

발 간 등 록 번 호

11-1543000-001024-01

적외선광원을 이용한 작물 원산지판별 분석기술 개발
(Development of the habitat identification
technology for crops using IR)

한국광기술원

농림축산식품부

제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

이 보고서를 “적외선광원을 이용한 작물 원산지판별 분석기술 개발” 과제의 보고서로 제출합니다.

2015년 8월 7일

주관연구기관명 : 한국광기술원

주관연구책임자 : 김정현

연 구 원 : 김왕기

연 구 원 : 정구락

연 구 원 : 장형식

협동연구기관명 : (주)링크옵틱스

협동연구책임자 : 최용원

협동연구기관명 : (주)현농

협동연구책임자 : 한송희

요 약 문

I. 제 목

: 적외선광원을 이용한 작물 원산지판별 분석기술 개발

II. 연구성과 목표 대비 실적

구분	목 표			실 적		
	특허출원	특허등록	논문	특허출원	특허등록	논문
1차년도	1	-	1	1	-	-
2차년도	2	-	2	-	-	1
3차년도	1	1	2	2	-	4
계	4	1	5	3	-	5

III. 연구개발의 목적 및 필요성

: 중국산 배추의 대량 수입 및 김치파동의 여파로 일반인의 배추 원산지에 대한 관심이 고조되어 있으며, 원산지 허위 표시자 및 미표시자에 대한 처벌기준을 강화해야 한다는 목소리가 높은 실정이다. 본 연구개발에서는 다양한 원산지별 샘플들을 확보하여 이를 판별할 수 있는 기술개발을 확보하여 현장에서 즉시 원산지를 구별할 수 있는 측정시스템을 제작하는 데 목적이 있다.

IV. 연구개발 내용 및 범위

- 적외선 영상을 이용한 측정기술 개발
 - 광원 방출 모듈 개발
 - IR 필터링 광학계 구성
 - IR 이미지 센서 모듈
 - 데이터베이스 연동기술 개발
 - 검색 및 판독 기술개발
 - 지역별 특징 분류 알고리즘 개발
- 적외선 영상 DB 구축
 - 국내 배추잎에 대한 적외선 영상 DB 구축
 - 국외 배추잎에 대한 적외선 영상 DB 구축
 - 국내 생산지별 배추잎에 대한 이미지 DB 구축

V. 연구개발결과

○ 적외선 이미지 획득 시스템 개발

- 850, 910, 940 nm 광원모듈 실험 및 최적의 이미지획득 광원제작
- 촬영환경에 영향이 없도록 특정 파장광원 및 IR 밴드패스 필터로 광학계 구성
- 적외선 감응 센서모듈을 이용하여 이미지 획득
- 데이터베이스 연동기술 개발
- 15종에 대한 DB검색 및 판독 기술개발
- 해남, 중국 청도 등 지역별 특징에 따른 분류

○ 원산지별 DB 구축

- 국내 남부지방 및 중부지방의 배추잎에 대한 적외선 영상획득 및 DB구축
- 중국 청도 등 국외 배추잎에 대한 적외선 영상획득 및 DB구축
- 국내 생산지별 배추잎에 대한 이미지 DB 구축 및 종별구분 마스크 획득

VI. 연구성과 및 성과활용 계획

: 적외선 촬영 시스템의 개요 및 원산지 판별 알고리즘에 대한 특허출원과 논문을 발표하였으며 연구성과 활용을 위해 이에 대한 기술이전을 계획하고 있다. 배추이외에도 다양한 식물로 범위를 확대하여 원산지이외에도 종에 대한 판별시스템에 대한 사업화를 논의하고 있다.

SUMMARY

I. Title

: Development of the habitat identification technology for crops using IR

II. Research goals and results

Section	Goals			Results		
	Patent application	Patent registration	Paper	Patent application	Patent registration	Paper
1st year	1	-	1	1	-	-
2nd year	2	-	2	-	-	1
3rd year	1	1	2	2	-	4
Total	4	1	5	3	-	5

III. Objective

: In these days, huge amounts of cabbage have been imported from China and Kimchi made in China has been distributed all of the country until parasite kimchies were known by a media. It is said that people who do not keep the country-of-origin labelling should be punished. In this project, we tried to get various species and shape of cabbages and to find out special method to distinguish them each other. We developed a habitat identification technology and the measurement system with IR optical source and image detecting module.

IV. Experiments

- Development of the IR image acquisition technology
 - Development of IR optical source
 - Optical system setup with IR filter
 - Module of IR image sensing
 - Database construction and access technology
 - Habitat identification technology with physical properties of cabbages
 - Cabbage characteristics classified by regional groups
- DB Construction of IR image
 - DB Construction of IR image for domestic cabbages
 - DB Construction of IR image for Chinese cabbages
 - IR image DB Construction according to the regional groups

V. Results

- Development of IR image acquisition system
 - Optical source development to get the optimized image with 850, 910, and 940 nm LED
 - Optical source with specific wavelength and optical system with IR bandpass filter without any influence on the image acquisition
 - Image acquisition with a detector module which is sensitive to near infrared ray
 - DB construction and access technology development for cabbages species of 15ea
 - Classification by regional groups such as Cheongdo in China and Haenam in Cheonnam province, etc.
- DB construction according to the habitat
 - IR image acquisition and DB construction for the samples of southern and central area
 - Cabbage image acquisition at the Cheongdo in China and DB construction
 - Image acquisition according to regional group, and master acquisition according to species

VI. Future plans

: Patents were applied and some papers were submitted regarding to IR image taking system and the habitat identification algorithm. For the practical use of project results the transfer of the technologies is considering. Commercialization is under discussion with upgraded technology which is able to be applied to identification of plants or other things.

CONTENTS

Chapter 1 Objective

Chapter 2 The present state of the technology

Chapter 3 Experiments

Chapter 4 Achievement and contribution

Chapter 5 The research result and its use

Chapter 6 Foreign technical information collected in this research

Chapter 7 References

[Addition] Patent, paper and market review

Appendix

1. Test reports of the optical source and system
2. Patent list

목 차

- 제 1 장 연구개발과제의 개요 및 성과목표
- 제 2 장 국내외 기술개발 현황
- 제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과
- 제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도
- 제 5 장 연구개발 성과 및 성과활용 계획
- 제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보
- 제 7 장 참고문헌

[첨부] 특허, 논문 및 시장분석 보고서

부록

- 시험성적서
- 특허출원

제 1 장 연구개발과제의 개요 및 성과목표

제 1 절 연구개발의 목적 및 필요성

- 식품의약품안전청 자료에 따르면 2012년 기준 중국산 식품 314만t이 수입 중 부적합 식품으로 판정된 수입품은 588건이나 된다. 이처럼 중국산 유해식품은 우리의 식탁에 위협요인으로 등장하였다. 이런 중국산 식품 공포는 일부 상인들의 비양심적 행위로 먹을거리에 대한 소비자의 불신이 커지는 상황에 불신을 증폭시키는 요인으로 작용하고 있다.
- 소비자들의 이러한 먹을거리 불신을 해소하기 위해서는 정부 당국이 중국산 유해식품 문제에 대한 근본적인 대책을 수립·시행하고 생산에서 판매까지 식품 정보를 국민에게 제대로 전달되도록 해야 한다. 그러려면 외국 식품 정보 모니터링을 강화해 유해식품의 수입을 차단하고 국내 농산물의 생산 정보를 제공하며 원산지표시제를 확대해야 한다. 나아가 생산이력추적시스템, 우수농산물 관리제(GAP), 위해요소중점관리기준(HACCP), 식품성분표시제 등의 문제점을 철저히 진단하고 보완함으로써 먹을거리 안전성에 대한 소비자의 신뢰를 높여야 한다.
- 중국 배추의 수입이 크게 늘면서 원산지 허위표시자 외에 미표시자에 대한 처벌기준도 강화해야 한다는 지적이 일고 있는 가운데, 이들 수입 배추의 경우, 국내 종자업체가 육성한 종자를 이용해 우리나라와 재배환경이 비슷한 지역에서 생산돼 전문가들도 구별하기 힘든 데다 포장돼 수입되더라도 수입업자들이 통관 후 포장을 해체, 선별 재작업한 후 산물로 재래시장이나 가공업체 등에 유통시킬 경우 사실상 단속이 불가능하다고 한다. 특히, 원산지 표시 위반시 농산물품질관리법에 따라 허위표시의 경우 5년 이하의 징역이나 5,000만원 이하의 벌금을 부여하는 등 형사 처벌하는데 반해 원산지를 표시하지 않을 경우 판매 및 저장물량에 대해 5만원 이상 1,000만원 이하의 과태료만을 부과하면 된다는 점을 이용, 유통업자들이 다소 벌금을 물더라도 부정행위를 저지르고 있다고 한다.
- 전국농산물산지유통인연합회에서는 소매과정에서 박스로 포장 출하되는 수입 배추 이외에 산물로 유통되는 경우에도 원산지를 확인 할 수 있는 방안을 마련해야 하며, 이와 함께 출하자들도 가능한 원산지가 표기된 포장출하를 확대하는데 노력하길 원하고 있다. 이에 대해 국립농산물품질관리원도 원산지표시 위반행위에 대한 처벌을 강화하기 위해 현재 농산물품질관리법령 개정을 추진 중이나 시장이나 출하자의 자체적인 노력 없이는 불법, 부정유통을 근절하기 힘든 상황이므로 원산지표시에 적극 나서주길 바라고 있다.
- 따라서, 식품의 상태 및 원산지 등을 실시간으로 신속하고 정확하게 직접 시각적으로 확인하고 문제점을 해결할 수 있는 방안이 절실히 요구되고 있으며, 적외선 영상에 의한 검출·계측 기술이 하나의 대안으로 떠오르고 있다. 본 연구개발에서는 다양한 원산지별 샘플을 확보하여 개발하고자하는 적외선 영상 계측기술을 적용하여 배추의 품질 특성을 비교 조사하였다. 또한 신선도에 따라 배추의 물리·화학적인 변화를 비교 분석하는 한편 최종적으로 개발된 적외선 영상 계측기술을 적용하여 배추의 품질 특성을 비교 조사하였다.

제 2 절 성과목표 대비 실적

구분	목 표			실 적		
	특허출원	특허등록	논문	특허출원	특허등록	논문
1차년도	1	-	1	1	-	-
2차년도	2	-	2	-	-	1
3차년도	1	1	2	2	-	4
계	4	1	5	3	-	5

※ 특허출원

- 작물의 원산지 판별 장치 및 방법
- 식물의 종 판별장치 및 방법
- 배추 품종 및 원산지 판별장치

※ 논문발표

- COOC, 적외선 영상을 이용한 작물 원산지 판별 기술
- COOC, 식물 내부구조의 적외선 이미지촬영
- 한국광학회, 적외선을 이용한 식물 잎맥의 그물구조 분석
- 한국멀티미디어학회, 배추 잎 정보 분석 기반 배추 원산지 판별 프로그램 구현
- Photonics Conference, 마스크를 이용한 배추의 종 판별방법

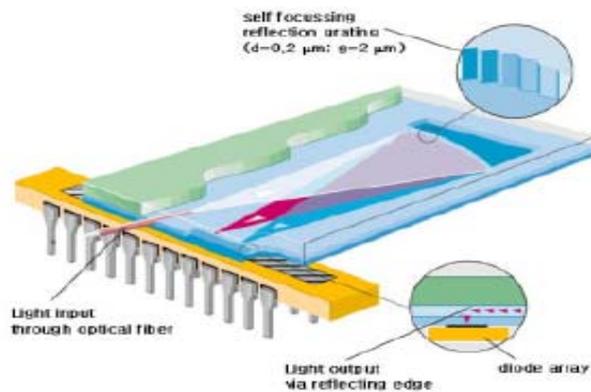
제 2 장 국내외 기술개발 현황

- 현재 국내에서는 쌀, 콩, 고추, 벌꿀, 간장, 참기름 등을 포함한 식품 및 농산물들에 대한 정확하고 신속한 품질평가 방법들에 대한 연구가 한국식품개발연구원, 농협, 농산물검사소, 대학 등에서 이루어지고 있다. 농산물과 식품의 원산지 규명과 유사품 원산지 규명을 하기 위해서는 이화학적인 방법을 사용하는 것이 대부분이며, 이 방법을 쓰는 경우 많은 시간과 비용이 소요되고 그 결과도 확신할 수가 없기 때문에 최근에는 비파괴기술인 근적외선 분광법, 전자코, X선 형광법 등이 많이 사용되고 있다.
- 특히 근적외선 분광 분석법은 시료를 700~2500nm 영역에서 분석하는 것으로 주로 분자 운동으로 IR 영역에서 나타나는 N-H, C-H, O-H의 기본 진동수의 Overtone과 Combination의 흡수대가 특징으로 나타나고 강도는 비교적 약하다. Chemometrics가 발달하기 전까지는 攪亂(교란) 신호와 구별이 어려워 실제 분석에는 사용되지 않았으나, 1960년대 초 미국 농무성의 Karl Norris에 의해 농업분야에서 처음으로 실용화된 후에 많은 응용 범위를 확대하여 농업, 식품, 사료뿐만 아니라 현재는 화학, 생화학, 화장품, 의학, 석유화학, 제약, 고분자, 제지, 및 섬유분야든 모든 현존하는 과학기술 분야에 이르기 까지 없어서는 안 되는 방법이 되었다.
- 그러나, 1960년대 이후 지금까지 사용되고 있는 근적외선 분광법은 장치의 구조가 복잡하고, 핵심요소기술과 부품인 광원 램프와 Microspectrometer를 100% 전량 해외 수입에 의존해야 하며, 결국 이는 국내원천기술이 아니라는 결론이 될 뿐만 아니라, 새로운 기술과 적

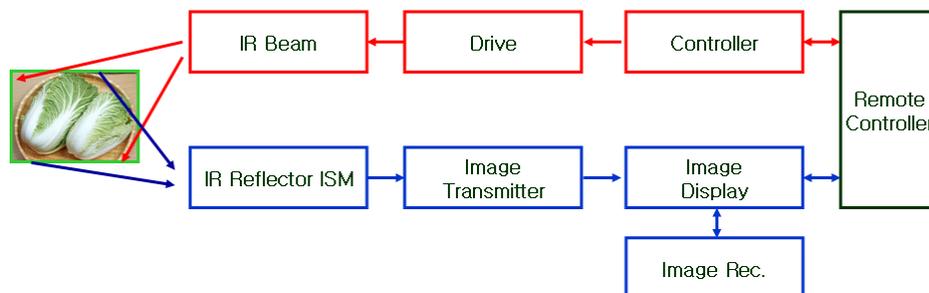
용분야에 따라 적용성과 응용성이 제한될 수 있으며, 해외 관련 기술과 핵심부품 공급업체의 횡포에 놀아날 수밖에 없음이 현실로 다가올 수 있다는 것이다.

- 또한 장치의 소형 경량화가 어렵고, 광원으로는 고가의 텅스텐-할로겐 필라멘트를 사용하고, 충격과 진동에 아주 민감하여 공장의 식품 품질개선에 따른 현장적용에는 아주 큰 문제점을 가지고 있다.
- 개발품은 현장적용 설비에 제한요소인 진동, 충격, 크기, 무게, 독자적 운용기술 등을 해결하여 농식품 생산설비 현장적용에 적용함으로써 식품의 품질개선과 생산성향상, 손실비 절감, 해외 우수 장비/설비 수입대체로 회사, 농산물 생산자, 농업기반 국가 경쟁력을 강화시킬 것으로 기대된다.
- 적외선 영상 판독기술은 적외선을 사용한다는 것에서만 기존의 적외선분광법과 동일하다. 그러나 기존방법은 텅스텐-할로겐램프, 적외선분광소자, 옵티컬 케이블 등 고가의 수입 소자와 부품을 필요로 하고, 결정적으로는 실시간 동영상에 의한 농식품의 구조, 실시간 변화 상태 및 비교, 내부구조 투시, 영상분석, 판독 등을 전혀 할 수 없다는 것이다.
- 이러한 기존 문제점을 해결하기 위한 핵심기술로는 적외선을 사용하여 적외선 스펙트럼은 분자에 적외선을 투시하면 이것은 X선 또는 UV-Visible 보다 에너지가 낮기 때문에 빛을 흡수하여 원자 내 전자의 전이현상을 일으키지 못하고 분자의 진동, 회전, 병진등과 같은 여러 가지 분자운동을 일으키게 된다. 주로 이 영역에서 분자 진동에 의한 특징적 흡수 스펙트럼이 나타나는데 이것을 분자진동스펙트럼 또는 적외선스펙트럼이라고 한다.
- 따라서, 물질의 적외선스펙트럼의 해석을 통하여 여러 가지 미지 물질의 확인은 물론 분자 구조를 추정할 수 있다는 것이 핵심요소기술이며, 적외선 투시에 의한 미지 물질의 확인과 분석에 대한 Photonics-Electron적 정의는 다음과 같다.
 - 분자가 적외선을 흡수하려면 그 분자는 진동과 회전운동에 의한 쌍극자 모멘트의 알짜변화를 일으켜야 한다. 분자가 진동할 때 이 쌍극자 모멘트의 변화량이 클수록 적외선 흡수는 크다.
 - 쌍극자 모멘트의 변화량은 진동하고 있는 원자간 거리가 짧을수록 또는 부분전하가 클수록 커져서 강한 적외선 흡수가 관측된다.
 - 이런 조건하에서만 복사전의 전기장이 분자와 작용할 수 있고, 분자의 진동 및 회전운동의 진폭에 변화를 일으킬 수 있다.
 - N_2 , H_2 , O_2 , 분자와 같은 동일핵종 분자의 경우에는 분자의 진동 또는 회전운동에 의해 쌍극자 모멘트의 알짜 변화가 일어나지 않으므로 적외선을 흡수하지 않는다. 라는 것이다. 이러한 적외선에 대한 정의에 의해 물질에 대한 분석과 구분을 행할 수 있게 되는 것이며, 적외선이라고 해서 다 같은 적외선이 아니고, 특징도 아주 다르다는 것을 Photonics-Electron 기술적으로 명확히 이해해야만 본 기술을 실현할 수 있게 되며, 실현 후 많은 적용 분야가 있을 것으로 기대된다.

- 또한 유기물, 무기물중 모든 공유결합을 갖는 화합물은 적외선 영역에서 결합에너지에 해당하는 진동수(Frequency)의 전자파를 흡수하기 때문에 시료에 적외선을 투시하여 각 물질내의 결합 에너지에 의한 고유 스펙트럼을 나타내고, 진동에너지 준위들 사이에서의 전이 현상에 의한 흡수 주파수로부터 분자 내 Functional Groups들의 투시반사광을 검출 분석 판독 식별할 수 있다는 것이며, 그 스펙트럼을 해석함으로써 미지 물질의 정성 정량 분석도 가능하다. 본 기술개발에서는 현장적용형으로 정성, 정량 분석보다는 배추에 직접적으로 적용할 수 있는 설비와 장비를 개발 보급 적용하는데 목적이 있는 것이다.
- 아래 그림에서 보여주고 있는 것은 기존의 적외선이나 이화학분석법에 사용되는 적외선분광광도계의 핵심소자이며, 이는 전량 해외 수입에 의존하고 있다. 다음 그림은 적외선 영상에 의한 미지 물질의 내외부 구성과 초기치에 대한 변화 등을 실시간 동영상으로 촬영 분석 판독할 수 있도록 구성된 블록도를 나타낸다. 여기서 중요한 것은 적외선 투시에 의한 영상 촬영은 단파장에 의한 고선명 촬영이므로 반드시 흑백으로 나타나야 하며, 풀칼라의 경우에는 투시가 전혀 되지 않는 가시광이기 때문에 판독이 불가능 하며, 기술의 적용가능성을 확인한 후 다양한 농산물에 적용함으로써 다양한 용도로 확대할 수 있을 것으로 기대된다.

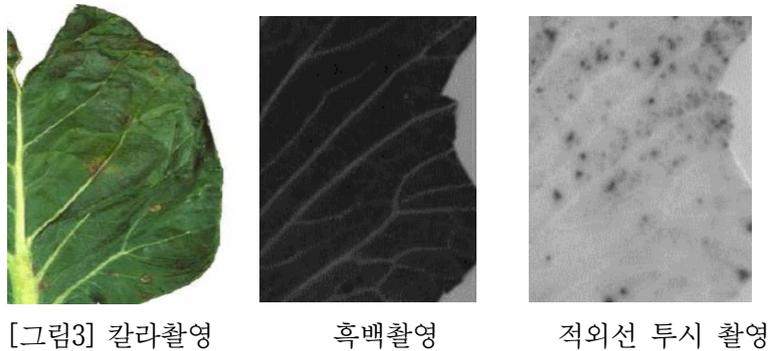


<기존 적외선분광분석기의 Microspectrometer 스펙트럼 광원 수광 광소자>



<적외선 영상측정 분석기술 구성도>

○ 식물 잎에 대한 가시광 촬영, 흑백촬영 및 적외선 투시촬영에 대한 사진이다. 가시광으로는 결만 볼 수 있지만 적외선으로는 내부까지 들여다 볼 수 있다.



○ 기존 관련 기술개발 내용과 장단점 및 차이점

기존 기술	장점	단점
DNA 검사방법	DNA를 검사하는 방법으로 유전자에 의한 정확한 판별이 가능	시간이 오래 걸림
근적외선 분광 분석법	근적외선을 이용하여 시료에 의한 흡수대를 찾아 분석하는 방법으로 비교적 판별력이 있음	분석을 위해 시료를 가공하여야 함
성분 측정 분석법	시료의 성분을 분석하여 측정	고가의 장비 사용

- 영상촬영 기법의 차이점(장점)

- 신속하고 간편함
- 대상물과 비접촉으로 측정이 가능함
- 비숙련자도 간편하게 이용 가능함
- 측정시스템 제작을 위해 많은 수의 작물에 대한 데이터를 수집하여 데이터베이스화 함

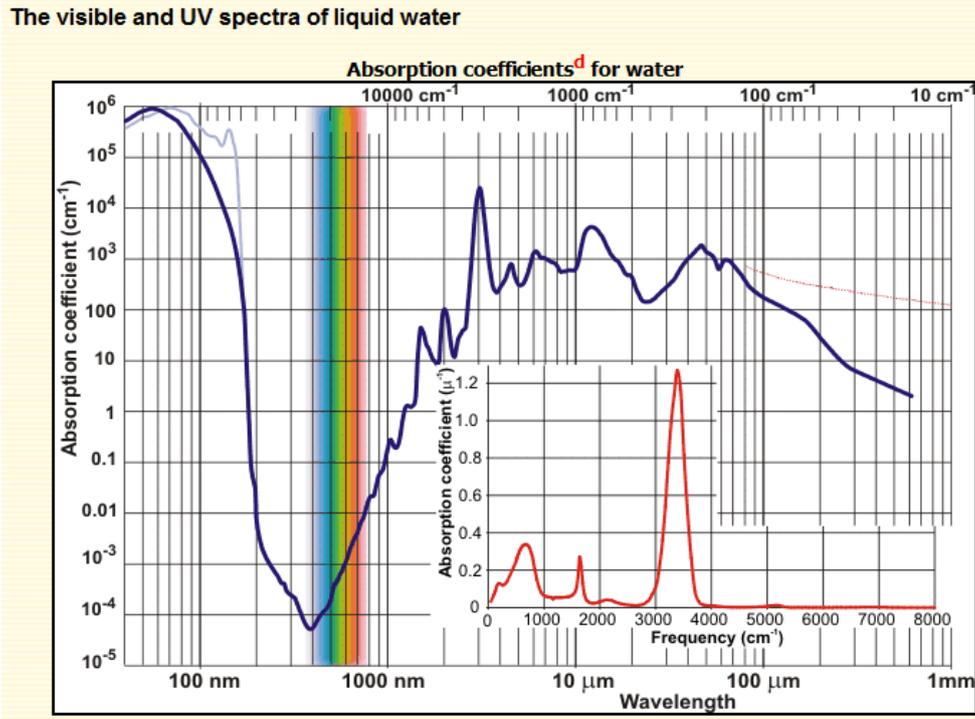
제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과

1. 적외선 영상을 이용한 측정기술 개발

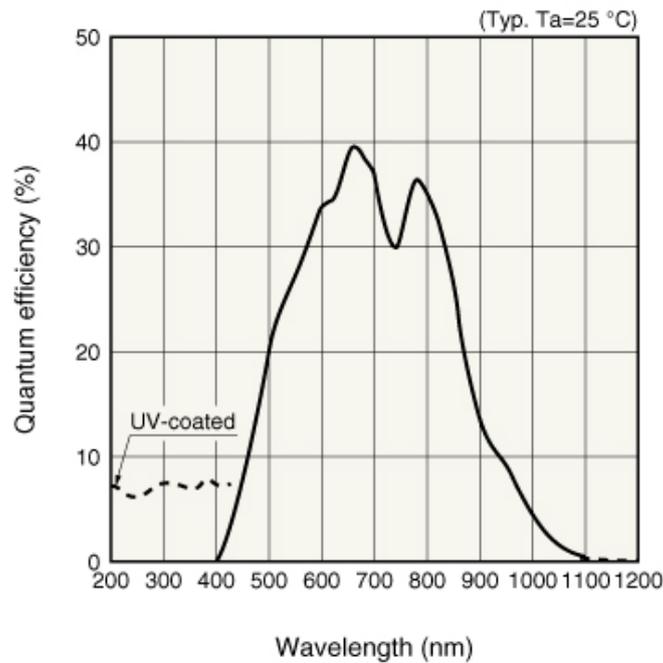
□ 적외선 영상을 이용한 측정기술의 이론적 배경

아래 그림은 물흡수 스펙트럼을 나타냄. 데이터에 의하면 약 900nm 부근에서 약 0.1cm^{-1} 흡수계수 값을 가짐. 적외선의 광원으로 배추를 투과하면 물관에서는 상대적으로 그렇지 않은 부분에 비해 흡수가 많이 일어나게 되어 물관을 구별할 수 있게 됨. 본 과제에 아이디어는 원산지별로 물관의 분포가 다를 것이라는 가정하에 출발하여 출발하였음. 가시광을 이용하는 일반 카메라로는 물관의 분포를 용이하게 관찰할 수 없는 단점을 적외선

의 광원을 이용하여 극복하고자 함이며, 적외선에 대한 감도를 가지고 있는 Si 계열의 카메라 센서를 이용하면 효과적으로 적외선 영상을 얻을 수 있게 됨. 아래 그림은 카메라 센서의 광감도를 알 수 있는 데이터로써 적외선에서 급격히 감소하여 1 μm 이상에서는 효과적인 이미지 획득이 어려움을 알 수 있음. 따라서, 1 μm 이하의 광원 및 카메라 센서를 활용하면 가시광으로는 얻기 어려운 적외선 영상을 얻을 수 있음



<물 흡수 스펙트럼>



<광과장에 따른 이미지 센서의 광감도>

1-1. 적외선 LED 특성 실험

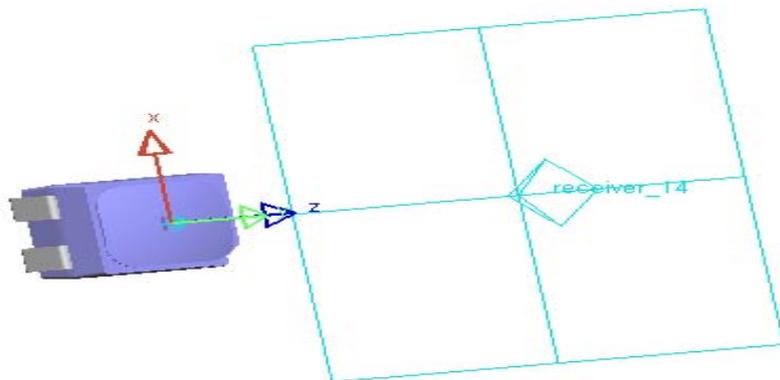
- 적외선 LED 특성 실험
 - 적외선 LED 데이터시트

Item	Symbol	Condition	Min	Type	Max	Unit
DC forward Voltage	V_F	$I=60\text{mA}$	1.35	1.5	1.8	V
DC reverse Current	I_R	$V=5\text{V}$	----	----	5	μA
Wavelength	λ_p	$I=60\text{mA}$		(*Note2)		Nm
Spectrum Radiation Bandwidth	$\Delta\lambda$	$I=60\text{mA}$	----	28	----	Nm
Luminous Intensity	I_v	$I=60\text{mA}$	80	----	150	mw
50%Power Angle	$2\theta_{1/2}$	$I=60\text{mA}$	----	120	----	deg

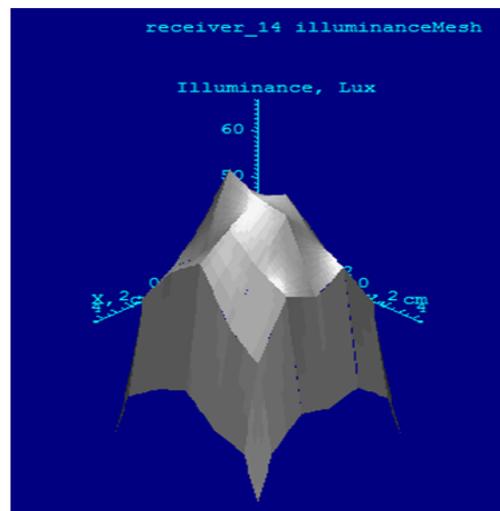
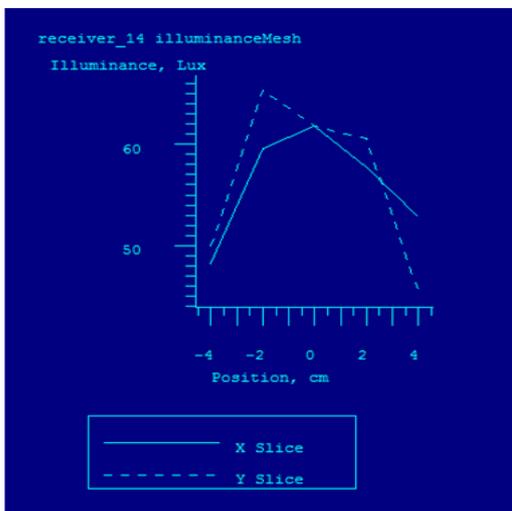
(NOTE2) Wavelength

	Condition	Min	Typ.	Max	Unit
1	$I=60\text{mA}$	845	850	855	nm
2	$I=60\text{mA}$	870	875	880	nm
3	$I=60\text{mA}$	900	905	910	nm
4	$I=60\text{mA}$	935	940	945	nm

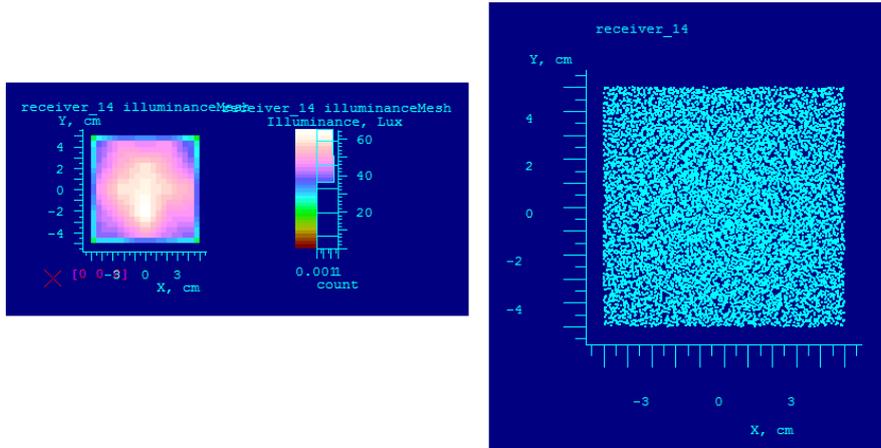
- 적외선 LED 파장별 특성 시뮬레이션



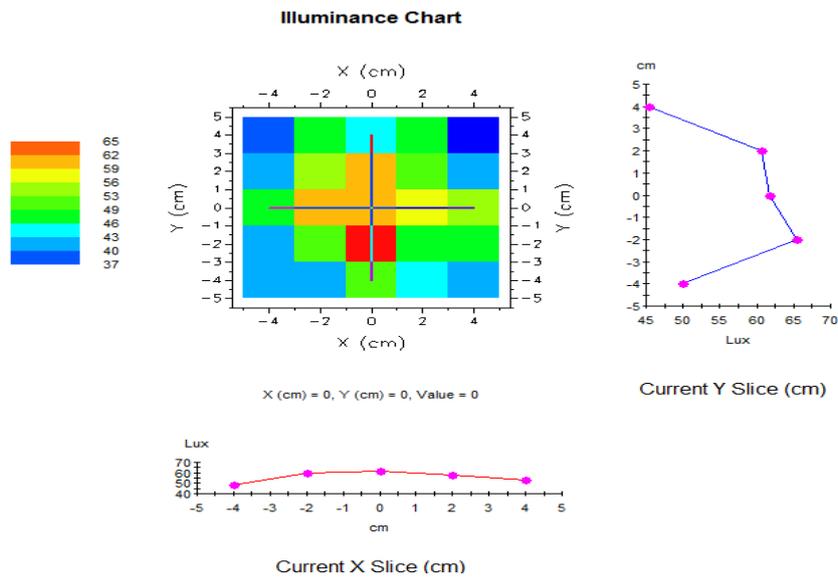
- line chart, surface chart



- Raster chart, scatter chart

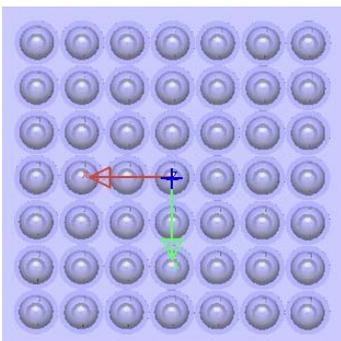


- lum viewer

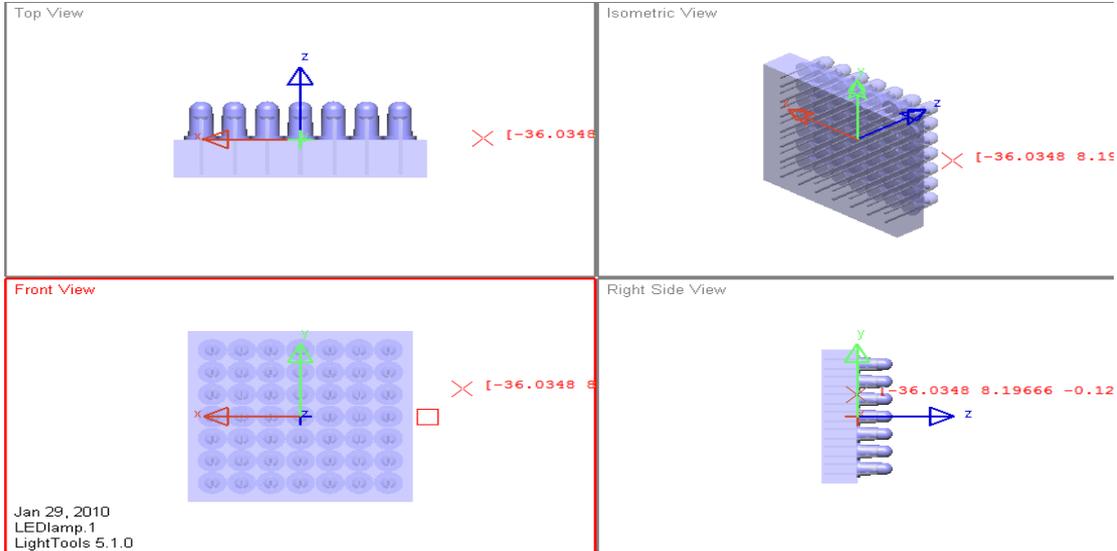
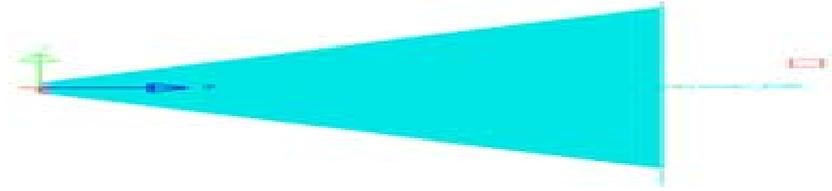


- Light Tools를 이용해 적외선 LED 광원의 특성을 알고, 여러 개의 LED를 이용하여 LED lamp 설계시 배광분포, 지향각 및 조도를 참고하기 위하여 측정함

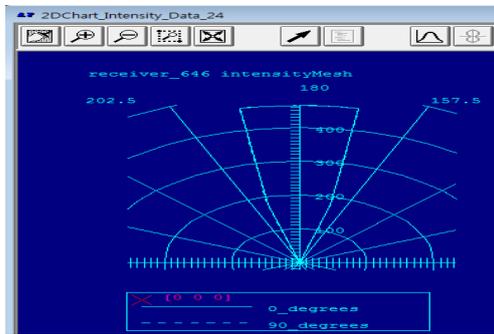
○ LED lamp Modeling in LightTools



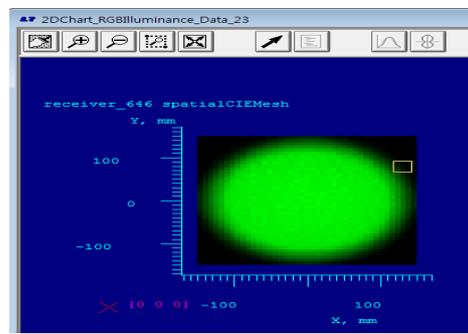
Light Tools를 이용해 램프와 동일하게 배열(7x7)한 후 50cm거리의 Dummy Surface(1m x 1m)를 만들어 각 LED 파장별 Spectrum을 설정한 후 1,000,000 ray를 설정해 측정함. mcd (Candela)를 Lumen 단위로 변환 후, 이 값을 LED에 설정하여 배광분포, 지향각 및 조도를 측정함



※ mcd를 Lumen 단위로 변환하여 시뮬레이션함 (1 cd = 4 π lm)

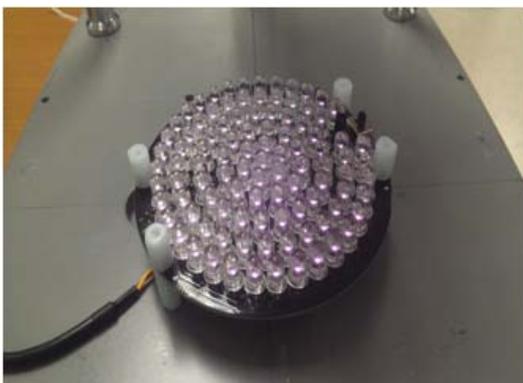


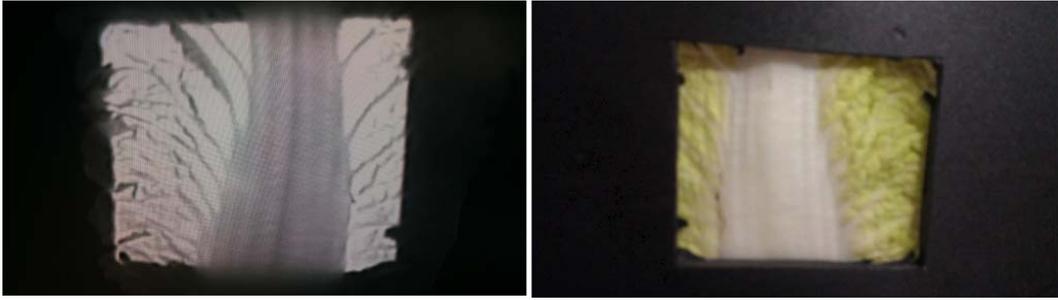
<RGB 배광 분포>



<Aim angle>

1-2. 적외선 투과 이미지 촬영 초기 실험



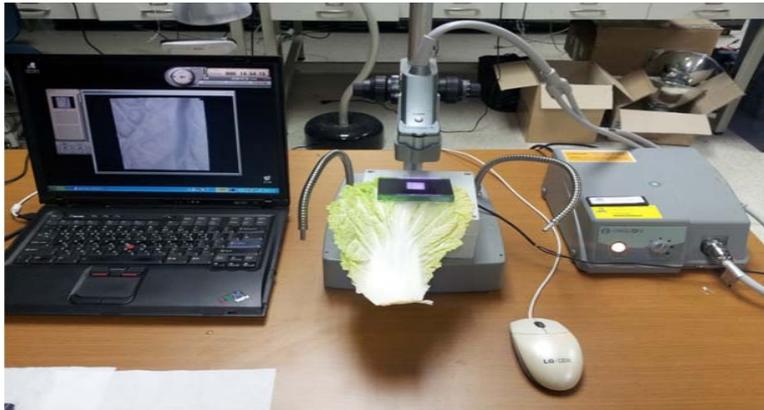


< 초기 적외선 투과 이미지 촬영 시스템 및 이미지 >

- 적외선 광원과 카메라 사이에 배추 잎을 놓고 투과된 이미지를 모니터로 확인함
- 적외선 투과 이미지 촬영 초기 실험 시스템에서 적외선 투과 이미지 저장 프로그램과 적외선 투과 물체 두께에 따른 선명한 이미지 획득하기 위해서 밝기 제어 모듈 개발함

1-3. 적외선 촬영 시스템

○ 적외선 촬영 시스템 구성



< 적외선 촬영 시스템 >

- 적외선 촬영 이미지를 저장하기 영상 프로그램 설치함
- 적외선 램프 밝기 제어 위해 모듈 추가함

○ 적외선 촬영 시스템 영상처리 부분



< 적외선 촬영 시스템 영상처리기 >

- 위 사진은 적외선 촬영 시스템 영상처리 부분으로 가시광 카메라(외형, 옆) 또는 적외선 카메라(있맥)를 연결하여 시료를 촬영하며 모니터에 시료의 영상이 출력 됨

○ 적외선 촬영 시스템 카메라 있맥 촬영 부분



< 적외선 카메라 >

- 적외선 투과를 하여 배추 있맥 부분 촬영
- 시료(배추)를 유리 사이에 놓고 가운데 사진처럼 적외선 카메라 위 부분에 있는 포커스 조절 스위치를 움직여 초점을 맞춤
- 시료의 측정 영역이 화면 안에 위치하도록 정렬하고 촬영함

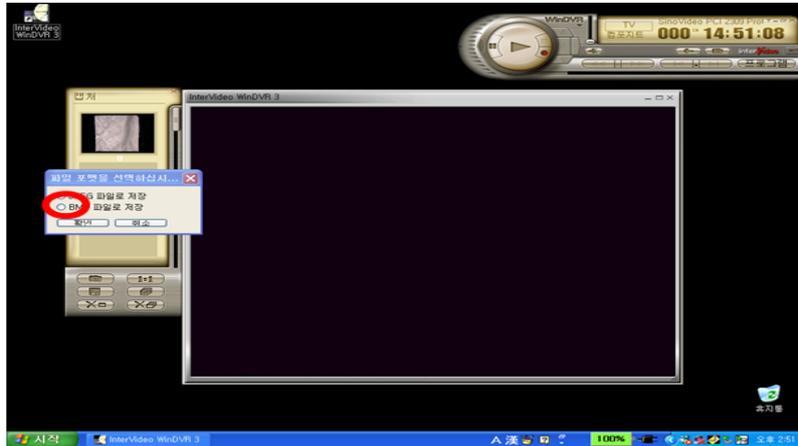
○ 적외선 촬영 시스템 카메라 외형 촬영 부분



< 가시광 카메라 >

- 가시광을 이용하여 배추 외형 부분을 촬영
- 시료(배추)를 바닥에 놓고 가운데 사진처럼 가시광 카메라 위 부분에 있는 포커스 조절 스위치를 움직여 초점을 맞춤
- 시료가 L 자 안에 위치하도록 정렬하고 촬영함

