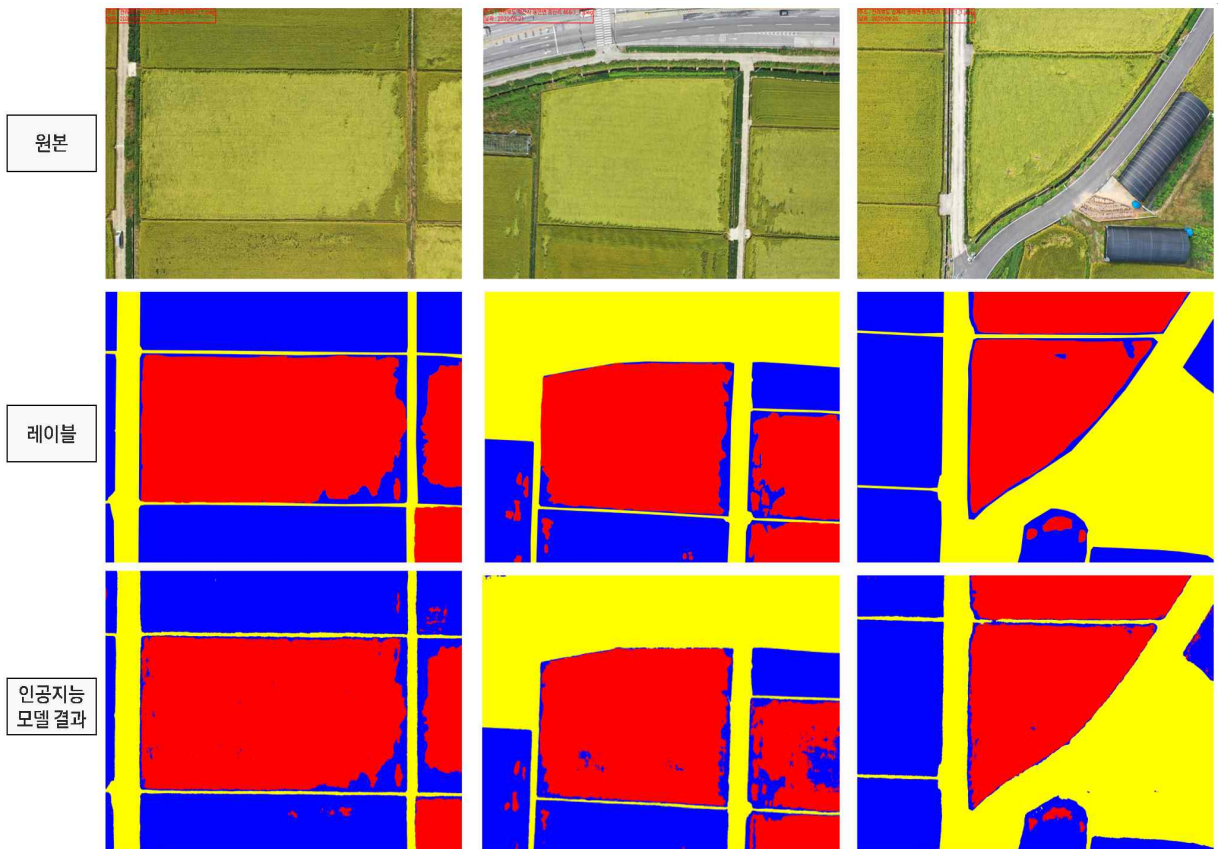
$$mIoU = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{TP_i}{TP_i + FP_i + FN_i}$$

- 여기서 TP와 FP는 True Positive와 False Positive를 의미하고, TN과 FN은 True Negative, False Negative를 의미하며, N은 클래스의 수를 나타냄

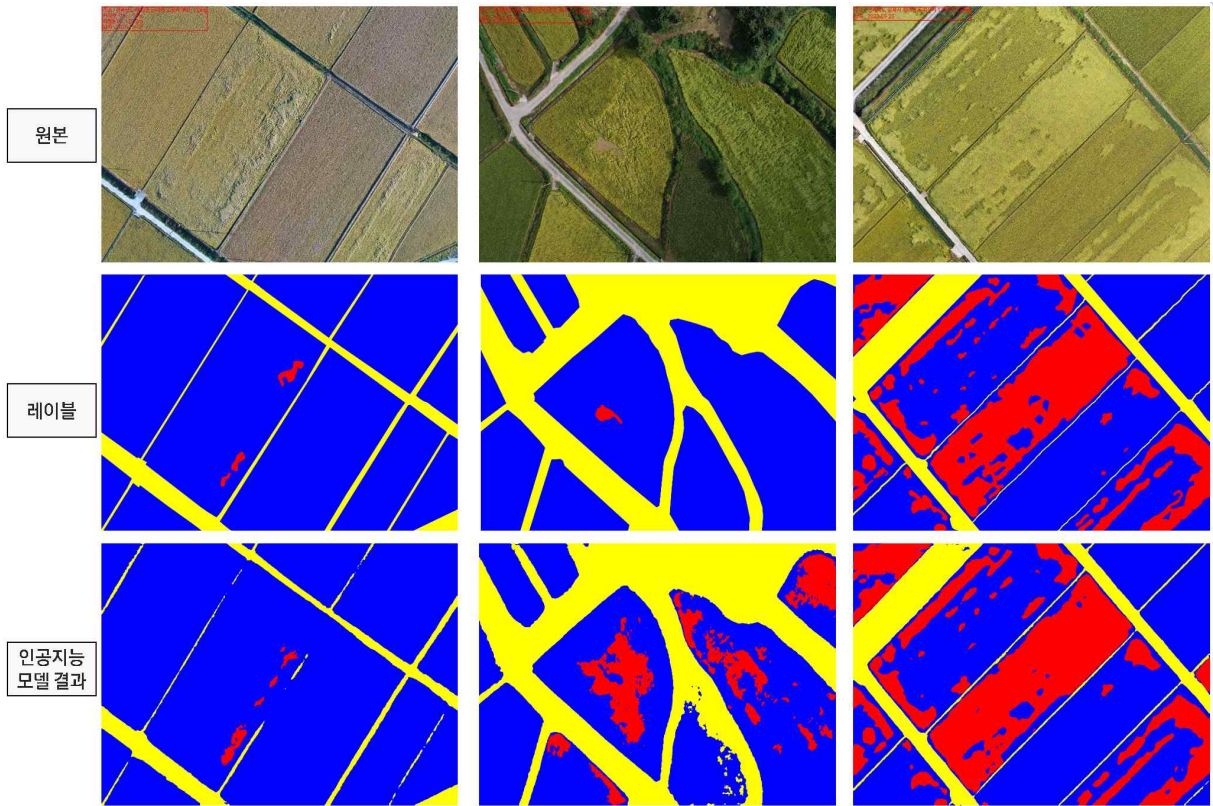
[표] 손실함수에 따른 도복 자동판독 성능 평가 결과

손실함수	α	β	픽셀 정확도(%)	mIoU(%)
Softmax cross entropy			92.20	86.94
Focal loss	0.25	2.0	89.96	85.97
	0.5		89.23	85.31
	0.75		91.39	86.58
	1.0		93.16	87.75

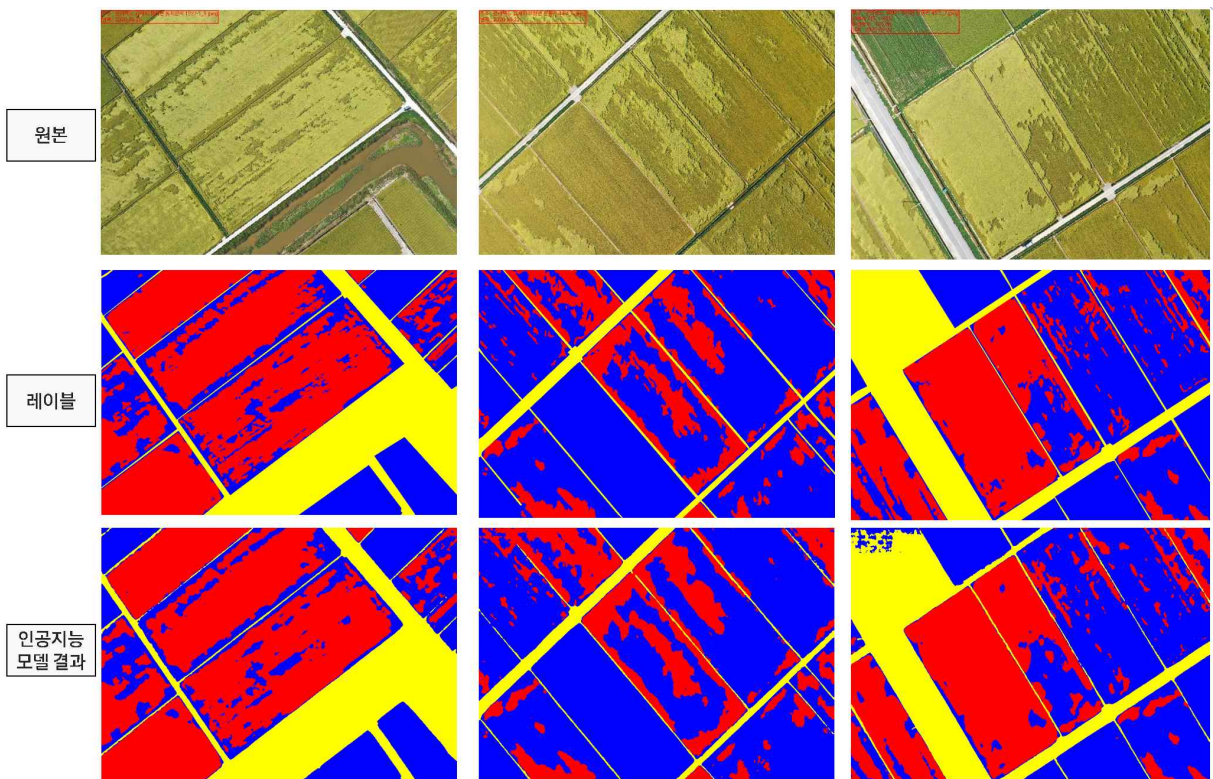
- 손실함수 비교를 통해 softmax cross entropy loss 함수와 focal loss 함수(매개변수 $\alpha=0.25\sim0.75$, $\beta=2.0$)에 비교한 경우 softmax cross entropy loss 함수를 사용하는 것이 평균 픽셀 정확도 2.01%, mIoU 0.98%의 높은 성능이 나타낸 것을 알 수 있음.
- 픽셀 정확도와 mIoU를 통해 가장 성능이 높은 방법은 focal loss 함수(매개변수 $\alpha=1.0$, $\beta=2.0$)를 적용하였을 때이며, 픽셀 정확도는 0.96%, mIoU 0.81%의 높은 성능을 나타낸 것을 확인함
- focal loss 함수(매개변수 $\alpha=1.0$, $\beta=2.0$)를 적용할 경우 드론의 다양한 비행 높이에서 복잡한 환경을 포함한 장소를 촬영한 영상일지라도 클래스 불균형 해결 및 도복, 일반벼, 그리고 배경 영역의 주변 환경 오류를 최소화할 뿐만 아니라 강건하게 영역 추정 가능성 확인함