○ 적외선 촬영 시스템 이미지 저장 프로그램 부분



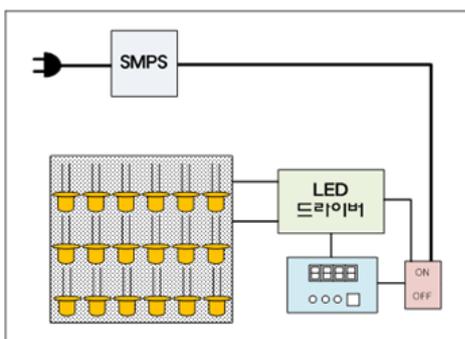
- 위 사진은 프로그램 실행화면이며, 적외선 촬영 시스템의 전원 스위치를 켜면 시료의 화면이 프로그램 상에 나타남.
- 카메라의 포커스를 조절하고 빨간색 원의 스위치를 클릭하여 화면을 캡처함
- 위 사진처럼 파일 포맷 선택 화면이 생성됨
- BMP 파일 형식으로 저장

1-4 적외선 LED 램프 밝기 제어 모듈

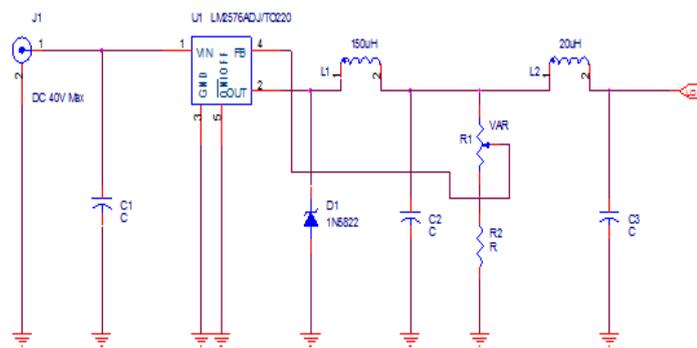
○ 밝기 제어 모듈

- 파장별 LED 램프에 맞게 가변 전압기(step down converter)를 이용하여 필요한 전압 값을 조정 할 수 있도록 하고, 밝기제어를 위한 외부에서 제어 할 수 있도록 가변저항을 부착하여 Current제어가 가능하도록 하여 전압조절이 용이하도록 제작함

○ 회로도 및 블럭도

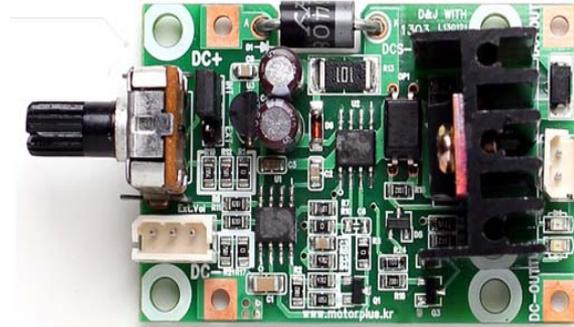
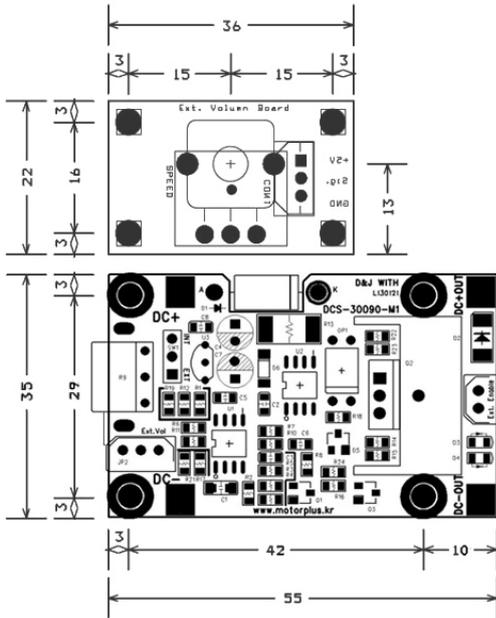


<전체 블록도>



<전압 가변 회로도>

○ 도면 및 밝기 제어 모듈



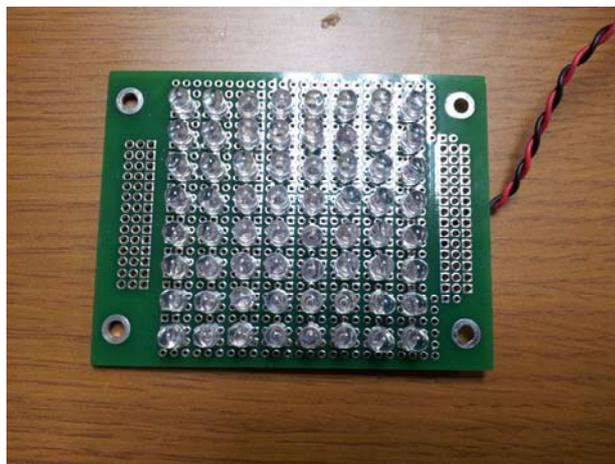
< 밝기 제어 모듈 도면 >

< 밝기 제어 모듈 >

1-5 적외선 통과 필터링 광학계 구성

○ 적외선 LED 테스트보드 제작

- 적외선 LED 8x8회로 구성
- 직렬과 병렬 연결을 혼합하여 제작함



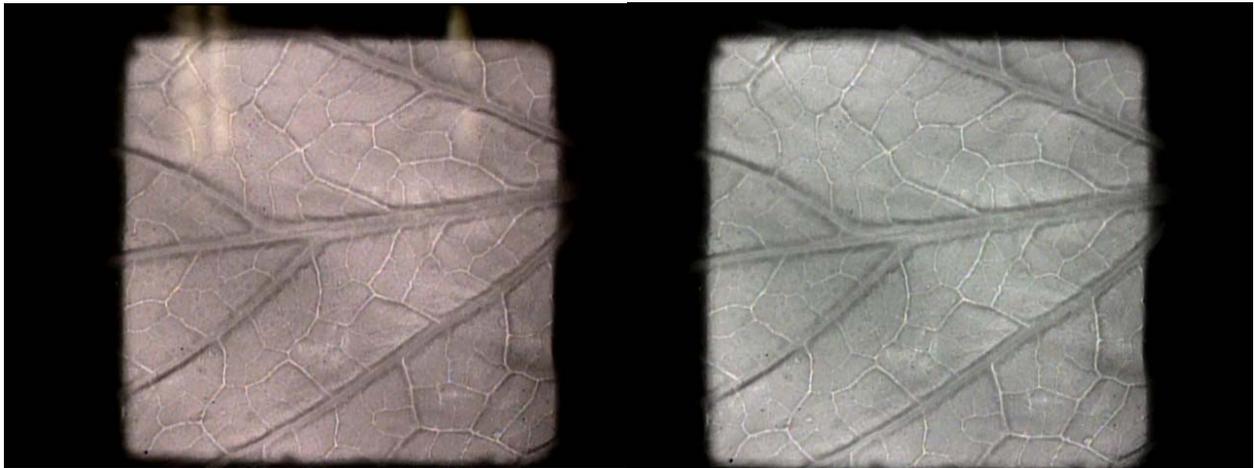
<적외선 LED 테스트 보드 >

○ 파장별 적외선 통과 필터

- 적외선 통과 필터를 이용하여 가시광이나 외부 광 잡음을 감소시킴



<적외선 통과 필터 >



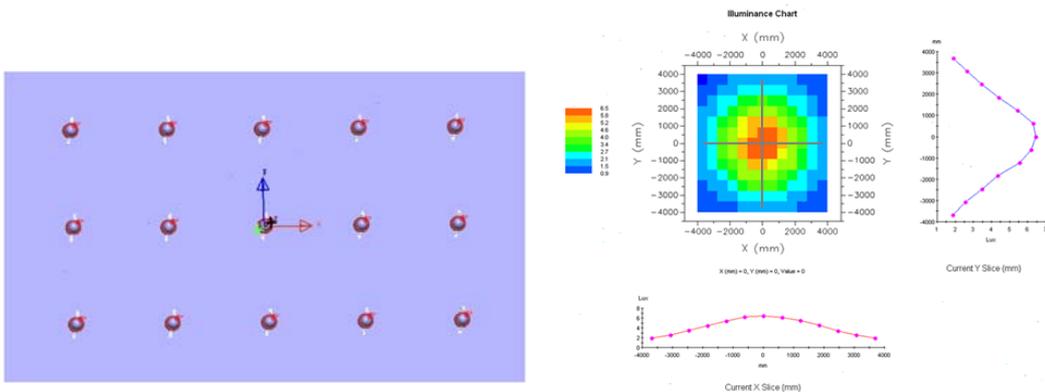
<적외선 통과 필터 적용 전 >

<적외선 통과 필터 적용 후 >

1-6. 적외선 영상 투시 모듈 시뮬레이션

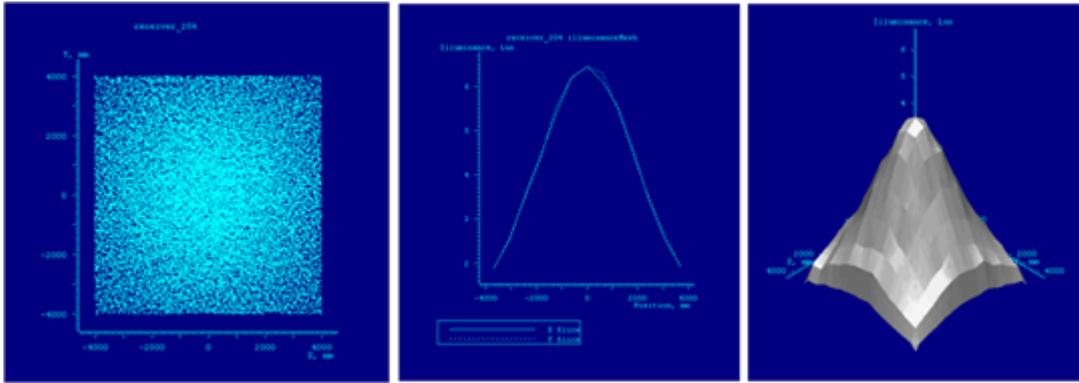
○ 적외선 영상 투시 이미지 획득을 위한 IR LED lamp 시뮬레이션

- IR LED Lamp를 시뮬레이션하기 위하여 IR LED를 배열한 후 30cm거리의 Surface를 만들어 LED Lamp의 배광분포, 지향각 및 조도를 측정함



< IR LED LAMP >

< lum viewer >

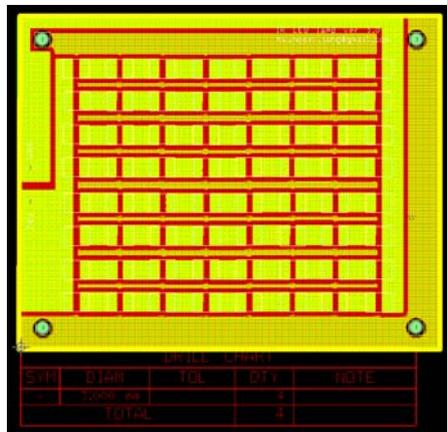


< scatter chart, line chart, surface chart >

1-7. 적외선 LED lamp PCB 제작

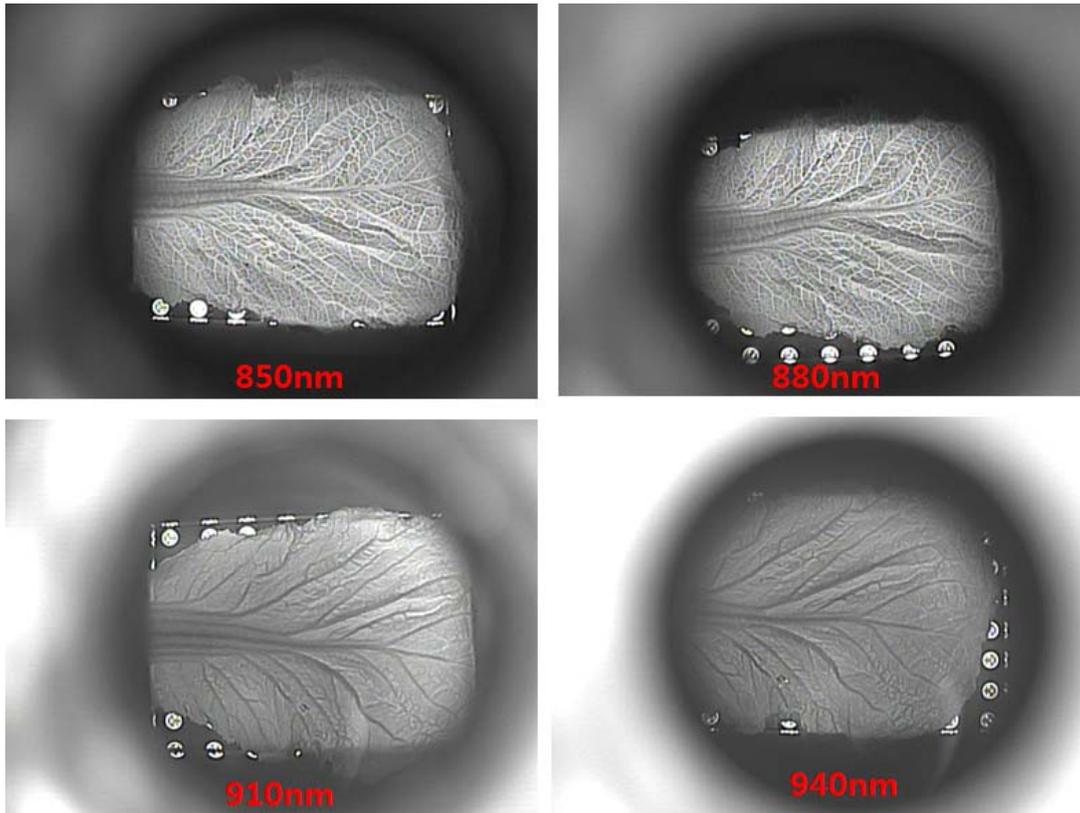
○ IR LED lamp PCB 설계 및 제작

- 선명한 영상과 관련이 깊을 것으로 판단된 파장의존 실험을 위해 타 광파장 대역에 대한 광원모듈을 제작하였으며 이를 위해, 적외선 LED 850nm, 880nm, 910nm, 940nm 파장 대역의 면광원 형태 LED lamp를 제작하였음. 또한 각 파장에 대응되는 밴드패스 필터를 사용하여 가시광 이나 외부 광 잡음을 감소시켜 카메라에 부착하여 실험을 진행함
- IR LED lamp 제작을 위하여 IR LED 64개(8X8)를 이용하여 PCB설계



< IR LED Lamp PCB 1차 설계 >

- 1차 제작된 IR LED Lamp를 통하여 배추잎의 전체 이미지를 촬영 및 획득하기에는 광원의 크기가 작아서 배추 시료의 전체 이미지 획득에 필요한 광원 크기를 확대하여 PCB설계 함
- IR LED lamp 제작을 위하여 IR LED 1008개(28X36)를 이용하여 PCB설계
- 880nm IR LED를 사용하여 투과 이미지를 획득하기 위하여 PCB 설계함



< 파장별 IR LED lamp 투과 이미지 >



< IR LED Lamp PCB 2차 설계 >



< IR LED Lamp PCB 2차 제작 >

1-8. 적외선 카메라 비교 실험

○ 적외선 영상 투시 이미지 획득을 위한 IR 카메라 비교 실험

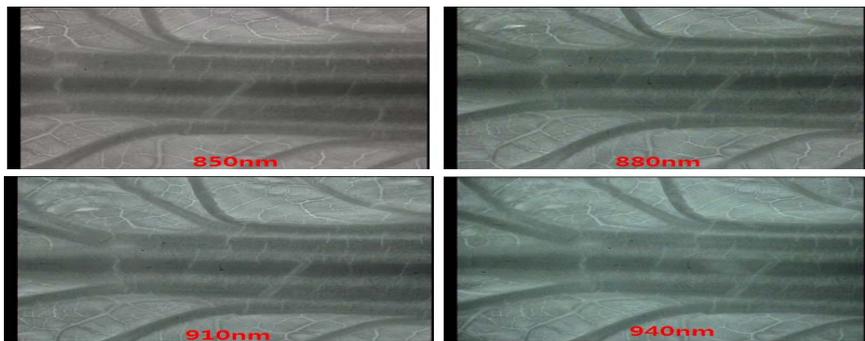
- 기존의 현미경 타입의 적외선 카메라는 확대 이미지를 보기 위하여 사용하였으나 실험 결과 배추잎의 전체 이미지를 획득하기 위하여 적합하지 않아 적외선 카메라에 대하여 실험을 진행함



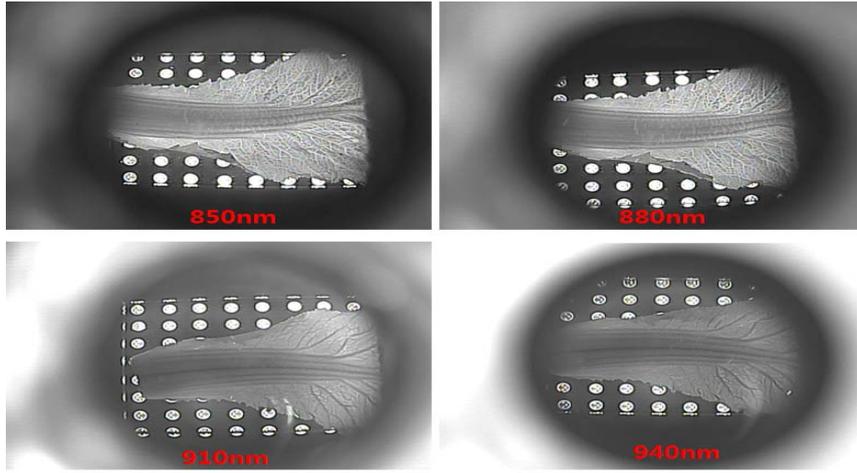
현미경 적외선 카메라



적외선 카메라



< 현미경 타입 적외선 카메라 >



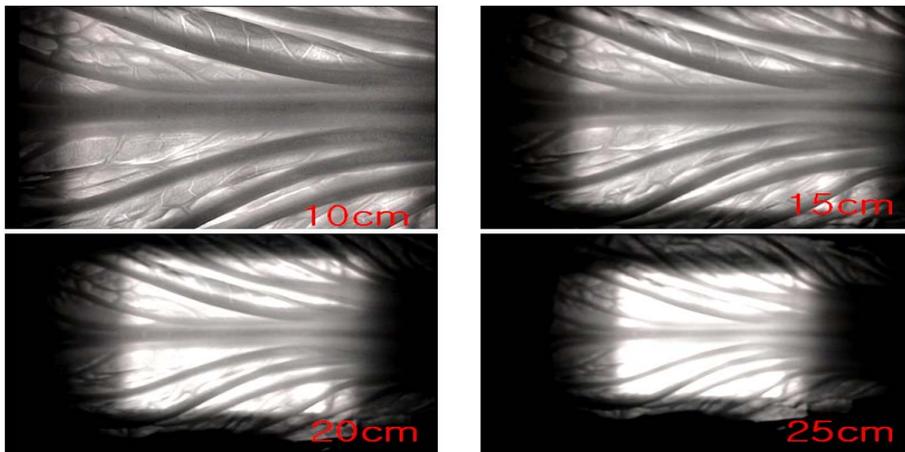
< 적외선 카메라 >

1-9. 적외선 카메라 높이 변화에 따른 해상도

○ 적외선 카메라의 높이 변화에 따른 해상도 분석



- 적외선 카메라의 위치 변화를 주어 배추의 적외선 이미지를 촬영하였으며, 적외선 이미지의 처리를 위해 적외선 카메라 위치 변화에 따라 최적의 적외선 이미지 찾는 데 주안점을 둠



- 적외선 카메라 높이를 10~25cm 변화를 주어 적외선 이미지를 비교 하였으며, 비교 결과 10cm에는 잎맥의 변화를 알 수 있으며 25cm에서는 배추잎의 전체 이미지를 알 수 있었음.

1-10. 적외선 영상 투시 광원 모듈 실험

○ 적외선 광원의 확산판 실험

- 적외선 광원의 고른 분산을 위해 확산판을 LED lamp 전면에 배치하여 분산시키기 위한 실험
- 적외선 광원을 확산시키기 위하여 투명판에 확산시트를 사용하여 실험을 진행함

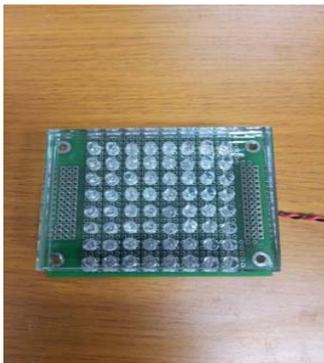


적외선 카메라

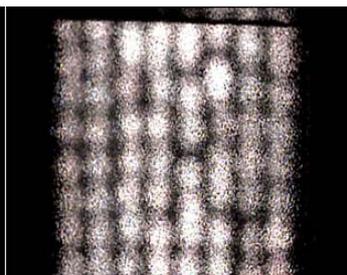
확산시트
유리판(1~2cm)
LED lamp



- 확산판이 없을 때와 확산판과 광원을 밀착시켰을 때, 확산판과 광원을 5cm이격 시켰을 때 적외선 이미지 비교
- IR LED Lamp위에 확산판과 간격을 주기 위하여 유리판을 놓고 투과 이미지 촬영



Diffuser (X)



Diffuser
(광원과 밀착)

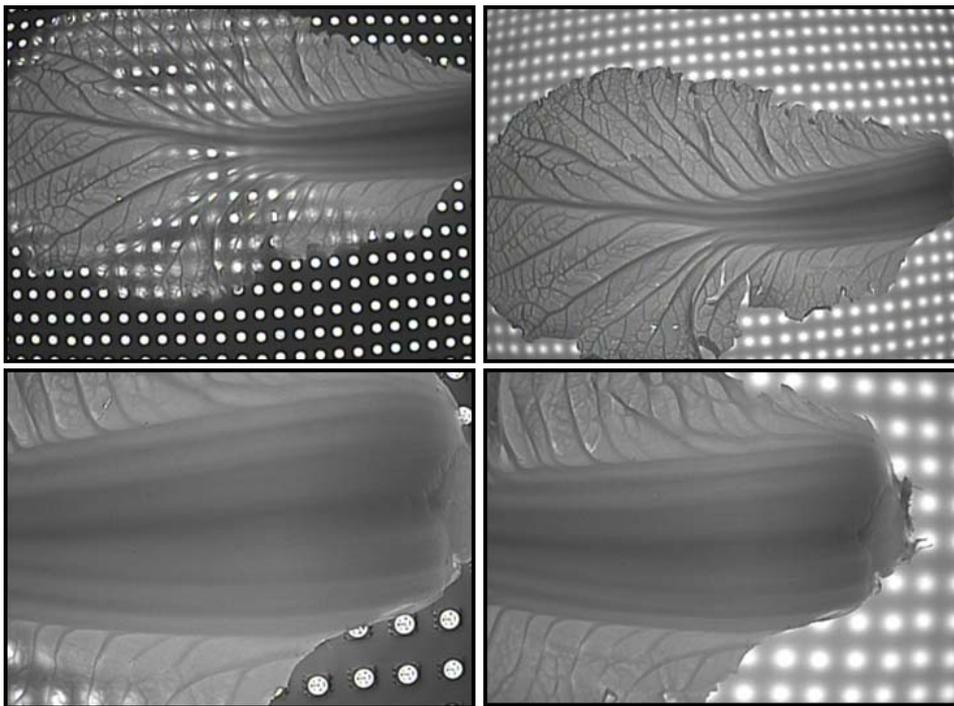


Diffuser
(광원과 5cm이격)

- 위 그림에서 광원과 확산판을 밀착 시켰을 때 LED 광원이 스팟으로 보여 이미지 처리시 노이즈로 작용하여 시료의 이미지 추출이 어려움이 있으므로 LED 광원과 확산판 사이에 공간을 주어 실험을 진행함
- 확산판을 전면에 적용 할 때 광원의 밝기가 줄어드나 빛이 고르게 분포 됨
- 2차 제작된 대면적 IR LED lamp에 적용할 확산판을 제작함
- 확산판 유무에 따른 적외선 투과 이미지 비교 실험 수행

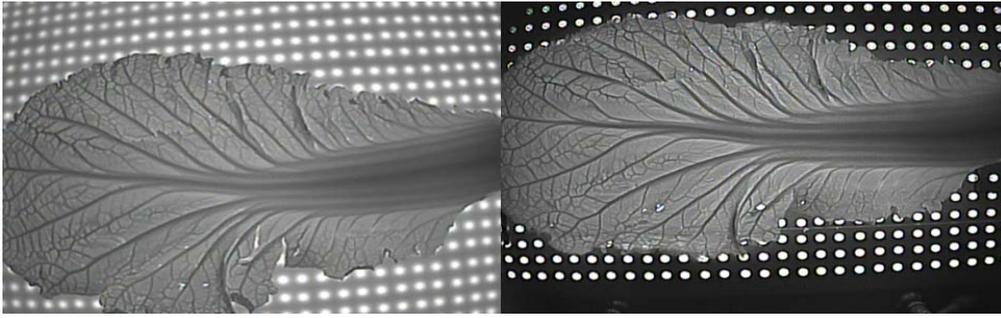


< IR LED lamp 위에 확산판을 놓고 촬영 >



<확산판 사용하지 않음 >

<확산판 사용>



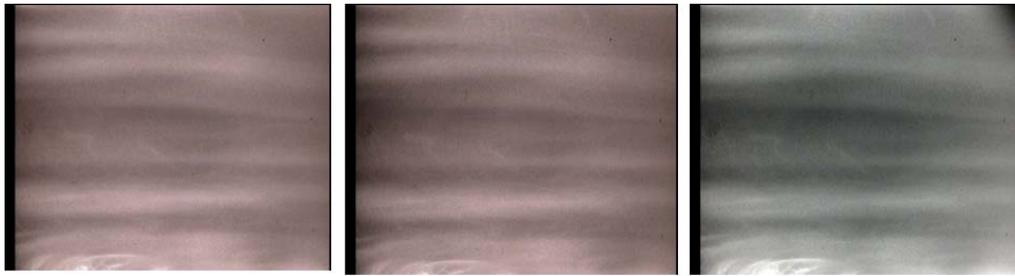
<1cm 두께의 확산판 사용>

<확산판을 1cm 이격시킴>

1-11. 적외선 통과 필터 적용 실험

○ 적외선 통과 필터 유무에 따른 적외선 이미지 비교

- 일반 실험실 조건인 형광등 빛에서 적외선 통과 필터를 적용시 이미지를 비교



적외선 필터
(X)

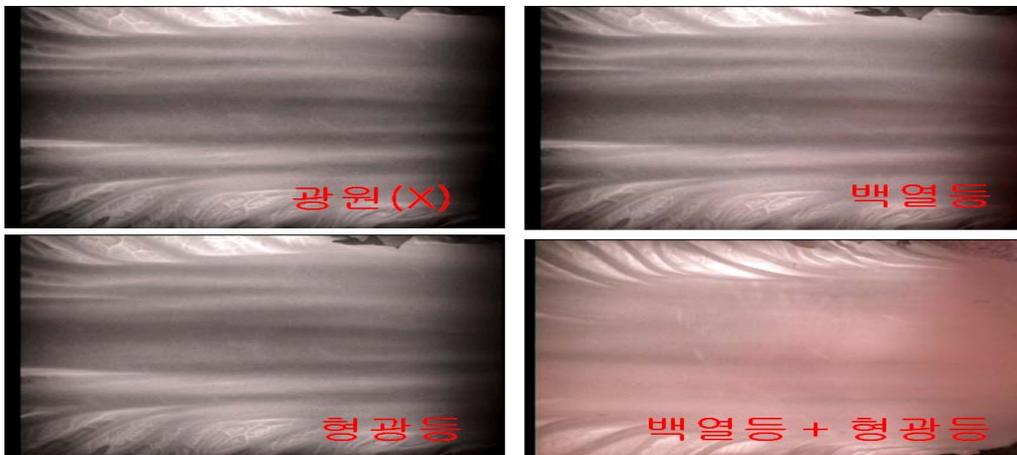
적외선 필터
(700-1100nm)

적외선 필터
(865-1650nm)

<적외선 통과 필터 유무에 따른 이미지 비교 >

○ 파장별 적외선 통과 필터

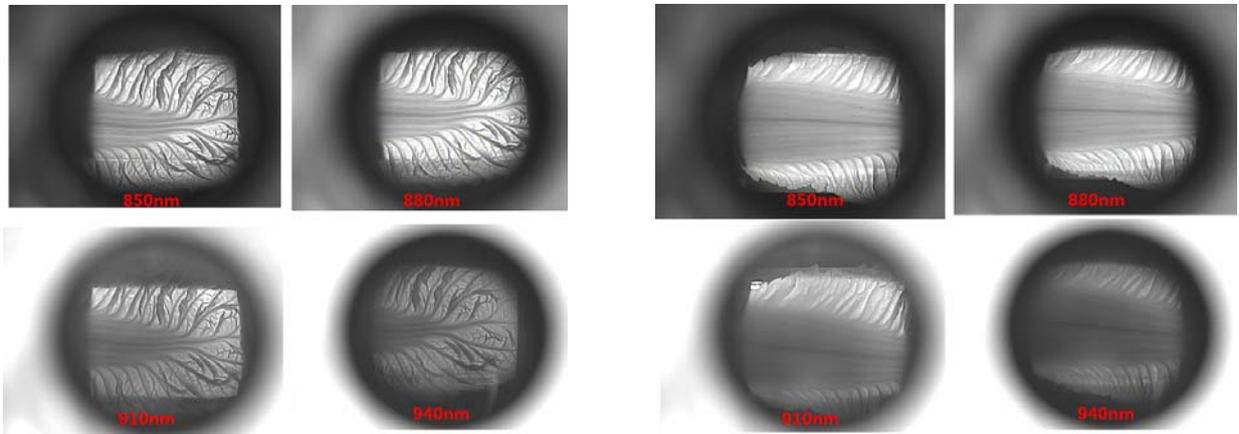
- 적외선 통과 필터(865-1650nm)를 이용하여 가시광이나 외부 광 잡음의 영향을 알아보기 위하여 실험을 진행함



<적외선 통과 필터(865-1650nm) >

○ 적외선 LED 파장별 촬영 사진

- 적외선 LED 파장별 통과 필터를 카메라렌즈 앞 단에 적용하여 실험
- 카메라렌즈와 시료와의 간격은 25cm

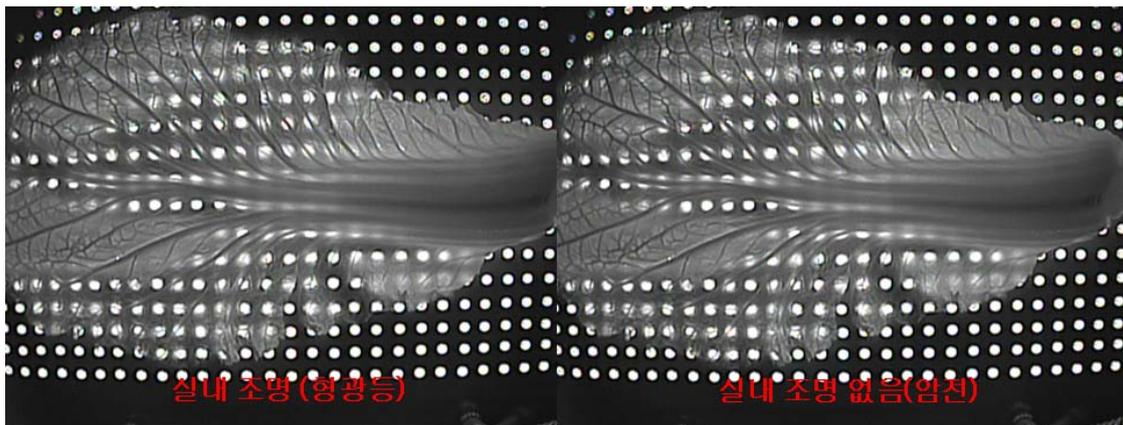


<적외선 배추 이미지 앞맥 부분>

<적외선 배추 이미지 줄기 부분>

- 위 그림에서 적외선 통과 필터를 사용후 이미지를 비교 하였을 때 앞맥 부분에서는 880nm, 910nm의 통과 필터를 사용하는 것이 적합하지만, 줄기 부분에서는 880nm의 필터를 사용하는 것이 가장 적합하여 앞으로 진행되는 실험에는 880nm의 적외선 광원과 적외선 통과 필터를 적용하여 실험을 진행함

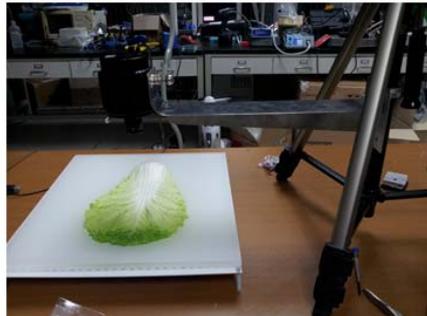
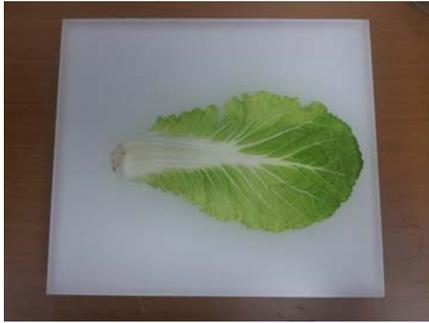
○ 파장별 적외선 통과 필터 (880nm)



- 적외선 880nm의 광원과 880nm 통과 필터를 적용하여 실내 환경에서 형광등 on/off 시 이미지에 영향을 주는 실험을 진행하였으나, 외부 광원의 영향이 거의 미치지 않는 것 알 수 있었음

1-12. 적외선 촬영 시스템

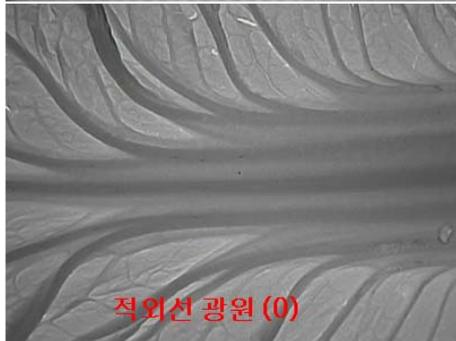
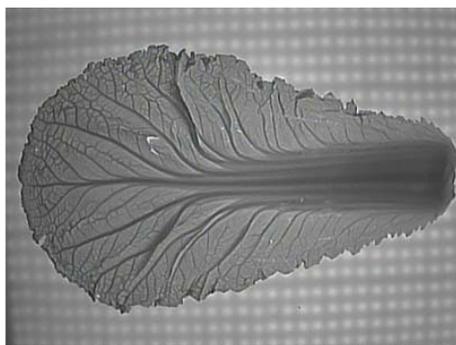
○ 적외선 촬영 시스템 구성



< 적외선 촬영 시스템 >

- 적외선 촬영 이미지를 저장하기 영상 프로그램 설치함
- 적외선 램프 밝기 제어 위해 모듈 추가함

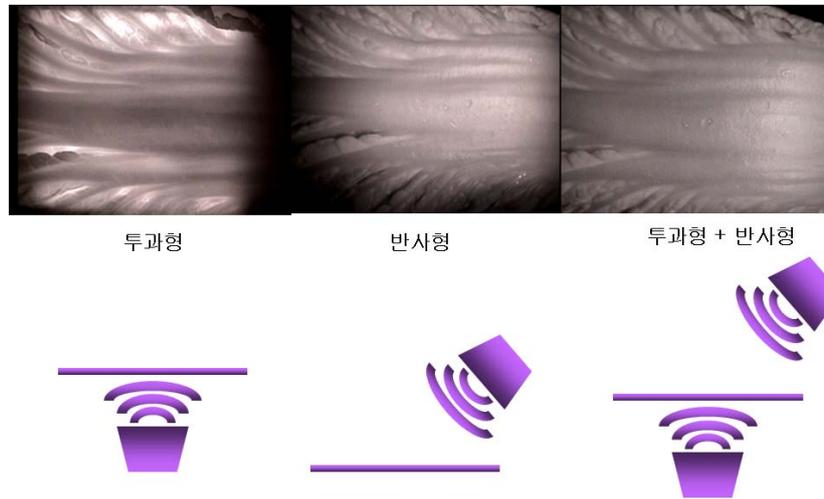
○ 적외선 광원 유무에 따른 이미지 비교



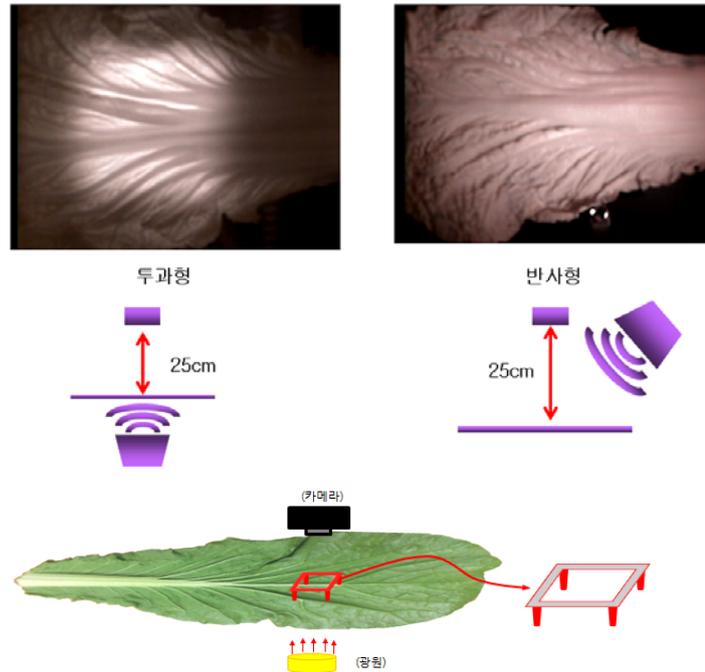
< 가시광 및 적외선의 비교>

1-13. 적외선 광원의 위치 변화에 따른 적외선 이미지 비교

○ 적외선 광원의 위치 변화에 따른 적외선 이미지 비교



- 적외선 광원의 위치에 따라 투과형과 반사형 투과형+반사형의 이미지를 비교하였을때 투과형이 잎맥의 구조를 확인 하는데 적합을 알 수 있었음.



- 적외선 촬영 시스템을 이용하여 적외선 이미지 촬영시 적외선 광원의 위치는 투과형과 IR LED lamp와 확산판 사이의 거리는 5cm이며, 확산판과 적외선 카메라의 거리는 25cm 에서 최적의 이미지를 얻을 수 있었음

2. 데이터 검색 및 판독기술 개발

2-1. 디지털 영상처리

1) 디지털 영상처리의 개념

- Digital 컴퓨터를 이용하여 영상을 생성하고 처리하고 영상을 해석, 인식하는, 영상과 관련된 모든 작업

○ 영상 조작(Image Manipulation)

- 인간이 보기에 편리하도록 잡음이 많은 영상의 개선
- 흐려진 영상의 복원
- 기하학적인 교정
- 영상 콘트라스트의 향상
- 예술적인 변환 등

○ 영상 분석(Image Analysis)

- 컴퓨터가 영상을 해석하고 인식할 수 있도록 영상에 포함되어 있는 정보를 추출하고 처리하는 작업
- 문자 식별, 카메라를 통한 부품의 치수 측정, PCB 기판의 정밀도 검사, 혈액 검사 및 세포 분석

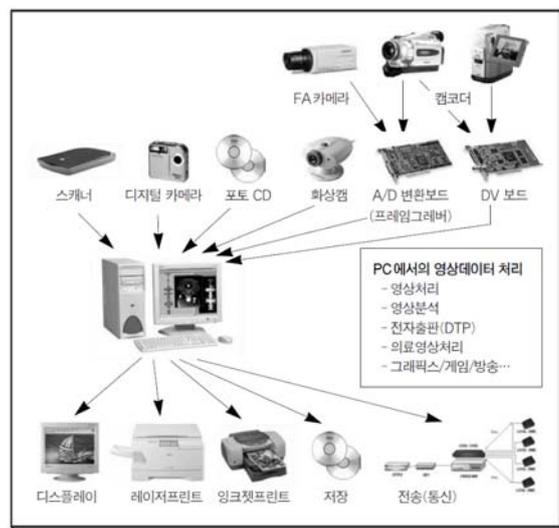
○ 영상 인식(Image Recognition)

- 영상 내 존재하는 물체의 종류와 개수 등을 컴퓨터가 영상 분석을 통해서 얻어진 정보에 근거하여 인식 작업
- 로봇의 시각 시스템, 무인 감시 자동차의 전자 눈

2) 디지털 영상데이터 처리 Flow

○ 영상의 취득

- 디지털 영상처리를 위해서는 먼저 디지털 형태로 표현된 영상데이터를 얻어야 한다. 디지털 영상데이터를 얻기 위해서는 사진을 스캔하거나, 디지털 카메라나 캠코더를 이용하여 영상을 찍은 후 컴퓨터로 전송하거나, 아날로그 카메라를 통해 입력된 영상데이터를 A/D변환 보드를 통해 컴퓨터로 전송해야 한다. 영상데이터용 A/D변환기를 프레임그래버(Frame Grabber)라고 한다.



영상데이터 취득의 전형적인 예는 공장자동화용 FA카메라나 감시용 카메라를 통해 찍은 아날로그 영상데이터가 PC에 장착된 Analog-to-Digital변환기인 프레임그레버를 통해 디지털 데이터로 변환되어 PC에서 다룰 수 있는 정보로 입력되는 것이다. FA카메라 대신 아날로그 캠코더의 출력 영상이 프레임그레버로 입력될 수도 있다. FA카메라나 캠코더는 고가이므로 값이 싼 화상처리를 위해서 PC용 화상카메라를 사용할 수도 있다. 화상캠은 프레임그레버 없이 PC의 포트(예를 들면 USB포트)를 통해 직접 디지털 영상데이터를 입력 받게 해준다. 그 외, 스캐너를 통한 사진입력을 사용하거나 디지털 카메라를 사용하여 영상을 직접 입력하는 것도 가능하다.

○ 영상의 편집 및 처리

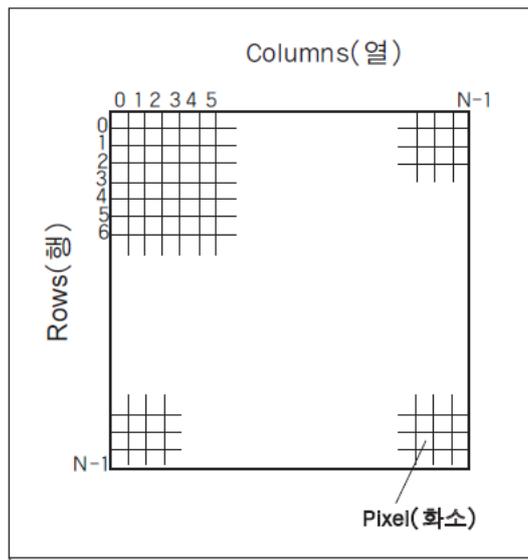
- 영상획득장치에 의해 컴퓨터로 전송된 영상데이터는 디지털 영상데이터로 전환되어 PC에서 가공된다. 디지털 영상편집을 위한 상업용 도구들로 유명한 것들로는 Adobe사의 PhotoShop과 JASC사의 PaintShop 등이 있다.
- 입력된 영상들은 사용 용도에 맞게 PC에서 처리되며 전자출판을 위한 영상처리 및 편집, 자동화 검사를 위한 영상분석 및 인식처리, 방송을 위한 영상가공, 그래픽스, 게임 등의 다양한 목적에 맞게 편집되고 처리된다.