<학습 데이터와 딥러닝 모델 예측 결과 비교>



<검증 데이터와 딥러닝모델 결과 비교>

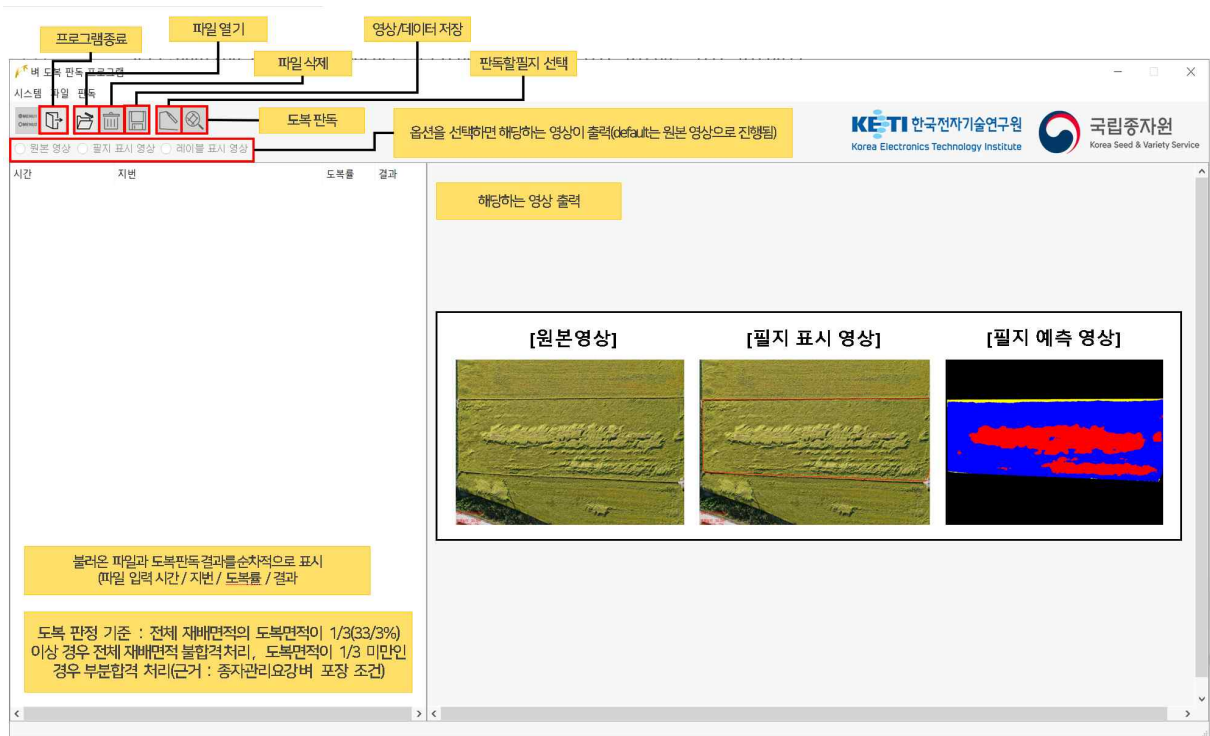


<평가 데이터와 딥러닝모델 결과 비교>

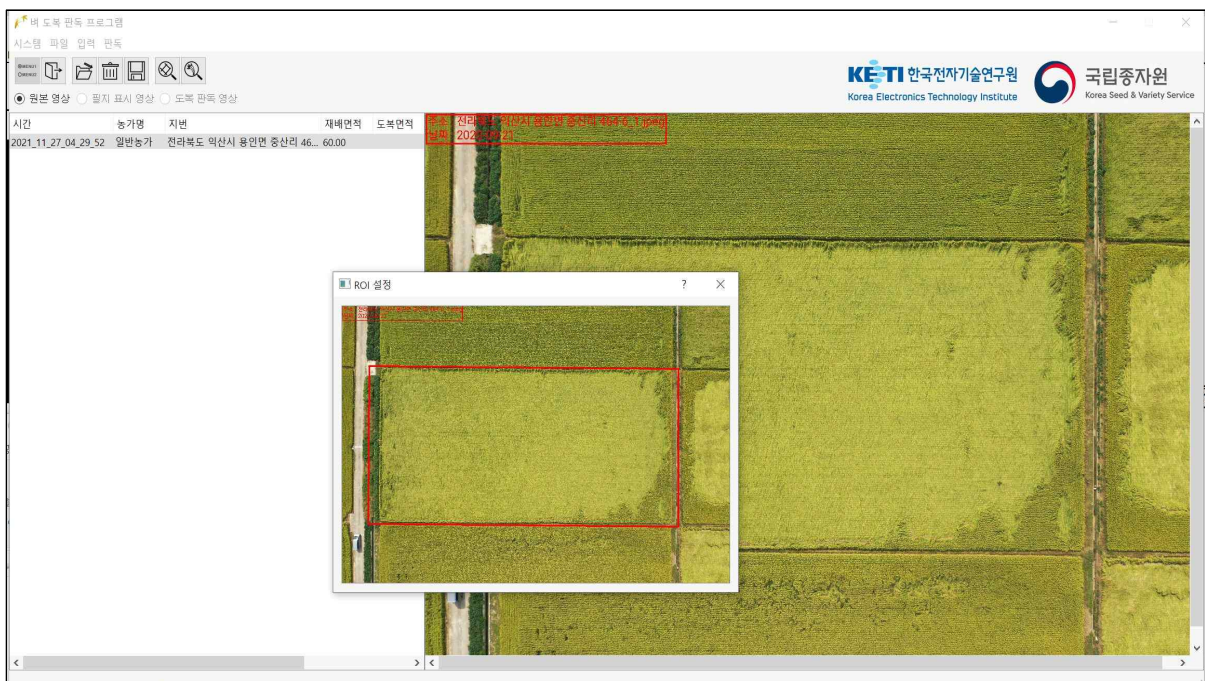
[그림] DeepLabV3+ 모델을 통한 학습, 검증, 그리고 평가데이터 비교

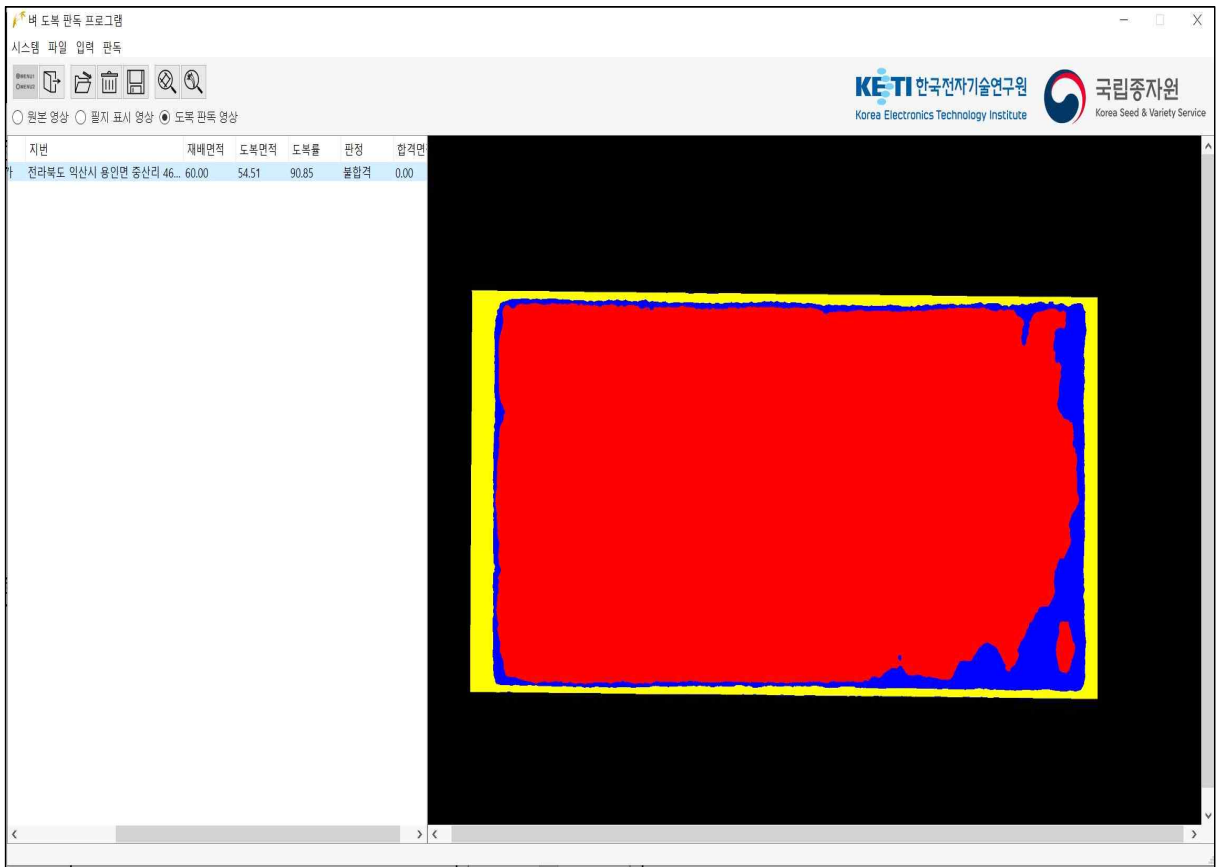
○ 벼 도복 자동판독 소프트웨어 개발

- 벼 도복 자동판독 소프트웨어 개발을 위해 국립종자원 내 종자관리요강 벼 포장조건 내용과 사용자 의견 요구사항을 수렴한 내용을 토대로 소프트웨어 개발을 진행함
- 소프트웨어는 윈도우 환경에서 동작하고, 언어는 Python, PyQt, Tensorflow, 그리고 OpenCV 라이브러리를 사용하여 개발함



[그림] 벼 도복 자동판독 소프트웨어 UI





[그림] 벼 도복 자동판독 소프트웨어 실행 결과

3. 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성정도

3-1. 정성적 연구개발성과

□ 관련 신규 지식 재산권 확보

- 국내 특허 6건, 소프트웨어 등록 5건

□ 국산화로 대체할 수 있는 원천 기술개발 및 국내외 시장 확보

- 중소기업중앙회 표창장 1건, 농림축산식품부장관 표창장 3건 수상
 - 식물 신품종 보조제도 활성화를 위한 영상분석을 작물 특성조사 기술확보
 - 식물 종자 포장검사제도 활성화를 위한 딥러닝 기반 벼 키다리병/도복 자동판독 기술확보
- 비전 기술기반 작물 형질 분석 기술확보
- 딥러닝 기반 벼 도복 자동판독 모델 설계 및 기술확보
- 딥러닝 기반 벼 키다리병 자동판독에 대한 포기영역 검출 및 주수 분류 모델 설계 확보
- 비전기술 기반 작물 RHS 칼라차트 추천 기술확보
- 시료 촬영 최적화를 위한 표준촬영박스 및 시료 촬영용지 설계 기술확보

□ 영상분석을 통한 작물 특성조사 기술개발 사례 발표

- “제 6차 전북 농생명 SW융합 페어”에서 영상분석에 기반한 작물 특성 및 생장 빅데이터 수집·분석·활용 과정 전반과 국립종자원과 공동으로 개발 중인 자체 소프트웨어 강연 및 홍보 진행
- 디지털 뉴딜 정책 확산을 위한 전시회인 “디지털 대전환 엑스포”에서 영상분석 기반 작물 특성분석 조사 기술에 대하여 전시 및 홍보 진행
- 국립종자원이 주최한 “식물 품종보호 영상분석 국제워크숍”에서 한국과 독일 등 3개국이 각국의 영상분석 프로그램 소개 및 기술 발전방향 등 논의, 교류 활성화 및 홍보 진행
- 과학기술정보통신부에서 진행한 “디지털 대전환 엑스포”행사에서 작물 특성조사 기술에 대한 필요성 및 소프트웨어 시연, 홍보 진행
- 한국전자기술연구원과 국립종자원은 전북 김제시 부량면 신두리 일대에서 드론 영상 자동판독 현장 시연회 개최 및 업무 적용 가능성 검토 확인과 홍보 진행

□ 영상분석기술개발 신규 사업 발굴

- 자율주행기술 기반 노지 작물 재배 병해충 예찰 기술개발
 - 식물 신품종 보조제도 활성화를 위해 센서 및 비전기술, 딥러닝 기술융합을 통한 노지 작물 생육상태 분석 및 병해충 예찰 기술 등의 신규 사업 발굴
- 드론영상 기반 질병 예찰 기술개발
 - 드론영상 기반 노지 작물 질병 예찰 기술 고도화를 위해 다양한 질병 예찰 기술 등의 신규 사업 발굴

3-2. 정량적 연구개발성과

□ 정량적 연구개발 성과표

(단위 : 건, 천원)

성과지표명		연도	1단계 1년차 (2020~2020)	1단계 2년차 (2021~2021)	계	가중치 (%)
전담기관 등록·기탁 지표 ¹⁾	SCI논문	목표(단계별)	-	-	-	-
		실적(누적)	-	-	-	
	비SCIE논문	목표(단계별)	-	1	1	10
		실적(누적)	-	2	2	
	평균mmIF 지수	목표(단계별)	-	-	-	-
		실적(누적)	-	-	-	
	특허출원 (국내외)	목표(단계별)	1	1	2	15
		실적(누적)	2	4	6	
	S/W등록	목표(단계별)	1	1	2	15
		실적(누적)	1	4	5	
	제품화(건)	목표(단계별)	-	1	1	10
		실적(누적)	-	1	1	
연구개발과제 특성 반영 지표 ²⁾	고용창출	목표(단계별)	1	-	1	10
		실적(누적)	1	4	5	
	민간포상 (국내외)	목표(단계별)	-	-	-	-
		실적(누적)	2	2	4	
	국제행사	목표(단계별)	-	-	-	-
		실적(누적)	-	1	1	
	홍보실적	목표(단계별)	-	1	1	15
		실적(누적)	-	6	6	
	전시실적	목표(단계별)	-	-	-	-
		실적(누적)	-	4	4	
	교육지도	목표(단계별)	-	-	-	-
		실적(누적)	-	2	2	
	MOU	목표(단계별)	-	-	-	-
		실적(누적)	-	-	-	
	사업화 매출액	목표(단계별)	-	400,000	400,000	5
		실적(누적)	-	1,100,000	1,100,000	
	사업화 수출액	목표(단계별)	-	-	-	-
		실적(누적)	13,850	-	13,850	
	정책활용	목표(단계별)	-	1	1	5
		실적(누적)	-	1	1	
	기술실시	목표(단계별)	1	1	2	5
		실적(누적)	1	1	2	
기술인증	목표(단계별)	1	1	2	5	
	실적(누적)	0	0	0		
기타	목표(단계별)	1	1	2	5	
	실적(누적)	1	1	2		
계	목표(단계별)	6	9/400,000	15/400,000	100	
	실적(누적)	8/13,850	34/1,100,000	42/1,100,000		

* 1) 전담기관 등록·기탁 지표: 논문[에스시아이 Expanded(SCIE), 비SCIE, 평균Impact Factor(IF)], 특허, 보고서원문, 연구 시설·장비, 기술요약정보, 저작권(소프트웨어, 서적 등), 생명자원(생명정보, 생물자원), 표준화(국내, 국제), 화합물, 신물질 등을 말하며, 논문, 학술발표, 특허의 경우 목표 대비 실적은 기재하지 않아도 됩니다.

* 2) 연구개발과제 특성 반영 지표: 기술실시(이전), 기술료, 사업화(투자실적, 제품화, 매출액, 수출액, 고용창출, 고용효과, 투자 유치), 비용 절감, 기술(제품)인증, 시제품 제작 및 인증, 신기술지정, 무역수지개선, 경제적 파급효과, 산업지원(기술지도), 교육지도, 인력양성(전문 연구인력, 산업연구인력, 졸업자수, 취업, 연수프로그램 등), 법령 반영, 정책활용, 설계 기준 반영, 타 연구개발사업에의 활용, 기술무역, 홍보(전시), 국제화 협력, 포상 및 수상, 기타 연구개발 활용 중 선택하여 기재합니다 (연구개발과제 특성별로 고유한 성과지표를 추가할 수 있습니다).