○ 처리결과와 출력

- PC에서 영상편집이 완료된 후, 영상데이터 결과는 모니터나 프린트 등의 출력장치를 통해 사용자가 알아볼 수 있도록 출력된다. 모니터에 화면 출력되거나, 잉크젯이나 레이저 프린트를 통해 종이에 인쇄할 수도 있다. 다시 CD에 저장하거나 원격지에서 재사용을 위해 전송할 수도 있다.

3) 디지털 영상의 이해

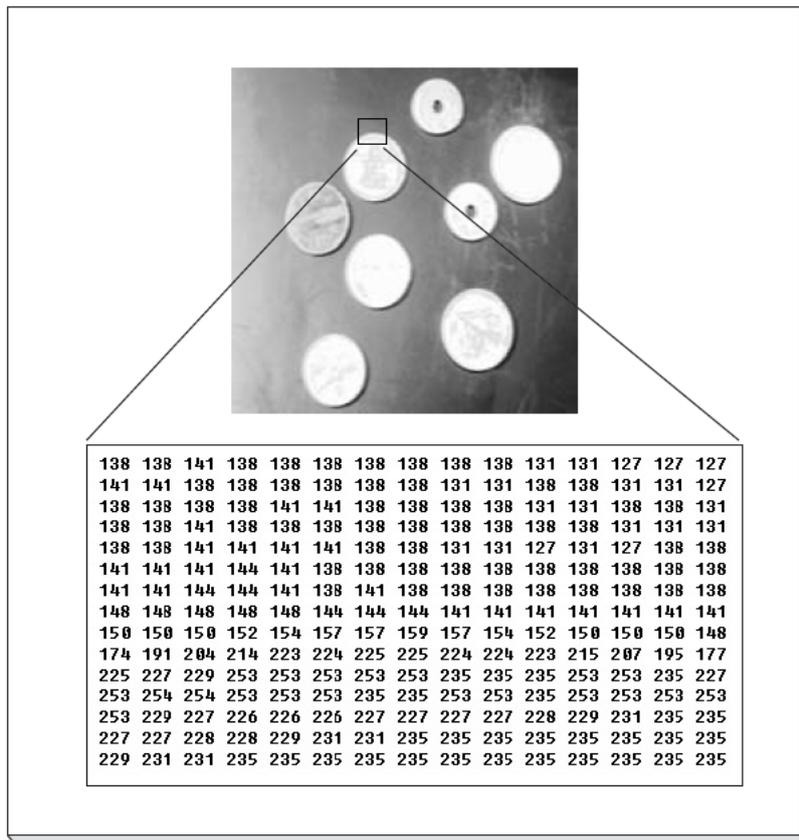
- 그림은 전형적인 디지털 영상을 보여준다. 가로 및 세로의 크기가 M 및 N픽셀(pixel, 화소)로 이루어져 있다. 저장된 영상데이터는 2차원 배열(array) 형태를 이루며 많은 경우 M과 N이 같다. M, N의 전형적인 값은 128, 256, 512, 1024 등이며 공장 자동화용 영상에서는 $M \times N$ 이 640×480 인 경우가 많다.



- 영상데이터의 값은 흑백영상인 경우 각 픽셀이 0~255의 값을 가지게 되며 각 값들은 픽

셀의 밝기값을 표현한다. 가장 어두운 픽셀은 0의 값을 가지며 255는 가장 밝은 데이터 값을 표현한다. 밝기를 가지는 이러한 픽셀들이 모여 한 장의 그림을 구성하게 된다. 각 픽셀 당 8비트(2⁸=256)의 데이터를 가지므로 흑백영상 한 장의 크기는 M×N×8비트(bit)가 된다. 컬러영상의 경우 단위 픽셀은 색을 표현하기 위해 각각 256단계의 R, G, B 데이터를 가진다. 따라서, 한 장의 컬러영상 크기는 M×N×8×3비트가 된다.

- 아래 그림은 실제 흑백영상의 예이다. 이 영상의 내부는 0~255사이의 값을 가지는 2차원 배열로 이루어져 있다. 작은 사각영역은 동전의 경계부에서 밝기를 나타내는 정수값으로 이루어져 있음을 알 수 있다



4) 디지털 영상처리의 특징

- 정확성

영상정보는 디지털 데이터로 전환 후 컴퓨터가 처리하기 때문에 정확한 데이터의 처리가 가능하다.

- 재현성

정해진 알고리즘을 이용하여 컴퓨터가 처리하기 때문에 동일한 프로그램은 반복 실행하여도 같은 결과가 얻어진다.

- 제어가능성

디지털로 전환된 데이터에 대해 사용자가 원하는 대로 처리가 가능하다. 필요한 파라미터를 직접 설정하고 조정하는 것이 용이하다. 또한, 프로그램을 통해 데이터를 처리하기 때문에 프로그램을 변경하여 다양한 처리를 가능하게 할 수 있다.

○ 과도한 데이터량

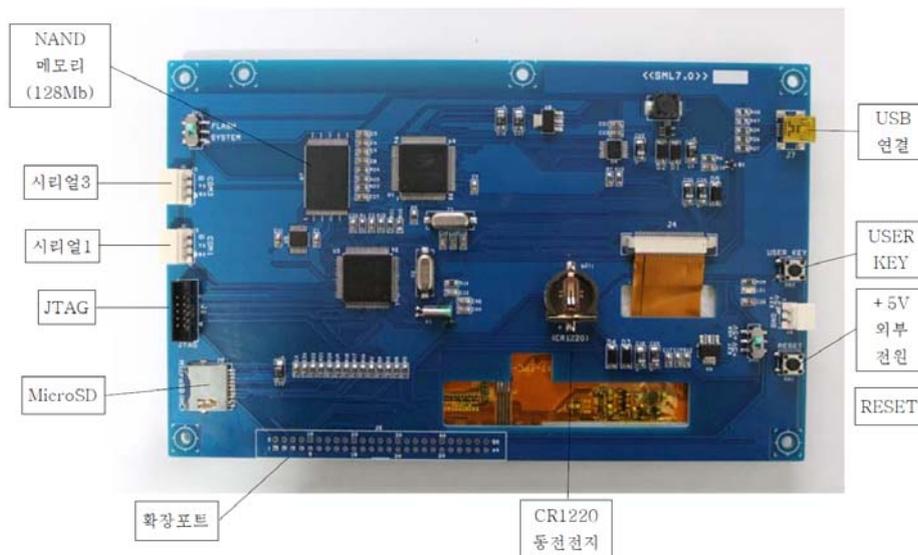
공장자동화용 영상 한 장의 경우 $640 \times 480 = 307 \text{ Kbyte}$ 를 가진 경우가 많다. 이러한 영상을 초당 20프레임 이상 처리하기 위해서는 1초에 6.4 Mbyte이상의 데이터를 처리하여야 한다. 물론 컬러영상의 경우 데이터의 양은 크게 늘어난다. 디지털 영상데이터는 과도한 데이터량을 가지기 때문에 이 데이터를 처리하기 위해서는 많은 시간이 필요하다. FA용 영상의 경우 단위 프레임에 307,200개의 화소를 가지기 때문에 각 화소의 처리에 1/1000 초가 걸린다고 하여도 프레임당 307초의 시간이 필요하다. 영상처리를 위해서 빠른 속도의 컴퓨터가 필요한 이유가 여기에 있다.

2-2. H/W 개발 내용

1) Cortex-M4 STM32F407IGT6 영상처리 개발보드

Cortex-M4 STM32F407IGT6 영상처리 개발보드는 최대 168MHz 클럭으로 동작 할 수 있다. 또한 이 제품에는 영상처리를 위하여 OV9655 130만 화소 카메라를 기본으로 제공하고 있고 영상처리 버퍼를 위해서 CPU모듈에 SRAM과 NAND 플래시를 내장하고 있어 고성능 영상처리를 위한 좋은 조건을 갖추고 있다.

○ CPU 모듈 H/W 구성



CPU Module - Hardware Features

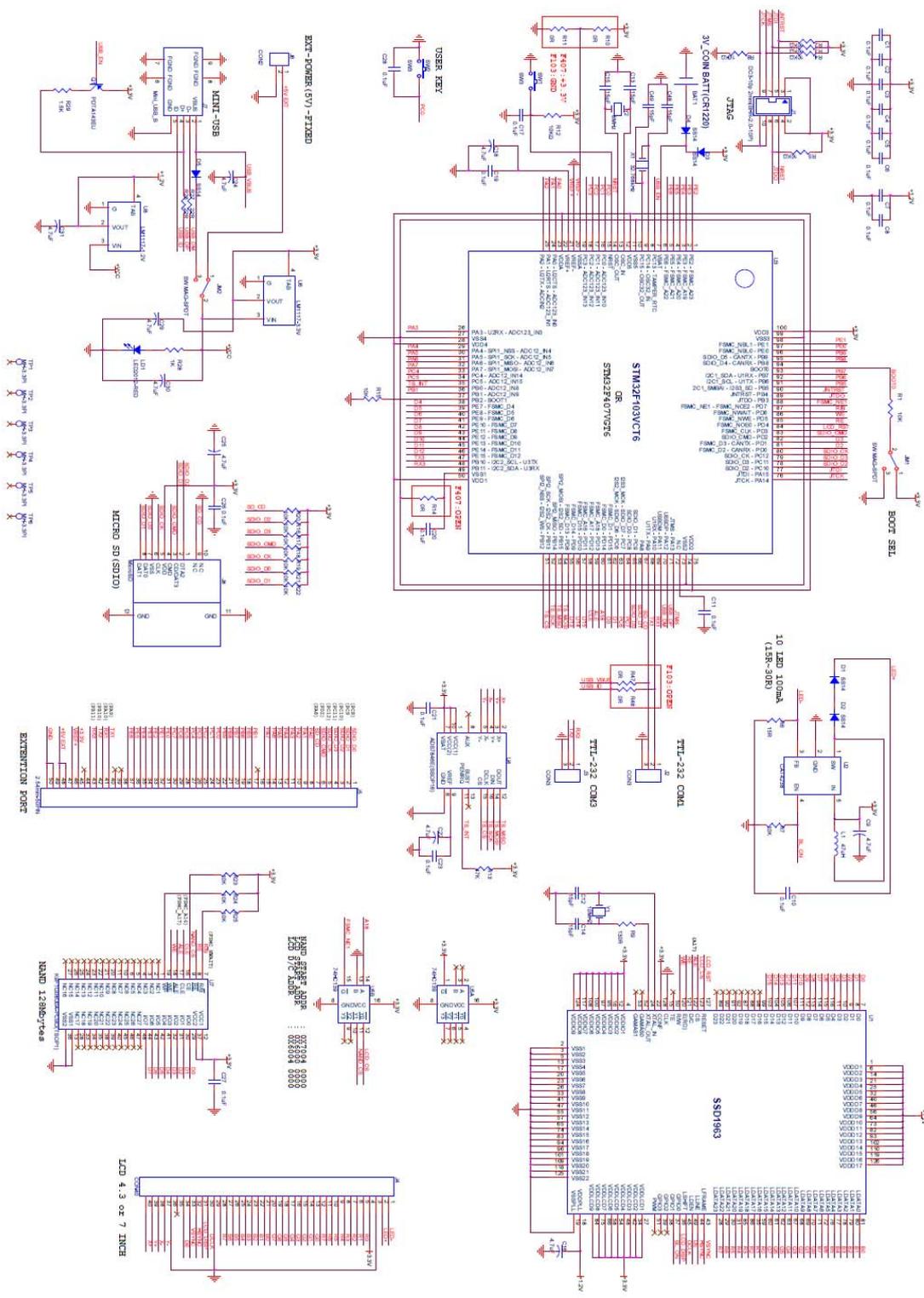
CPU : Cortex-M4 32bit STM32F407IGT6 with PFU LQFP176, 168MHz

1MB Flash, 192KB RAM

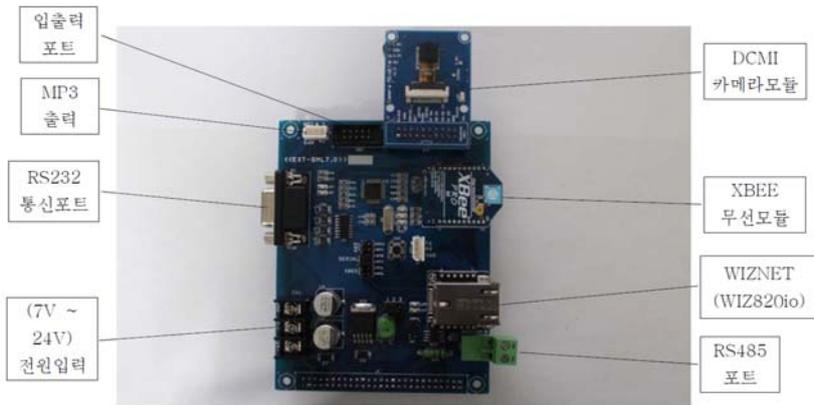
External SRAM : 16Mbit high-speed asynchronous CMOS static RAM

External NAND : 4Gbit NAND Flash

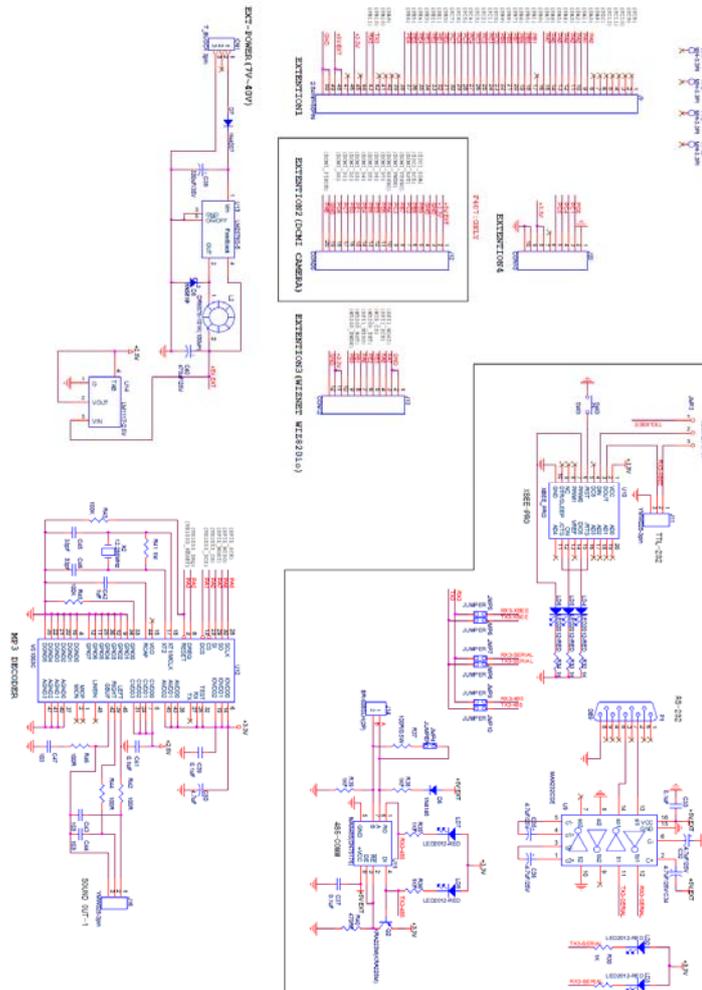
JTAG : 10Pin JTAG interface



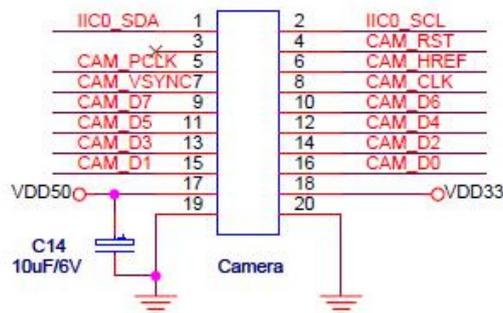
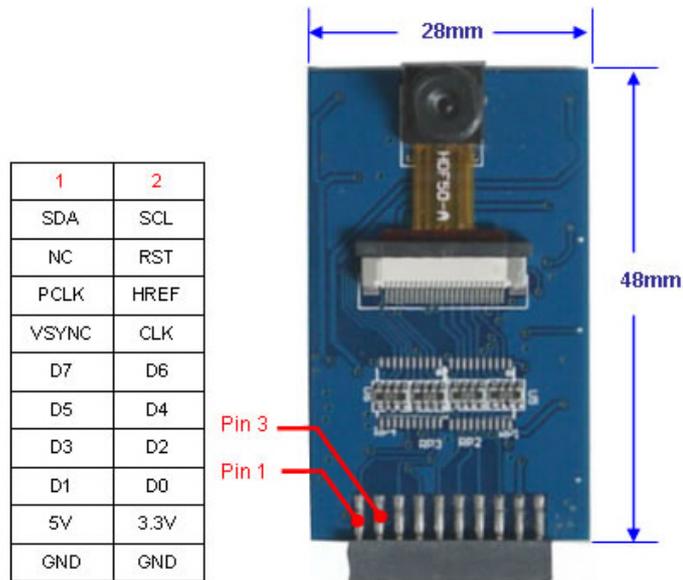
(2) Extension Board - Hardware Features



- RS232 9핀 통신포트내장
- RS485 2핀 통신포트내장
- XBEE 무선 통신모듈 장착가능
- WIZNET(WIZ820io) 통신모듈 장착가능
- DCMI 카메라모듈 장착가능(STM32F407VGT6일경우)
- DC(7V-24V) 외부전원사용
- MP3(VS1003) 출력단자
- 여분의 입출력포트단자



(3) Image sensor Board - Hardware Features



Optical Black Level Calibration

Video or Snapshot Operations

Programmable/Auto Exposure and Gain Control

Programmable/Auto White Balance Control

Horizontal & Vertical Sub-sampling (4:2 & 4:2)

Programmable Image Windowing

Variable Frame Rate Control

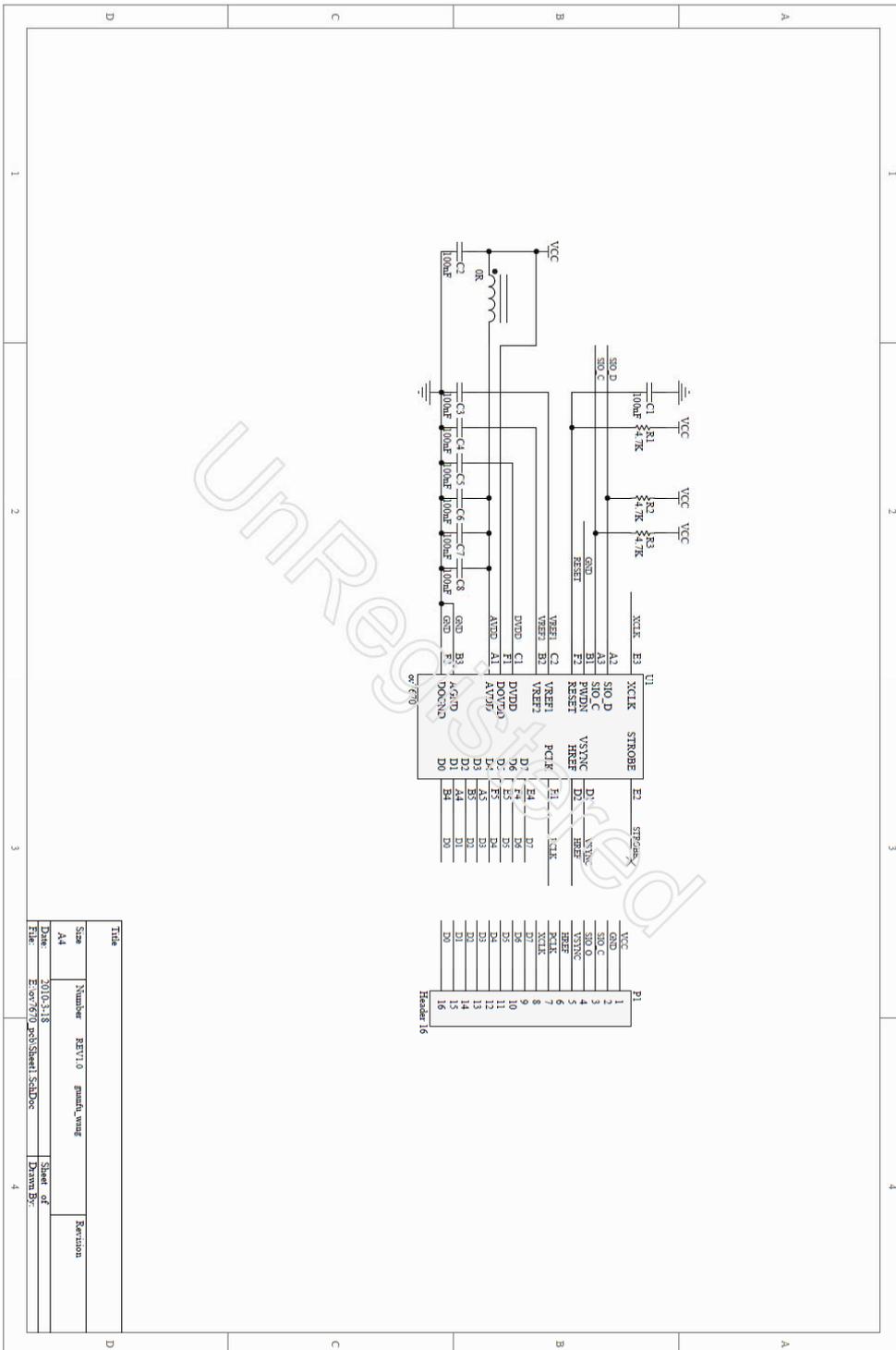
On-Chip R/G/B Channel and Luminance Average Counter

Internal/External Frame Synchronization

SCCB Slave Interface

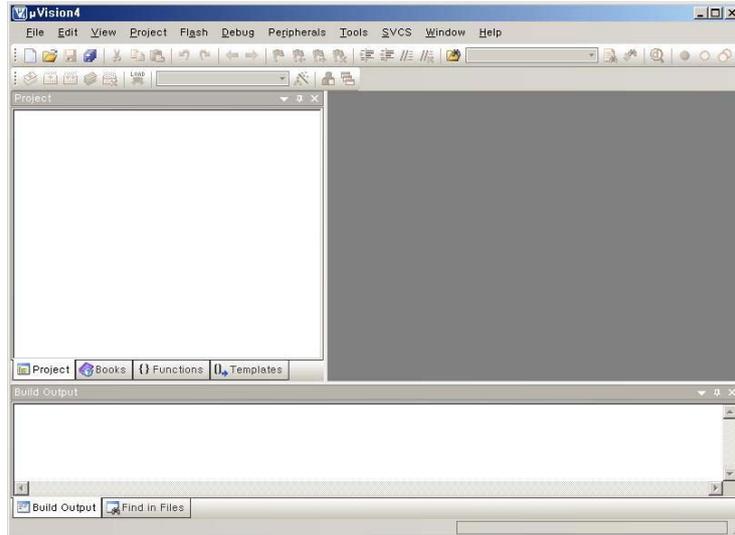
Power on Reset and Power Down Mode

Output formats : RAW RGB, RGB565/555/444, YUV422/420, YCbCr422, compression
15fps for QXGA(2048*1536), 30fps for XGA(1024*768)

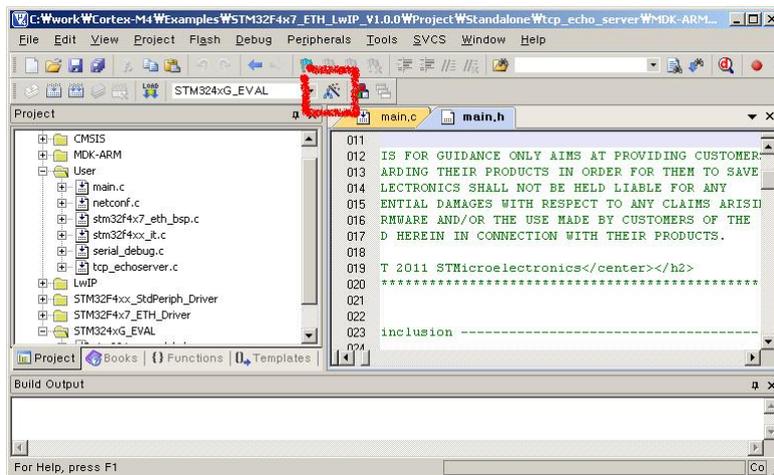


2) DSP 보드 F/W 개발환경 설정

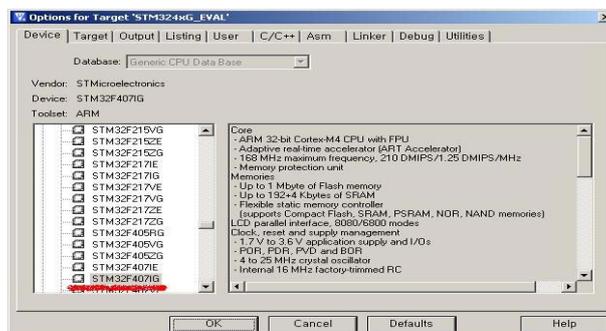
- 프로그램 개발을 위한 Keil MDK 컴파일러 설정 방법과 컴파일 - Keil MDK를 실행.



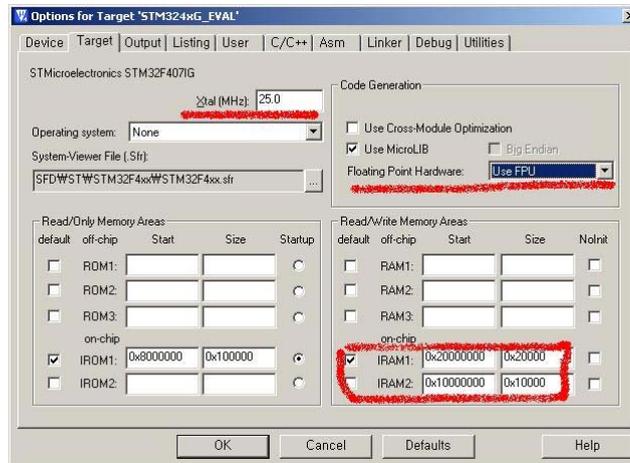
- 프로젝트 파일을 선택.(Project/Open Project 메뉴)
- 프로젝트 설정을 변경하기 위해서 프로젝트 옵션 아이콘을 클릭.



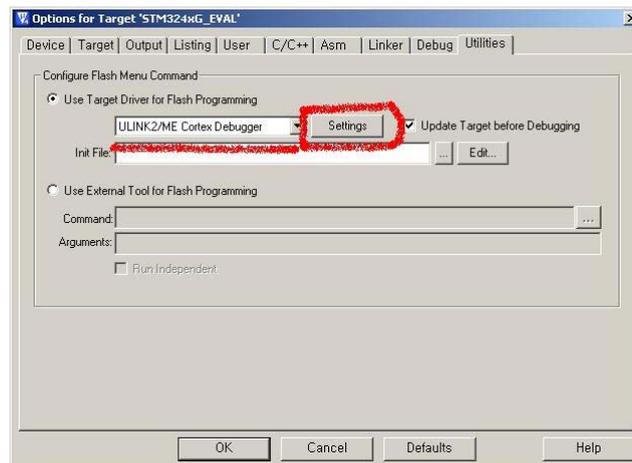
- 디바이스 설정 : STM32F407IG 를 선택



- RAM, Xtal 설정 : Xtal 을 25.0 MHz, IRAM : 0x20000000, size : 0x20000 을 입력.



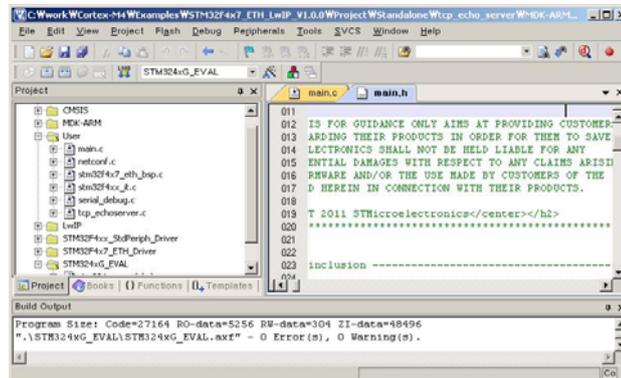
- Flash Loader 설정



- “Settings” 버튼을 눌러서 Flash Loader를 “STM32F4xcx Flash” 를 선택

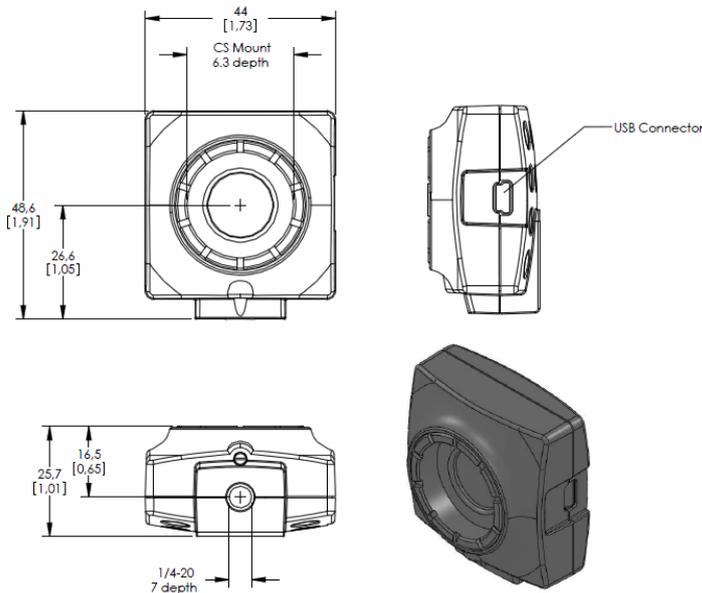


- 설정이 끝나면 F7 을 눌러서 컴파일을 진행.



3) 배추영상 촬영 시스템 시제품 개발내용

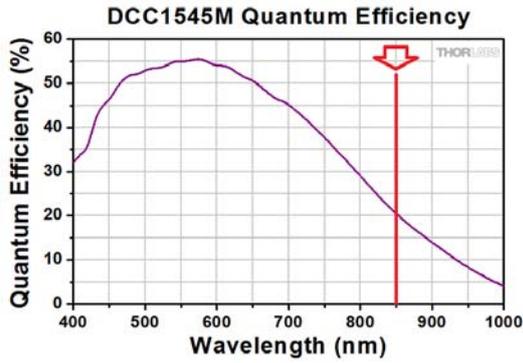
- 적외선 영상 촬영장치 : 배추의 적외선 영상 촬영을 위해 850nm 대역의 영상을 촬영할 수 있는 CMOS 센서를 사용한 카메라(DCC1545M)를 사용하여 촬영 시스템을 구성하였음.
- 렌즈 : CMOS 카메라와 결합 가능한 렌즈 모듈 중 적외선 촬영장치의 FOV(Field Of View)를 고려하고 과장투과도를 검토한 후 MVL6WA 모델을 사용하여 카메라 시스템을 구축하였음.



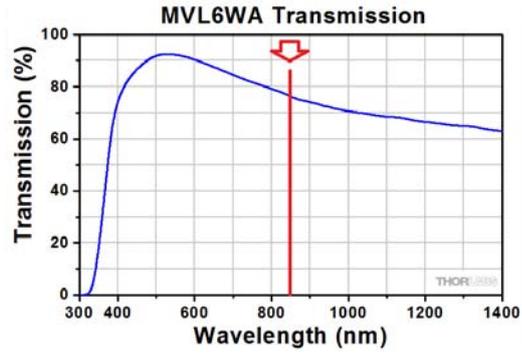
<DCC1545 적외선 CMOS 카메라 구조>

Photo	
Item #	MVL6WA
Focal Length	6 mm
Aperture (Max)	f/1.4
Min Object Distance	200 mm (7.9")
Design Format*	1/2"
Transmission	Raw Data
10 MP Compatible (Click for MTF Plot)	No
Field of View (2/3")°	N/A
Field of View (1/1.8")°	N/A
Field of View (1/2")°	69.4°
Field of View (1/3")°	51.1°
Filter Threading	M25.5 x 0.5
Camera Threading	

<렌즈 사양>

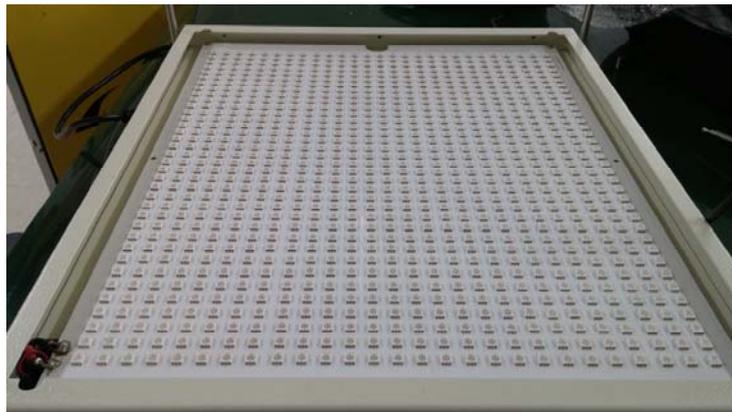


<적외선 카메라 과장별 센싱 감도>



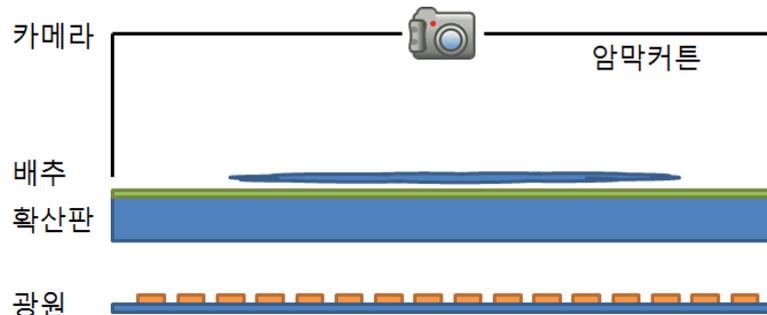
<렌즈의 적외선 투과도>

- 적외선 광원 모듈 : 적외선 LED를 27*36 Array로 구성하여 전압 및 전류를 제어하여 광 출력을 제어할 수 있는 시스템을 구축하였음. 광원 모듈 인가 전압은 최소 22V에서 최대 28V까지 가변 가능함. 인가 전류는 최소 0.8A에서 최대 4.8A 까지 출력 제어 가능함.
- 방열 구조 : 적외선 모듈에서 발생하는 열에 의한 시스템의 손상을 최소화 하기 위해 촬영 시스템 하부에서 방열팬을 통해 공기가 강제 순환되어 냉각 시킬수 있도록 구조 설계 하였음. 열평형 상태에서 시스템 내부 최대 온도는 35℃ 정도임.



<적외선 광원모듈 MPCB>

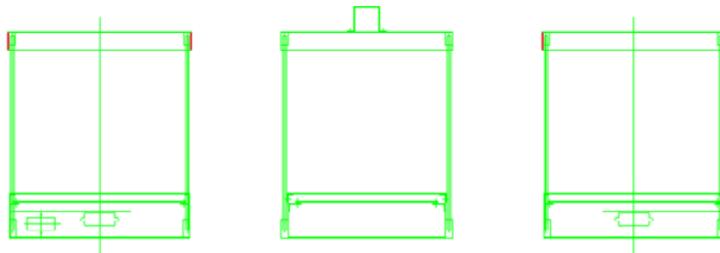
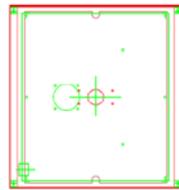
- 시스템 기구 설계 1차 시제품 : 1차 시제품의 경우 적외선 투과 광학 시스템을 구성하였을 때 외부 광 잡음을 최소화하기 위해 바닥 쪽에 광원 모듈을 배치하고 확산판 상부에 배추와 카메라를 배치하는 구조로 설계되었음.



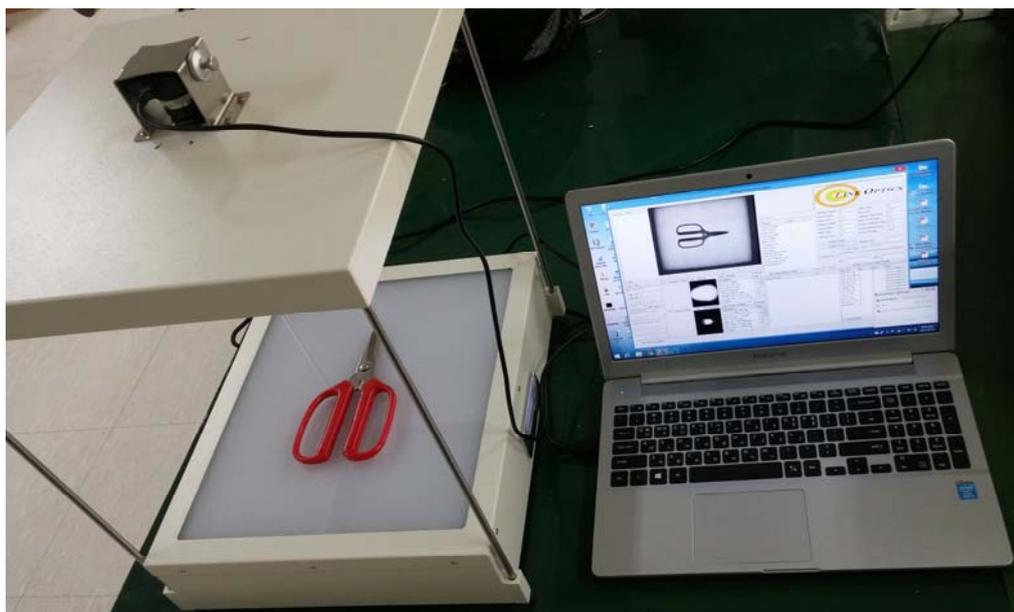
<적외선 배추촬영장치 단면구조>



<적외선 배추영상 촬영 시스템 1차 시제품>



<적외선 배추영상 촬영 시스템 기구 설계 도면>



<적외선 배추촬영 시스템 최종시제품>

- 시스템 기구 설계 최종시제품 : 1차 시제품에 비해 확산판 모듈과 카메라 사이 광학설계를 변경하여 암막커튼이 필요 없는 구조로 변경하였음. 카메라 렌즈 시스템의 FOV 최대 각도와 확산판 사이 거리를 조절하여 외부 광 잡음의 유입을 최소화 하고 카메라 측면의 직사 유입되는 광을 상기 그림과 같이 렌즈부와 결합된 구조물을 통해 잡음광 유입을 차단하였음.

2-3. S/W 개발 내용

○ OpenCV 자료조사

- OpenCV Library 자료조사 : OpenCV는 컴퓨터를 통해 영상을 획득, 처리, 출력하는 모든 과정을 라이브러리로 만들어 제공한다. 공개 소프트웨어로 사용에 제약 조건도 없다.
- 개발환경 자료조사 : 여러 가지 개발 플랫폼을 지원하고 각 플랫폼에 맞춰 라이브러리를 컴파일 할 수 있어 플랫폼에 따른 차이를 최소화 한다. 개발 플랫폼은 마이크로소프트사의 비주얼스튜디오로 구축하였다.
- OpenCV Library 컴파일 자료조사 : 플랫폼에 맞춰 적절한 라이브러리를 제공하기 위해 Opencv 라이브러리는 소스 형태로 제공되고 공개 컴파일러인 CMake를 통해 플랫폼 환경에 맞춰 컴파일 한다. 컴파일 된 라이브러리는 개발환경에 맞춰 라이브러리와 레퍼런스 위치를 설정해 주면 된다.

○ OpenCV 교육

- 개발환경 구성 : 라이브러리 자체는 www.opencv.org 홈페이지를 통해 공개되어 있다. 시스템 구성을 용이하게 하고 시스템 개발을 위해 많은 영상 필터링 테스트 및 패턴 매칭 알고리즘을 적용해 보기 위해서는 윈도우 시스템의 visual studio 개발 환경이 적합하다고 판단하였다.
- Cmake 컴파일 : 라이브러리 소스를 다운 받아서 각 적용 시스템에 맞게 Cmake컴파일러를 이용해서 컴파일한 라이브러리를 사용해야 한다.
- C++ 개발환경에 OpenCV 라이브러리 설정 : 컴파일된 라이브러리 및 레퍼런스 파일을 visual studio 개발환경에 환경변수 설정 추가하면 코딩시 라이브러리 호출하여 사용할 수 있다.

○ OpenCV filter 프로그램 코딩 및 테스트

- 가우시안 필터 함수 분석 및 코딩 : 영상의 고주파 성분에 대해 외곽선 추출 시 효율을 높이기 위해 가우시안 필터를 통해 필터링 하여 고주파 성분을 줄이는 역할을 한다.

$$G(x) = Ae^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}} \quad \text{수식(1)}$$

수식(1)은 가우시안 블러 함수를 표현한 식으로 A는 정규화 계수를 나타내고 σ 는 함수의 폭을 나타낸다. 이 식은 다음의 행렬로 대체할 수 있다.

$$B = \frac{1}{159} \cdot \begin{bmatrix} 2 & 4 & 5 & 4 & 2 \\ 4 & 9 & 12 & 9 & 4 \\ 5 & 12 & 15 & 12 & 5 \\ 4 & 5 & 12 & 9 & 4 \\ 2 & 4 & 5 & 4 & 2 \end{bmatrix} \quad \text{수식(2)}$$

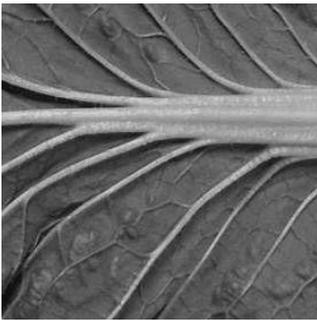
가우시안 필터는 위 행렬에서 보는 바와 같이 기준 점의 주변 계수의 연관성을 강조하여 중간값 필터를 이용하였을 때보다 외곽선 추출시 효율성이 더 높게 나타난다.

OpenCV 라이브러리에서 가우시안 필터 함수의 호출은 다음과 같다.

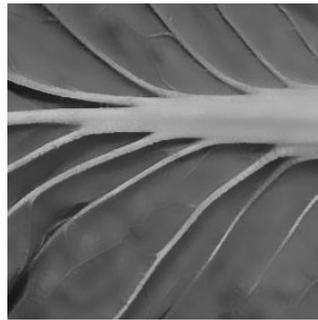
`cv::GaussianBlur(image, result, cv::Size(5,5), 1.5);`

image는 필터링 할 영상이며 result를 통해 필터링된 결과를 반환한다. cv::Size(5,5)는 필터의 크기를 나타내며, 1.5는 필터링 계수를 나타낸다. 이 계수를 조절하여 필터링 강도를 조정할 수 있으며 필터 크기를 크게 잡을 경우 외곽선 추출시 경계를 정확히 추출하는데 방해가 된다.

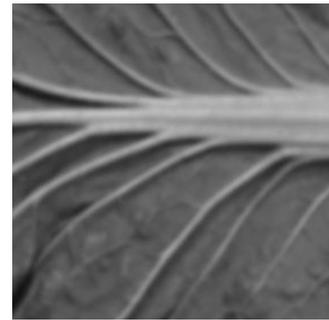
- 가우시안 필터 함수 테스트



< 원 이미지 >



< 선형필터 결과 >



< 가우시안필터 결과 >

○ OpenCV 외곽선 추출 프로그램 설계 및 코딩

- 케니 필터 함수 분석 및 코딩 : 1986년 John F. Canny에 의해 개발된 외곽선 추출 알고리즘으로 낮은 에러율과 검출 위치의 정확도 단일 검출응답 등으로 외곽선 추출에 많이 이용되고 있다.

케니필터 함수에서 우선 edge에 대한 경사 강도를 식(3)을 통해 구할 수 있다.

$$\nabla f = \left[\frac{\partial f}{\partial x}, \frac{\partial f}{\partial y} \right] \quad \text{식(3)}$$

그리고 그 경사 강도에 대한 방향을 식(4)를 통해 구할 수 있다.

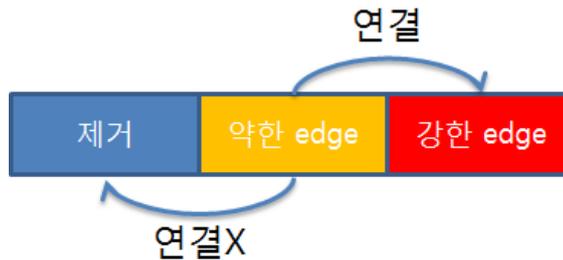
$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{\partial f}{\partial x}, \frac{\partial f}{\partial y} \right) \quad \text{식(4)}$$

위 두 식을 통해 경사 강도와 방향성에 대한 정보를 이용하여 edge를 추출하는데 이때 두 가지 경계값을 지정하여 강한 edge, 약한 edge, 제거할 edge를 구분하여 강한 edge에

연결된 약한 edge를 포함하여 edge 검출 성능을 높이는 역할을 한다.



< 경사 강도를 2가지 경계 값으로 구분 >



< 약한 edge중 강한 edge와 연결여부 판단 >

OpenCV 라이브러리에서 케니 함수의 호출은 다음과 같다.

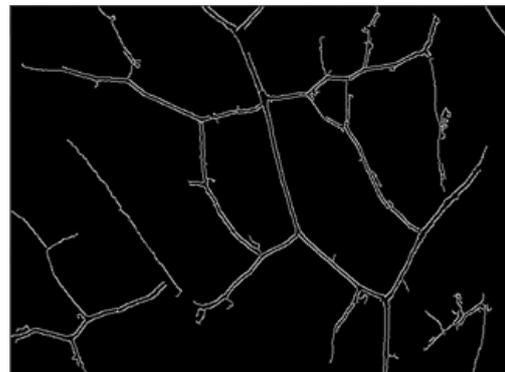
```
cv::Canny(image, contours, 125, 350);
```

image는 필터링 대상이 되는 영상이며, contours는 추출된 외곽선이 저장된 결과 값이다. 125는 낮은 경계값 함수인자의 예이며, 350은 높은 경계값 함수 인자의 예이다.

- 케니 필터 외곽선 추출 테스트



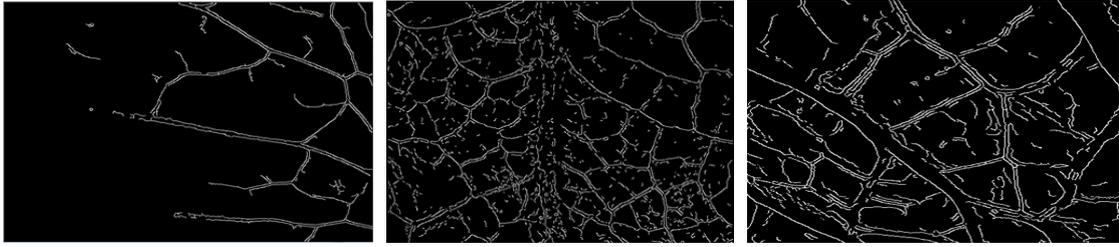
< 원 이미지 >



< 케니필터 결과 >

○ 외곽선 추출 프로그램 테스트

- 케니 필터 프로그램을 이용한 영상 필터링 테스트



< 케니필터 결과1 >

< 케니필터 결과2 >

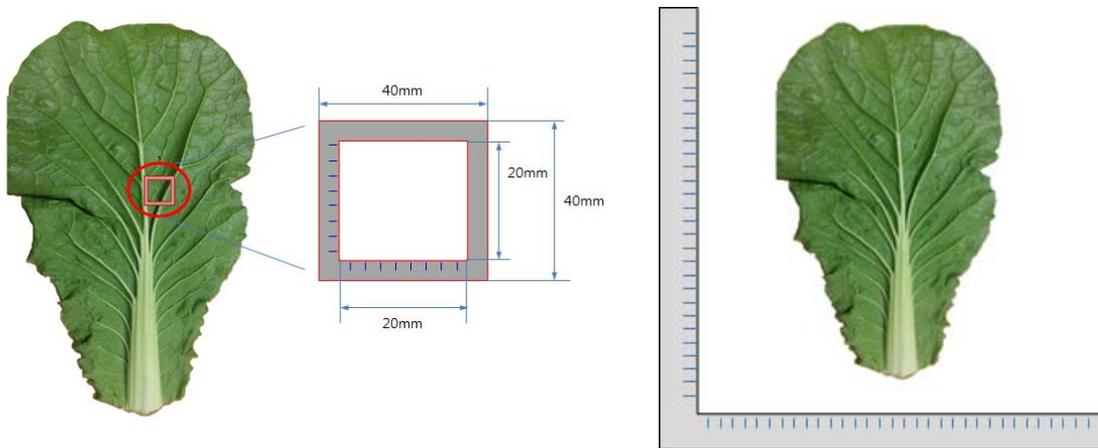
< 케니필터 결과3 >

- 필터링 효율을 위한 촬영 조건 조사

. 초점 거리 : 대상의 초점이 어디를 기준으로 하느냐에 따라 외곽선의 추출 효율이 달라진다. 정확한 외곽선 추출을 위해서는 배추잎 표면에 초점을 맞춘 상태에서 촬영된 영상이 필요하다.

. 배경 분리 : 배경과 배추 영상의 분리 효율을 높이기 위해서 보색관계의 배경색을 사용함으로써 배경에 의한 잡음 제거를 보다 용이하게 하여 외곽선 추출뿐만 아니고 형태적 비율 측정에서도 효율적이고 적절한 결과 값을 얻어낼 수 있다.

. 기준 막대 및 기준틀 : 영상은 촬영되는 조건에 따라서 크기나 각도에서 미세한 차이가 생길 수 밖에 없다. 이러한 각도나 크기의 차이를 보상하기 위해 영상을 촬영할 때 기준틀이나 기준막대를 적용하여 같이 촬영하고 영상처리 필터링 전에 기준막대와 기준틀의 상태를 체크하여 크기나 각도를 적절하게 교정함으로써 대상의 영상 조건에서 발생하는 오차를 줄이고자 한다.



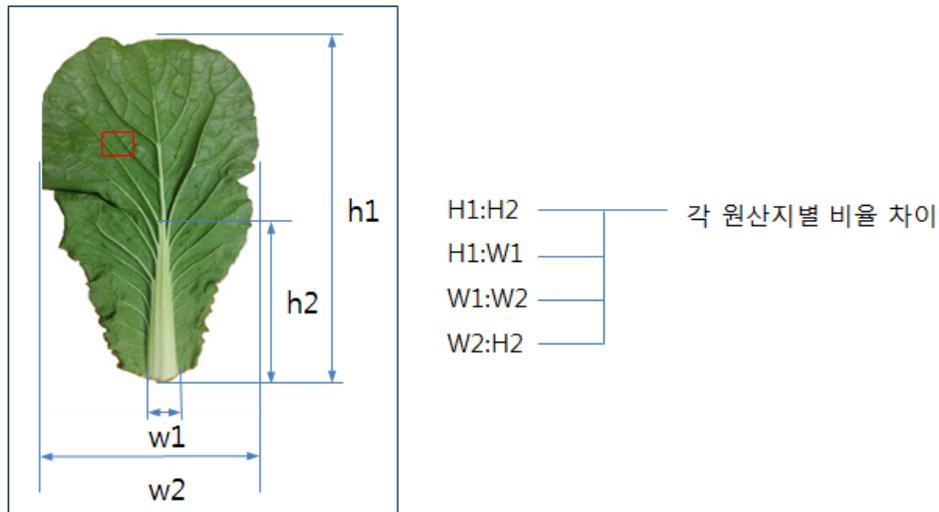
. 여러 광원을 이용한 그림자 방지 : 전체 배추 잎 사진 영상에서 외곽선 추출 시 그림자에 의한 잡음으로 인해 외곽선 추출효율이 떨어짐을 확인 하였다. 비슷한 밝기의 여러 광원을 사용하여 그림자가 생기지 않도록 한다.

. 대상물의 형태적 고정상태 : 배추의 확대 적외선 이미지에서 배추의 접힌 잎 부분은 외곽선 추출에서 강한 외곽선으로 나타나 오차를 일으키는 요인이 된다. 배추를 유리판 사이에 평평하게 펴서 접힌 부분이 생기지 않도록 하여 영상촬영 한다.

2-4. 원산지 구별 평가지표

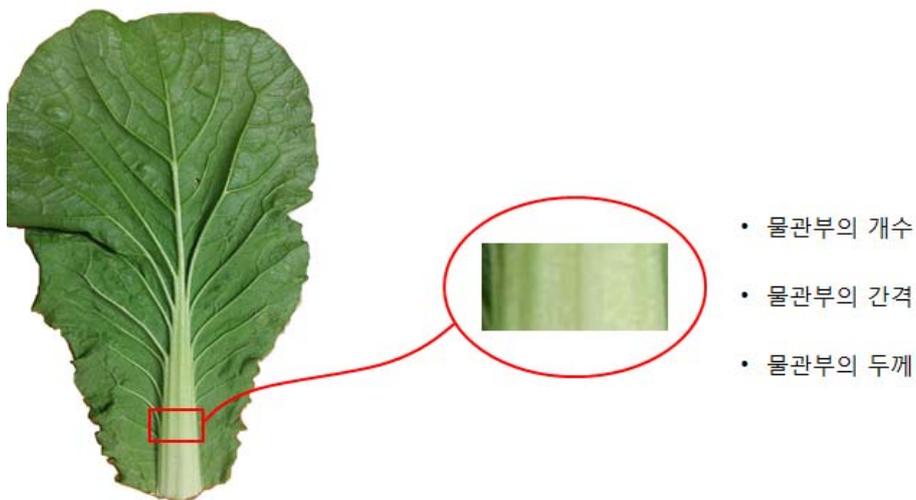
2-4-1 배추잎 전체크기 비율 측정 비교(외형 비교)

- 배추잎의 전체길이(h1)과 물관부의 길이(h2)의 비율을 비교
- 배추잎의 전체 너비(w1)와 물관부의 너비(h2)의 비율을 비교
- h1과 h2의 비율과 w1,w2의 비율을 측정하고 측정된 데이터를 비교하여 많은 각 원산지별 비율의 차이를 통해 원산지 판별



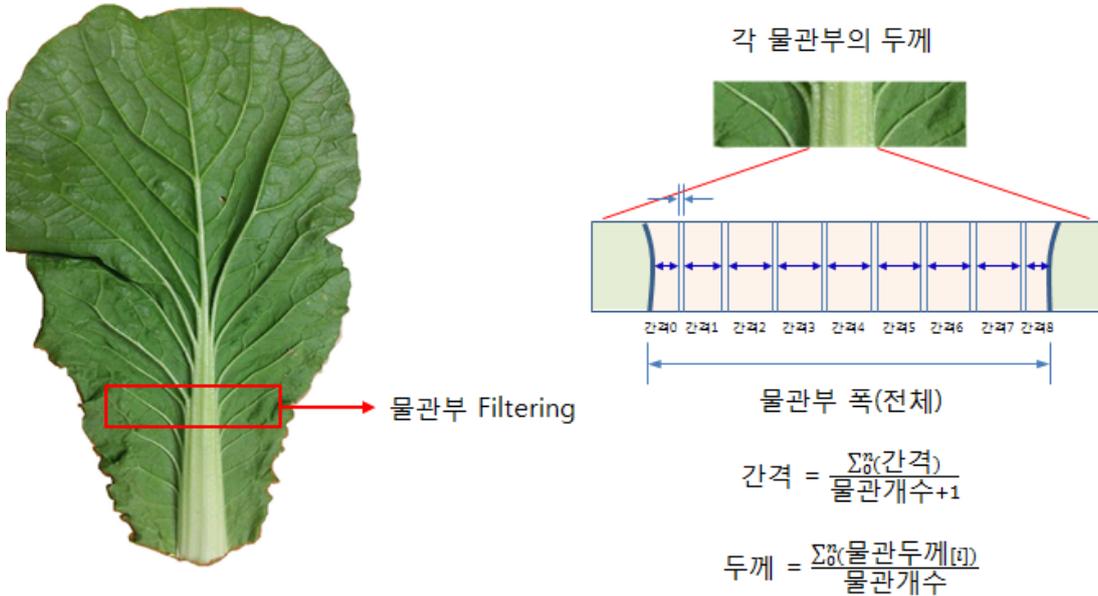
2-4-2 물관부의 발달상태 비교

- 각 원산지별 강수량과 일조량데이터 확보
- 물관부의 개수, 간격, 두께 데이터 측정
- 각 지역의 강수량과 일조량의 차이에 따라 배추 생육상태를 비교
- 각 지역별 기후특성에 따른 배추 물관부의 생육 특성을 비교
- 주 줄기에서부터 물관이 퍼져 가는 각도 비교



2-4-3 LED 파장에 따른 특성 비교

- 근적외선 대역의 여러 파장을 test하여 물관부내 수분함량에 따라 광선의 흡수율이 가장 양호한 파장을 선택하고 그 이미지를 영상처리 알고리즘을 통해 필터링하여 물관부의 발달 상태를 비교함으로써 동일 품종이라도 생육환경 차이에 따른 성장상태를 구분 짓는 지표로 삼고자함.



3. 적외선 영상 데이터베이스 구축

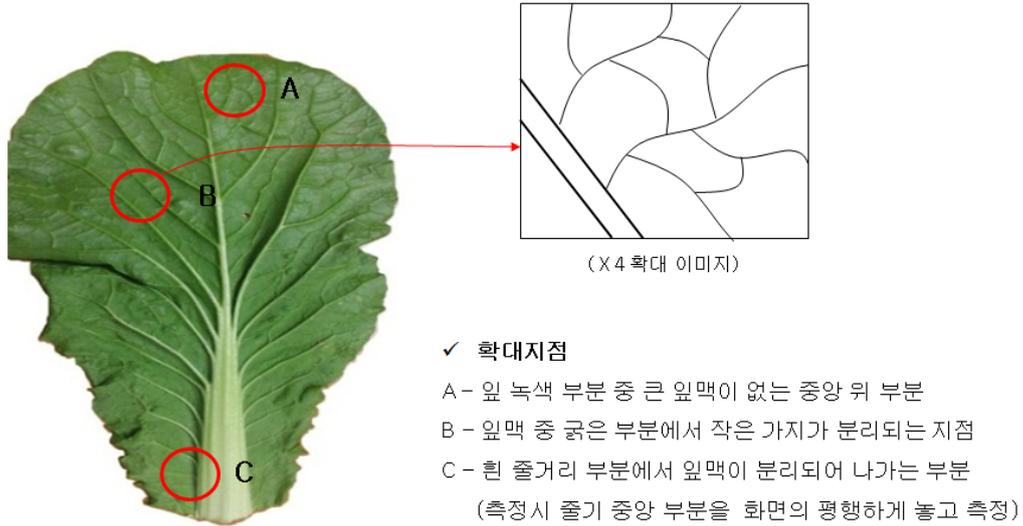
3-1. 적외선 투과 촬영 방법 및 절차



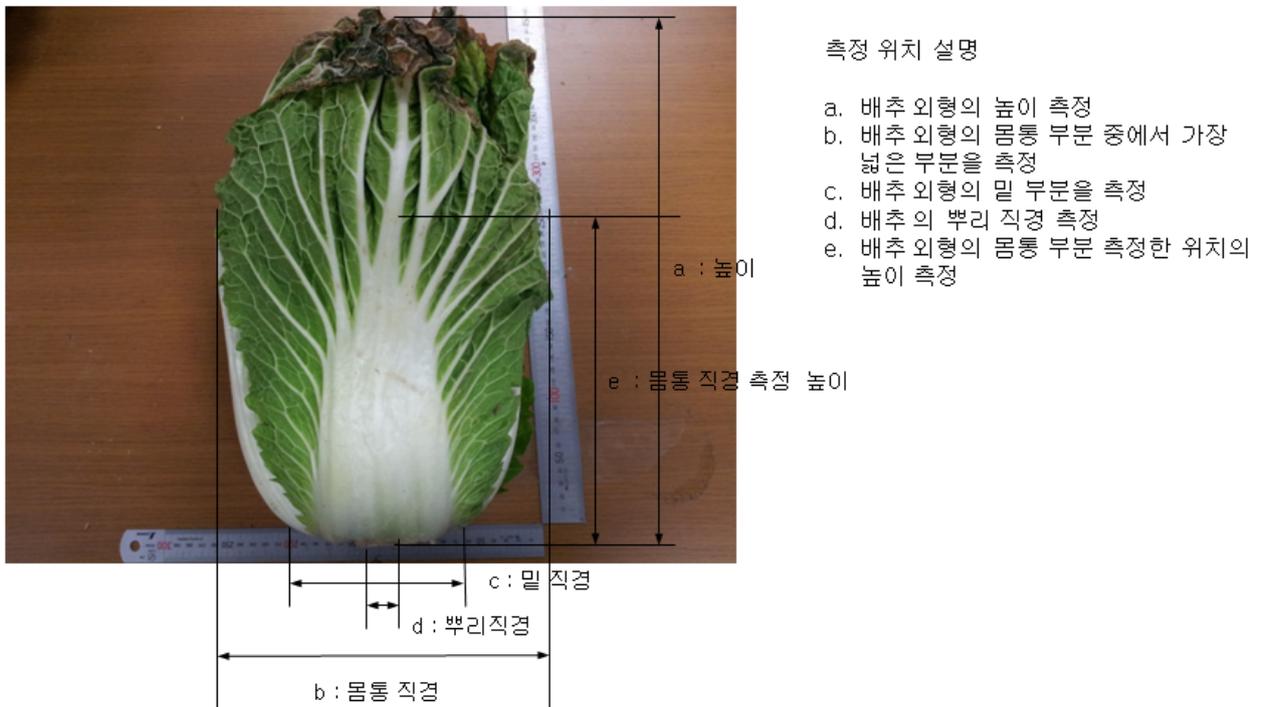
- 여러 품종의 배추를 준비 하고 품종별 샘플 3~5개 준비함
- 배추의 외형 측정을 위해 첫 번째는 원래의 배추 외형을 측정하고 배추잎 5개씩 벗기고 두 번째, 세번째 순서로 배추의 외형을 측정함 (높이, 중간폭, 아래폭)
- 배추 잎의 외형 측정시 배추 잎 5개씩 첫 번째, 두 번째, 세 번째 잎으로 묶어서 외형 측정함

- 배추의 잎 맥 측정시 배추 잎에서 정해진 A,B,C의 3포인트를 측정하여 사진파일로 저장함
- 측정 데이터를 분석하여 품종별 데이터 정리와 원사진 판별함

○ 적외선 촬영 시스템 배추 잎 촬영 방법



○ 적외선 촬영 시스템 배추 외형 촬영 방법 및 데이터



- 배추 외형 비교를 위하여 위의 측정 방법에 따라 크기, 직경, 넓이를 측정하여 품종별 차이점을 알 수 있도록 데이터 수집을 하고 분석하기 위한 실험



높이

몸통 직경

잎 직경

뿌리직경

	첫 번째					두 번째					세 번째				
	시료 1	시료 2	시료 3	시료 4	시료 5	시료 1	시료 2	시료 3	시료 4	시료 5	시료 1	시료 2	시료 3	시료 4	시료 5
크기	45	43	43	41	39	36	34	34	33	33	32	31,5	32	31	28
몸통 직경	30	30	30	27	26	23	21	22	20	20,5	19	22	18	18	17
잎 직경	30	30	30	27	26	23	21	22	20	20,5	19	22	18	18	17
뿌리 직경	12	10	10	12	11	10	8	8	9,5	8,5	8	7	7,5	6,5	7
몸통 직경 높이	30	30	30	27	26	23	21	22	20	20,5	19	22	18	18	17

○ 적외선 촬영 시스템 배추 외형 촬영 방법 및 데이터

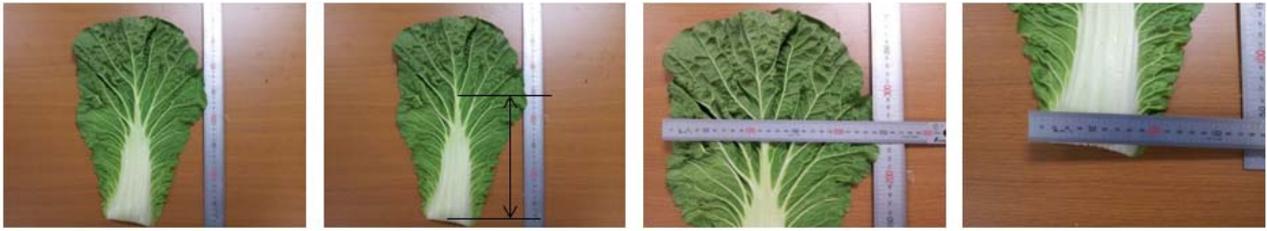
1. 기준막대를 이용한 수직 수평 회전각 정렬
2. 기준막대를 이용한 확대 축소
3. 1,2 를 처리한 후 실측 크기 계산



측정 위치 설명

- a. 배추 잎의 높이 측정
- b. 배추 잎의 대(줄기) 부분 끝의 높이 측정
- c. 배추 잎의 몸통 부분 중에서 가장 넓은 부분을 측정
- d. 배추 잎의 밑 부분을 측정
- e. 배추 잎의 몸통 부분 측정된 위치의 높이 측정

- 배추 잎 비교를 위하여 위의 측정 방법에 따라 크기, 직경, 넓이를 측정하여 품종별 차이점을 알 수 있도록 데이터 수집을 하고 분석하기 위한 실험



크기

대(줄기) 크기

몸통 직경

밑 직경

	배추 첫 번째 잎					배추 두 번째 잎					배추 세 번째 잎				
	시료 1	시료 2	시료 3	시료 4	시료 5	시료 1	시료 2	시료 3	시료 4	시료 5	시료 1	시료 2	시료 3	시료 4	시료 5
크기	45	43	43	41	39	36	34	34	33	33	32	31,5	32	31	28
대(줄기) 크기	30	30	30	27	26	23	21	22	20	20,5	19	22	18	18	17
몸통 직경	30	30	30	27	26	23	21	22	20	20,5	19	22	18	18	17
밑 직경	12	10	10	12	11	10	8	8	9,5	8,5	8	7	7,5	6,5	7
몸통 직경 높이	30	30	30	27	26	23	21	22	20	20,5	19	22	18	18	17

3-2. 가시광 이미지와 적외선 투과 이미지 비교

○ 가시광 촬영 이미지와 적외선 촬영 이미지 비교

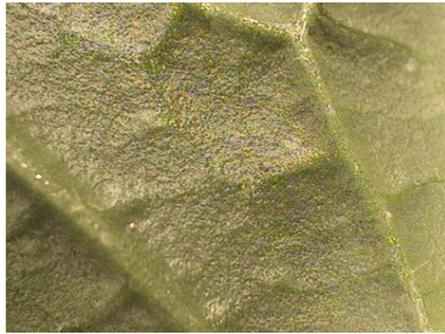
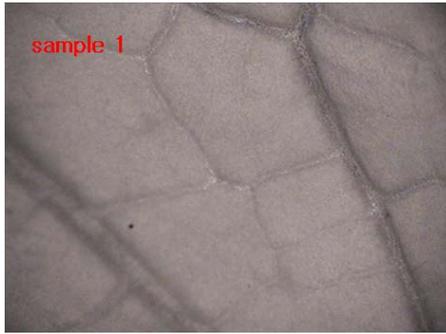
- 품종이 다른 샘플 2개를 준비 하여 가시광 촬영과 적외선 촬영 이미지 비교



- 위 사진은 서로 다른 품종의 배추를 가시광 촬영과 적외선 촬영 이미지를 비교하기 위해 촬영을 하였으며 두 이미지 비교 결과 적외선 촬영 이미지가 미세 잎맥 부분이 잘 보이는 것을 알 수 있었음

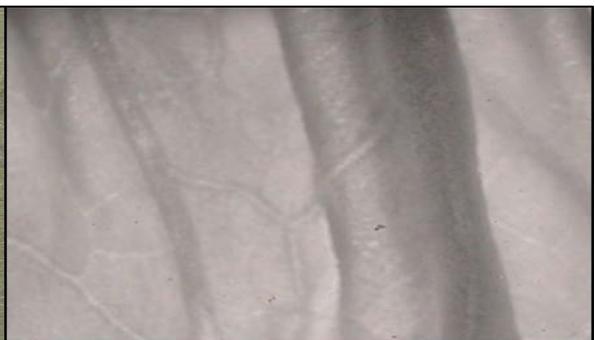
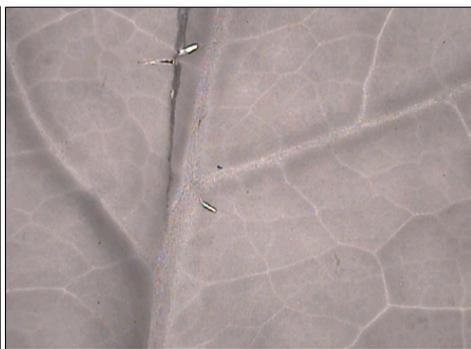
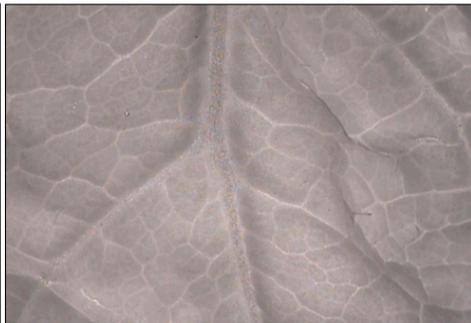
○ 적외선 이미지와 현미경 이미지의 차이점 분석

- 남부지방 해남에서 수집해온 배추 잎을 대상으로 실체현미경(Nicon, C-LEDS/ 208532)과 캠(moticam2000)을 이용하여 영상물을 확보하였다. 사진에서 보는바와 같이 적외선 카메라를 이용하여 이미지를 확보하였을 때 잎맥과 줄기 부분이 선명하게 확보가 되는 것을 확인할 수 있었음



실체 현미경 촬영이미지

적외선 카메라 촬영이미지



< 해남배추의 현미경과 적외선 영상카메라 촬영 영상 >

○ 가시광 촬영 이미지와 적외선 촬영 이미지 비교

- 확대 배율별 이미지

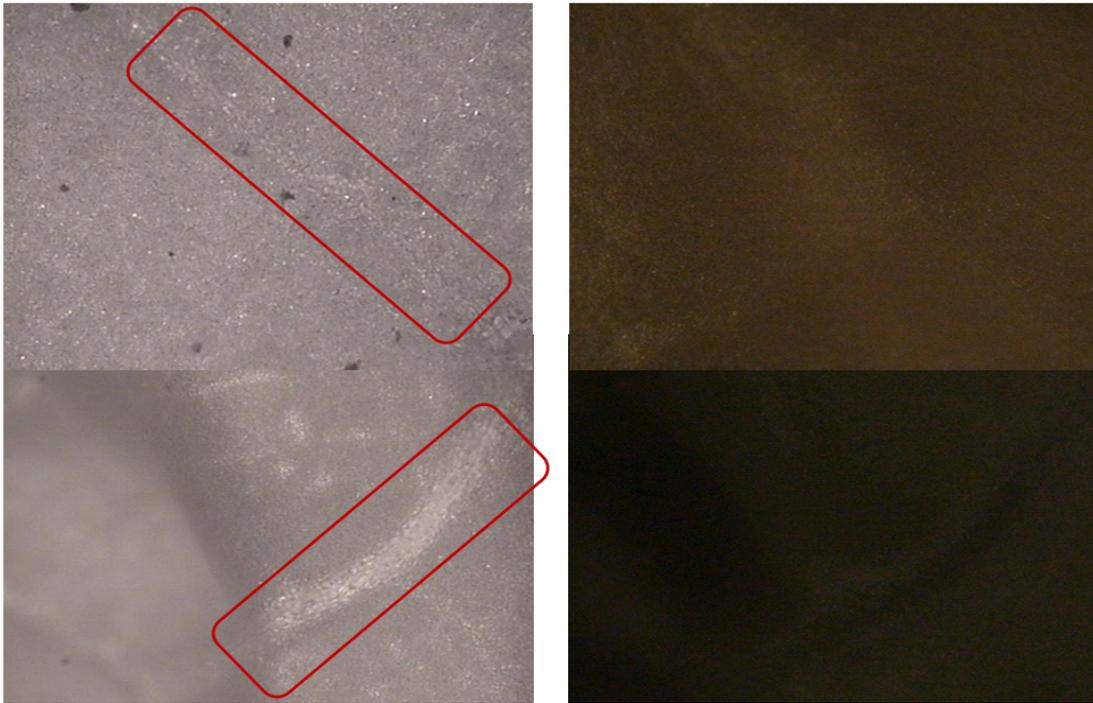


앞 부분

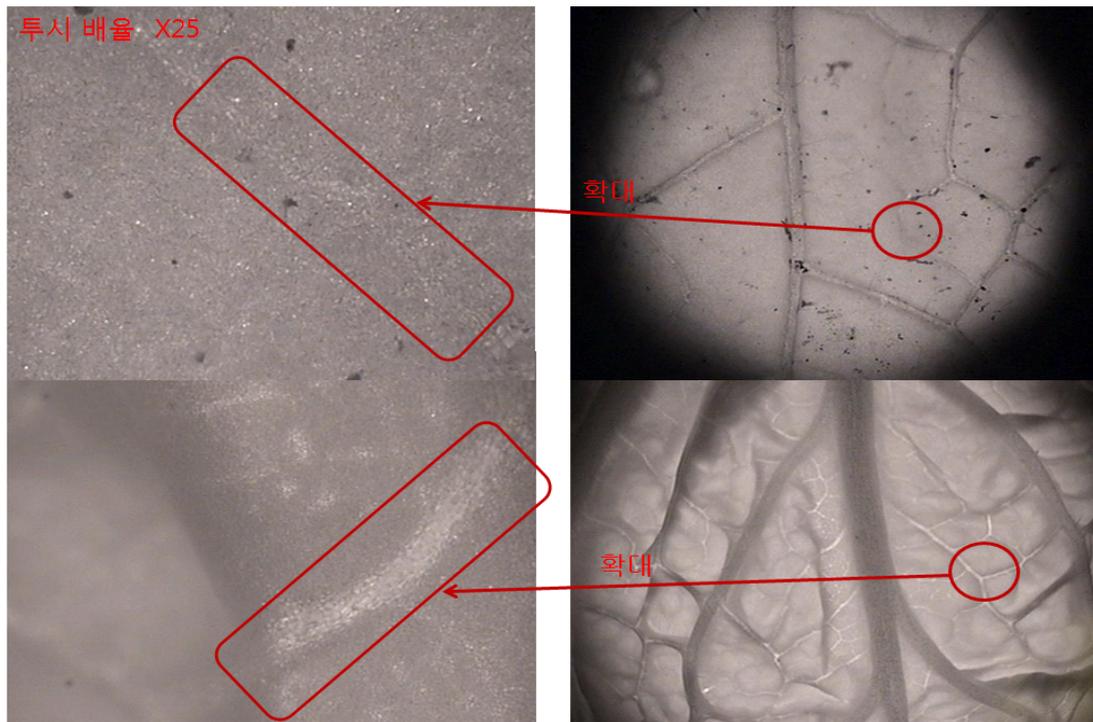
적외선

투시 배율 X25

가시광



배추 종에 따른 물관 세포 밀도 비교



- 배추 품종별 잎맥 부분의 배율별 확대 이미지로 배율별 배추 잎맥으로 특성을 비교 분석 하기 위한 실험
- 배추의 품종이 육안으로 차이가 있는 품종은 적외선 이미지로 비교시 차이가 있는 것 확인함
- 품종별 X25확대 이미지에서 물관 세포의 조밀도가 차이가 있는 것을 확인함

3-3. 품종별 배추 외형 비교

○ 해남지역 품종별 배추 외형 비교



추광 남도장군 휘파람



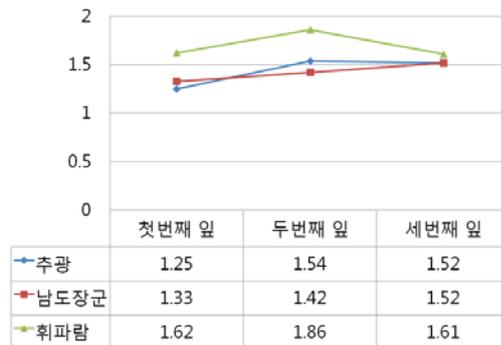
크기 몸통 직경 밑통 직경 뿌리직경

	배추 첫 번째 잎			배추 두 번째 잎			배추 세 번째 잎		
	추광	남도장군	휘파람	추광	남도장군	휘파람	추광	남도장군	휘파람
크기	35	40	44	34	30	41	29	26	34
몸통 직경	28	30	27	22	21	22	19	17	21
밑 직경	21	21	20	20	17	19	18	16	19

밑 직경 대 몸통 직경 비율 변화 비교 (몸통/밑)



몸통 직경 대 크기 비율 변화 비교 (크기/몸통)



- 남부지방인 해남 지역 배추를 품종별로 수집하여 촬영함
- 전체적인 외형의 특징적인 부분을 측정하여 주요한 특징적인 부분을 찾고자 뿌리 넓이에서 부터 아랫부분 넓이 전체 넓이와 몸통의 길이를 측정하여 비교 분석함,
- 같은 지역에서 생산이 된 배추라도 품종별 차이가 있음을 육안으로 확인하고 수치적인 데이터를 획득하기 위해 몸통 직경대 밑직경의 비율과 크기대 몸통 직경의 비율로 있는 품종별로 차이가 있는 것을 알 수 있었으며 데이터를 보시면 휘파람을 다른 품종에 비해 높이가 크고 남도장군은 몸통 직경이 큰 것을 알 수 있었음

○ 해남지역 품종별 배추 잎 비교



추광

남도장군

휘파람



크기



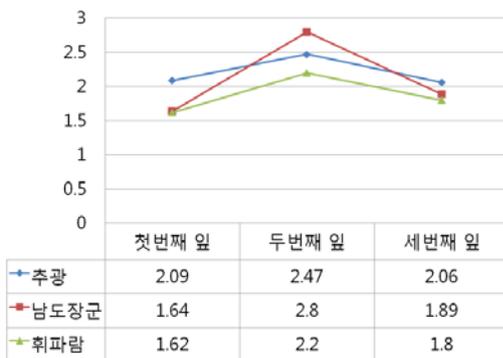
몸통 직경



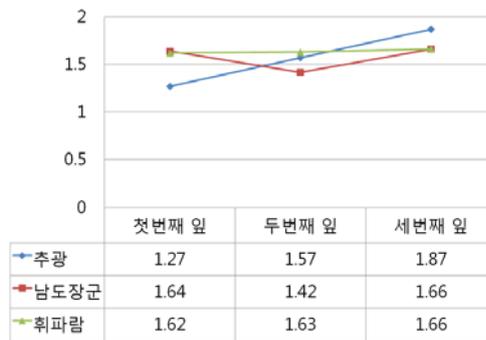
밑통 직경

	배추 첫 번째 잎			배추 두 번째 잎			배추 세 번째 잎		
	추광	남도장군	휘파람	추광	남도장군	휘파람	추광	남도장군	휘파람
크기	28	41	39	33	40	36	29	30	30
몸통 직경	22	25	24	21	28	22	15.5	18	18
밑통 직경	10.5	10.5	11	8.5	10	10	7.5	9.5	10

밑 직경 대 몸통 직경 비율 변화 비교 (몸통/밑)



몸통 직경 대 크기 비율 변화 비교 (크기/몸통)



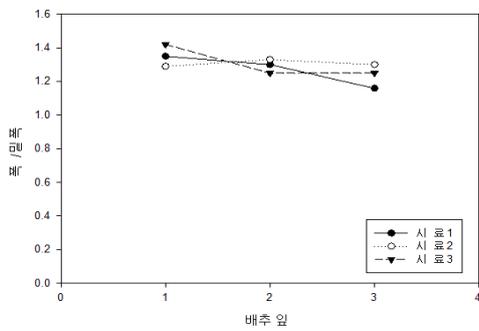
- 해남 지역의 배추 잎의 크기, 몸통 직경, 밑 직경을 측정하여 비교 분석함, 같은 지역에서 생산이 된 배추라도 품종별 차이가 있음을 육안으로 확인하고 수치적인 데이터를 획득하기 위해 몸통 직경대 밑직경의 비율과 크기대 몸통 직경의 비율로 있는 품종별로 차이가 있는 것을 알 수 있었으며 위의 그래프에서 확인 한바 품종별 기율기 변화가 다른 것을 알 수 있었음. 품종별 특성의 한 요소이며 시료를 특징짓는 여러 요소에 가중치 두어 계산활용함

○ 해남지역 품종별 배추 외형 비교

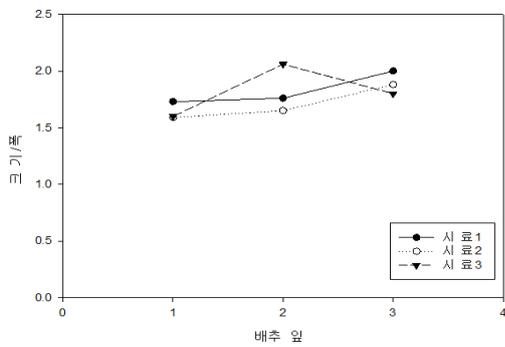
실험 배추 샘플 (월동천하)



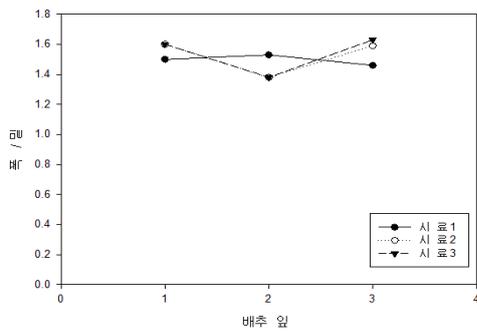
밑 직경 대 몸통 직경 비율 변화 비교 (몸통/밑) - 겨울나기
겨울나기



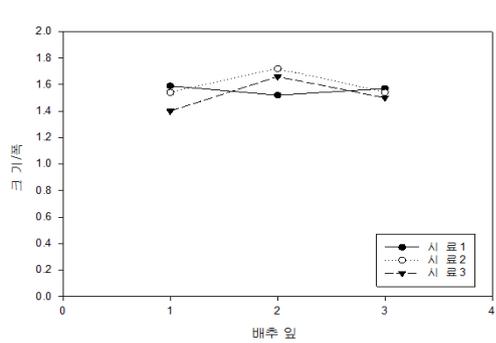
밑 직경 대 크기 직경 비율 변화 비교 (크기/몸통) - 겨울나기
겨울나기



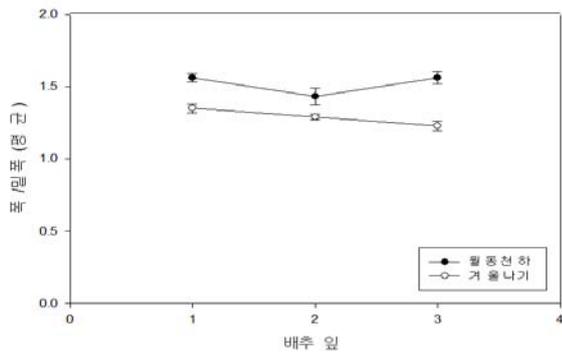
밑 직경 대 몸통 직경 비율 변화 비교 (몸통/밑) - 월동천하
월동천하



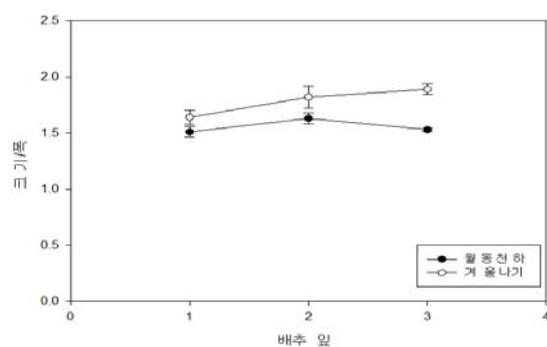
밑 직경 대 크기 직경 비율 변화 비교 (크기/몸통) - 월동천하
월동천하



밑 직경 대 몸통 직경 비율 변화 비교 (몸통/밑) - 평균



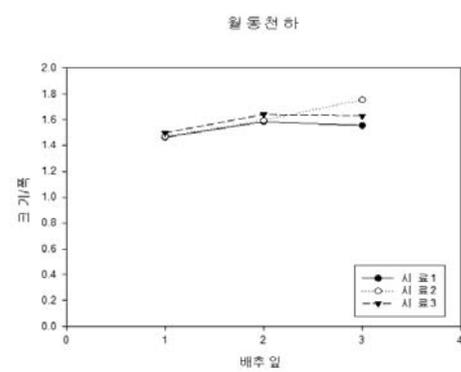
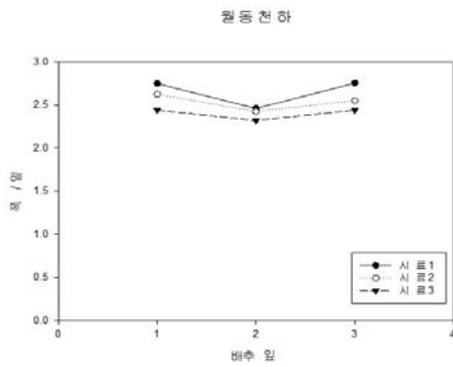
밑 직경 대 크기 직경 비율 변화 비교 (크기/몸통) - 평균



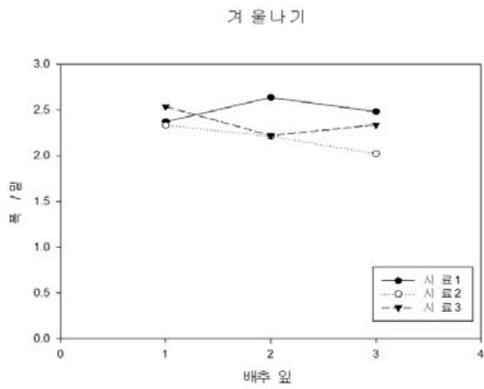
○ 해남지역 품종별 배추 잎 비교 (월동천하, 겨울나기)