3-3. 세부 정량적 연구개발성과

[과학적 성과]

□ 논문(국내외 전문 학술지) 게재

번호	논문명	학술지명	주저자명	호	국명	발행기관	SCIE 여부 (SCIE/비SCIE)	게재일	등록번호 (ISSN)	기여율
1	딥러닝 모델 기반 시멘틱 세그멘테이션을 이용한 벼 도복 추정	한국산학 기술학회 논문지	김00	22(9)	대한민국	한국산학 기술학회	비SCIE	2021.10.30	1975-4701	100%
2	비전 기반 작물 형질 분석 시스템	한국통신 학회 논문지	박00	46(12)	대한민국	한국통신 학회	비SCIE	2021.12.15	1226-4717	100%

□ 국내 및 국제 학술회의 발표

번호	회의 명칭	발표자	발표 일시	장소	국명
1	대한전자공학회 하계학술대회	박00	2020.08.20	롯데호텔 제주	대한민국
2	The 12th International Conference on Computer Science and its Applications	박00	2020.12.14	메종 글래드 제주	대한민국
3	제 31회 통신정보 합동학술대회	박00	2021.04.28	부산 하얏트호텔	대한민국
4	제 31회 통신정보 합동학술대회	김00	2021.04.29	부산 하얏트호텔	대한민국
5	2021 ACK2021 추계학술대회	김00	2021.11.06	여수 히든베이호텔	대한민국

[기술적 성과]

□ 지식재산권(특허, 실용신안, 의장, 디자인, 상표, 규격, 신제품, 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	작물의 형질 분석장치, 이를 이용한 분석 방법 및 시스템	대한민국	한국전자 기술연구원	2020.11.06	10-2020-0147926					100	√
2	작물 특성 분석 장치	대한민국	한국전자 기술연구원	2020.12.24	10-2020-0183575					100	
3	영상 분할 기법을 이용한 작물의 표준색상 정보제공 장치 및 방법	대한민국	한국전자 기술연구원	2021.07.05	102021-0088159					100	
4	영상정보 기반의 벼 키다리병 자동판독 장치 및 방법	대한민국	한국전자 기술연구원	2021.12.03	10-2021-0172139					100	
5	영상 개선을 이용한 작물의 표준 색상 정보 생성 장치 및 방법	대한민국	한국전자 기술연구원	2021.12.03	10-2021-0172138					100	
6	영상정보 기반의 벼 도복 자동판독 장치 및 방법	대한민국	한국전자 기술연구원	2021.12.07	10-2021-0173395					100	

□ 저작권(소프트웨어, 서적 등)

번호	저작권명	창작일	저작자명	등록일	등록 번호	저작권자명	기여율
1	식물 생장 분석을 위한 분광지수를 이용한 초분광 시계열 데이터 분석 소프트웨어	2020.06.25	한국전자기술연구원	2020.07.08	C-2020-022419		100%
2	비전 기술을 이용한 작물 RHS 색상정보 추천 어플리케이션	2021.05.03	한국전자기술연구원	2021.12.07	C-2021-053361		100%
3	비전 기술을 이용한 작물의 표준칼라 정보 생성 어플리케이션	2021.10.24	한국전자기술연구원	2021.12.07	C-2021-053362		100%
4	드론영상 내 공간적인 특징정보 분석 기반 키다리병 자동판독 어플리케이션	2021.10.24	한국전자기술연구원	2021.12.07	C-2021-053359		100%
5	드론영상을 이용한 벼 도복 자동판독 어플리케이션	2021.10.24	한국전자기술연구원	2021.12.07	C-2021-053360		100%

□ 외부 시험 기관 기술 인증

번호	인증 분야	인증 기관	인증 내용		인증 획득일	국가명
			인증명	인증 번호		
1	소프트웨어	부경대학교 산학협력단	벼키다리병 및 도복 자동판독 SW /작물 특성분석 SW	R-20-396	2020.12.18	대한민국
2	소프트웨어	(주)에이티에스	벼키다리병 및 도복 자동판독 SW /작물 특성분석 SW	R-21-095	2021.12.09	대한민국

[경제적 성과]

□ 기술 실시(이전)

번호	기술 이전 유형	기술 실시 계약명	기술 실시 대상 기관	기술 실시 발생일	기술료 (해당 연도 발생액)	누적 징수 현황
1	통상실시권	전용 촬영 용지 기반의 영상기반 작물 특성 분석 소프트웨어 기술	(주)에스에스엘	2020.12.09	5,000,000	
2	통상실시권	작물 특성분석 장치	(주)에코스이엔씨	2021.12.28	5,000,000	

* 내부 자금, 신용 대출, 담보 대출, 투자 유치, 기타 등

□ 사업화 현황

번호	사업화 방식 ¹⁾	사업화 형태 ²⁾	지역 ³⁾	사업화명	내용	업체명	매출액		매출 발생 연도	기술 수명
							국내 (천원)	국외 (달러)		
1		√	국내외	정밀 농업시스템	IoT기반 원격 모니터링 및 자동제어기술	(주)에스에스엘	110,710	12,004	2020	

□ 고용 창출

순번	사업화명	사업화 업체	고용창출 인원(명)		합계
			2020년	2021년	
1	영상분석을 통한 작물의 특성 조사 기술 개발	한국전자기술연구원	1	4	5
합계			1	4	5

□ 고용 효과

구분			고용 효과(명)	
고용 효과	개발 전	연구인력	6	
		생산인력	-	
	개발 후	연구인력	11	
		생산인력	-	

□ 산업 지원(기술지도)

순번	내용	기간	참석 대상	장소	인원
1	영상분석 작물 특성조사	20.04.17.~20.09.14.	국립종자원	김천 국립종자원	10명
2	벼 드론영상 자동판독 기술개발	21.05.27.~21.12.01.	국립종자원	김천 국립종자원	9명
3	작물 색채분석 기술개발	21.07.01.~21.12.01.	국립종자원	김천 국립종자원	5명

□ 정책활용 내용

번호	구분 (제안/채택)	정책명	관련 기관 (담당 부서)	활용 연도	채택 내용
1	제안	영상분석 기반 식물 품종 특성조사 업무 활용 및 표준화 추진	국립종자원	2021	

□ 산업 기술 인력 양성

번호	프로그램명	프로그램 내용	교육 기관	교육 개최 횟수	총 교육 시간	총 교육 인원
1	영상분석 작물특성조사	영상분석 프로그램 실무 과정	국립종자원	12회	36시간	209

□ 홍보 실적

번호	홍보 유형	매체명	제목	홍보일
1	인터넷	인터넷 뉴스	수작업 의존 종자 조사과정 디지털화 정확도, 효율성 업	2021.01.08
2	인터넷	농림축산식품부 보도자료	국립종자원, “드론을 활용한 벼 도복 면적 자동분석”현장 시연회 개최	2021.10.22
3	인터넷	인터넷 뉴스	국립종자원, 드론을 활용한 도복 면적 자동분석 프로그램 개발	2021.10.27
4	인터넷	인터넷 뉴스	국립종자원, 자체개발 ‘식물 영상분석 플랫폼’ 국제워크숍서 선보인다.	2021.11.15
5	인터넷	농림축산식품부 보도자료	한국이 만든 식물 영상분석기술에 세계인들이 반하다	2021.12.08

□ 포상 및 수상 실적

번호	종류	포상명	포상 내용	포상 대상	포상일	포상 기관
1	표창장	중소기업중앙회 표창장	중소기업육성 활성화 기여	한국전자기술연구원	2020.09.04	중소기업중앙회
2	표창장	농림축산식품부장관 표창장	식물 신품종 보조제도 활성화	한국전자기술연구원	2020.12.31	농림축산식품부
3	표창장	농림축산식품부장관 표창장	식물 신품종 보조제도 활성화	한국전자기술연구원	2021.12.31	농림축산식품부
4	표창장	농림축산식품부장관 표창장	식량 종자 포장검사제도 활성화	한국전자기술연구원	2021.12.31	농림축산식품부

3-4. 계획하지 않은 성과 및 관련 분야 기여사항

□ 영상분석 작물 특성조사 프로그램 무상 보급

- 식물 신품종의 특성조사를 위하여 육안판별과 계측에 의존하던 특성조사 업무의 효율성을 위해 개발한 작물 형질 분석 소프트웨어를 종자업체, 농업진흥청, 대학 등 육종기관에 업무 활용 및 표준화 추진을 위해 46개 기관에 무상제공을 통한 협력 방안 구축 및 국내 시장 확보

□ 영상분석 작물 특성조사 교육지도

- 식물 신품종의 특성조사를 위하여 육안판별과 계측에 의존하던 특성조사 업무의 효율성을 위해 개발한 작물 형질 분석 소프트웨어 도입 배경 및 사용법에 대하여 국립종자원 품종보호과 공무원 대상으로 교육지도를 수행함
- 국립종자원에서는 “영상분석 프로그램 실무과정” 교육과정 개설 및 종자업체, 농업진흥청, 대학, 육종기관 종사자 209명에게 교육 진행함
- 종자 관리 요강 벼 포장검사 업무의 효율성 증가 및 객관적인 결과를 제공하기 위해 개발한 드론영상 자동판독 소프트웨어의 도입 배경 및 사용법에 대하여 국립종자원 식량품종기관 공무원 19명 대상으로 교육지도를 수행함

□ 작물 RHS 칼라차트 추천 기술개발 고도화를 위한 세미나 개최

- 작물 특성조사 중 작물 색채 분석업무는 육안판별과 RHS 칼라차트를 수작업으로 분석시 많은 소요시간 및 작업자의 경험과 판단에 의존하여 객관적인 결과 획득의 어려움이 존재함. 이를 해결하기 위해 작물 RHS 칼라차트 추천 기술개발을 수행함
- 작물 RHS 칼라차트 추천 기술의 고도화를 위해 이화여대, (주)LMS, 한국전자기술연구원, 그리고 국립종자원 대상으로 세미나 개최 및 기술 고도화를 위한 협의와 기술 교류를 수행함

□ 식물 품종보호 영상분석 국제워크숍 참석 및 발표

- 국립종자원이 주최한 “식물 품종보호 영상분석 국제워크숍”을 통해 국제식물신품종보호연맹(UPOV) 회원국 22개국, 독일, 뉴질랜드, 국내 종자업체, 국가연구기관 등 300명이 참여하여 각 국에서 개발된 기술 동향 발표 및 국제 협력 방안 발굴과 협의를 진행함
- 영국 BioSS 기술개발팀과 뉴질랜드 식물품종보호기관에서는 한국이 개발한 영상분석 프로그램이 인상적으로 범용성이 높다고 평가하였고, 국가 간 협력 요청에 대한 협력 방안 모색
- 국립종자원은 21년 12월 2일 행정안전부 주관으로 개최된 “책임운영기관 서비스혁신 공유대회”에서 개발한 영상분석 작물 특성조사 소프트웨어를 통해 우수상(행정안전부장관상)을 수상함

3-5. 연구개발성과 달성도

추진 목표	달성 내용	달성도(%)
○ 정상 및 도복 분류 픽셀 정확도	○ 개발한 딥러닝 도복 판독 알고리즘을 통해 평가데이터 28장에 대하여 픽셀 정확도 성능 평가 시 93.16%으로 당초 정량적 목표인 85% 이상 확보 ○ 평가기관 전문가 입회 시험 인증 완료	100%
○ 키다리병 인식률	○ 개발한 딥러닝 벼 키다리병 판독 알고리즘을 통해 평가데이터 784장에 대하여 영상 내 키다리병 포기영역 검출 90.49% 확보 및 키다리병 주수 분류 성능에 대하여 평가데이터 632장에 85.46%로 당초 정량적 목표인 83% 이상 확보 ○ 평가기관 전문가 입회 시험 인증 완료	100%
○ 장미의 형질 분석 수	○ 장미의 잎이나 꽃 기준의 영상을 촬영하여 TGP/14/4의 형질 분석에 대하여 당초 정량적 목표인 3개 이상 기준 달성 ○ 평가기관 전문가 입회 시험 인증 완료	100%
○ 벼 키다리병 판독 알고리즘 학습 영상 개수	○ 드론 영상 벼 키다리병 판독 알고리즘을 위해 수집한 데이터는 총 66,470장 중 전처리를 통한 학습 영상 개수는 26,812장으로 당초 정량적 목표인 300장 이상 사용 ○ 평가기관 전문가 입회 시험 인증 완료	100%
○ 도복 판독 알고리즘 학습 영상 개수	○ 드론 영상 벼 도복 판독 알고리즘을 위해 수집한 데이터는 총 2,718장 중 전처리를 통한 학습 영상 개수는 748장으로 당초 정량적 목표인 300장 이상 사용 ○ 평가기관 전문가 입회 시험 인증 완료	100%
○ DB 수집률	○ 수집한 드론 영상에 대해 정상 수집 시 데이터 총량에 대한 실제 수집 데이터 양에 대한 비율에 대하여 키다리병 99.88%, 도복 100% 비율 확인 ○ 평가기관 전문가 입회 시험 인증 완료	100%
○ 모니터링 SW 기능 검증	○ 모니터링 SW 기능을 정의한 유스케이스 명세에 대한 기능적 요구사항 만족 여부에 대해 평가기관 전문가 입회 시험 인증	100%
○ 실외 영상 촬영 전용 세트 제작	○ 실외에서 작물의 잎, 과일을 촬영할 수 있는 전용 세트 시제품 제작 및 보고서 완료	100%

4. 연구개발성과의 관련 분야에 대한 기여 정도

□ 기술적 측면

- 기존 영상분석 작물 특성조사 업무의 이를 사용하여 농업, 육종기관의 대외 경쟁력을 강화하고 실내 및 실외 등 다양한 환경 장소에서 생육한 작물의 특성 조사의 자동화 기술에 확대 적용할 수 있음 또한, 농업 종사자의 업무 및 연구용으로 활용 가능
- 영상분석 작물 형질 계측 및 RHS 칼라차트 추천 기술은 한 가지의 품종에 국한되지 않고 타 작물에 유연하게 확장하여 30~50 여개 특성 조사를 수행할 수 있어 기술 확장성이 높음
- 드론영상 자동판독 기술은 한가지 농작물에만 국한되지 않고, 타 작물에 나타나는 질병에 대하여 딥러닝 기술을 통해 기존의 지능을 활용한 추가적 학습에 의한 확장성이 용이함. 현 기술을 기반으로 다양한 농작물에 적용이 가능한 핵심기술 확보할 수 있어 기술 확장성이 높음
- 비 전문가들은 작물 특성 조사에 대한 지식과 경험이 부족한 상황에서 형질 계측, RHS 칼라차트 기반 색채분석, 그리고 벼 포장검사 업무 수행 시 많은 시간과 비용 소요에 대한 문제 해결과 일관성 있는 객관적인 결과 도출 가능