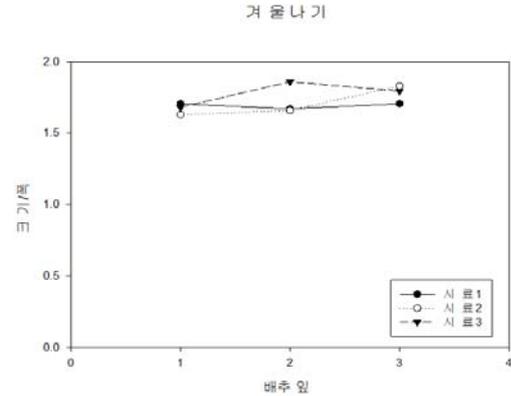
밑 직경 대 몸통 직경 비율 변화 비교 (몸통/밑) - 월동천하 밑 직경 대 크기 직경 비율 변화 비교 (크기/몸통) - 월동천하



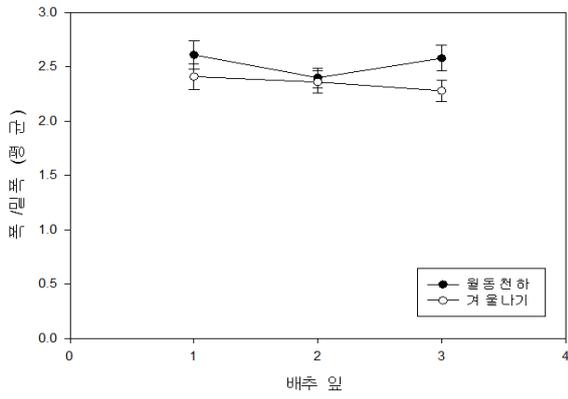
밑 직경 대 몸통 직경 비율 변화 비교 (몸통/밑) - 겨울나기



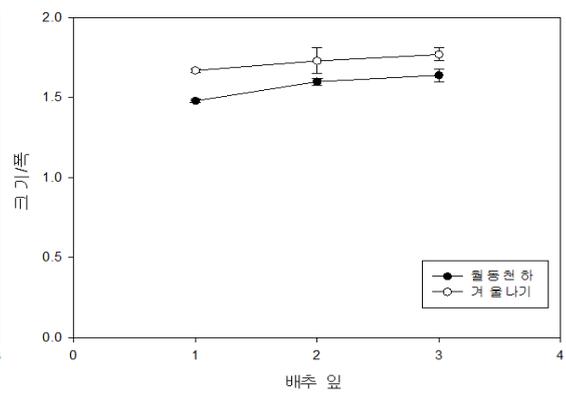
밑 직경 대 크기 직경 비율 변화 비교 (크기/몸통) - 겨울나기



밑 직경 대 몸통 직경 비율 변화 비교 (몸통/밑) - 평균



밑 직경 대 크기 직경 비율 변화 비교 (크기/몸통) - 평균



3-4. 지역별 배추 외형 비교



강원도 배추



충남 배추



해남 배추



크기



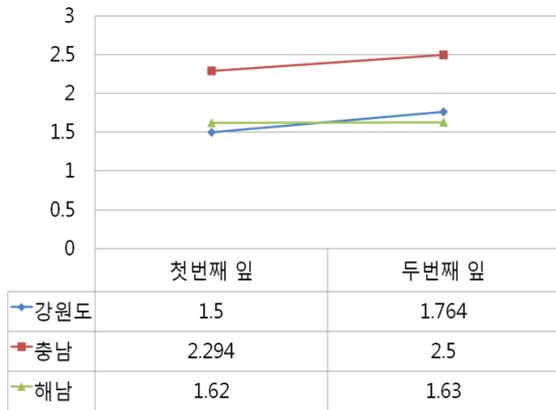
몸통 직경



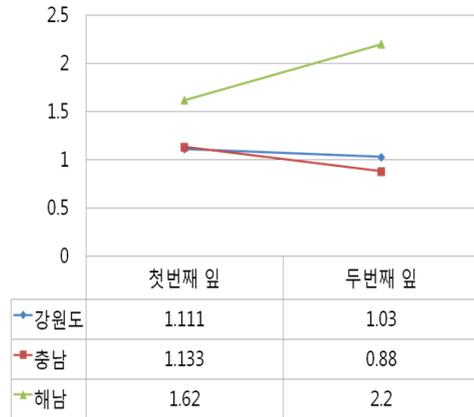
밑통 직경

	배추 첫 번째 잎			배추 두 번째 잎		
	강원도	충남	해남	강원도	충남	해남
크기	30cm	39cm	44cm	30cm	30cm	41cm
몸통 직경	20cm	17cm	27cm	17cm	12cm	22cm
밑 직경	18cm	15cm	20cm	16.5cm	13.5cm	19cm

몸통 직경 대 크기 비율 변화 비교 (크기/몸통)



밑 직경 대 몸통 직경 비율 변화 비교 (몸통/밑)



- 각 지역의 배추를 수집하여 외형적 특성을 측정하였으며 측정된 데이터를 분석하여 지역별 특성을 찾기 위한 실험으로 배추 몸통 직경 대 크기와 몸통 직경 대 밑직경의 비율을 계산해보면 해남 지역의 배추는 몸통 직경이 크며 충남지역 배추는 길쭉한 특징을 가지고 있으며 많은 샘플의 확보는 지역별 특성을 정확히 확립하기 위해 반드시 필요함

3-5 해남지역 배추 품종별 배추 잎 비교

○ 해남 배추 품종별 배추 잎 확대이미지 비교

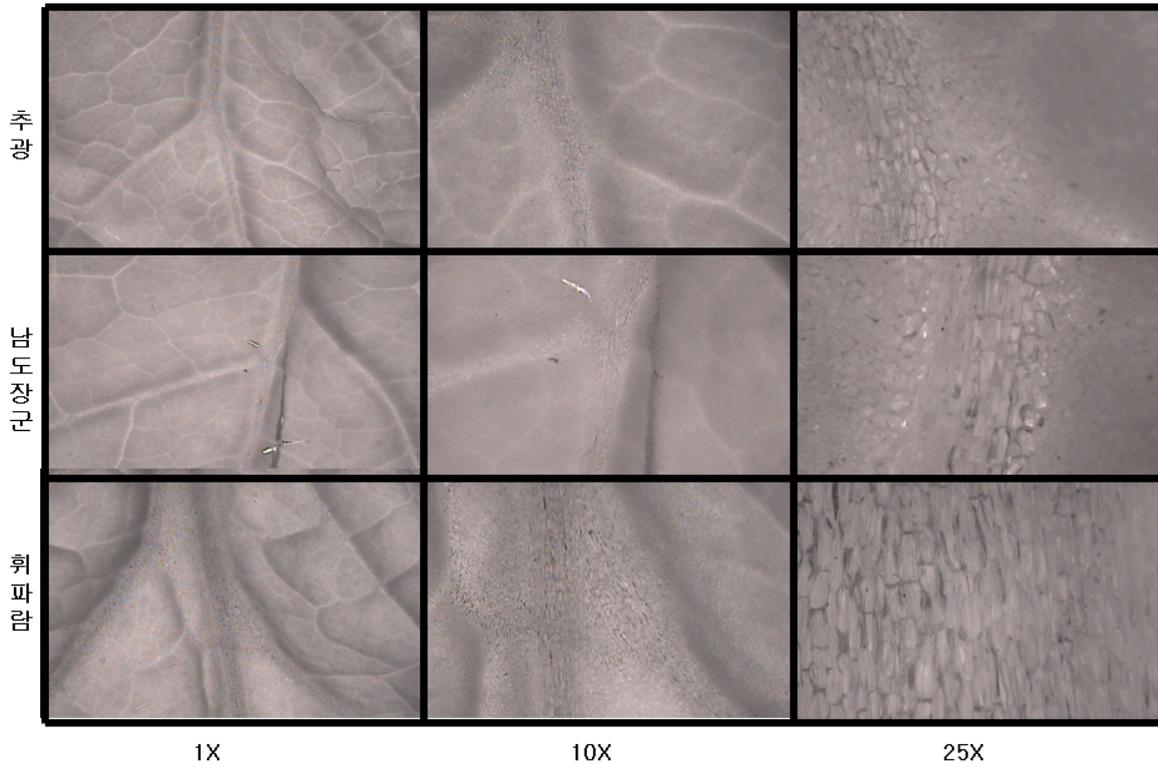
- 해남 지역의 배추인 추광, 남도장군, 휘파람 3종의 품종을 구하여 배추 잎으로 측정 위치를 정하여 품종별 특성을 찾기 위한 실험



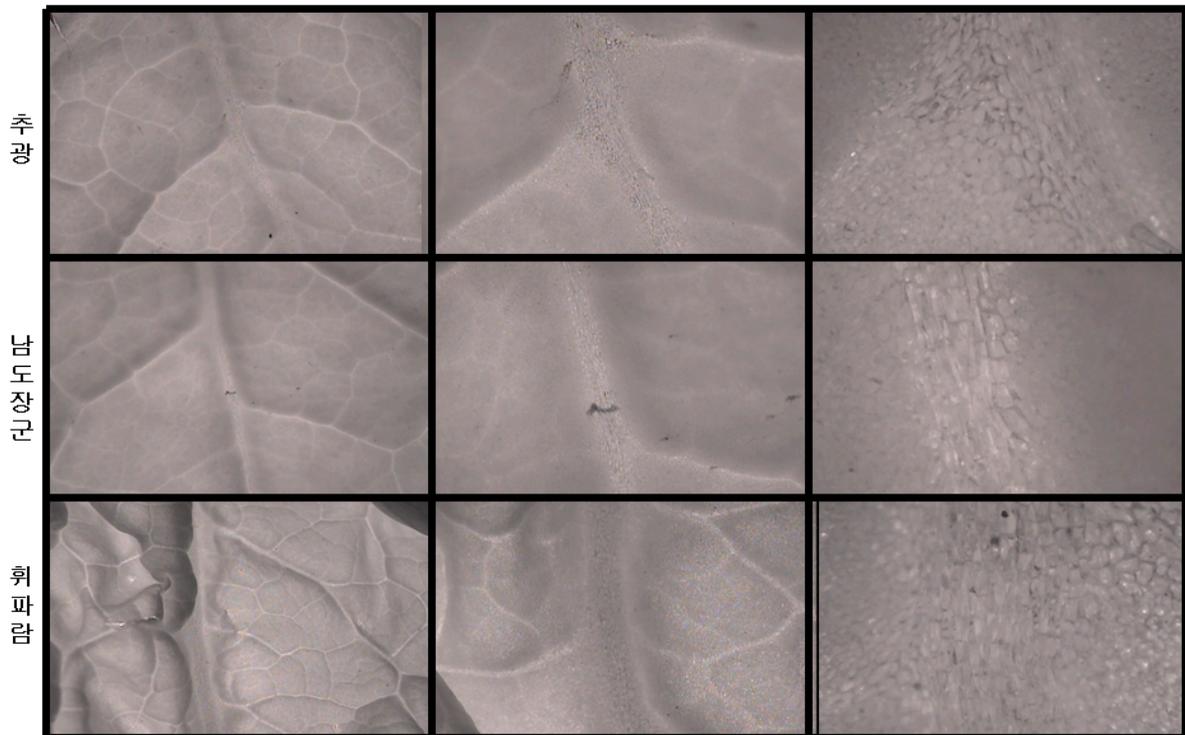
- 아래 적외선 이미지를 분석하여 잎맥으로 조밀함이나 물관 세포의 밀도나 물관의 가지가 형성되어 나가는 각도를 분석하여 품종별 구분 되는지 더 많은 데이터를

확보하여 비교 분석하여 데이터 활용 될 것임

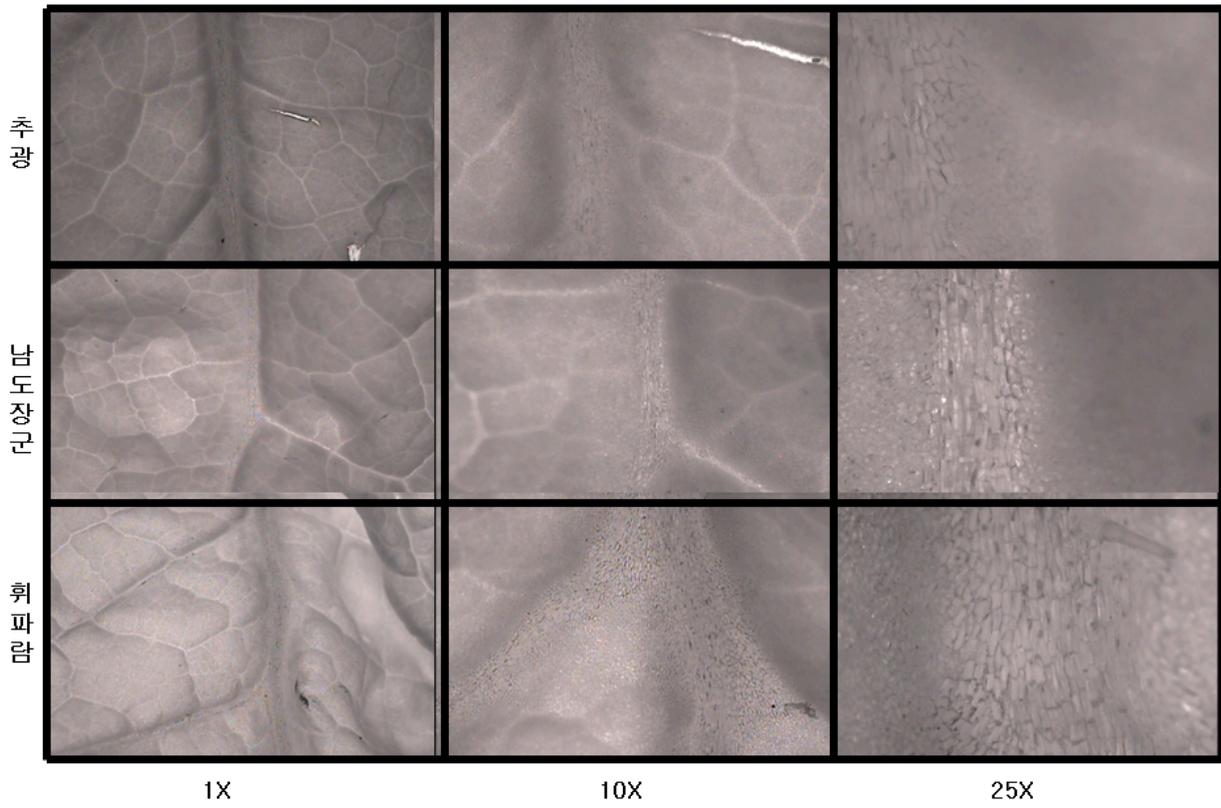
- 배율별 배추 잎 측정위치 1



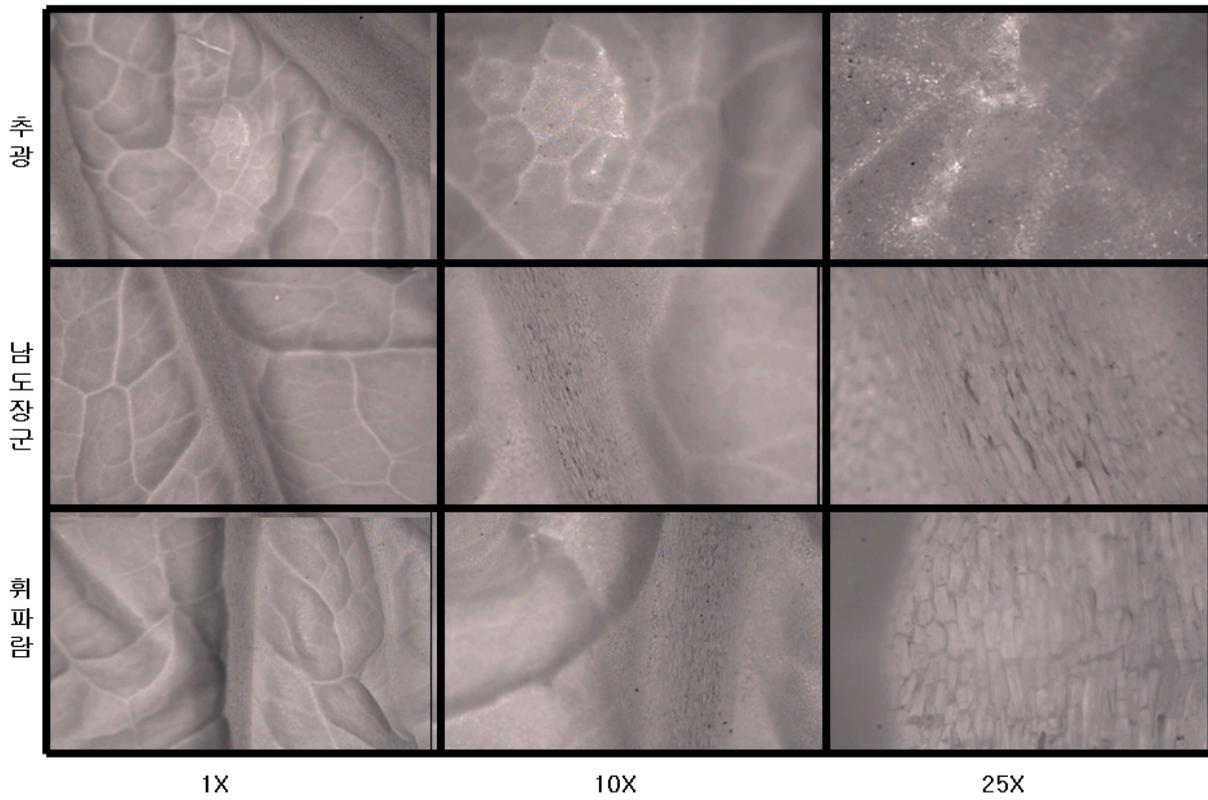
- 배율별 배추 잎 측정위치 2



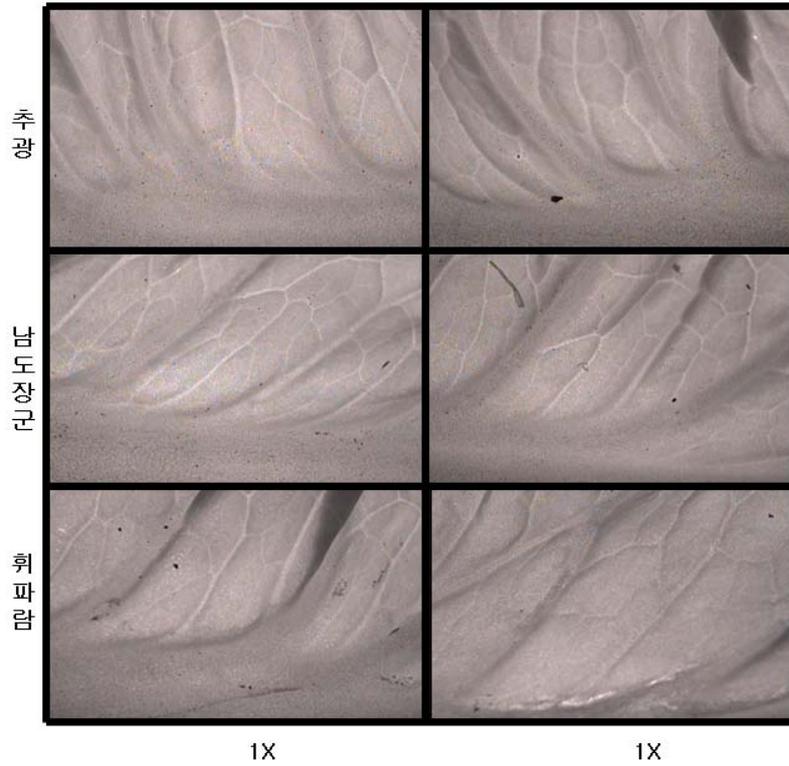
- 배율별 배추 잎 측정위치 3



- 배율별 배추 잎 측정위치 4



- 배울별 배추 잎 측정위치 5



- 절임 배추 샘플별 외형적 특성과 적외선 투과 특성 측정
 - 배추 절임 시간별 특성 측정(7시간, 12시간)
 - 배추 잎에 적외선 투과 배울별 이미지 촬영



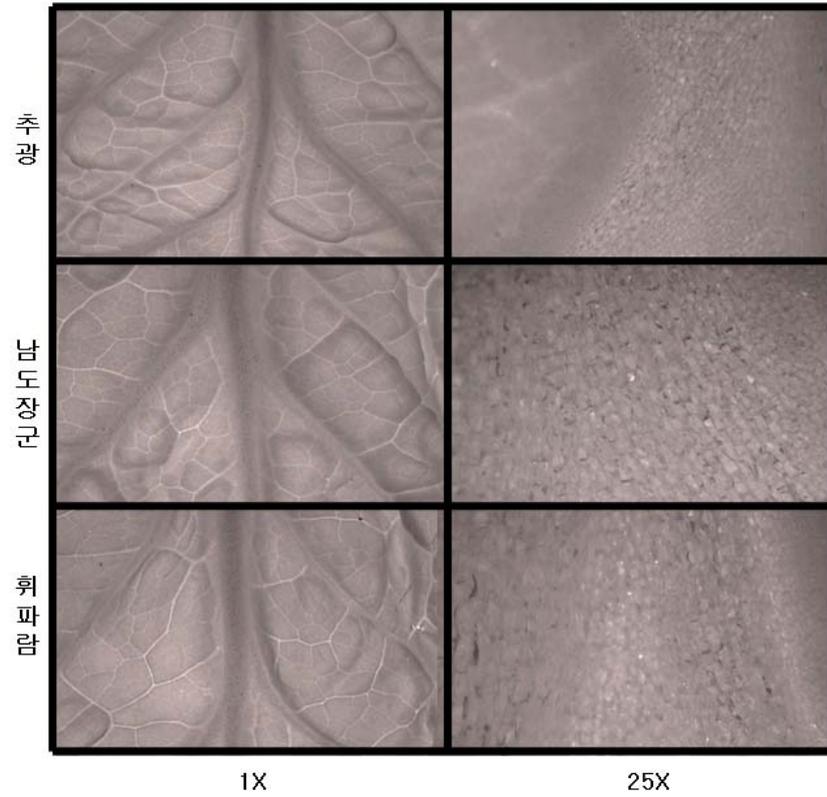
추광 남도장군 휘파람



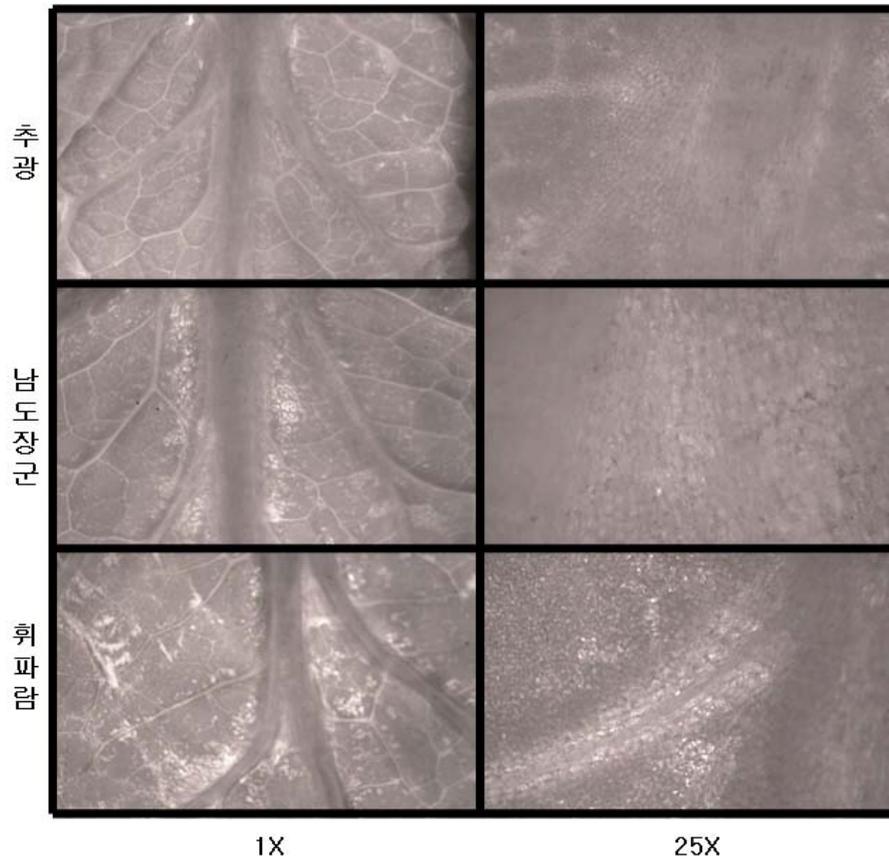
7시간 : 추광 남도장군 휘파람 12시간 : 추광 남도장군 휘파람

- 배추를 절임으로써 배추의 특성 변화를 적외선 이미지를 촬영 하여 비교 분석하여 김장용 절임 배추의 원산지 판별에 사용하기 위하여 측정한 실험이며, 절임 배추는 수분이 빠져나가 일반 생 배추에서 잎맥 구조, 물관 세포 구조의 특성을 구별하는 것

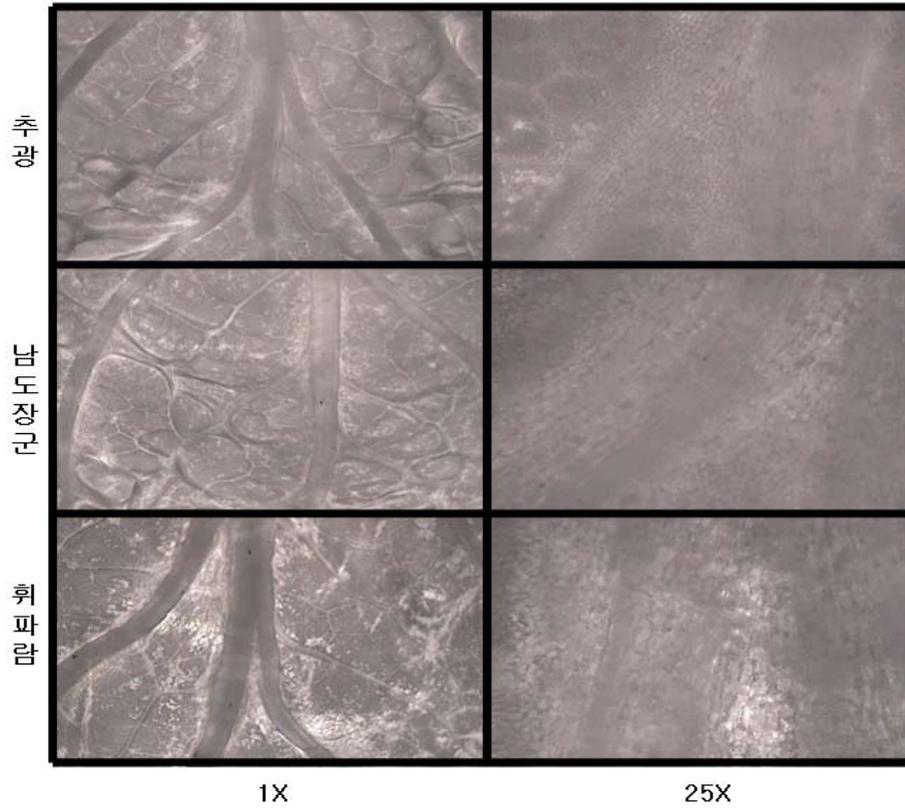
보다 더 어려움이 있는 것을 확인함
 - 배추 잎 절임 전 적외선 이미지



- 배추 잎 7시간 절임 적외선 이미지



- 배추 잎 12시간 절임 적외선 이미지



○ 배추 샘플별 외형적 특성과 적외선 투과 특성 측정

- 적색 잉크를 물에 풀어 배추 수관에 흡수 하도록 하여 수관의 형태를 촬영
- 배추 잎에 적외선 투과 배율별 이미지 촬영

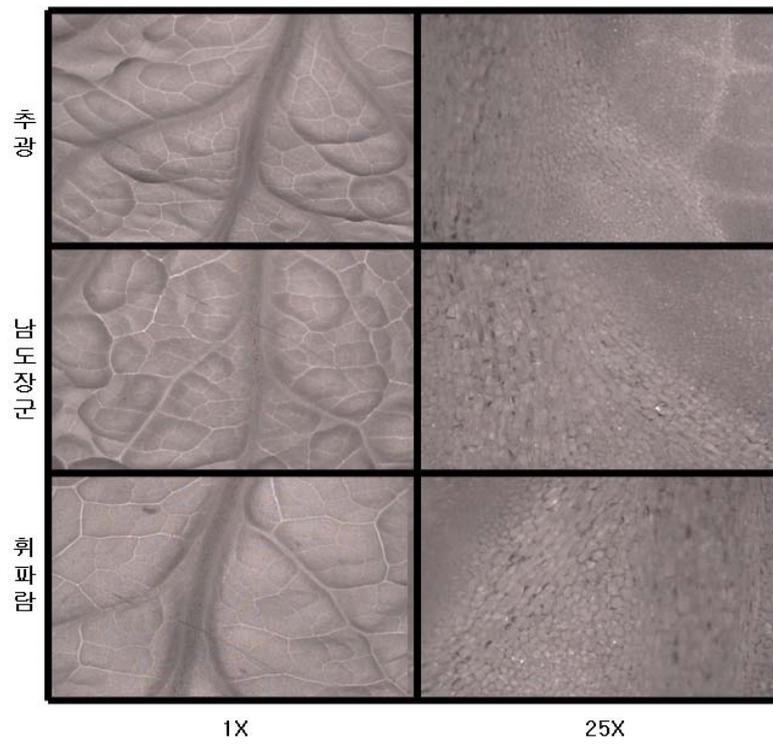


추광

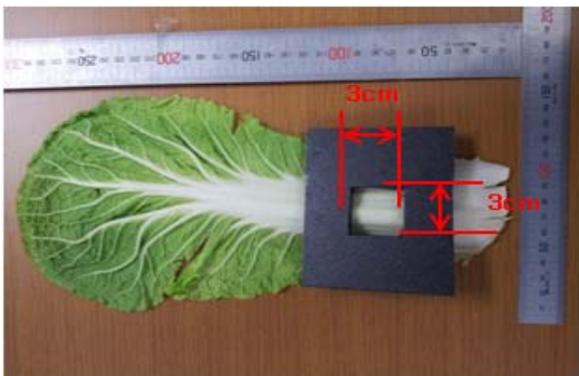
남도장군

휘파람

- 아래의 적외선 이미지를 확인 한 결과 물관을 통해 색소를 침착시켜 세포 구조나 잎맥의 구조를 명확하게 구분이 되리라는 가정하에 실험을 하였으나 확연한 차이를 보이지는 않았음



○ 배추 샘플별 외형적 특성 측정



추광 : 10개 5.5cm 4개



남도장군 : 9개 6.5cm 4개



휘파람 : 9개 7cm 3개



강원도 : 8개 4.5cm 5개

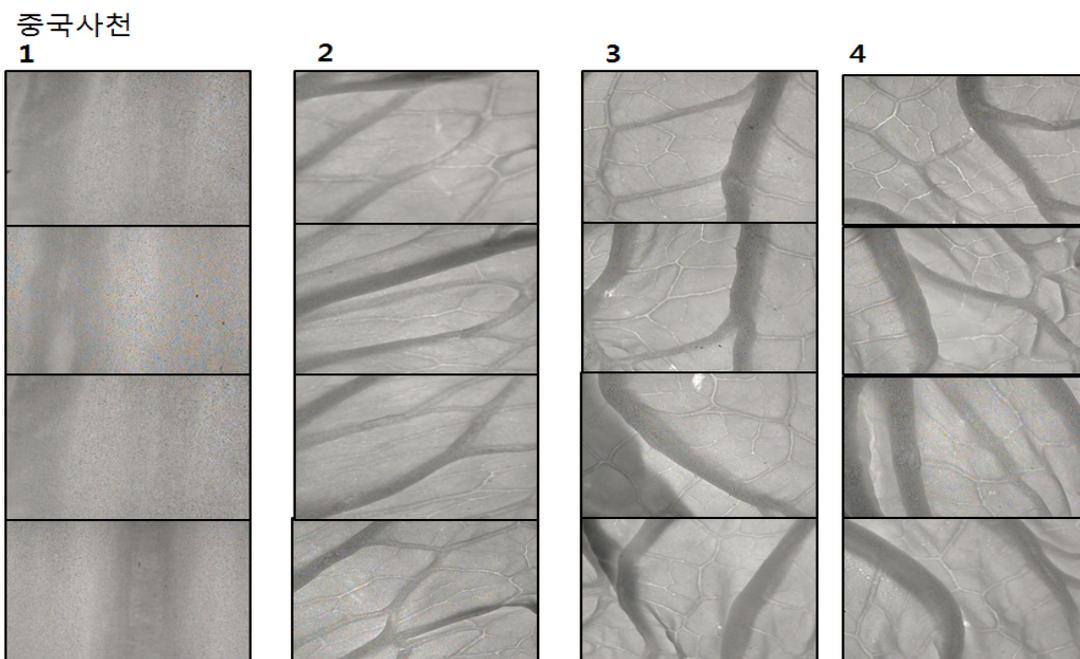
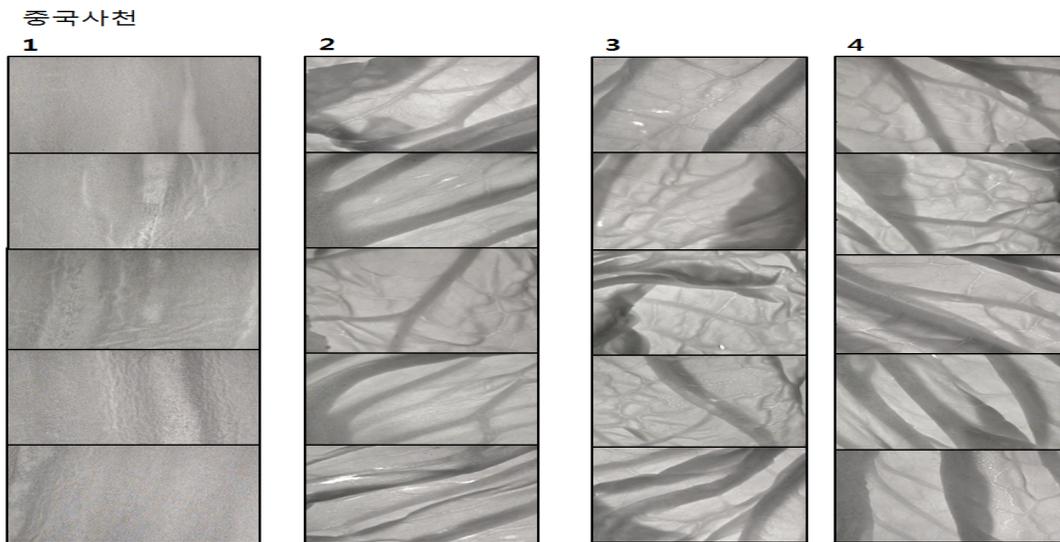
- 3cmX3cm 면적의 품종별 수관의 개수를 측정하여 비교
- 강원도 배추와 해남 배추의 수관의 조밀도가 차이가 남
- 휘파람에서 3개의 수관이 있지만 강원도 배추에서 5개의 수관이 있는 것을 확인함

3-6 중국 배추 지역별 배추 잎 비교

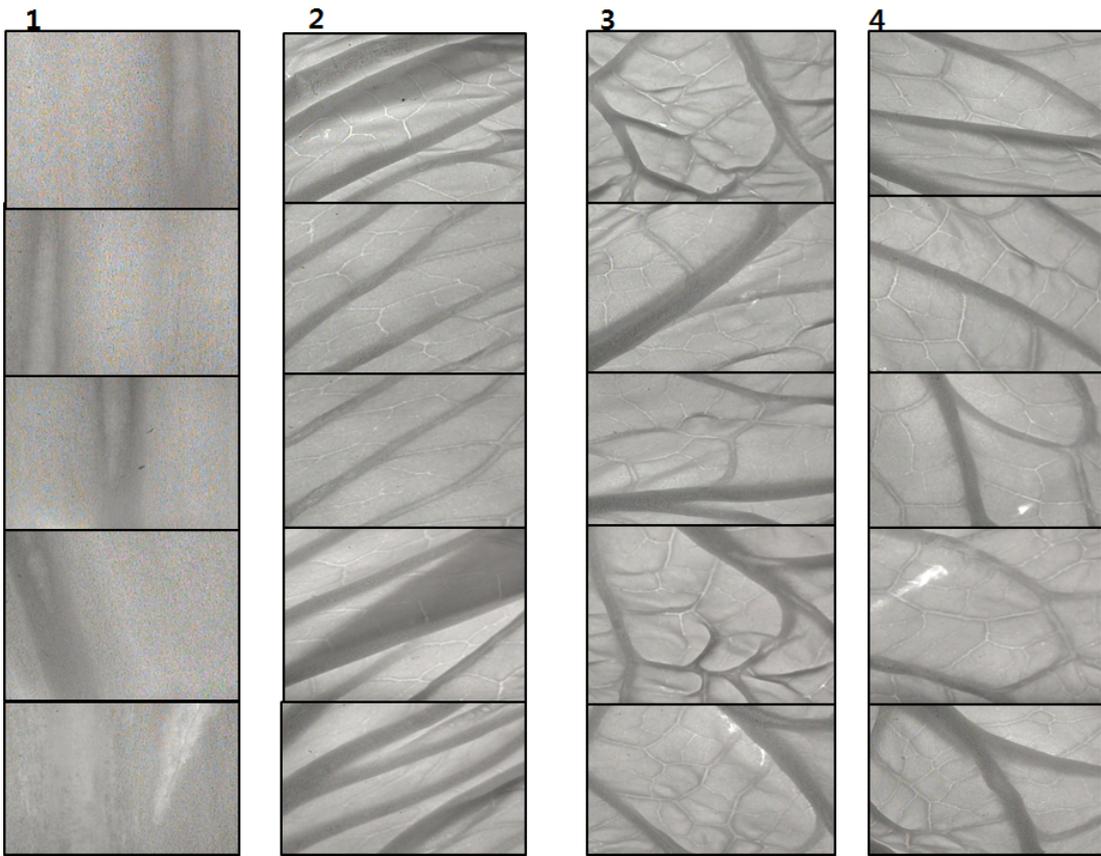
○ 중국 지역별 대한 데이터베이스 확보

- 지역별로는 중부지방인 충남과 남부지방인 해남에서 배추를 수집하여 촬영하였다.
국내산과 중국산 배추와의 비교를 위하여 중국의 남부지방인 상해와 중부지방인 사천 북부지방인 산둥에서 각각의 배추를 수집하여 적외선 영상데이터를 확보하였다.