□ 경제적·산업적 측면

- 본 연구를 통해 개발된 영상분석 작물 형질 계측 및 RHS 칼라차트 추천기술은 홍보 및 전시회, 국제워크숍 발표를 통해 우수성을 입증하였고, 각국의 종자 관련 기관에서 기술 교류 요청받음. 또한, 국내 종자관련 기관, 대학, 업체, 육종산업에 작물 특성조사 업무 활용 및 표준화 추진을 위해 46개 기관에 무상제공을 통한 협력방안 구축 및 국내 시장 확보
- 드론 영상 자동판독 인공지능 기술을 기반으로 차세대 신기술을 농업에 적용하여 첨단 농업 지능화를 선도적으로 이끌 수 있어 기술 및 산업간 융합을 통해 신시장을 창출하고 산업 경쟁력을 확보할 수 있음
- 농업 분야의 발달로 기계화, 자동화가 되고 있지만, 기술에 지능이 필요한 분야에서는 아직도 인간의 노동력에 의존하고 있음. 컴퓨터와 농업 및 첨단 기계만으로 지능적인 작업이 가능하게 되어 업무 및 영농의 혁신적 절감과 효율성을 높일 수 있을 것임
- 현재의 농업 지능화 기술을 기반으로 산업계 전반으로 확산이 가능함. 학습에 의한 지식의 축적기술인 딥러닝 기술의 산업화 성공사례는 농업 및 산업 분야로 전파 확산되어, 인간의 지능이 필요한 모든 업무가 컴퓨터와 기계에 의해 완전 자동화되므로, 전 산업에 있어서 노동력을 획기적으로 감소할 수 있을 것임

자체평가의견서

1. 과제현황

		과제번호		320019-2	
사업구분	지정공모과제				
연구분야	ICT융복합		과제구분	단위	
사업명	첨단생산기술개발			주관	
총괄과제			총괄책임자		
과제명	영상분석을 통한 작물의 특성 조사 기술 개발		과제유형	(기초,응용,개발)	
연구개발기관	한국전자기술연구원		연구책임자	정 성 환	
연구기간 연구개발비 (천원)	연차	기간	정부	민간	계
	1차년도	20.04.01~21.12.31	700,000	213,333	933,333
	2차년도				
	3차년도				
	4차년도				
	5차년도				
계					
참여기업	(주) 에스에스엘, (주)모터에이드				
상대국		상대국연구개발기관			

※ 총 연구기간이 5차년도 이상인 경우 셀을 추가하여 작성 요망

2. 평가일 : 2022. 02. 22.

3. 평가자(연구책임자) :

소속	직위	성명
한국전자기술연구원	팀장(선임연구원)	정 성 환

4. 평가자(연구책임자) 확인 : 정 성 환

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

확 약	
-----	---

I. 연구개발실적

1. 연구개발결과의 우수성/창의성

■ 등급 : 우수, 보통, 미흡, 극히불량)

기존 작물 품종 특성 조사 및 포장 검사 업무, 벼 재배 관리의 수작업으로 관리하는 업무를 SW와 인공지능 기술을 적용하여 업무 효율성을 향상시키기 위한 기술 개발 수행.

사용자 의견 수렴으로 영상 분석 기반의 자동화된 소프트웨어 개발을 통해 작물 특성 조사 업무는 수작업 대비 60%이상의 업무 효율성 향상, 벼 재배는 드론 영상을 이용한 키다리병 및 도복 인식 개발로 특성 조사 및 노지 재배 관리 업무의 새로운 방향을 제시하였음(작물의 색채 추천 및 분석 기술은 세계 최초 개발로 국제 워크숍에서 해외 국가에 발표함)

2. 연구개발결과의 파급효과

■ 등급 : 우수, 보통, 미흡, 극히불량)

영상분석을 통한 작물의 특성조사 기술은 상용화 되었으나, 작물은 품종 및 생육환경의 장소와 날씨의 영향으로 크기, 형태, 그리고 색상 등이 일정하지 않고, 검사원이 직접 현장에 방문하여 육안 및 실측 방법은 경험과 주관적인 판단에 의해 일관된 객관적인 결과 획득의 어려움이 존재함. 본 연구를 통해 개발한 소프트웨어는 검사원의 경험과 상관없이 일관된 객관적인 결과 획득 가능과 기존 수작업 소요시간 단축 및 농업분야에 매우 중요한 역할을 할 수 있을 것으로 기대됨

개발 소프트웨어는 국립종자원을 통해 국내 기업 및 기관에 무료 교육과 소프트웨어를 배포하고 있으며 국립종자원의 포장 검사 업무 22년부터 본격적으로 활용될 예정임

3. 연구개발결과에 대한 활용가능성

■ 등급 : 우수, 보통, 미흡, 극히불량)

기존 ImageJ 소프트웨어를 사용한 특성조사 업무와 벼 포장검사 업무의 많은 어려움을 가지고 있으나, 현재 국립종자원에서는 개발한 소프트웨어를 업무에 도입하여 신품종 조사 및 생육계측을 진행하고 있음

작물 특성 분석 소프트웨어, 벼 재배 관리 소프트웨어는 22년도부터 국립종자원 및 국내 관련 기업에서 업무에 적극 활용될 예정이며, 2단계 사업을 통한 표준화 및 글로벌 사업화 추진 예정임

4. 연구개발 수행노력의 성실도

■ 등급 : 우수, 보통, 미흡, 극히불량)

기술 개발에 대한 현장 수요 반영을 지속적으로 수행하였으며, 농장 방문, 국립종자원 품종보호과 및 식량종자과 업무담당자들간의 회의, 워크샵 등을 통해 문제 해결을 위해 노력하였으며, 2차년도에는 국제워크숍에서 개발 소프트웨어를 UPOV 회원국에 홍보, 김제 지평선산단 현장에서 드론을 이용한 도복 인식 기술 시연회, 기술 개발을 통해 3명의 농식품부 장관 표창을 수상함

5. 공개발표된 연구개발성과(논문, 지적소유권, 발표회 개최 등)

■ 등급 : 우수, 보통, 미흡, 극히불량)

본 연구 사업을 통해 특허 11건, 기술이전 2건, 제품화 1건, 국내 저널 논문 2편, 학술발표 5건, 홍보 1건, 국립종자원 및 관련 기업에 기술 발표회 6건, 국제워크숍을 통한 발표회 1건, 현장 시연회 5건, 전시회 및 홍보 10건, 22년도부터 국립 종자원 포장 검사 업무 소프트웨어로 활용, 세계 최초 작물 색채 분석 및 표준 추천 기술 개발. 22년 독일 박람회(주관기관(KETI)) 홍보 부스를 통한 홍보 예정, 국제워크숍을 통해 영국, 네덜란드 등 UPOV 회원국에서 각 국의 종자기관에서도 매우 인상적으로 호평을 받고, 협력방안 및 기술 교류 요청으로 글로벌 기술 교류회 추진