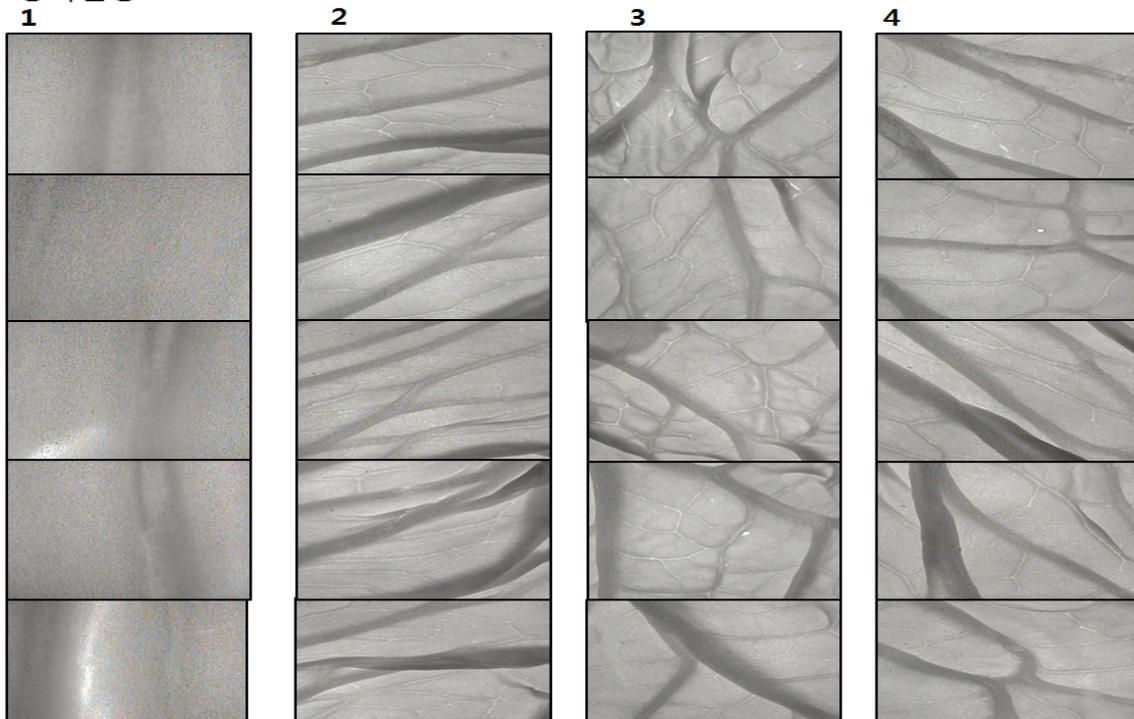
○ 중국의 지역별 배추 잎의 적외선 이미지



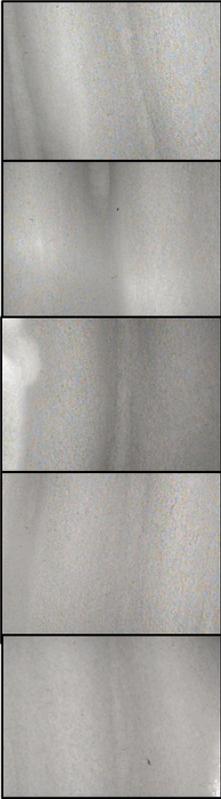
중국산동



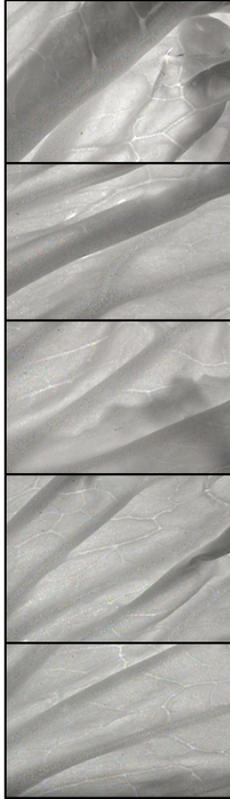
중국산동



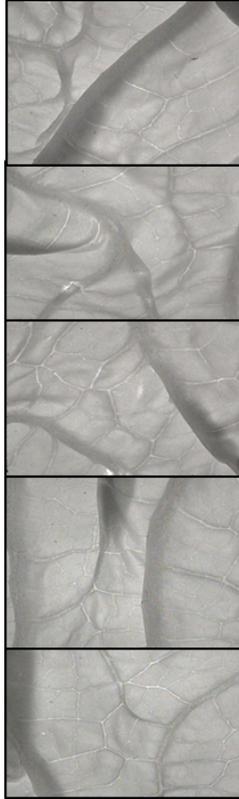
중국상해
1



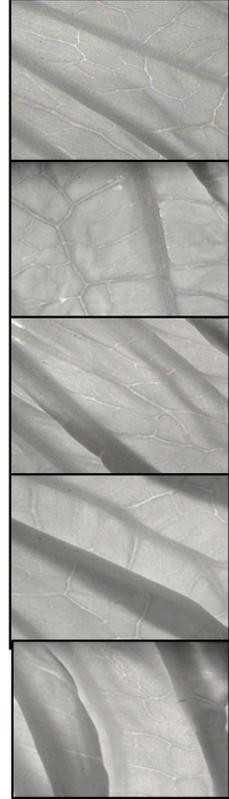
2



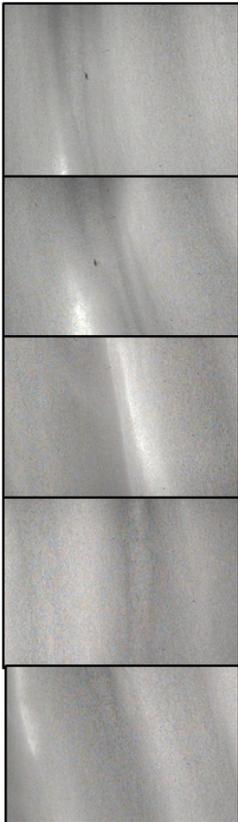
3



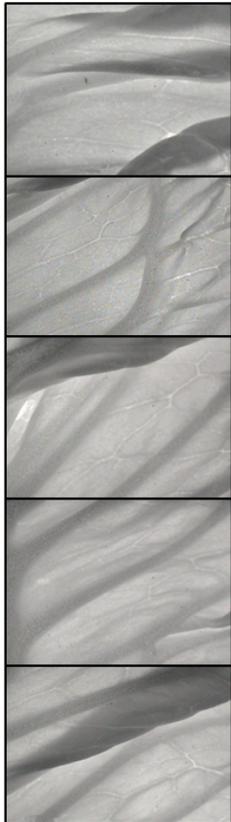
4



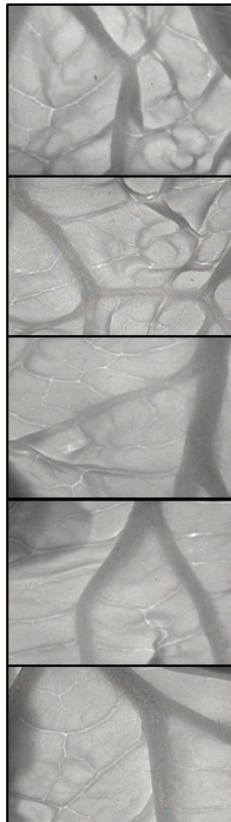
중국상해
1



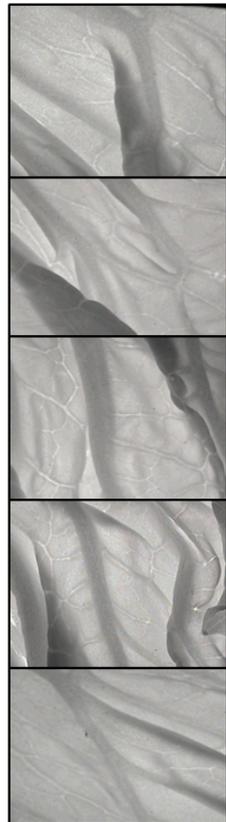
2



3



4



○ 중국 지역별 배추 외형 데이터베이스 확보

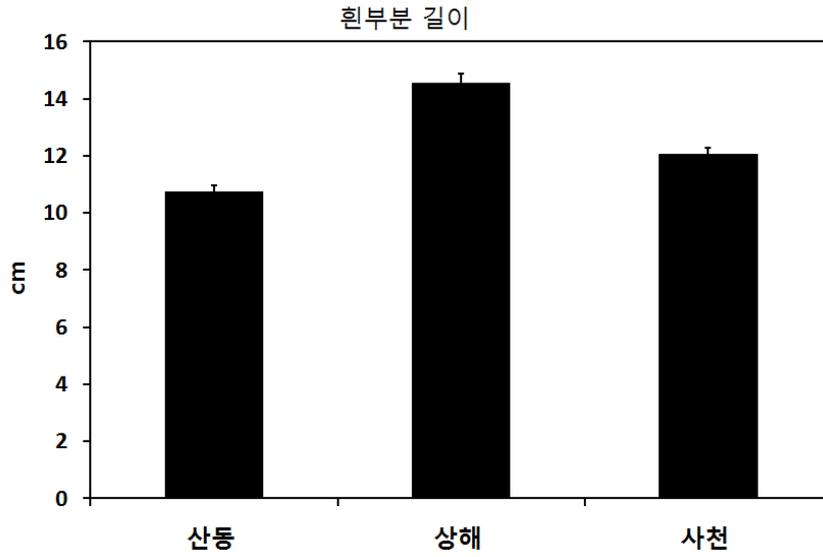
- 국내산과 중국산 배추와의 비교를 위하여 중국의 남부지방인 상해와 중부지방인 사천 북부지방인 산둥에서 각각의 배추를 수집하여 전체적인 외형의 특징적인 부분을 측정하여 주요한 특징적인 부분을 찾고자 뿌리 넓이에서부터 아랫부분 넓이 전체 넓이와 몸통의 길이를 측정하였고 앞부분에서는 아래넓이 전체 넓이 앞의 몸통 부분과 흰부분의 길이 등을 측정하여 비교 분석함.
- 국내산과 중국산을 비교하였을 때 앞의 전체 부분에서 흰부분이 차지하는 비율이 국내산에 비해 중국산이 더 많은 비율을 가지고 있음을 확인함

전체	산둥 1					산둥 2					산둥 3					평균	오차
뿌리 넓이	5.5					5.8					5					5.43	0.23
아랫부분 넓이	14					11.5					15					13.5	1.04
넓이	18.3					16.5					18					17.6	0.56
몸통 길이	15					16					16.5					15.8	0.44
총 길이	23					23					22.5					22.8	0.17
앞	앞 1	앞 2	앞 3	앞 4	앞 5	앞 1	앞 2	앞 3	앞 4	앞 5	앞 1	앞 2	앞 3	앞 4	앞 5	평균	오차
아래 넓이	5.5	5.8	5.3	4.8	4.5	5.8	5.8	6	6	6	6	5.5	5.8	5.8	4.8	5.3	0.13
넓이	16.5	18	16.5	15	16	23.8	23	26	23.5	22.5	17	16.5	16	16	16	16	0.97
몸통 길이	16.5	18.5	16	15.5	14.8	17.5	17	18	17	16.5	18	17.5	16.8	17	16	16.5	0.26
흰부분 길이	10	12	11.5	11	10.5	11.5	11	13	12	10.8	11	10.5	10.5	11	10.5	10.8	0.2
총 길이	20.5	23.5	21.5	23	21.5	23.8	23	26	23.5	22.5	24.8	24.3	22.5	24	21	22.5	0.39

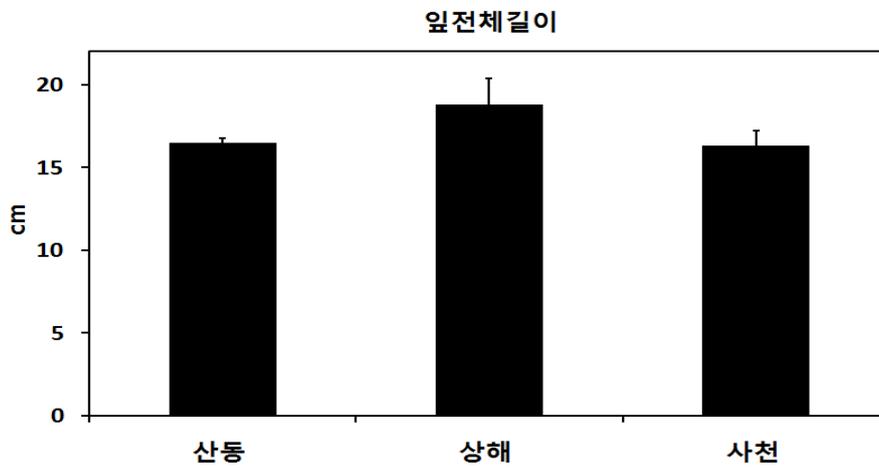
전체	상해 1					상해 2					상해 3					평균	오차
뿌리 넓이	5.7					4.5					5.3					5.17	0.35
아랫부분 넓이	11					10.3					14					11.8	1.13
넓이	14.2					14					20					16.1	1.97
몸통 길이	14.5					17					20					17.2	1.59
총 길이	24.8					26.8					33					28.2	2.47
앞	앞 1	앞 2	앞 3	앞 4	앞 5	앞 1	앞 2	앞 3	앞 4	앞 5	앞 1	앞 2	앞 3	앞 4	앞 5	평균	오차
아래 넓이	6	7	6.3	5	4.7	5	5.6	5	5.2	4.7	6.5	6	5.8	6	4.8	5.57	0.19
넓이	18	19.5	19.7	17.5	17.2	19.5	21.5	19	18.4	17.5	19.2	20	16.7	17	14.5	18.3	0.44
몸통 길이	17.8	19	19.5	19	18.5	17	18	17.5	17	16.8	22	21	20.5	20	18.3	18.8	0.4
흰부분 길이	13.2	16.5	15.3	13	13	14.5	14	14.3	13.2	13.3	16.5	17	15	15.3	14	14.5	0.35
총 길이	26.8	28.7	29	26	26.3	29.6	28.9	28.5	25.7	26	32	31.3	30.2	29	26.5	28.3	0.52

전체	사천 1					사천 2					사천 3					평균	오차
뿌리 넓이	4.3					4.5					4.3					4.37	0.07
아랫부분 넓이	15.3					11					12					12.8	1.3
넓이	20.5					16					16.5					17.7	1.42
몸통 길이	15					18					16					16.3	0.88
총 길이	25					23.5					23.5					24	0.5
앞	앞 1	앞 2	앞 3	앞 4	앞 5	앞 1	앞 2	앞 3	앞 4	앞 5	앞 1	앞 2	앞 3	앞 4	앞 5	평균	오차
아래 넓이	4.4	4.2	3.5	4	3	4.5	4.2	4	3.5	3.5	5	4.8	4.5	4.2	4	4.09	0.14
넓이	14.3	14	13.2	14	13.5	14.5	14	14	13	12.5	14.5	14.2	13	13.2	13	13.7	0.16
몸통 길이	18	17	15	15.4	14	18.3	17.5	17	16.8	15	19	19	17	16	15.5	16.7	0.39
흰부분 길이	12.2	12.5	11.5	12	11	12.5	12	12	11.7	11	13.5	13	13	12.3	11	12.1	0.2
총 길이	23	22.5	21.5	21.4	19.7	23	22.8	23	21.8	21	25.5	25	23.8	22.8	22.5	22.6	0.38

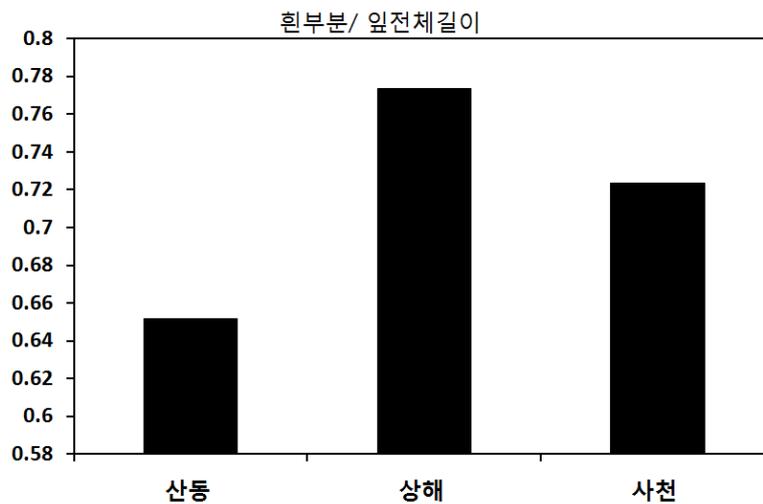
< 중국산 배추의 외형적인 크기 측정 >



< 겉잎을 제외한 속잎의 잎 전체 길이 측정 >



< 앞에서 흰부분이 차지하는 부분 측정 >



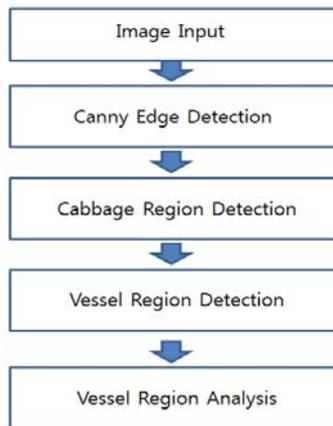
< 전체잎 길이에서 흰부분이 차지하는 비율 >

4. 배추분석 알고리즘 개발

○ 개발환경

- 운영체제 : 개발(윈도우 7 32bit 시스템), 테스트(윈도우 7 32/64 bit 시스템)
- 개발 툴 : visual studio 2010
- excel : ms office 2007, 2010 test 진행
- 외부 추가 라이브러리 : Open CV V2.1.0, MS excel 관련, thorlabs 적외선 카메라 관련 라이브러리

1) 전체 영상 처리 과정

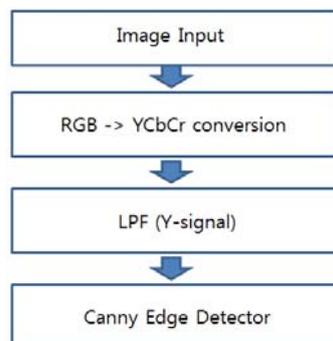


<배추영상처리 알고리즘>

- 입력된 배추영상에서 케니 엣지 필터를 사용해서 엣지를 검출하고 검출된 엣지에서 배추 영역을 구분하는 것이 1차 처리 과정임.
- 배추 영역 검출 후 배추의 최대 폭과 최대 길이를 측정함
- 배추영역 내에서 줄기에 해당하는 부분을 검출하고 줄기의 최대 폭과 최대 길이를 측정함.
- 검출된 줄기는 뿌리에서부터 70% 지점에 물관부 검출을 함. 물관부 분석 과정을 통해서 물관부에서 물관 개수, 물관 간격, 물관 굵기를 분석하였음.

2) 영상 전처리 과정

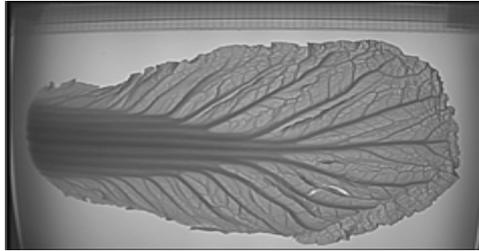
- 입력된 배추영상에 대해서 이미지 신호처리에 앞서 전처리과정을 거침.



<영상 전처리 과정 흐름도>

① 신호 변환

- 입력된 영상은 각 화소 값이 RGB신호로 되어 있는데 영상처리를 위해 이 신호를 YCbCr로 변환하여 Luminance(휘도,Y)만을 이용해서 영상처리 하였음. 영상수집장치에서 적외선 광원을 사용하고 이를 적외선 카메라로 촬영하기 때문에 chrominance (Cb,Cr)신호는 본 영상처리에서는 의미가 없는 신호임.



<Y 신호 영상>

- 영상변환 부분 코드는 다음과 같다.

```
for(int i=0; i<256; i++)
    pdf_thres[i]=0;
high_thres = 0, lower_thres = 0, pdf_sum = 0;
half_num_pixel = 0, half_posi_x = 0;

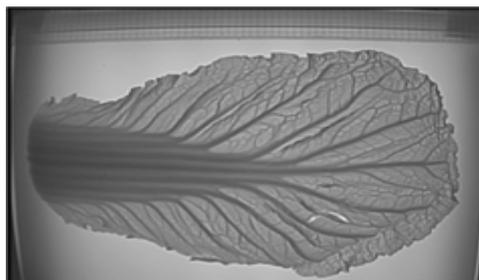
Width = Y_input->width;           //input 영상의 가로 크기
Height = Y_input->height;         //input 영상의 세로 크기
```

```
cvCvtColor(m_inputImage, YCbCr_image, CV_RGB2YCrCb); //원 영상의 RGB 신호를 YCbCr로 컨버팅
cvSplit(YCbCr_image, Y_input, Cr_input, Cb_input, NULL); //컨버팅 된 YCbCr 신호를 각각의 채널로 분할
```

```
half_Height = Height/2;
half_Width = Width/2;
R_Height = Height - 9;
R_Width = Width - 9;
half_R_Height = (32 + R_Height)/2;
half_R_Width = (9 + R_Width)/2;
```

② 고주파 성분 억제

- 휘도(Y) 성분만 추출한 후 Low Pass Filter를 사용하여 고주파 성분을 제한하여 케니 엣지 필터에서 너무 많은 edge가 검출되는 것을 억제하였음. 케니 엣지 필터를 통해 얻고자 하는 것은 배추의 외곽선을 추출하는 것임.



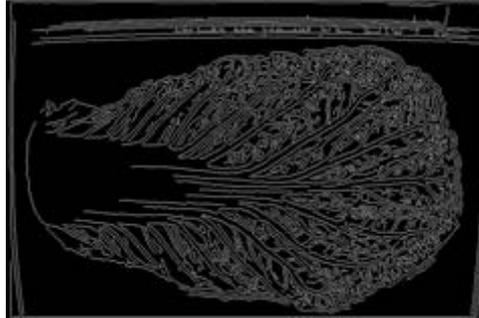
<고주파 신호 억제된 결과>

- 고주파성분 억제하는 low pass filter는 OpenCV 라이브러리를 사용하기 때문에 다음과 같은 간단한 코드로 구현가능함.

```
cvSmooth(Y_input, Y_lpf, CV_BLUR, 3, 3);
```

③ 외곽선 추출

- 케니 엣지 필터를 사용하여 입력된 영상에서 엣지 성분만을 추출하였음.

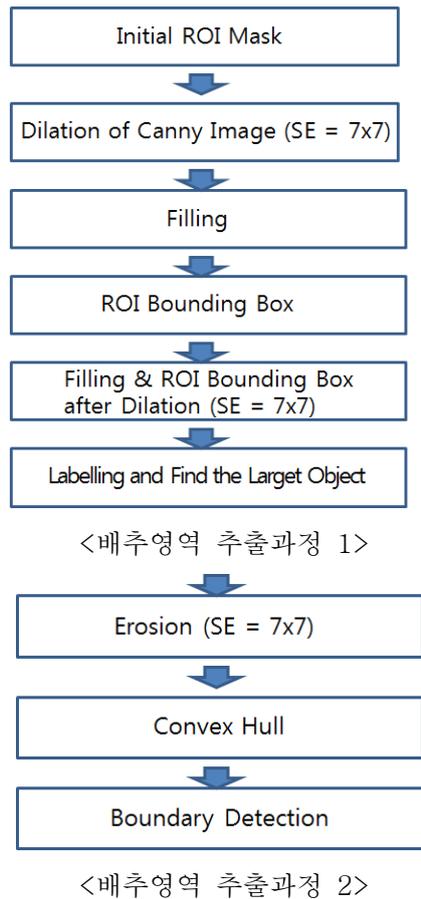


<케니 엣지 필터를 통해 외곽선 추출한 결과>

- 케니 엣지필터를 사용한 외곽선 추출 코드는 다음과 같음.

```
for(i = 0 ; i < Height ; i ++)  
    for(j = 0 ; j < Width ; j ++)  
        pdf_thres[(BYTE)Y_lpf->imageData[i*Width + j]] ++;  
  
for(i = 0 ; i < 256 ; i ++){  
    pdf_sum += pdf_thres[i];  
    if(pdf_sum > Width*Height*0.7){  
        high_thres = i;  
        break;  
    }  
}  
  
high_thres = high_thres * 0.6;  
lower_thres = high_thres*0.15;  
cvCanny(Y_lpf, Y_canny, lower_thres, high_thres);  
  
for(i = 0 ; i < Height ; i ++){  
    for(j = 0 ; j < Width ; j ++){  
        Y_canny->imageData[i*Width + j] = (BYTE)Y_canny->imageData[i*Width + j]/255;  
    }  
}  
  
for(i = 0 ; i < Height ; i ++){  
    for(j = 0 ; j < Width ; j ++){  
        Y_canny_save->imageData[i*Width + j] = (BYTE)Y_canny->imageData[i*Width + j]*255;  
    }  
}
```

3) 배추 영역 검출과정



① Initial ROI(Region Of Interest) Mask

- 영상 촬영 시 이물질이나 배추를 검출하는데 방해가 되는 요소를 배추가 촬영되는 최대한의 영역을 제외한 나머지 영역에 대해서 Mask를 이용해서 제거하였음.



<초기 관심영역 정의>

- ROI 마스크 적용 코드는 다음과 같음.

```

cut_ys1 = floor(Height*0.04); cut_ys2 = 2*cut_ys1; cut_ys3 = 3*cut_ys2;
cut_ye1 = Height - cut_ys1; cut_ye2 = Height - cut_ys2; cut_ye3 = Height - cut_ys3;
cut_xs1 = floor(Width*0.04); cut_xs2 = 2*cut_xs1; cut_xs3 = 3*cut_xs2;
cut_xe1 = Width - cut_xs1; cut_xe2 = Width - cut_xs2; cut_xe3 = Width - cut_xs3;
cut_ys1 = cut_ys1 + 32; cut_ys2 = cut_ys2 + 32; cut_ys3 = cut_ys3 + 32;
for(i = 0 ; i < Height ; i ++){
    for(j = 0 ; j < Width ; j ++){
  
```

```

ROI_Mask1->imageData[i*Width + j] = 1;
ROI_Mask1_save->imageData[i*Width + j] = 255;
if( i < 32 || i > R_Height || j < 8 || j > R_Width )
{
    ROI_Mask1->imageData[i*Width + j] = 0;
    ROI_Mask1_save->imageData[i*Width + j] = 0;
}
else if((i < cut_ys1 && (j < cut_xs3 || j > cut_xe3)) ||
        (i < cut_ys2 && (j < cut_xs2 || j > cut_xe2)) ||
        (i < cut_ys3 && (j < cut_xs1 || j > cut_xe1)) ||
        (i > cut_ye1 && (j < cut_xs3 || j > cut_xe3)) ||
        (i > cut_ye2 && (j < cut_xs2 || j > cut_xe2)) ||
        (i > cut_ye3 && (j < cut_xs1 || j > cut_xe1)))
{
    ROI_Mask1->imageData[i*Width + j] = 0;
    ROI_Mask1_save->imageData[i*Width + j] = 0;
}
}
}

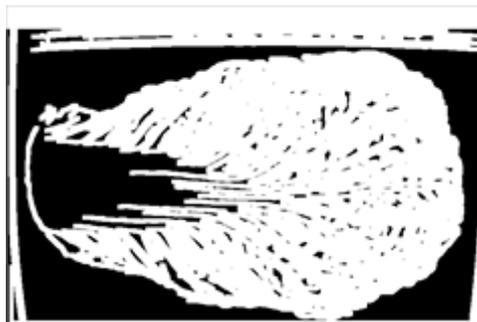
```

② 케니필터링 결과 팽창처리

- 팽창처리는 모폴로지 연산기법 중 한가지로 객체의 영역을 확장시켜 결과를 만들어 내는 것임. 이 처리 과정을 통해 케니엣지필터를 통해 검출된 배추의 각 부분에 대한 영역을 확장시킴으로써 배추의 외곽선을 추출하고자 하였음.

$$(f \oplus b)(x) = \max_{z-x \in D_f, z \in D_b} f(z-x) + b(z)$$

- grayscale에 대한 모폴로지 팽창 수식은 위와 같다.
 - 케니엣지에서 검출된 각 영역에 대해 7X7로 영역 확장을 실행하였고 ROI 마스크를 적용한 결과 다음과 같음.



<외곽선 팽창 실행결과>

- OpenCV 라이브러리에서 모폴로지 연산에 대한 라이브러리를 사용하여 다음과 같이 코드 작성하여 팽창처리 하였음.

```

cvCopy(Y_canny, temp);

for(i = 0 ; i < Height ; i++){

```

```

        for(j = 0 ; j < Width ; j ++){
            if(i < 32)
                temp->imageData[i*Width + j] = 1;
        }
    }
    cvDilate(temp, temp2, element7);

```

③ 팽창 후 채우기

- 팽창처리 후 배추잎 안쪽의 작은 검은 영역을 filling 처리하여 제거하였음.



<filling 처리 결과>

- filling 처리 함수 코드는 다음과 같음

```

void CCabbageAnalysisSimulatorDlg::imfill(IplImage* src, IplImage* dst)
{
    IplImage* fill_img = cvCreateImage( cvGetSize(src), 8, 1);

    cvCopy(src, fill_img);
    cvFloodFill(fill_img, cvPoint(0,0), CV_RGB(255,255,255));

    cvNot(fill_img, fill_img);

    IplImage* bin_imgFilled = cvCreateImage(cvGetSize(src), 8, 1);

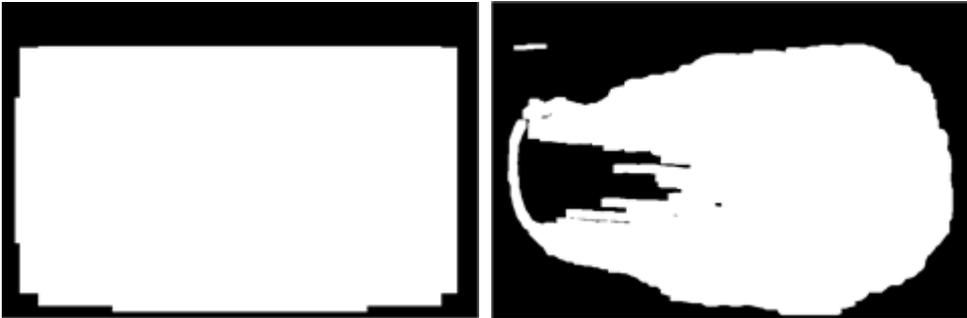
    int width = src->width, height = src->height, i, j;
    for(i = 0 ; i < height ; i ++){
        for(j = 0 ; j < width ; j ++){
            fill_img->imageData[i*width + j] = (BYTE)fill_img->imageData[i*width + j]*255;
        }
    }

    for(i = 0 ; i < height ; i ++){
        for(j = 0 ; j < width ; j ++){
            if((BYTE)fill_img->imageData[i*width + j] != (BYTE)src->imageData[i*width + j])
                dst->imageData[i*width + j] = 1;
            else
                dst->imageData[i*width + j] = 0;
        }
    }
    cvReleaseImage(&fill_img);
}

```

③ Bounding Box처리 및 팽창

- 영상 상부의 자 부분을 bounding box를 이용해 제거한 후 다시 한번 모폴로지 팽창처리 하여 배추 잎의 외곽선 중 끊어진 부분을 보완하였음



<bounding box(좌)와 추가 팽창처리 결과(우)>

④ 라벨링과 배추 영역찾기

- 라벨링의 기본적인 컨셉은 현재 자기 자신의 픽셀과 붙어있어서 연결된 영역이거나 또는 같은 색상 범위를 갖는 영역들을 하나의 물체로 간주하는 과정임. 배추 분석에 적용은 filling을 통해 이진화 된 패턴이기 때문에 gray scale에 대한 색상 범위를 지정하는 방식이 아니고 희색 부분에 대해 라벨링 하였음.
- 각 영역을 정의하는 순서는 아래와 같음.

Step 1: 만약 방문하지 않은 픽셀이라면, 방문하고 큐에 넣음.

Step 2: 8-방향으로 연결된 영역들 중 방문하지 않는 픽셀을 큐에 넣음.

Step 3: 큐에 들어가 있는 데이터를 빼면서 방문표시를 남기고 Step 2 과정을 반복.

Labeling

Search Direction (x, y)

0	0	0	1	1
			1	

Step 1:
if $p(x,y) == 1$ then,
insert $queue[head]$

Step 2:
check 8-way, $queue[head]$

for $k=1$ to $k \leq 8$
if $p(x+dx[k], y+dy[k]) == 1$ and
not visited then,
insert $queue[tail++]$

Step 3:
Check visited point (x, y) as a label

head ++
Go to Step 2 until no more to go
(If head >= tail)

```

0000000000000000
0111100000000000
0111100000000000
0111100000000000
0111100000002000
000000000022000
000000000022000
000000002222000
000000002220000
0000000000000000
0003300000000000
0033330000000000
0000000000000000
                    
```

before

after

<Labeling 알고리즘 예>

Step 4: 큐에 자료가 없으면 끝.

- 각 영역에 대한 라벨링 처리 함수의 코드는 다음과 같음.

```
int CCabbageAnalysisSimulatorDlg::bwlabel(IplImage* img, int n, int* labels)
```

```

{
    if(n != 4 && n != 8)
        n = 4;
    int nr = img->height;
    int nc = img->width;
    int total = nr * nc;
    // results
    memset(labels, 0, total * sizeof(int));
    int nobj = 0; // number of objects found in image
    // other variables
    int* lset = new int[total]; // label table
    memset(lset, 0, total * sizeof(int));
    int ntable = 0;
    for( int r = 0; r < nr; r++ )
    {
        for( int c = 0; c < nc; c++ )
        {
            if ( ELEM(img, r, c) ) // if A is an object
            {
                // get the neighboring pixels B, C, D, and E
                int B, C, D, E;
                if ( c == 0 )
                    B = 0;
                else
                    B = find( lset, ONETWO(labels, r, c - 1, nc) );
                if ( r == 0 )
                    C = 0;
                else
                    C = find( lset, ONETWO(labels, r - 1, c, nc) );
                if ( r == 0 || c == 0 )
                    D = 0;
                else
                    D = find( lset, ONETWO(labels, r - 1, c - 1, nc) );
                if ( r == 0 || c == nc - 1 )
                    E = 0;
                else
                    E = find( lset, ONETWO(labels, r - 1, c + 1, nc) );
                if ( n == 4 )
                {
                    // apply 4 connectedness
                    if ( B && C )
                    {
                        // B and C are labeled
                        if ( B == C )
                            ONETWO(labels, r, c, nc) = B;
                        else {
                            lset[C] = B;
                        }
                    }
                }
            }
        }
    }
}

```

```

        ONETWO(labels, r, c, nc) = B;
    }
}
else if ( B )          // B is object but C is not
    ONETWO(labels, r, c, nc) = B;
else if ( C )          // C is object but B is not
    ONETWO(labels, r, c, nc) = C;
else
{
    // B, C, D not object - new object
    // label and put into table
    ntable++;
    ONETWO(labels, r, c, nc) = lset[ ntable ] = ntable;
}
}
else if ( n == 6 )
{
    // apply 6 connected ness
    if ( D )            // D object, copy label and move on
        ONETWO(labels, r, c, nc) = D;
    else if ( B && C )
    {
        // B and C are labeled
        if ( B == C )
            ONETWO(labels, r, c, nc) = B;
        else
        {
            int tlabel = MIN(B,C);
            lset[B] = tlabel;
            lset[C] = tlabel;
            ONETWO(labels, r, c, nc) = tlabel;
        }
    }
}
else if ( B )          // B is object but C is not
    ONETWO(labels, r, c, nc) = B;
else if ( C )          // C is object but B is not
    ONETWO(labels, r, c, nc) = C;
else
{
    // B, C, D not object - new object
    // label and put into table
    ntable++;
    ONETWO(labels, r, c, nc) = lset[ ntable ] = ntable;
}
}
else if ( n == 8 )
{
    // apply 8 connectedness
    if ( B || C || D || E )

```

```

        {
            int tlabel = B;
            if ( B )
                tlabel = B;
            else if ( C )
                tlabel = C;
            else if ( D )
                tlabel = D;
            else if ( E )
                tlabel = E;
            ONETWO(labels, r, c, nc) = tlabel;
            if ( B && B != tlabel )
                lset[B] = tlabel;
            if ( C && C != tlabel )
                lset[C] = tlabel;
            if ( D && D != tlabel )
                lset[D] = tlabel;
            if ( E && E != tlabel )
                lset[E] = tlabel;
        }
    else
    {
        // label and put into table
        ntable++;
        ONETWO(labels, r, c, nc) = lset[ ntable ] = ntable;
    }
}
}
else
{
    ONETWO(labels, r, c, nc) = NO_OBJECT;    // A is not an object so leave it
}
}
}
// consolidate component table
for( int i = 0; i <= ntable; i++ )
    lset[i] = find( lset, i );

// run image through the look-up table
for( int r = 0; r < nr; r++ )
    for( int c = 0; c < nc; c++ )
        ONETWO(labels, r, c, nc) = lset[ ONETWO(labels, r, c, nc) ];
// count up the objects in the image
for( int i = 0; i <= ntable; i++ )
    lset[i] = 0;
for( int r = 0; r < nr; r++ )

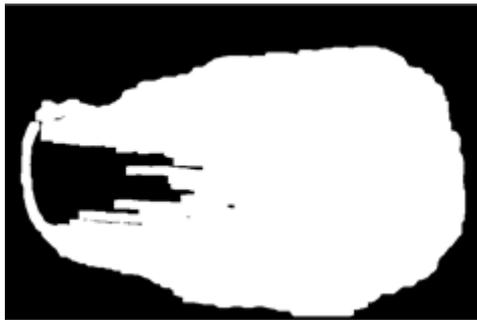
```

```

for( int c = 0; c < nc; c++ )
    lset[ ONETWO(labels, r, c, nc) ]++;
// number the objects from 1 through n objects
nobj = 0;
lset[0] = 0;
for( int i = 1; i <= ntable; i++ )
    if ( lset[i] > 0 )
        lset[i] = ++nobj;
// run through the look-up table again
for( int r = 0; r < nr; r++ )
    for( int c = 0; c < nc; c++ )
        ONETWO(labels, r, c, nc) = lset[ ONETWO(labels, r, c, nc) ];
//
delete[] lset;
return nobj;
}

```

- ROI 영역내에서 2차 팽창 후 남은 영역들에 대해 라벨링 후 가장 큰 영역을 찾음. 이 영역이 배추잎 영역에 해당됨.



<배추영역 찾기 결과>

⑤ 침식(Erosion)

- 1차 검출된 배추영역에서는 모폴로지 연산을 통해서 팽창을 통해 외곽선 중 안쪽으로 생긴 굴곡을 제거한 상태임. 이는 모폴로지 연산기법 중 하나로 열기(opening)와 닫기(closing) 연산은 침식과 팽창 연산을 이용하여 쉽게 구현할 수 있는 연산임.

- 열기 연산은 일반적으로 객체의 외곽선을 부드럽게 만들어 주면 가늘게 돌출한 부위를 제거해 주는 역할, 잡음을 제거하는 역할을 함. (침식 -> 팽창)

- 닫기 연산은 가늘게 패인 부분을 채워주는 역할을 함. (팽창 -> 침식)

- 어떤 영상을 이진화한 후 레이블링을 수행하면 잡음으로 인해 원래 객체보다 많은 레이블의 개수가 생성됨을 알 수 있는데, 레이블링 전에 이진영상에 열기 연산을 수행하면 한두 픽셀 짜리 잡음이 제거되어 레이블 개수가 좀 더 정상에 가까워 짐.

$$(f \ominus b)(x) = \min_{z \in D_f, z \in D_b} f(z-x) - b(z)$$

- 위의 식은 Grayscale에 대한 침식을 수식으로 나타낸 것으로 이 식을 사용하여 추출된 배추 영상을 침식을 통해 외곽선을 부드럽게 만들 수 있음.



<배추영역에 대한 침식 처리결과>

- 침식 부분 코드는 다음과 같음.

```

cnt_Height = (int*)malloc(Height*sizeof(int));
cnt_Width = (int*)malloc(Width*sizeof(int));
memset(cnt_Height, 0, Height*sizeof(int));
memset(cnt_Width, 0, Width*sizeof(int));

for(i = 32 ; i < R_Height ; i ++){
    for(j = 8 ; j < R_Width ; j ++){
        if((BYTE)Canny_Fill->imageData[i*Width + j] == 0){
            cnt_Height[i] = cnt_Height[i] + 1;
            cnt_Width[j] = cnt_Width[j] + 1;
        }
    }
}

max_y1 = 0;   max_y2 = 0;   posi_y1 = 33;   posi_y2 = R_Height;
for(i = 0 ; i < Height ; i ++){
    if (i < half_Height && cnt_Height[i] > max_y1){
        max_y1 = cnt_Height[i];
        posi_y1 = i;
    }
    if (i > half_Height && cnt_Height[i] >= max_y2){
        max_y2 = cnt_Height[i];
        posi_y2 = i;
    }
}

max_x1 = 0;   max_x2 = 0;   posi_x1 = 9;   posi_x2 = R_Width;
for(j = 1 ; j < Width ; j ++){
    if (j < half_Width && cnt_Width[j] > max_x1) {
        max_x1 = cnt_Width[j];
        posi_x1 = j;
    }
    if (j > half_Width && cnt_Width[j] > max_x2){
        max_x2 = cnt_Width[j];
        posi_x2 = j;
    }
}

```

```

    }
}

for(i = 0 ; i < Height ; i++){
    for(j = 0 ; j < Width ; j++){
        if (i <= posi_y1 || i >= posi_y2 || j <= posi_x1 || j >= posi_x2)
            ROI_Mask1->imageData[i*Width + j] = 0;
    }
}

free(cnt_Height); free(cnt_Width);
for(i = 0 ; i < Height ; i++){
    for(j = 0 ; j < Width ; j++){
        if((BYTECanny_Fill->imageData[i*Width + j] && (BYTEROI_Mask1->imageData[i*Width + j] == 1)
            ROI_Canny->imageData[i*Width + j] = 1;
        else
            ROI_Canny->imageData[i*Width + j] = 0;
    }
}
}

```

```

////////// Modify by Joy START////////////////////////////////////
cvDilate(Canny_Fill, Canny_Fill, element11);
cvErode(Canny_Fill, Canny_Fill, element11);

cvDilate(ROI_Canny, ROI_Canny, element7);
imfill(ROI_Canny, ROI_Canny);
cvErode(ROI_Canny, ROI_Canny, element7);
////////// Modify by Joy END////////////////////////////////////

```

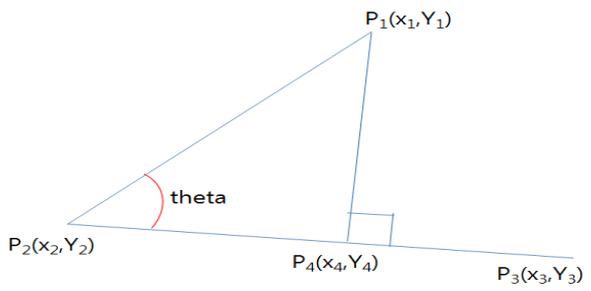
```

cvErode(ROI_Canny, E_dilate, element7);
mfn_Label_max(E_dilate, temp);
cvErode(temp, temp1, element7);
CvMemStorage* storage_hull = cvCreateMemStorage(0);

```

⑤ Convex Hull

- Convex Hull은 최외각 블록점을 찾는 것임.

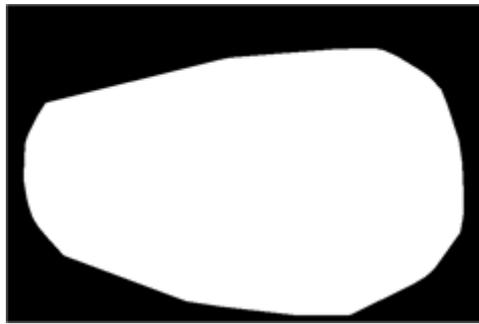


<Convex Hull에서 외곽점 추출과정>

- 맨 아래 점을 기준점으로 잡고 각도별로 정렬(sort)한 뒤 순차적으로 세 점이 이루는 방향을 살펴보면서 오른쪽으로 꺾였으면 제거, 왼쪽으로 꺾였으면 포함 과정을 반복하면서 시작점으로 되돌아 올 때까지 반복하면서 최외각 불록점을 찾는 알고리즘임

$$\begin{aligned} & \begin{vmatrix} x_1, x_2, x_3, x_1 \\ y_1, y_2, y_3, y_1 \end{vmatrix} \\ \Rightarrow & \frac{1}{2} (|x_1, y_2 + x_2 y_3 + x_3 y_1| - |y_1, x_2 + y_2 x_3 + y_3 x_1|) \end{aligned}$$

- 위 공식을 가지고서 오른쪽으로 꺾였는지, 직선상에 있는지, 왼쪽으로 꺾였는지를 판단함.
- 공식의 값이 0 이면 세점이 일직선상에 있고, - 이면 왼쪽으로 꺾임, + 이면 오른쪽으로 꺾인 것임.
- 침식처리 결과에 Convex Hull 처리하였을 때 결과는 다음과 같음.



<Convex Hull 결과>

- Convex Hull 처리를 통한 최외곽 포인트 추출 코드는 다음과 같음.

```
CvSeq* ptseq = cvCreateSeq(CV_SEQ_KIND_GENERIC | CV_32SC2, sizeof(CvContour), sizeof(CvPoint), storage_hull);
CvSeq* hull;
int hullcount = 0;
int count_ = 0;

for(int i=0; i<Height; i++){
    for(int j=0; j<Width; j++){
        if((BYTE)templ->imageData[i*templ->width+j] == 1){
            pt0.x = j;
            pt0.y = i;
            cvSeqPush(ptseq, &pt0);
        }
    }
}

hull = cvConvexHull2(ptseq, 0, CV_COUNTER_CLOCKWISE, 0);
hullcount = hull->total;

pt0 = **CV_GET_SEQ_ELEM(CvPoint*, hull, hullcount - 1);
for(i=0; i<hullcount; i++){
    pt = **CV_GET_SEQ_ELEM(CvPoint*, hull, i);
    cvLine(ROI_Convex, pt0, pt, CV_RGB(255, 255, 255));
}
```

```

    pt0 = pt;
}

imfill(ROI_Convex, ROI_Mask);
cvReleaseMemStorage(&storage_hull);

```

⑤ Boundary Detection

- Convex Hull 처리를 통해 배추의 영역에 대한 최 외곽선이 정리되고 이를 바탕으로 배추 잎의 외곽 경계에 대한 좌표를 추출할 수 있음.
- 입력된 영상에 케니 엣지를 이용해 외곽선을 추출하고 그 추출된 외곽선에 대해 팽창을 이용해서 배추잎의 영역을 정의 했기 때문에 Convex Hull 처리 과정에서 나타난 최외곽선을 기준으로 케니엣지 영상에 배추의 Boundary를 추출하면 아래와 같은 결과를 얻을 수 있음.



<Convex Hull 좌표점을 기준으로 배추잎의 Boundary 검출결과>

- 앞서 기술한 바와 같이 이 그림은 입력영상에서 케니엣지 필터의 결과를 팽창(SE = 7X7) 해서 얻은 결과이기 때문에 실제 외곽선을 찾기 위해 침식(SE = 7X7)을 실행하여 최종 외곽선을 추출할 수 있음.

$$(A \ B)(x, y) = \min A(x + x', y + y') - B(x', y') \mid (x', y') \in DB$$

- 침식에 대한 식은 위와 같음.



<검출된 배추잎의 최종 외곽선>

- 배추의 최종 외곽선 검출 코드는 다음과 같음.

```

for(i = 0 ; i < Height ; i ++){
for(j = 0 ; j < Width ; j ++){
if((BYTE)ROI_Mask->imageData[i*Width + j] == 0)
ROI_Y->imageData[i*Width + j] = 0;
else

```

```

ROI_Y->imageData[i*Width + j] = (BYTE)Y_lpf->imageData[i*Width + j];

temp->imageData[i*Width + j] = (BYTE)Canny_Fill->imageData[i*Width + j] *
(BYTE)ROI_Mask1->imageData[i*Width + j];
}
}

cvZero(E_mask);
cvErode(temp, E_mask, element7);
cvZero(ROI_BW);
cvZero(TMP_Mask);

mfn_Region_Threshold(ROI_Y, ROI_Mask, ROI_BW);

for(i = 0 ; i < Height ; i ++){
    for(j = 0 ; j < Width ; j ++){
        if((BYTE)ROI_BW->imageData[i*Width + j] != 1)
            ROI_BW->imageData[i*Width + j] = 0;
    }
}

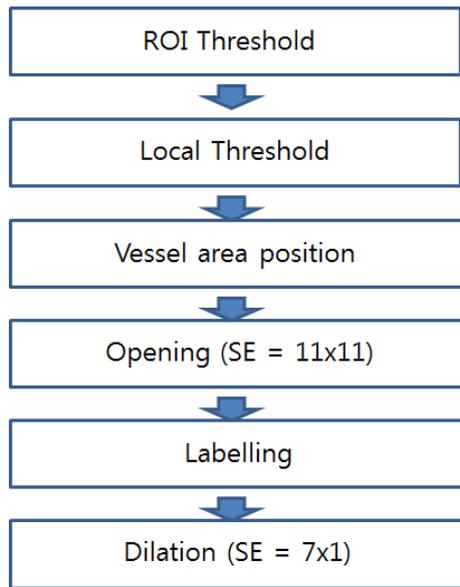
for(i = 0 ; i < Height ; i ++){
    for(j = 0 ; j < Width ; j ++){
        if((BYTE)ROI_BW->imageData[i*Width + j] != (BYTE)E_mask->imageData[i*Width + j])
            TMP_Mask->imageData[i*Width + j] = 1;
        else
            TMP_Mask->imageData[i*Width + j] = 0;
    }
}

for(i = 0 ; i < Height ; i ++){
    for(j = 0 ; j < Width ; j ++){
        ROI_BW_save->imageData[i*Width + j] = (BYTE)ROI_BW->imageData[i*Width + j]*255;
        TMP_Mask_save->imageData[i*Width + j] = (BYTE)TMP_Mask->imageData[i*Width + j]*255;
    }
}

```

4) 배추줄기 검출과정

- 배추영역 검출과정이 결과물에서 배추의 줄기 부분을 추출하는 과정으로 아래 그림과 같은 순서로 처리하였음.



<배추줄기 검출과정>

① ROI Threshold

- 배추영역검출 결과물인 최외곽선 마스크를 이용해서 배추만 분리한 영상에서 Gray scale에 대한 경계값을 설정하여 잎면과 줄기면을 구분하였음. Threshold 경계값은 영역내 Gray scale 값의 최대와 최소값을 구한 후 그 중간 값을 기준으로 하였음.



<중간값 Threshold 결과>

- 배추영역 내에서 중간값을 추출한 후 선택된 전 영역에 대해 Threshold 처리하는 코드는 다음과 같음.

```

ys = Height; ye = 1;
xs = Width; xe = 1;

mfn_Label_max(TMP_Mask, TMP_Mask);

for(i = 0 ; i < Height ; i ++){
  for(j = 0 ; j < Width ; j ++){
    if((BYTE)TMP_Mask->imageData[i*Width + j] == 1){
      ys = MIN(ys, i);
      ye = MAX(ye, i);
    }
  }
}
  
```

```

        xs = MIN(xs, j);
        xe = MAX(xe, j);
    }
}
}

```

② 줄기 위치 결정

- 배추영상을 촬영할 때 배추의 줄기가 오른쪽에 위치하는 경우와 왼쪽에 위치하는 두가지 경우가 생김. 줄기영역 검출에 앞서 줄기의 위치를 판단하기 위해 ROI Threshold 결과를 X축의 1/2 지점을 기준으로 양쪽 영역의 White Pixel의 수를 계수하여 수가 많은 쪽을 줄기 쪽으로 판단하였음.



<줄기 위치 판단 결과>

줄기 위치를 판단하기 위한 소스코드는 다음과 같음

```

half_x = (xs + xe)*0.5;
half_y = (ys + ye)*0.5;

sum_gray_left = 0; cnt_left = 0;
sum_gray_right = 0; cnt_right = 0;
x_left_e = xs + (xe - xs)*0.1;
x_right_s = xe - (xe - xs)*0.1;
y_s = half_y - (ye - ys)*0.1;
y_e = half_y + (ye - ys)*0.1;

for(i = y_s ; i < y_e ; i++){
    for(j = 1 ; j < Width ; j ++){
        if((BYTE)TMP_Mask->imageData[i*Width + j] == 1){
            if (j >= xs && j <= x_left_e){
                sum_gray_left = sum_gray_left + (BYTE)ROI_Y->imageData[i*Width + j];
                cnt_left = cnt_left + 1;
            }
            else if (j >= x_right_s && j <= xe){
                sum_gray_right = sum_gray_right + (BYTE)ROI_Y->imageData[i*Width + j];
                cnt_right = cnt_right + 1;
            }
        }
    }
}

```

```

}
}

```

③ 줄기 검출

- 결정된 줄기위치에서 Threshold 된 값 중 가는 줄기에 대한 부분을 모폴로지 연산중 Opening(SE=11X11) 기법인 이용해서 침식 후 팽창처리를 통해 배추의 줄기 부분을 검출하였음.



<줄기 검출>

- opening 검출 과정에 대한 코드는 다음과 같음.

```

for(i = 0 ; i < Height ; i++){
    for(j = 0 ; j < Width ; j++){
        if((BYTE)ROI_BW->imageData[i*Width + j] & (BYTE)Cabbage_Mask->imageData[i*Width + j])
            temp1->imageData[i*Width + j] = 1;
        else
            temp1->imageData[i*Width + j] = 0;
    }
}

```

```

cvMorphologyEx(temp1, C_TH, NULL, element3, CV_MOP_CLOSE, 1);

```

```

for(i = 0 ; i < Height ; i++){
    for(j = 0 ; j < Width ; j++){
        half_num_pixel += (BYTE)Cabbage_Mask->imageData[i*Width + j];
    }
}

```

```

half_num_pixel = half_num_pixel*0.5;
half_posi_x = 1;
cnt = 0;

```

```

for(i = 0 ; i < Height ; i++){
    for(j = 0 ; j < Width ; j++){
        if((BYTE)Cabbage_Mask->imageData[i*Width + j] == 1){
            cnt += 1;
            if(cnt < half_num_pixel){
                half_posi_x = j;
            }
        }
    }
}

```

```

                                break;
                                }
                            }
                    }
}

cvZero(T_Mask);
mfn_Region_Threshold(ROI_Y, C_TH, T_Mask);

for(i = 0 ; i < Height ; i++){
    for(j = 0 ; j < Width ; j++){
        if((BYTE)T_Mask->imageData[i*Width + j] == 1)
            T_Mask->imageData[i*Width + j] = 1;
        else
            T_Mask->imageData[i*Width + j] = 0;
    }
}

cvCopy(C_TH, Dark_Mask);

for(i = 0 ; i < Height ; i++){
    for(j = 0 ; j < Width ; j++){
        if (l_r_idx == 0 && j > half_posi_x){
            T_Mask->imageData[i*Width + j] = 0;
            Dark_Mask->imageData[i*Width + j] = 0;
        }
        else if(l_r_idx == 1 && j < half_posi_x){
            T_Mask->imageData[i*Width + j] = 0;
            Dark_Mask->imageData[i*Width + j] = 0;
        }
    }
}

cvMorphologyEx(T_Mask, temp1, NULL, element11, CV_MOP_OPEN, 1);

```

④ 라벨링과 확장

- opening을 통해 결정된 각 개체에 대해 라벨링 한 후 가장 큰 개체를 줄기로 결정하였음. 최대 크기의 라벨링된 개체를 팽창을 통해 Y축으로 보상하고 그 결과를 다시 X축으로 팽창하여 줄기 검출을 위해 진행한 침식과 opening에 의한 손실 부분을 보상하였음.



<라벨링 검출(좌)후 y축 좌표에 대해 팽창처리(우)>

- 라벨링 후 팽창처리 코드는 다음과 같음.

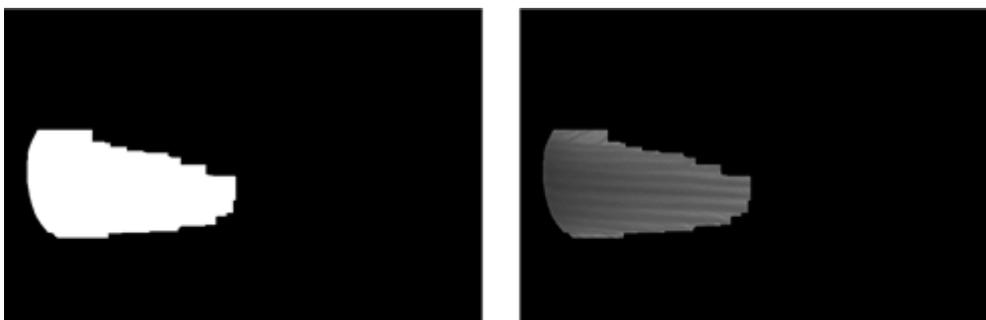
```

mfn_Label_max(temp1, temp2);

cvDilate(temp2, temp, element71);

for(i = 0 ; i < Height ; i ++){
    for(j = 0 ; j < Width ; j ++){
        if((BYTE)temp->imageData[i*Width + j] & (BYTE)Dark_Mask->imageData[i*Width + j])
            temp1->imageData[i*Width + j] = 1;
        else
            temp1->imageData[i*Width + j] = 0;
    }
}

```



<확장과 closing후 통한 줄기 영역 보상 후 결과>

- 추가 확장 및 closing에 대한 코드는 다음과 같음.

```

Xs_posi = (int*)malloc(Height*sizeof(int));
Xe_posi = (int*)malloc(Height*sizeof(int));
memset(Xs_posi, 0, Height*sizeof(int));
memset(Xe_posi, 0, Height*sizeof(int));

for(i = 0 ; i < Height ; i ++){
    Xs_posi[i] = Width;
    Xe_posi[i] = 1;
}

for(i = 0 ; i < Height ; i ++){
    for(j = 0 ; j < Width ; j ++){
        if((BYTE)temp1->imageData[i*Width + j] == 1){
            Xs_posi[i] = min(Xs_posi[i], j);
            Xe_posi[i] = max(Xe_posi[i], j);
        }
    }
}

for(i = 0 ; i < Height ; i ++){

```

```

        Xs_posi[i] = min(Xs_posi[i] + 2, Width);
        Xe_posi[i] = max(Xe_posi[i] - 2, 1);
    }

    xs_min = Xs_posi[0];
    xe_max = Xe_posi[0];
    for(i = 1 ; i < Height ; i ++){
        if(xs_min > Xs_posi[i])
            xs_min = Xs_posi[i];
        if(xe_max < Xe_posi[i])
            xe_max = Xe_posi[i];
    }

    cvCopy(temp1, temp2);

    if(l_r_idx == 0){
        for(i = 0 ; i < Height ; i ++){
            Xe_posi[i] = MAX(MIN(xe_max + 0.2*(Xe_posi[i] - Xs_posi[i]), Width), 1);
        }
    }
    else{
        for(i = 0 ; i < Height ; i ++){
            Xs_posi[i] = MIN(MAX(xs_min + 0.2*(Xe_posi[i] - Xs_posi[i]), 1), Width);
        }
    }

    if(l_r_idx == 0){
        for(i = 0 ; i < Height ; i ++){
            stop = 0;
            for(j = Xs_posi[i] ; j < Xe_posi[i] ; j ++){
                if (stop == 0 && (BYTE)temp2->imageData[i*Width + j - 1] == 1 &&
                    (BYTE)Dark_Mask->imageData[i*Width + j] == 1 )
                    temp2->imageData[i*Width + j] = 1;
                else{
                    temp2->imageData[i*Width + j] = 0;
                    stop = 1;
                }
            }
        }
    }
    else{
        for(i = 0 ; i < Height ; i ++){
            stop = 0;

            for(j = Xe_posi[i] ; j > Xs_posi[i] ; j --){
                if (stop == 0 && (BYTE)temp2->imageData[i*Width + j + 1] == 1 &&

```

```

        (BYTE)Dark_Mask->imageData[i*Width + j] == 1)
            temp2->imageData[i*Width + j] = 1;
    else{
        temp2->imageData[i*Width + j] = 0;
        stop = 1;
    }
    }
}

free(Xs_posi); free(Xe_posi);

x_s = Width;
x_e = 1;
cnt_Xylem = 0;

for(i = 0 ; i < Height ; i++){
    for(j = 0 ; j < Width ; j++){
        if((BYTE)temp2->imageData[i*Width + j + 1] == 1){
            x_s = MIN(x_s, j);
            x_e = MAX(x_e, j);
            cnt_Xylem += 1;
        }
    }
}

```

5) 배추 크기 비율 계산

- 검출된 배추 잎 전체 영역과 줄기 영역을 기준으로 배추 잎의 폭과 길이, 줄기의 폭과 길이를 계산하였음. 계산된 배추잎과 줄기부분의 길이를 이용해 비율을 계산함으로써 형태적 구분점을 정리하였음

① 배추잎 전체와 줄기의 비율 계산 코드

- 검출된 두 개의 영역에서 각각의 폭과 길이를 구하고 비율을 계산하는 코드는 다음과 같음.

```

c_ys = Height;  c_ye = 1;  c_xs = Width;  c_xe = 1;
x_ys = Height;  x_ye = 1;  x_xs = Width;  x_xe = 1;

for(i = 0 ; i < Height ; i++){
    for(j = 0 ; j < Width ; j++){
        if((BYTE)Cabbage_Mask->imageData[i*Width + j] == 1){
            c_ys = MIN(c_ys, i);
            c_xs = MIN(c_xs, j);
            c_ye = MAX(c_ye, i);
            c_xe = MAX(c_xe, j);
        }
    }
    if((BYTE)Xylem_Mask->imageData[i*Width + j] == 1){

```

```

        x_ys = MIN(x_ys, i);
        x_xs = MIN(x_xs, j);
        x_ye = MAX(x_ye, i);
        x_xe = MAX(x_xe, j);
    }
}
}

cnt_cabbage_area = 0; cnt_xylem_area = 0;
for(i = 0 ; i < Height ; i ++){
    for(j = 0 ; j < Width ; j ++){
        if((unsigned char)Cabbage_Mask->imageData[i*Width + j] == 1){
            cnt_cabbage_area++;
        }
        if((unsigned char)Xylem_Mask->imageData[i*Width + j] == 1){
            cnt_xylem_area++;
        }
    }
}

```

```

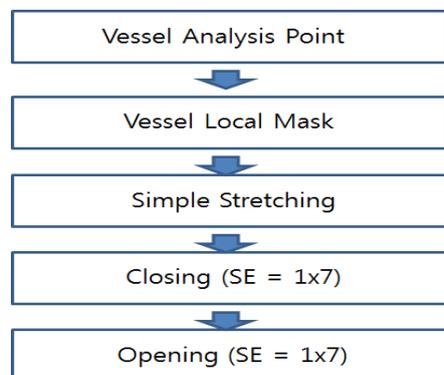
cabbage_length = c_xe - c_xs;
cabbage_width = c_je - c_js;
xylem_length = x_xe - x_xs;
xylem_width = x_je - x_js;
cabbage_xylem_length_ratio = cabbage_length/xylem_length;
cabbage_xylem_width_ratio = cabbage_width/xylem_width;

cabbage_length_width_ratio = cabbage_length/cabbage_width;
xylem_length_width_ratio = xylem_length/xylem_width;
cabbage_xylem_area_ratio = cnt_cabbage_area/cnt_xylem_area;

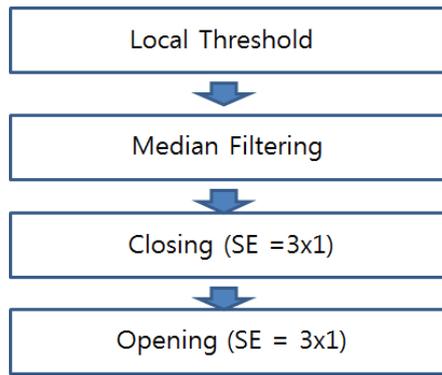
```

6) 물관부 검출과정

- 검출된 배추의 흰 줄기 부분에서 물관을 분석하기 위해 local 마스킹 한 후 물관을 검출하는 과정을 아래와 같이 처리하였음.



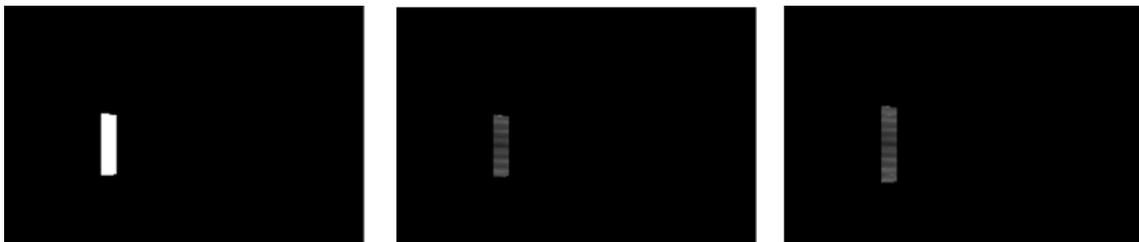
<물관부 검출과정1>



<물관부 검출과정2>

① 물관부 분석영역 설정

- 검출된 물관부는 줄기 가장 아래 쪽에서 50%에서 70%되는 지점을 마스킹 한 후 해당 영역에서 물관부를 추출하였음. 마스킹된 영역내에서 스트레칭과 모폴로지 연산(closing 후 opening) 처리 하여 물관 검출을 위한 준비과정을 마무리하였음.



<물관 마스킹(좌)과 스트레칭(중)후 모폴로지 연산한 결과(우)>

- 소스 코드는 다음과 같음.

```

target_width = xylem_width*0.8;
stop = 0;

if(l_r_idx == 0){          //dark area position : left
  x_start = x_xs + xylem_length*0.5;
  x_end = x_xe - xylem_length*0.3;
  target_point = x_start;  // start position of Xylem_Mask in x direction

  for(j = x_start-1 ; j < x_end ; j++){
    y_cnt = 0;
    if(stop ==0){
      for(i = x_ys-1 ; i < x_ye ; i++){
        if((BYTE)Xylem_Mask->imageData[i*Width + j] == 1)
          y_cnt += 1;
      }
      if(y_cnt > target_width)
        target_point = j;
      else
        stop = 1;
    }
  }
}
  
```

```

}
else{
    //dark area position : right
    x_start = x_xs + xylem_length*0.3;
    x_end = x_xe - xylem_length*0.5;
    target_point = x_end;    // start position of Xylem_Mask in x direction

    for(j = x_end-1 ; j > x_start ; j--){
        y_cnt = 0;
        if(stop == 0){
            for(i = x_ys-1 ; i < x_ye ; i++){
                if((BYTE)Xylem_Mask->imageData[i*Width + j] == 1)
                    y_cnt += 1;
            }
            if(y_cnt > target_width)
                target_point = j;
            else
                stop = 1;
        }
    }
}

x_start = target_point - xylem_length*0.05;
x_end = target_point + xylem_length*0.05;
cvCopy(Xylem_Mask, Local_Mask);

for(i = 0 ; i < Height ; i ++){
    for(j = 0 ; j < Width ; j ++){
        if(j < x_start || j > x_end)
            Local_Mask->imageData[i*Width + j] = 0;
    }
}

max_val = MAX(mfn_ROI_max(Y_input, Local_Mask), 1);
min_val = mfn_ROI_min(Y_input, Local_Mask);

for(i = 0 ; i < Height ; i ++){
    for(j = 0 ; j < Width ; j ++){
        if((BYTE)Local_Mask->imageData[i*Width + j] == 0)
            Y_enh->imageData[i*Width + j] = 0;
        else
            Y_enh->imageData[i*Width + j] = (((BYTE)Y_input->imageData[i*Width + j] -
min_val)*255/max_val);
    }
}

cvMorphologyEx(Y_enh, temp1, NULL, element17, CV_MOP_CLOSE, 1);

```

```
cvMorphologyEx(temp1, temp2, NULL, element17, CV_MOP_OPEN, 1);
```

```
cvCopy(temp2, temp);
```

```
cvCopy(temp, temp1);
```

② 물관부 검출

- 설정된 영역에 대해 Threshold처리를 통해 영상을 이진화 하고 줄기내 물관부를 길이 방향과 일치하는 것으로 median filter를 통해 처리하였음. median filter 결과에 대해 모폴로지 연산을 사용해 물관 검출을 완료하였음.



<이진화 처리 결과(좌), median filter처리(중), 모폴로지 연산결과(우)>

- 소스 코드는 다음과 같음.

```
for(j = 0 ; j < Width ; j ++){
    for(i = 1 ; i < Height-1 ; i++){
        if((BYTE)Local_Mask->imageData[i*Width + j] == 1 && (BYTE)Local_Mask->imageData[(i-1)*Width + j] == 0){
            expand_length = min((i - 1), 15);
            ys = i - expand_length;
            ye = i - 1;
            ll = 1;
            for(k = ys-1 ; k < ye ; k ++){
                temp1->imageData[k*Width + j] = (BYTE)temp->imageData[(i+ll)*Width + j];
                ll += 1;
            }
        }
        else if((BYTE)Local_Mask->imageData[i*Width + j] == 1 &&
            (BYTE)Local_Mask->imageData[(i+1)*Width + j] == 0){
            expand_length = min((Height - i), 15);
            ys = i + 1;
            ye = i + expand_length;
            ll = 1;
            for(k = ys-1 ; k < ye ; k ++){
                temp1->imageData[k*Width + j] = (BYTE)temp->imageData[(i-ll)*Width + j];
                ll += 1;
            }
        }
    }
}
```

```

        }
    }
}

cvZero(Vessel_Mask);

f_length = 23;
ye = f_length/2;
ys = - ye;
for(j = 0 ; j < Width ; j ++){
    for(i = 1 ; i < Height-1 ; i++){
        if((BYTE)Local_Mask->imageData[i*Width + j] == 1){
            g_sum = 0;

            for(k = ys-1 ; k < ye ; k ++){
                g_sum += (BYTE)temp1->imageData[(i+k)*Width + j];

                roi_th = g_sum/f_length;

                if((BYTE)temp1->imageData[i*Width + j] > roi_th)
                    Vessel_Mask->imageData[i*Width + j] = 1;
                else
                    Vessel_Mask->imageData[i*Width + j] = 0;
            }
        }
    }
}

v_ys = Height;   v_je = 1;   v_xs = Width;   v_xe = 1;

for(i = 0 ; i < Height ; i ++){
    for(j = 0 ; j < Width ; j ++){
        if((BYTE)Local_Mask->imageData[i*Width + j] == 1){
            v_ys = MIN(v_ys, i);
            v_xs = MIN(v_xs, j);
            v_je = MAX(v_je, i);
            v_xe = MAX(v_xe, j);
        }
    }
}

cvZero(Vessel_median);
median_th = (v_xe - v_xs + 1)/2;

for(i = v_ys-1 ; i < v_je ; i ++){
    cnt_Xylem = 0;

    for(j = v_xs-1 ; j < v_xe ; j ++){

```

```

        if((BYTE)Vessel_Mask->imageData[i*Width + j] == 1)
            cnt_Xylem += 1;
    }
    if(cnt_Xylem < median_th){
        for(k = v_xs-1 ; k < v_xe ; k ++){
            Vessel_median->imageData[i*Width + k] = 0;
        }
    }
    else{
        for(k = v_xs-1 ; k < v_xe ; k ++){
            Vessel_median->imageData[i*Width + k] = 1;
        }
    }
}

/*for(i = 0 ; i < Height ; i ++){
    for(j = 0 ; j < Width ; j ++){
        Vessel_median->imageData[i*Width + j] = (unsigned char)Vessel_median->imageData[i*Width + j]*255;
    }
}

cvNamedWindow("test", 1);
cvShowImage("test", Vessel_median);
cvWaitKey(0);*/

cvMorphologyEx(Vessel_median, temp1, NULL, element31, CV_MOP_OPEN, 1);
cvMorphologyEx(temp1, Vessel_Mask_F, NULL, element31, CV_MOP_CLOSE, 1);

```

③ 물관부 분석

- 검출된 영상에서 물관의 개수, 물관과 물관 사이의 거리, 물관의 굵기 정보를 자료화 하였음.

v_ys = Height; v_ye = 1;

```

for(i = 0 ; i < Height ; i ++){
    for(j = 0 ; j < Width ; j ++){
        if((BYTE)Vessel_Mask_F->imageData[i*Width + j] == 1){
            v_ys = MIN(v_ys, i);
            v_ye = MAX(v_ye, i);
        }
    }
}

vessel_num = 0;

for(i = v_ys-1 ; i < v_ye ; i ++){
    if((BYTE)Vessel_Mask_F->imageData[i*Width + target_point] == 0 &&
        (BYTE)Vessel_Mask_F->imageData[(i-1)*Width + target_point] == 1)
        vessel_num += 1;
}

vessel_thickness = (double*)malloc((vessel_num+1)*sizeof(double));
vessel_interval = (double*)malloc((vessel_num+2)*sizeof(double));
memset(vessel_thickness, 0, (vessel_num+1)*sizeof(double));
memset(vessel_interval, 0, (vessel_num+2)*sizeof(double));

vessel_index1 = 0;
vessel_index2 = 0;

```

```

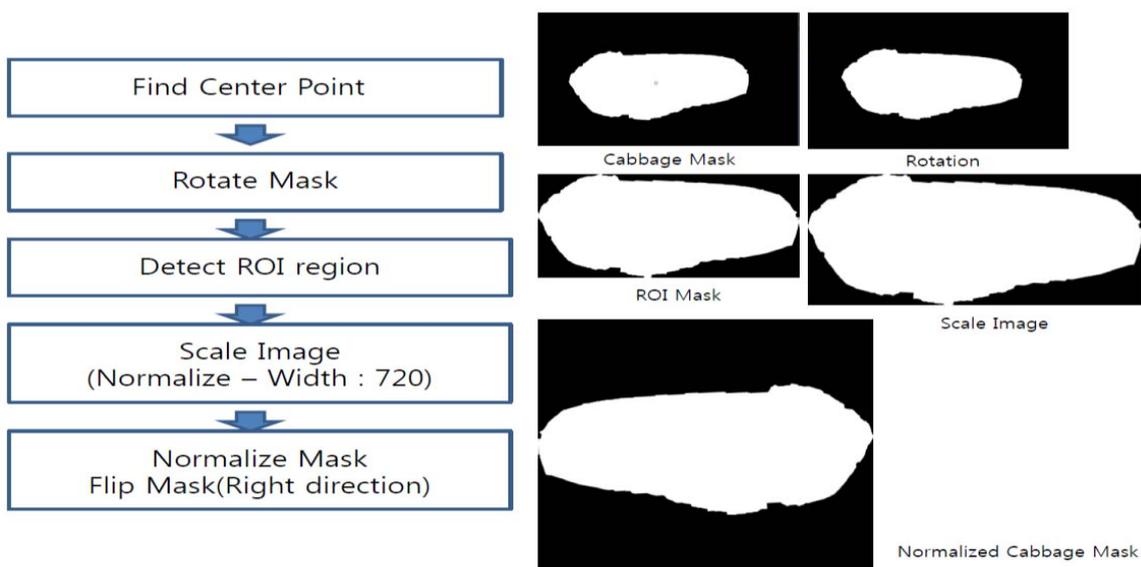
for(i = v_ys-1 ; i < v_ye ; i++){
    if((BYTE)Vessel_Mask_F->imageData[i*Width + target_point] == 0 &&
        (BYTE)Vessel_Mask_F->imageData[(i-1)*Width + target_point] == 1)
        vessel_index1 += 1;
    if((BYTE)Vessel_Mask_F->imageData[i*Width + target_point] == 1 &&
        (BYTE)Vessel_Mask_F->imageData[(i-1)*Width + target_point] == 0)
        vessel_index2 += 1;
    if((BYTE)Vessel_Mask_F->imageData[i*Width + target_point] == 0)
        vessel_thickness[vessel_index1] += 1;
    else
        vessel_interval[vessel_index2] += 1;
}
vessel_thickness_avg = 0;
for(i = 0 ; i < vessel_num ; i ++){
    vessel_thickness_avg += vessel_thickness[i];
}
vessel_thickness_avg = vessel_thickness_avg/vessel_num;
vessel_interval_avg = 0;
for(i = 1 ; i < vessel_num ; i ++){
    vessel_interval_avg += vessel_interval[i];
}
vessel_interval_avg = vessel_interval_avg/(vessel_num - 1);
free(vessel_interval); free(vessel_thickness);

```

④ 지역별 기준마스크 생성

- 배추의 생산 지역별, 품종별 구분하여 각 배추외곽선을 검출하고 검출된 외곽선의 평균을 구하여 지역별, 품종별 기준마스크를 생성함.

- 배추잎 기준마스크 생성 알고리즘



<normalize cabbage mask 생성 알고리즘>

- 배추잎 전체 기준마스크 생성 알고리즘

1) Find Center Point : 배추를 촬영할 때 모든 배추를 정확한 촬영판 위에 정확하게 정렬하여 촬영하는 것은 불가능함. 촬영시 배추의 이미지를 동일한 각도로 조정하기 위해 중심점을 찾음.

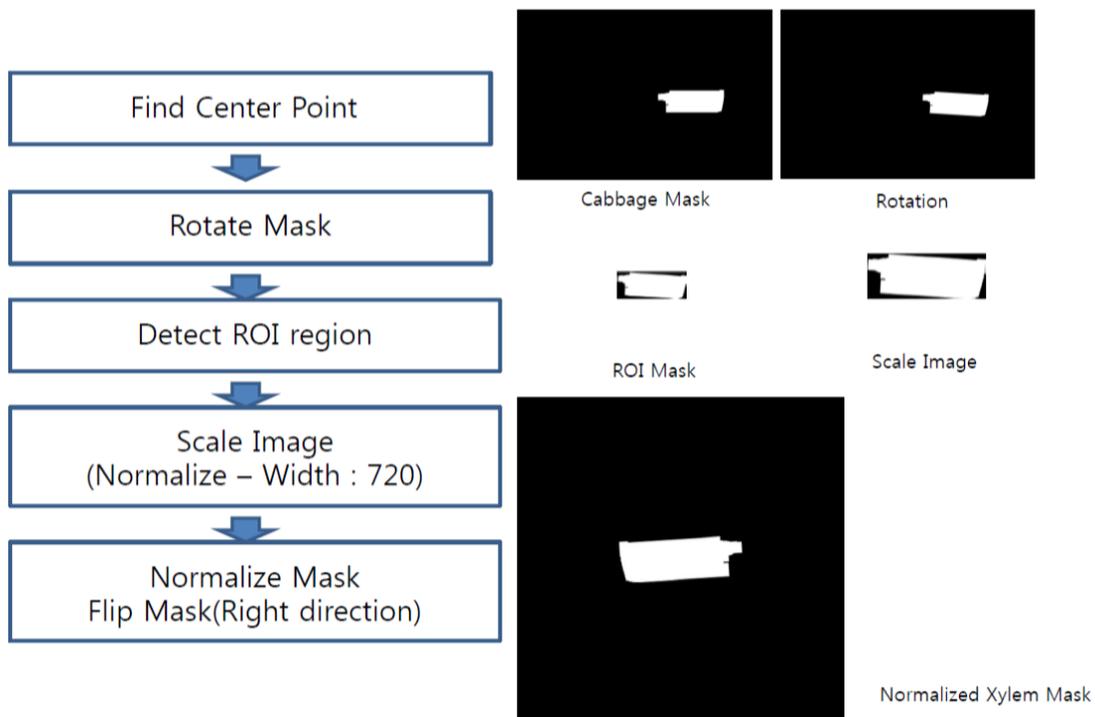
2) Rotate Mask : 위 과정에서 찾은 배추의 외곽선의 중심점에서 배추이미지의 회전량을 구한 후 이를 보상하여 배추의 잎이 이미지의 가로축에 정렬 되도록 회전처리 함.

3) Detect ROI region : 각도 보정이 완료된 배추 마스크에서 배추의 상하좌우를 배추 영역으로 제한 함.

4) Scale Image : 위 과정에서 생성된 ROI 영역을 normalize 하기 위해 이미지 폭이 720 pixels이 되도록 비율에 맞춰 크기 변환함.

5) Normalize Mask : 하나의 배추 잎에 대한 마스크 생성 완료. 배추잎이 오른쪽으로 가도록 이미지 처리 함.

- 배추 줄기 기준마스크 생성 알고리즘



<normalized xylem mask 생성 알고리즘>

1) 알고리즘 함수 구조 설명은 배추 잎 전체와 대부분 유사하여 생략함.

```
//무계중심 검출 및 영상 회전, Normalize 수행//
IplImage* copycopy_Image = cvCreateImage(cvGetSize(Cabbage_Mask_save), IPL_DEPTH_8U, 1);
IplImage* CenterPointed_Image = cvCreateImage(cvGetSize(Cabbage_Mask_save), IPL_DEPTH_8U, 1);

cvCopy(Cabbage_Mask_save, copycopy_Image);

CvMemStorage* storage = cvCreateMemStorage(0);
CvSeq* contour= cvCreateSeq(CV_SEQ_ELTYPE_POINT, sizeof(CvSeq), sizeof(CvPoint), storage);
```

```

cvFindContours(copycopy_Image, storage, &contour, sizeof(CvContour), CV_RETR_LIST);

CvMoments m;
CvPoint centerPt3;
CvSize aa;

cvContourMoments(Cabbage_Mask_save, &m);

float sumxx = (float)(m.mu20/m.m00); // second order x derivation
float sumyy = (float)(m.mu02/m.m00); // second order y derivation
float sumxy = (float)(m.mu11/m.m00); // first order x, y derivation
float factor = (float)sqrt((sumxy*sumxy) + 0.25*(sumxx-sumyy)*(sumxx-sumyy));

float l1 = ((sumxx+sumyy)+sqrt(pow((float)(sumxx-sumyy),2)+4*pow((float)(sumxy),2)))/8;
float l2 = ((sumxx+sumyy)-sqrt(pow((float)(sumxx-sumyy),2)+4*pow((float)(sumxy),2)))/8;

float a = (float)(2*sqrt(l1/m.m00));
float b = (float)(2*sqrt(l2/m.m00));

aa.height = (int)(b*200);
aa.width = (int)(a*200);

centerPt3.x = (int)(m.m10/m.m00);
centerPt3.y = (int)(m.m01/m.m00);

float longaxis = fabs((float)((0.5*(sumxx+sumyy)+factor)))/4;
float shortaxis = fabs((float)((0.5*(sumxx+sumyy)-factor)))/4;

float eccentricity = (float)fabs(sqrt(1-(shortaxis/longaxis)));
double angle = (float)(atan2((double)(2*sumxy), (double)(sumxx-sumyy)))*(180/3.1415)/2;

CString strValue;
strValue.Format("%f", (float)angle);

SetDlgItemText(IDC_EDIT_ANGLE, strValue);

if(isOrientHorizon == false)
    angle = abs(angle);
else
    angle = angle;

cvCopy(Cabbage_Mask_save, CenterPointed_Image);
cvCircle(CenterPointed_Image, centerPt3, 5, CV_RGB(0,0,0), 1);

//cvNamedWindow("center point");
//cvShowImage("center point", CenterPointed_Image);

cvReleaseMemStorage(&storage);

//rotation//

// 중심 축은 가운데로...
CvPoint2D32f center = cvPoint2D32f( Rotation_Image->width/2.0, Rotation_Image->height/2.0 );//회전중심설정

// 그에 따른 매트릭스 만들기
CvMat *rot_mat = cvCreateMat( 2, 3, CV_32FC1);

//매트릭스 계산
cv2DRotationMatrix(
    center, // Source Image의 센터를 정한다.
    angle, // 이것은 각도 + 값은 시계 반대 반대 방향을 의미한다.
    1.0, // 이미지 크기...
    rot_mat) // 결과를 저장하는 매트릭스 이다.
; // 매트릭스 변환

// affine transform
cvWarpAffine( Cabbage_Mask_save,
Rotation_Image,
rot_mat,
CV_INTER_LINEAR+CV_WARP_FILL_OUTLIERS,
cvScalarAll(0)); // 선형보간

```

```

cvWarpAffine( Xylem_Mask_save,
Rotation_Xylem_Image,
rot_mat,
CV_INTER_LINEAR+CV_WARP_FILL_OUTLIERS,
cvScalarAll(0)); // 선형보간

//cvNamedWindow("rotation");
//cvShowImage("rotation", Rotation_Image);
//cvShowImage("rotation_xylem", Rotation_Xylem_Image);

//rotation//

//ROI//
int ROI_up = 0, ROI_down = 0, ROI_left = 0, ROI_right = 0;
int ROI_up_min = 10000, ROI_down_max = 0, ROI_left_min = 10000, ROI_right_max = 0;

for(int i=0; i<Rotation_Image->height; i++)
{
    for(int j=0; j<Rotation_Image->width; j++)
    {
        if((BYTE)Rotation_Image->imageData[i*Rotation_Image->widthStep+j] != 0)
        {
            if(i < ROI_up_min)
            {
                ROI_up = i;
                ROI_up_min = ROI_up;
            }
            if(j < ROI_left_min)
            {
                ROI_left = j;
                ROI_left_min = ROI_left;
            }
            if(i > ROI_down_max)
            {
                ROI_down = i;
                ROI_down_max = ROI_down;
            }
            if(j > ROI_right_max)
            {
                ROI_right = j;
                ROI_right_max = ROI_right;
            }
        }
    }
}

int ROI_height_temp = (ROI_down-ROI_up);
int ROI_width_temp = (ROI_right-ROI_left);

if(ROI_height_temp <= 0 || ROI_width_temp <= 0) {
    return -1;
}

IplImage* ROI_Image = cvCreateImage(cvSize(ROI_width_temp, ROI_height_temp), IPL_DEPTH_8U, 1);

for(int i=0; i<ROI_height_temp; i++)
{
    for(int j=0; j<ROI_width_temp; j++)
    {
        ROI_Image->imageData[i*ROI_Image->widthStep+j] =
        (BYTE)Rotation_Image->imageData[(i+ROI_up)*Rotation_Image->widthStep+(j+ROI_left)];
    }
}

//cvShowImage("ROIImage", ROI_Image);

int ROI_height = ROI_Image->height;
int ROI_width = ROI_Image->width;

float scale_factor = (float)720.0/(float)ROI_width;

```

```

float scale_width = (float)ROI_width*scale_factor;
float scale_height = (float)ROI_height*scale_factor;

IplImage* Scale_Image = cvCreateImage(cvSize(720, (int)scale_height), IPL_DEPTH_8U, 1);
cvResize(ROI_Image, Scale_Image, CV_INTER_CUBIC);

//cvShowImage("ScaleImage", Scale_Image);

//ROI//

//Normalize//

int height_start_Pt = 360 - (int)(scale_height/2.0);
int height_end_Pt = height_start_Pt + (int)(scale_height);

for(int i=0; i<Normalized_Image->height; i++)
{
    for(int j=0; j<Normalized_Image->width; j++)
    {
        if(i < height_start_Pt || i >= height_end_Pt)
            Normalized_Image->imageData[i*Normalized_Image->widthStep+j] = (BYTE)0;
        else
            Normalized_Image->imageData[i*Normalized_Image->widthStep+j] =
                (BYTE)Scale_Image->imageData[(i-height_start_Pt)*Scale_Image->widthStep+j];
    }
}

if(isOrientRight == false)
    cvFlip(Normalized_Image, NULL, 1);

//cvShowImage("NormalizedImage", Normalized_Image);

if(isNormalizedMask_Make == true)
{
    for(int i=0; i<Save_Normalized_Image->height; i++)
    {
        for(int j=0; j<Save_Normalized_Image->width; j++)
        {
            if((BYTE)Normalized_Image->imageData[i*Normalized_Image->widthStep+j] != 0)
                cabbage_normalized_mask_sum[i*Save_Normalized_Image->widthStep+j] += (BYTE)1;
        }
        NormalizedMask_count++;
    }
}

//Normalize//

cvReleaseImage(&copycopy_Image);
cvReleaseImage(&CenterPointed_Image);
cvReleaseMat(&rot_mat);

cvReleaseImage(&ROI_Image);
cvReleaseImage(&Scale_Image);

//ROI//
ROI_up = 0, ROI_down = 0, ROI_left = 0, ROI_right = 0;
ROI_up_min = 10000, ROI_down_max = 0, ROI_left_min = 10000, ROI_right_max = 0;

for(int i=0; i<Rotation_Xylem_Image->height; i++)
{
    for(int j=0; j<Rotation_Xylem_Image->width; j++)
    {
        if((BYTE)Rotation_Xylem_Image->imageData[i*Rotation_Xylem_Image->widthStep+j] != 0)
        {
            if(i < ROI_up_min)
            {
                ROI_up = j;
                ROI_up_min = ROI_up;
            }
            if(j < ROI_left_min)
            {

```

```

        ROI_left = j;
        ROI_left_min = ROI_left;
    }
    if(i > ROI_down_max)
    {
        ROI_down = i;
        ROI_down_max = ROI_down;
    }
    if(j > ROI_right_max)
    {
        ROI_right = j;
        ROI_right_max = ROI_right;
    }
}
}

ROI_height_temp = (ROI_down-ROI_up);
ROI_width_temp = (ROI_right-ROI_left);

if(ROI_height_temp <= 0 || ROI_width_temp <= 0) {
    return -1;
}

ROI_Image = cvCreateImage(cvSize(ROI_width_temp, ROI_height_temp), IPL_DEPTH_8U, 1);

for(int i=0; i<ROI_height_temp; i++)
{
    for(int j=0; j<ROI_width_temp; j++)
    {
        ROI_Image->imageData[i*ROI_Image->widthStep+j] =
        (BYTE)Rotation_Xylem_Image->imageData[(i+ROI_up)*Rotation_Xylem_Image->widthStep+(j+ROI_left)];
    }
}

//cvShowImage("ROIImage", ROI_Image);

ROI_height = ROI_Image->height;
ROI_width = ROI_Image->width;

//scale_factor = 360.0/(float)ROI_width;
scale_width = (float)ROI_width*scale_factor;
scale_height = (float)ROI_height*scale_factor;

if(scale_width <= 0 || scale_height <= 0) {
    return -1;
}

Scale_Image = cvCreateImage(cvSize((int)scale_width, (int)scale_height), IPL_DEPTH_8U, 1);
cvResize(ROI_Image, Scale_Image, CV_INTER_CUBIC);

//cvShowImage("ScaleImage", Scale_Image);

//ROI//

//Normalize//

height_start_Pt = 360 - (int)(scale_height/2.0);
height_end_Pt = height_start_Pt + (int)(scale_height);

int width_start_Pt = 360 - (int)(scale_width/2.0);
int width_end_Pt = width_start_Pt + (int)(scale_width);

for(int i=0; i<Normalized_Xylem_Image->height; i++)
{
    for(int j=0; j<Normalized_Xylem_Image->width; j++)
    {
        if( i < height_start_Pt || i >= height_end_Pt || j < width_start_Pt || j >= width_end_Pt )
            Normalized_Xylem_Image->imageData[i*Normalized_Xylem_Image->widthStep+j] = (BYTE)0;
        else
            Normalized_Xylem_Image->imageData[i*Normalized_Xylem_Image->widthStep+j] =
            (BYTE)Scale_Image->imageData[(i-height_start_Pt)*Scale_Image->widthStep+(j-width_start_Pt)];
    }
}

if(isOrientRight == false)

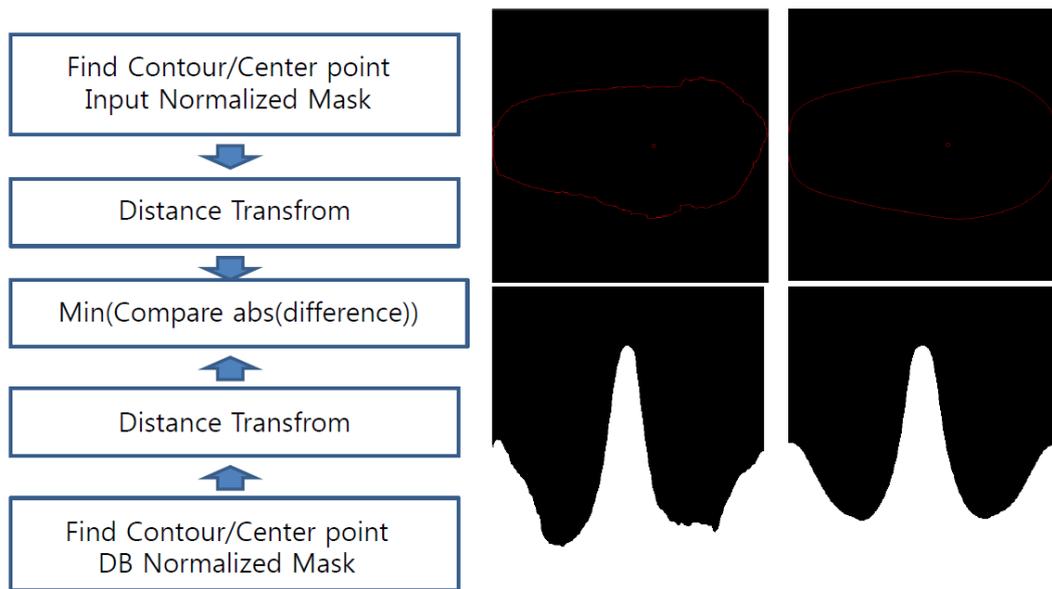
```

```

cvFlip(Normalized_Xylem_Image, NULL, 1);
//cvShowImage("NormalizedImage", Normalized_Image);
if(isNormalizedMask_Make == true)
{
    for(int i=0; i<Save_Normalized_Xylem_Image->height; i++)
    {
        for(int j=0; j<Save_Normalized_Xylem_Image->width; j++)
        if((BYTE)Normalized_Xylem_Image->imageData[i*Normalized_Xylem_Image->widthStep+j] != 0)
        xylem_normalized_mask_sum[i*Save_Normalized_Xylem_Image->widthStep+j] += (BYTE)1;
    }
    NormalizedMask_count++;
}
//test Normalize//
cvReleaseImage(&ROI_Image);
cvReleaseImage(&Scale_Image);
Invalidate(FALSE);

```

- 배추 기준마스크 매칭 알고리즘

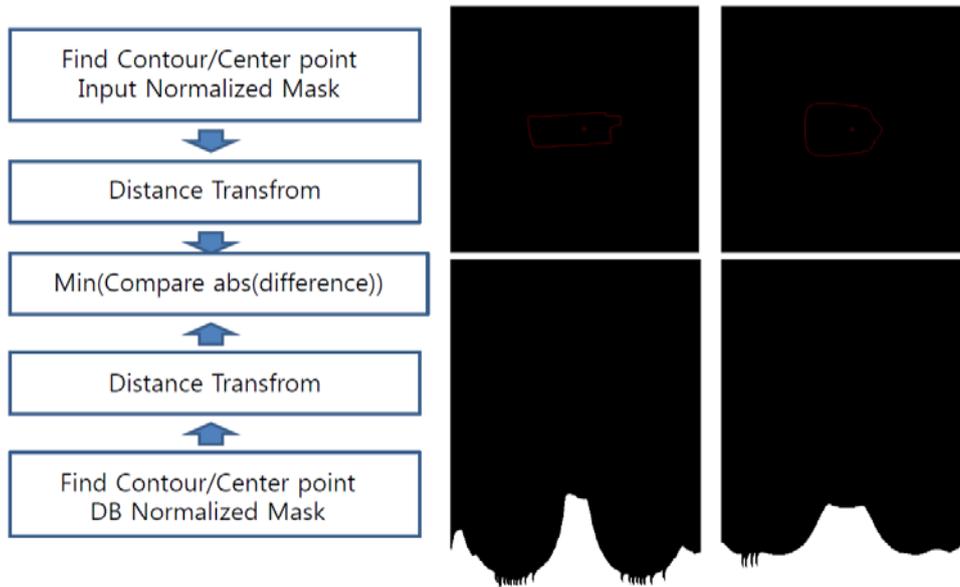


<reference Mask matching 알고리즘>

- 1) 중심점 찾기 : 기준마스크와 비교 대상 배추 외곽선 마스크의 중심점을 찾음.
- 2) 거리 비교 : 기준마스크와 대상 배추의 중심점에서 각 마스크의 외곽선 영역까지 거리를 비교하여 매칭을 계산함.