II. 연구목표 달성도

세부연구목표 (연구계획서상의 목표)	비중 (%)	달성도 (%)	자체평가
정상 및 도복 분류 픽셀 정확도	15	100	평가 데이터에 대해 정상 및 도복 분류 픽셀 정확도에 대해 당초 목표 85% 넘는 결과 달성 및 시험성적서 기준 만족
키다리병 인식률	15	100	개발 목표치인 85% 이상의 키다리병 포기영역 판독 및 주수 분석에 대한 시험 성적서 기준 만족
작물 형질 분석 소프트웨어 개발	20	100	영상분석 기반 작물 특성조사 업무 활용 및 시험성적서 기준 만족
벼 키다리병 판독 알고리즘 학습 영상 개수	10	100	당초 목표 300장 이상의 벼 키다리병 데이터 수집 및 시험 성적서 기준 만족
도복 판독 알고리즘 학습 영상 개수	10	100	당초 목표 300장 이상의 벼 도복 데이터 수집 및 시험 성적서 기준 만족
DB 수집률	10	100	개발 목표치인 99% 이상의 DB 수집률 만족
모니터링 SW 기능 검증	10	100	다양한 환경에서 검토 및 시험성적서 기준 만족
실외 영상 촬영 전용 세트 제작	10	100	작물 촬영 최적화를 위한 촬영 전용세트 제작
합계	100점	100	세부 연구 목표 달성 및 SW 개발 완료됨

III. 종합의견

1. 연구개발결과에 대한 종합의견

영상분석을 통한 작물의 특성조사 기술은 기존에 존재하였으나 작물은 품종 및 생육환경의 장소와 날씨의 영향으로 크기, 형태, 그리고 색상 등이 일정하지 않고, 검사원이 직접 현장에 방문하여 육안 및 계측 방법은 경험과 주관적인 판단에 의해 일관된 객관적인 결과 획득의 어려움이 존재함. 본 연구를 통해 개발한 소프트웨어는 검사원의 경험과 상관없이 일관된 객관적인 결과 획득 가능과 기존 수작업 소요시간 단축 및 농업분야에 매우 중요한 역할을 할 수 있을 것으로 기대됨

2. 평가시 고려할 사항 또는 요구사항

종자업체, 기관, 대학 등 육종기관의 작물 특성조사 업무의 활용 및 표준화 체계구축을 위한 프로그램 무상 보급 및 협력 방안 모색과 국제워크숍을 통한 국내외 시장 확보 및 협력 방안 구축 계획 준비 중이며, 본 연구를 통해 총 4건의 수상(농림축산식품부장관 표창, 중소기업진흥회 표창)과 1건의 우수상(국립종자원) 수상함

3. 연구결과의 활용방안 및 향후조치에 대한 의견

본 연구를 통해 영상분석을 통한 작물의 특성조사 기술에 대한 원천기술 확보와 그에 따른 산출물인 소프트웨어 개발이 되어 국립종자원, 종자기관, 대학, 기업체 등과 같은 농업 분야 기관에서 사용 중임. 향후 개발된 기술은 일부 보완 연구되어 국내외 시장 확보 및 사업화가 가능할 것이며 연구과정에서 확보한 데이터는 중요한 연구자산으로 후속연구에 활용될 것임

IV. 보안성 검토

개발 소프트웨어를 통한 국내 종자 산업 관련 기관과 기업, 대학에 무상으로 배포하여 연구개발 자체의 보안성은 없다고 판단됨

※ 보안성이 필요하다고 판단되는 경우 작성함.

1. 연구책임자의 의견

해당사항 없음

2. 연구개발기관 자체의 검토결과

해당사항 없음

4. 핵심기술

구분	핵심기술명
①	비전 기술기반 작물 형질 분석 기술
②	작물 시료 촬영 용지 설계 기술
③	딥러닝 기반 벼 도복 자동판독 기술
④	딥러닝 기반 벼 키다리병 포기영역 검출 및 주수 분류 기술
⑤	비전 기술기반 작물 RHS 칼라차트 추천 기술
⑥	시료 촬영 최적화를 위한 표준촬영박스 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 해 결	정책 자료	기타
①의 기술		v			v				v	
②의 기술		v				v	v			
③의 기술						v			v	
④의 기술						v			v	
⑤의 기술	v	v				v			v	
⑥의 기술									v	

* 각 해당란에 v 표시

6. 각 연구결과별 구체적 활용계획

핵심기술명	핵심기술별 연구결과활용계획 및 기대효과
①의 기술	작물 형질 분석 기술을 통해 국내·외 기관에서 신품종 특성분석 및 출원작물 심사에 전면 활용될 수 있음
②의 기술	작물 시료 배열의 문저점 해결과 영상 촬영의 표준 용지로 사용될 수 있음
③의 기술	벼 도복 자동판독을 통해 각 지역의 도복 피해 분석 및 현황 지표로 사용될 수 있고, 포장 검사 업무에 활용될 수 있음
④의 기술	벼 키다리병 자동판독을 통해 각 지역의 키다리병 피해 분석 및 현황 지표로 사용될 수 있고, 포장검사 업무에 활용될 수 있음
⑤의 기술	작물 RHS 칼라차트 추천 기술을 통해 국내·외 기관에서 신품종 특성분석 및 국제표준 제시에 활용될 수 있음
⑥의 기술	종자기관, 대학, 농업진흥청 등 작물 특성조사 기관에서 사용될 수 있음

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 활용액) (백만원)	
	특허 출원· 등록	특허 등록	품종 등록	S M A R T 평 가 인 계 수	건 수	기술 료	제 품 화	매 출 액	수 출 액	고 용 창 출	투 자 유 치		논문		학 술 발 표			정 책 활 용	홍 보 전 시		
													SCI	비 SCI							노 년 평 가 인 계 수
단위	건	건	건	건	백 만 원	건	백 만 원	백 만 원	명	백 만 원	건	건	건	명	건	건					
가중치	10	0	0	0	5	0	10	10	0	10	0	10	0	1	0	5	-	-	5	10	10
최종목표	4	0	0	0	2	0	1	40	0	1	0	2	0	1	0	4	0	0	1	1	2
연구기간내 달성실적	11	0	0	0	2	0	1	110	13	5	0	0	0	2	-	5	-	-	1	10	2
연구종료후 성과창출 계획	2	1	0	0	0	0	1	500	0	2	0	0	0	1	0	2	0	0	0	4	2

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⁾			

- 1) 핵심기술이 2개 이상일 경우에는 각 핵심기술별로 위의 표를 별도로 작성
- 2) 전용실시 : 특허권자가 그 발명에 대해 기간·장소 및 내용을 제한하여 다른 1인에게 독점적으로 허락한 권리
통상실시 : 특허권자가 그 발명에 대해 기간·장소 및 내용을 제한하여 제3자에게 중복적으로 허락한 권리
- 3) 실용화예상시기 : 상품화인 경우 상품의 최초 출시 시기, 공정개선인 경우 공정개선 완료시기 등
- 4) 기술 이전 시 선행요건 : 기술실시계약을 체결하기 위한 제반 사전협의사항(기술지도, 설비 및 장비 등 기술이전 전에 실시기업에서 갖추어야 할 조건을 기재)

주 의

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