- 배추 줄기 기준마스크 매칭

- 1) 중심점 찾기 : 기준줄기 마스크와 비교 대상 배추줄기 외곽선 마스크의 중심점을 찾음.
- 2) 거리 비교 : 배추줄기 기준마스크의 외곽선과 중심점 사이 거리를 그래프로 환산함. 비교대상 배추줄기 외곽선과 중심점 거리를 그래프로 변환 후 distance transform 차이가 가장 작은 기준마스크를 매칭 마스크로 확정함.



<배추줄기 기준마스크 매칭 알고리즘>

// Matching

```

m_progress_process.SetPos(12);

// Analysis Data Display on ListControl
char string[100];

sprintf_s(string, "%f", cabbage_length);
m_ListInformationData.SetItemText(0, 1, string);
sprintf_s(string, "%f", xylem_length);
m_ListInformationData.SetItemText(1, 1, string);
sprintf_s(string, "%f", cabbage_xylem_length_ratio);
m_ListInformationData.SetItemText(2, 1, string);

sprintf_s(string, "%f", cabbage_width);
m_ListInformationData.SetItemText(3, 1, string);
sprintf_s(string, "%f", xylem_width);
m_ListInformationData.SetItemText(4, 1, string);
sprintf_s(string, "%f", cabbage_xylem_width_ratio);
m_ListInformationData.SetItemText(5, 1, string);

sprintf_s(string, "%f", cnt_cabbage_area);
m_ListInformationData.SetItemText(6, 1, string);
sprintf_s(string, "%f", cnt_xylem_area);
m_ListInformationData.SetItemText(7, 1, string);
sprintf_s(string, "%f", cabbage_xylem_area_ratio);
m_ListInformationData.SetItemText(8, 1, string);

sprintf_s(string, "%f", cabbage_length_width_ratio);
m_ListInformationData.SetItemText(9, 1, string);
sprintf_s(string, "%f", xylem_length_width_ratio);
m_ListInformationData.SetItemText(10, 1, string);

sprintf_s(string, "%f", vessel_thickness_avg);
m_ListInformationData.SetItemText(11, 1, string);
sprintf_s(string, "%f", vessel_interval_avg);
m_ListInformationData.SetItemText(12, 1, string);
sprintf_s(string, "%f", (float)vessel_num);
m_ListInformationData.SetItemText(13, 1, string);

// 진행률 업데이트
m_progress_process.SetPos(13);

// 출력데이터와 가중치 연산을 통한 가중치 합 계산 및 출력
double weight_sum = 0;

```

```

double weight_value1, weight_value2, weight_value3, weight_value4, weight_value5, weight_value6,
weight_value7, weight_value8, weight_value9, weight_value10, weight_value11, weight_value12,
weight_value13, weight_value14;
CString weight1; GetDlgItemText(IDC_EDIT_Weight_1, weight1); weight_value1 = atof(LPCTSTR(weight1));
CString weight2; GetDlgItemText(IDC_EDIT_Weight_2, weight2); weight_value2 = atof(LPCTSTR(weight2));
CString weight3; GetDlgItemText(IDC_EDIT_Weight_3, weight3); weight_value3 = atof(LPCTSTR(weight3));
CString weight4; GetDlgItemText(IDC_EDIT_Weight_4, weight4); weight_value4 = atof(LPCTSTR(weight4));
CString weight5; GetDlgItemText(IDC_EDIT_Weight_5, weight5); weight_value5 = atof(LPCTSTR(weight5));
CString weight6; GetDlgItemText(IDC_EDIT_Weight_6, weight6); weight_value6 = atof(LPCTSTR(weight6));
CString weight7; GetDlgItemText(IDC_EDIT_Weight_7, weight7); weight_value7 = atof(LPCTSTR(weight7));
CString weight8; GetDlgItemText(IDC_EDIT_Weight_8, weight8); weight_value8 = atof(LPCTSTR(weight8));
CString weight9; GetDlgItemText(IDC_EDIT_Weight_9, weight9); weight_value9 = atof(LPCTSTR(weight9));
CString weight10; GetDlgItemText(IDC_EDIT_Weight_10, weight10); weight_value10 = atof(LPCTSTR(weight10));
CString weight11; GetDlgItemText(IDC_EDIT_Weight_11, weight11); weight_value11 = atof(LPCTSTR(weight11));
CString weight12; GetDlgItemText(IDC_EDIT_Weight_12, weight12); weight_value12 = atof(LPCTSTR(weight12));
CString weight13; GetDlgItemText(IDC_EDIT_Weight_13, weight13); weight_value13 = atof(LPCTSTR(weight13));
CString weight14; GetDlgItemText(IDC_EDIT_Weight_14, weight14); weight_value14 = atof(LPCTSTR(weight14));

weight_sum = cabbage_length*weight_value1 + xylem_length*weight_value2 +
cabbage_xylem_length_ratio*weight_value3 +
cabbage_width*weight_value4 + xylem_width*weight_value5 + cabbage_xylem_width_ratio*weight_value6 +
cnt_cabbage_area*weight_value7 + cnt_xylem_area*weight_value8 +
cabbage_xylem_area_ratio*weight_value9 +
cabbage_length_width_ratio*weight_value10 + xylem_length_width_ratio*weight_value11 +
vessel_thickness_avg*weight_value12 + vessel_interval_avg*weight_value13 +
(double)vessel_num*weight_value14;

CString weight_sum_value;
weight_sum_value.Format("%f", weight_sum);
SetDlgItemText(IDC_EDIT_Weight_15, weight_sum_value);

int mCount = m_ListWeightValue.GetItemCount();
int tmp_max = 100000000;
selected_num = 0;
for(int i=0; i<mCount; i++)
{
    CString path;
    CString min_val, max_val;

    min_val = m_ListWeightValue.GetItemText(i,1);
    max_val = m_ListWeightValue.GetItemText(i,2);

    double min = atof(LPCTSTR(min_val));
    double max = atof(LPCTSTR(max_val));
    double analysis_value = atof(LPCTSTR(weight_sum_value));

    int avg = (int)((min+max)/2);

    int diff = (int)(abs(avg-analysis_value));

    if(diff< tmp_max)
    {
        selected_num = i;
        tmp_max = diff;
    }
}

strValue = m_ListFFT.GetItemText(selected_num,0);
SetDlgItemText(IDC_EDIT_WeightCabbage, strValue);

// 이미지 디스플레이 버튼 활성화/비활성화 세팅
GetDlgItem(IDC_BUTTON_ORIGINAL)->EnableWindow(FALSE);
GetDlgItem(IDC_BUTTON_CABBAGEMASK)->EnableWindow(TRUE);
GetDlgItem(IDC_BUTTON_XYLEMMASK)->EnableWindow(TRUE);
GetDlgItem(IDC_BUTTON_VESSELMASK)->EnableWindow(TRUE);
GetDlgItem(IDC_BUTTON_SEGMENTATION)->EnableWindow(TRUE);
GetDlgItem(IDC_BUTTON_RANGE)->EnableWindow(TRUE);
GetDlgItem(IDC_BUTTON_VESSEL)->EnableWindow(TRUE);
GetDlgItem(IDC_BUTTON_IMAGESVAE)->EnableWindow(TRUE);
GetDlgItem(IDC_BUTTON_DATASAVE)->EnableWindow(TRUE);

// 진행률 업데이트
m_progress_process.SetPos(14);

// 이미지 변경 확인 변수 및 선택 이미지 번호 변수 초기화(재확인 위함)

```

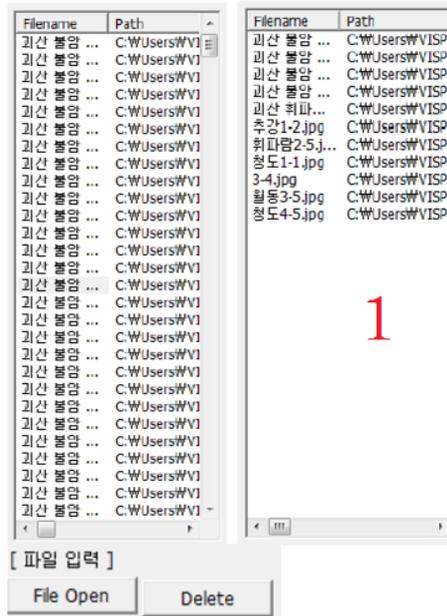
```
image_size_change = false;
// GUI 업데이트
Invalidate(FALSE);
```

8) 프로그램 인터페이스 구성



<배추영상 관독프로그램 인터페이스 구성>

① 파일 열기 및 지우기



<파일리스트 관리창(①)>

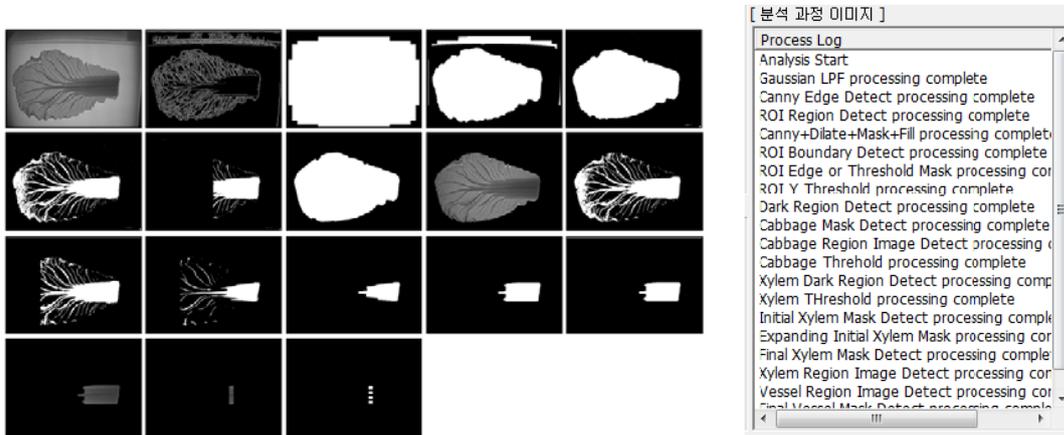
- File List : 단일 파일 혹은 다중 파일을 리스트에 추가 및 삭제 가능함. 현재 진행중인 파일명을 별도 표기됨.
- 적외선 카메라를 통해 입력된 영상을 단일 처리할 수 있음.
- 기준마스크나 database 생성시 다중파일 열기를 통해 일괄 처리할 수 있음.

② Image display



그림 200. Image display 부분(②)

- 파일리스트의 원본 영상 및 영상처리 중간 이미지들을 출력함. 중간처리 이미지는 배추 영역 분할된 영상, 배추 구분 범위, 배추 잎 경계, 배추 줄기 경계, 물관부 마스크 표시, 물관부 영상처리 결과를 각각 표시할 수 있고 영상처리과정 리스트를 통해 선택적으로 볼 수 있음.

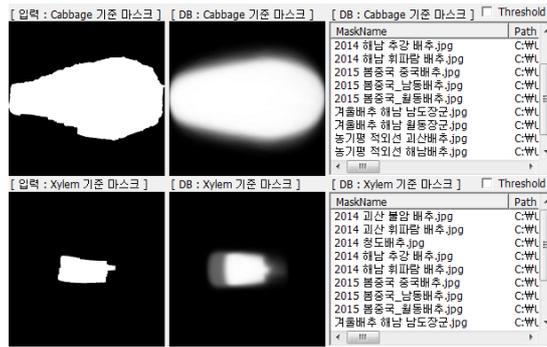


<배추영상 처리과정의 예>

<영상처리과정 리스트③>

② 일괄처리 작업 버튼

- File Open : 단일 혹은 다중 배추영상 파일 열기
- Delete : 선택 파일 혹은 파일리스트 전체 삭제
- CAM Open : 적외선 카메라 연결, Image display 창을 통해 실시간 영상 출력
- Cam Capture : 적외선 카메라가 정상적으로 연결되어 있고 영상이 입력될 때 활성화 가능하고 영상 저장, 등록, 출력이 가능
- 처리과정 영상(단일데이터 생성 및 저장) : 파일리스트에 선택된 배추영상을 단일 처리하고 중간과정 영상을 자동 저장함.
- 분석 데이터 : 파일리스트에 선택된 배추영상을 분석하고 그 결과를 excel 파일로 저장함.
- Cabbage 기준 마스크(All) : 파일리스트 전체에 대한 기준마스크 생성 및 저장을 진행함. 기준마스크는 배추 전체 마스크와 배추 줄기 마스크 두가지를 생성함. 하나의 품종에 대해 파일리스트에 배추영상을 모두 등록하여 처리하면 해당 품종의 기준마스크를 획득할 수 있음.



<기준마스크 표시 창>

- 분석데이터 엑셀 파일 : 파일리스트 전체 배추의 분석을 진행하고 그 결과를 excel로 저장함.
- 처리과정 영상(다중 데이터 생성 및 저장) : 파일리스트 전체 배추의 영상처리 과정을 각각 하위 폴더에 저장함.



<일괄처리 작업 버튼⑤>

③ 배추 분석 데이터 리스트

Category	Value
Cabbage Height	564.000000
Xylem Height	168.000000
Height Ratio	3.357143
Cabbage Width	282.000000
Xylem Width	111.000000
Width Ratio	2.540541
Cabbage Area	118916.000000
Xylem Area	15555.000000
Area Ratio	7.644873
Cabbage H/W Ratio	2.000000
Xylem H/W Ratio	1.513514
Vessel Thickness avg	7.400000
Vessel Interval avg	10.250000
Vessel Number	5.000000

Cabbage Height :	0
Xylem Height :	0
Height Ratio :	5.0
Cabbage Width :	0
Xylem Width :	0
Width Ratio :	5.0
Cabbage Area :	0
Xylem Area :	0
Area Ratio :	20.0
Cabbage H/W Ratio :	5.0
Xylem H/W Ratio :	5.0
Vessel Thickness Avg. :	25.0
Vessel Interval Avg. :	25.0
Vessel Number :	10.0
Weight Sum :	681.071094

Weight Modify Weight Reset

<배추분석 데이터 표시창>

<가중치 수치 편집창>

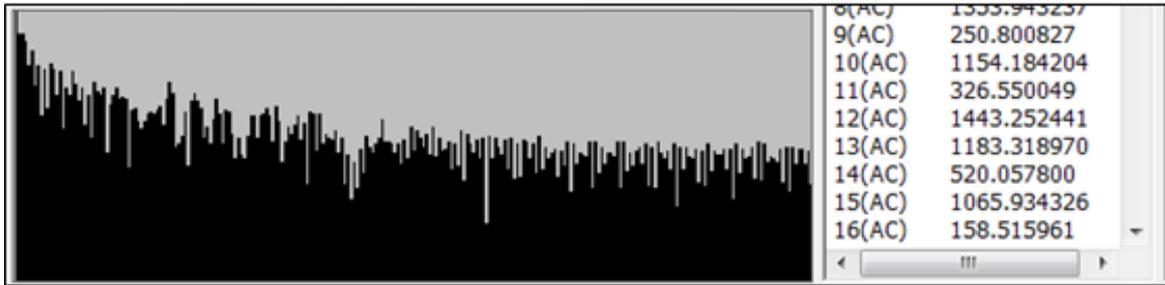
- 배추영상처리 결과 표시함.

④ 가중치 설정 및 가중치 배추 매칭 수행

- 분석 데이터에서 항목별 가중치를 입력가능하고 각 가중치와 분석데이터의 연산을 통해 최종 weight value를 생성함
- weight value는 품종별 최소/최대 값 설정치에 따라 분류 가능해짐.

9) 잎맥의 셀에 대한 푸리에 변환 (FFT) 수치 분석

FFT Data : 배추 잎맥(10%지점)의 FFT Data 수치 표현(엑셀로 저장)



잎맥의 셀에 대한 푸리에 변환을 이용한 분석 결과 당초 예상했던 바와는 다르게 특이 사항이 발견되지 않았음. 따라서 3차년도에서는 푸리에 변환 분석 서브루틴을 제외함

10) 배추영상처리 분석

① 배추영역 검출결과

- 아래의 표는 해남배추, 괴산배추, 중국청도배추, 남도장군/월동장군(재배지 해남)을 대상으로 배추영상처리 프로그램을 통해 추출한 자료중 일부를 발췌한 것임
- 배추영상처리 프로그램을 통해 검출된 배추영상에 배추 영역과 줄기 영역을 표기한 영상을 출력하였음.
- 아래의 그림에서 대부분의 영상에서 배추 외곽선 및 줄기의 검출이 정상적으로 이루어짐을 확인 할 수 있었음.

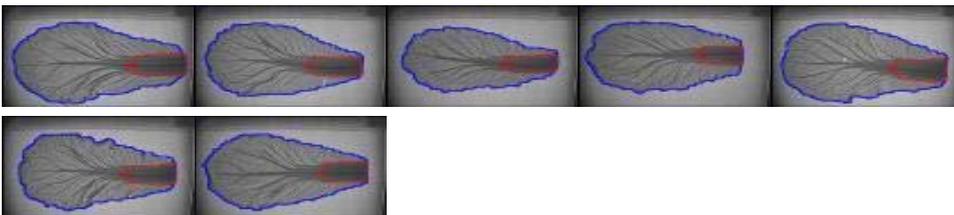
<표. 시표별 수관에 대한 추출값의 평균값> (단위 : arb. units)

구분	두께	간격	수
괴산	7.4	8.6	4.5
청도	8.5	8.0	4.8
해남	7.1	8.0	4.7
남도	7.5	7.7	5.6

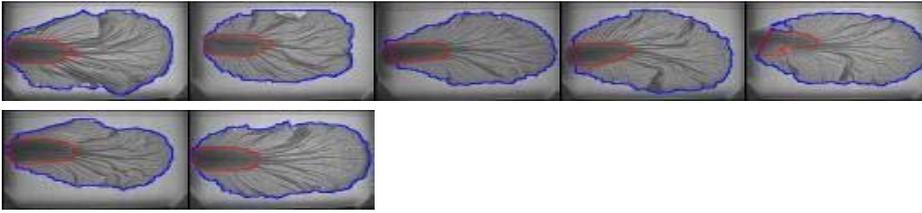
<표. 배추 영역 검출 결과 중 일부>

Category	Xylem Height	Height Ratio	Cabbage Width	Xylem Width	Width Ratio	Cabbage Area	Xylem Area	Area Ratio	Cabbage H/W Ratio	Xylem H/W Ratio	Vessel Thickness avg	Vessel Interval avg	Vessel Number
괴산1	224	2.803571	347	110	3.1545	165147	21130	7.816	1.8098	2.0364	7.8	9.5	5
괴산2	228	2.855263	380	107	3.5514	178373	20012	8.913	1.71316	2.1308	7.75	11	4
괴산3	227	2.726872	371	95	3.9053	165898	17345	9.565	1.66846	2.3895	7.333333	6.5	3
괴산4	211	2.800948	343	89	3.8539	149985	16658	9.004	1.72303	2.3708	8.2	7.5	5
괴산5	217	2.695853	310	85	3.6471	129543	15483	8.367	1.8871	2.5529	6.75	7.3333	4
괴산6	173	3.381503	332	91	3.6484	150928	13222	11.41	1.76205	1.9011	7.333333	11.5	3
괴산7	178	3.134831	345	98	3.5204	142735	15218	9.379	1.61739	1.8163	7.8	8.25	5
괴산8	214	2.906542	376	110	3.4182	171037	19300	8.862	1.65426	1.9455	8	8.5	5
괴산9	182	3.384615	360	96	3.75	156924	15376	10.21	1.71111	1.8958	8.4	7.5	5
괴산10	218	2.894495	354	100	3.54	160445	17747	9.041	1.78249	2.18	7.6	8.25	5
괴산11	221	2.773756	367	102	3.598	166851	17466	9.553	1.6703	2.1667	6	6	6
괴산12	222	2.702703	376	104	3.6154	162706	18732	8.686	1.59575	2.1346	7.25	12	4
괴산13	244	2.795082	387	98	3.949	191163	19122	9.997	1.76227	2.4898	7	9.6667	4
괴산14	205	2.858537	360	98	3.6735	154969	16266	9.527	1.62778	2.0918	6.6	8	5
괴산15	179	3.005587	311	87	3.5747	119790	13497	8.875	1.7299	2.0575	6.75	7.6667	4
청도1	266	2.402256	408	117	3.4872	200051	25735	7.773	1.56618	2.2735	7.4	9	5
청도2	260	2.203846	350	97	3.6082	168335	22514	7.477	1.63714	2.6804	10.5	7.3333	4
청도3	255	2.498039	319	88	3.625	155272	18651	8.325	1.99687	2.8977	7.666667	10.5	3
청도4	229	2.886463	351	95	3.6947	166813	18107	9.213	1.88319	2.4105	7.6	6.25	5
청도5	225	2.768889	398	107	3.7196	189390	20461	9.256	1.56533	2.1028	8	8.3333	4
청도6	219	3.004566	353	115	3.0696	179307	17220	10.41	1.86402	1.9043	6	9.5	3
청도7	256	2.511719	343	117	2.9316	156869	25793	6.082	1.87464	2.188	7.333333	8	6
청도8	262	2.473282	336	104	3.2308	159825	23111	6.916	1.92857	2.5192	8.2	6.5	5
청도9	130	5.053846	388	109	3.5596	184512	12103	15.25	1.6933	1.1927	12.4	8.75	5
청도10	250	2.748	372	113	3.292	199015	25592	7.776	1.84677	2.2124	11.8	8.75	5
청도11	264	2.375	311	104	2.9904	149421	24259	6.159	2.01608	2.5385	7.333333	7.2	6
청도12	262	2.553435	357	116	3.0776	170112	26074	6.524	1.87395	2.2586	8.2	7.5	5
청도13	235	2.914894	381	122	3.123	196893	25249	7.798	1.7979	1.9262	8.333333	8.2	6
청도14	243	2.45679	290	99	2.9293	128846	21518	5.988	2.05862	2.4545	7.2	6.75	5
청도15	242	2.545455	315	108	2.9167	150943	22373	6.747	1.95556	2.2407	9	7.5	5
해남1	213	2.746479	325	99	3.2828	129500	16705	7.752	1.8	2.1515	5.25	12.333	4
해남2	195	3.153846	310	94	3.2979	141961	15782	8.995	1.98387	2.0745	7.2	9	5
해남3	179	3.351955	321	101	3.1782	137907	15589	8.846	1.86916	1.7723	11.25	8	4
해남4	198	3.237374	319	83	3.8434	140596	13345	10.54	2.0094	2.3855	5.2	7	5
해남5	213	3	310	101	3.0693	147964	17340	8.533	2.06129	2.1089	7.8	7.5	5
해남6	153	3.921569	329	106	3.1038	147675	13365	11.05	1.82371	1.4434	5.833333	7.8	6
해남7	198	2.939394	313	101	3.099	137904	17147	8.042	1.85943	1.9604	7	7	5
해남8	241	2.473029	326	92	3.5435	140128	18567	7.547	1.82822	2.6196	6.2	7.5	5
해남9	204	2.926471	291	92	3.163	133761	15285	8.751	2.05155	2.2174	6.8	7.5	5
해남10	204	3.122549	346	108	3.2037	165767	18617	8.904	1.84104	1.8889	7.4	9.75	5
해남11	212	3.141509	340	90	3.7778	164990	14755	11.18	1.95882	2.3556	8.666667	8	3
해남12	191	3.151832	291	85	3.4235	127573	13712	9.304	2.06873	2.2471	6.8	6.75	5
해남13	178	3.286517	316	87	3.6322	136480	13325	10.24	1.85127	2.046	5.5	5.6	6
해남14	229	2.71179	295	92	3.2065	136823	18088	7.564	2.10509	2.4891	6	8.6667	4
해남15	188	3.143617	289	101	2.8614	131115	15261	8.592	2.04498	1.8614	10.25	8.3333	4
남도/월동1	272	2.386029	391	158	2.4747	196450	33871	5.8	1.65985	1.7215	8.5	8.4	6
남도/월동2	271	2.431734	331	133	2.4887	167359	28184	5.938	1.99094	2.0376	8.8	8.25	5
남도/월동3	238	2.680672	350	129	2.7132	164664	26568	6.198	1.82286	1.845	7.4	8.5	5
남도/월동4	269	2.349442	391	151	2.5894	182659	32342	5.648	1.61637	1.7815	7.857143	7	7
남도/월동5	241	2.369295	333	122	2.7295	141045	25825	5.462	1.71472	1.9754	7.333333	6.6	6
남도/월동6	215	2.665116	284	137	2.073	126361	25375	4.98	2.01761	1.5693	7.5	6.8	6
남도/월동7	233	2.540773	325	139	2.3381	152985	27402	5.583	1.82154	1.6763	9	9	6
남도/월동8	195	2.933333	335	139	2.4101	146134	23158	6.31	1.70746	1.4029	7.714286	7	7
남도/월동9	200	2.83	325	90	3.6111	135984	14882	9.137	1.74154	2.2222	6.4	7	5
남도/월동10	224	2.794643	342	108	3.1667	155049	21062	7.362	1.83041	2.0741	7.75	9	4
남도/월동11	212	2.95283	313	107	2.9252	149322	19460	7.673	2	1.9813	6.4	7.75	5
남도/월동12	243	2.720165	366	117	3.1282	181093	24208	7.481	1.80601	2.0769	8.4	9	5
남도/월동13	255	2.537255	333	98	3.398	156720	19829	7.904	1.94294	2.602	6.4	6.75	5
남도/월동14	202	2.905941	351	118	2.9746	154866	20549	7.536	1.67237	1.7119	6.666667	6.8	6
남도/월동15	206	3.087379	347	121	2.8678	169536	21161	8.012	1.83285	1.7025	6.833333	7.8	6

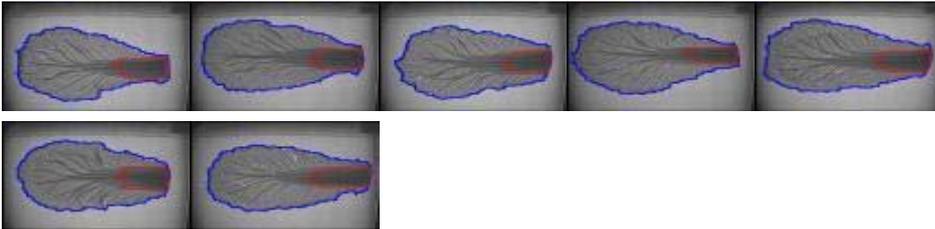
- 괴산배추



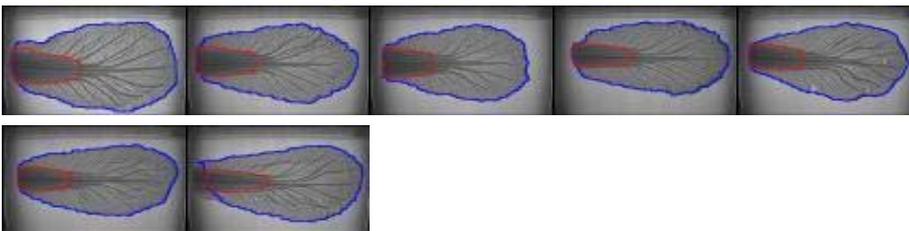
- 중국 청도



- 해남배추



- 남도/월동(해남)



6. 적외선 영상 데이터베이스 구축

1) 국내와 국외 배추잎에 대한 적외선 영상 결과물의 차이점 분석

1차년도에는 배추의 일부분들만 촬영하는 시스템이 구축되어 외형적으로 구분이 어려웠으나 2차년도에는 전체외형을 촬영할 수 있는 적외선 카메라의 시스템이 구축되어 일반 현미경으로 구분할 수 없었던 배추의 전체 외형과 줄기부분 하얀 부분의 크기와 넓이 물관부등의 형태까지도 관찰할 수 있는 시스템이 구축되어 국내의 배추의 영상 데이터를 확보하여 비교하였음.

적외선의 결과를 육안으로 관찰하여 국내산과 중국산을 비교하였을 때, 국산배추는 타원형으로 상 하단이 비슷하며 잎줄기 하얀 부분의 폭이 위 아래가 비슷해 사다리꼴 모양이며 길쭉한 형태를 지니고 있으며 폭이 좁음. 뿌리 직경이 2.5~3cm 정도이며 결구상태는 각 잎이 중심부로 모이고 나서 잎끝이 서로 겹치지 않는 형태를 지니고 있음. 하지만 중국산 배추는 하단보다 상단의 폭이 넓은 원추형 형태를 띠고 있으며 잎줄기 하얀 부분의 폭이 밑은 넓고 위는 좁아 이등변 삼각형 모양이며 국산과 비교하여 폭이 넓고 길이는 짧은 형태를 지니고 있음. 뿌리 직경이 4.5~6cm로 국산보다 굵고 결구 상태는 양배추처럼 각 잎이 중심부를 넘어 길게 덮여 있는 특징을 가지고 있음. 이러한 육안으로의 관찰은 소비자 입장에서 구분하기 어렵기 때문에

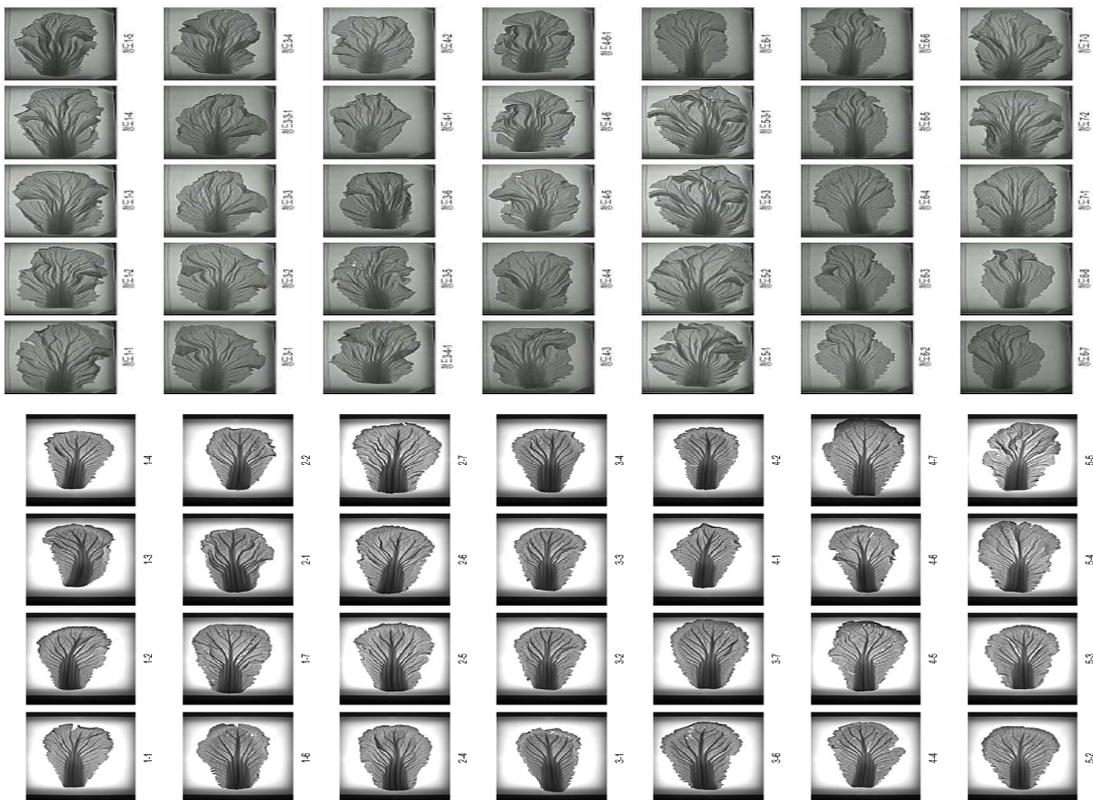
국내산과 중국산의 배추의 데이터를 수집하여 적외선 영상 데이터를 구축하였음. 국내산의 경우도 중부지방과 남부지방의 기온차나 재배 환경이 다르기 때문에 생육에 있어 차이점을 확인하기 위하여 중부지방은 충북 괴산지방과 배추 최대 생산지인 해남지역을 중심으로 데이터를 수집하였음. 계절별로 배추의 데이터를 수집하고자 하였으나 김장을 위한 가을 배추가 주를 이루었고 겨울 배추는 남부지역에서만 생산이 되기 때문에 해남의 월동장군과 남도장군의 품종의 데이터를 수집하였음. 봄배추 역시 하우스에서 소량 생산이 되고 보통 겨울배추를 저장했다가 판매를 하기 때문에 3-4개월 저장되어진 배추의 데이터베이스를 구축하였음.

국내산과의 비교를 위하여 중국산 배추의 데이터를 수집하기 위하여 중국의 산둥지역에서 생산된 배추가 국내로 많이 수입이 되고 있기 때문에 산둥지역의 청도 배추의 데이터를 수집하여 국내산과 비교하였음.

○ 서로 다른 품종이 다른 지역에 재배된 것, 같은 품종이 다른 지역에서 재배된 것 등 다양한 시료를 채취하여 분석하는 것은 반드시 필요한 작업이며 이에 대한 데이터베이스를 확보해야 함. 이는 재배환경마다 특징이 다르게 나타나고 재배지마다 다른 품종이 재배되기 때문임

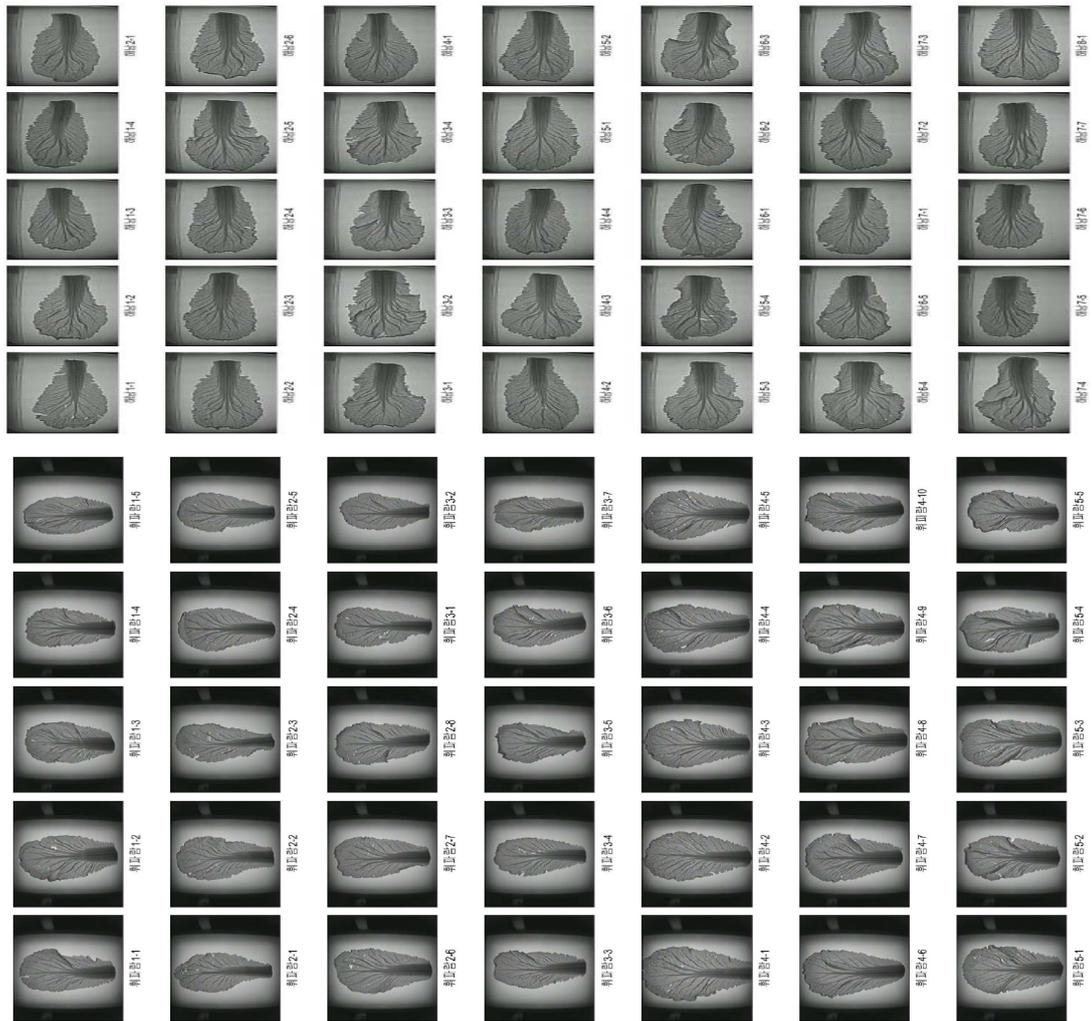
2) 국외 배추잎에 대한 적외선 영상 결과 데이터베이스 구축

○ 중국 청도 배추의 데이터 중 일부의 영상 결과

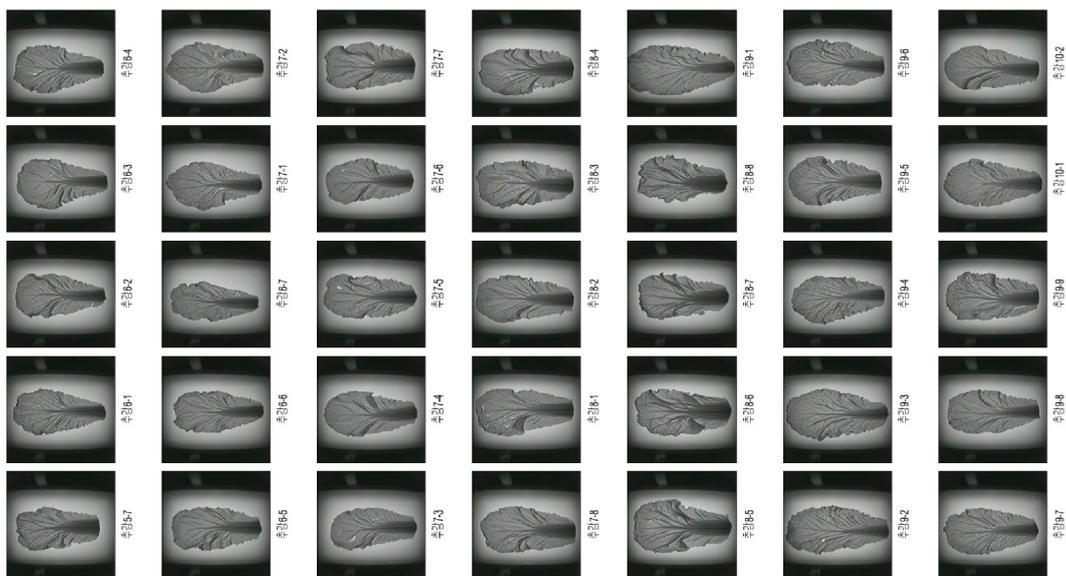


○ 국산 배추의 적외선 영상 결과

- 국산 해남 배추의 일부 적외선 영상 결과: 가을 배추 (품종: 휘파람)

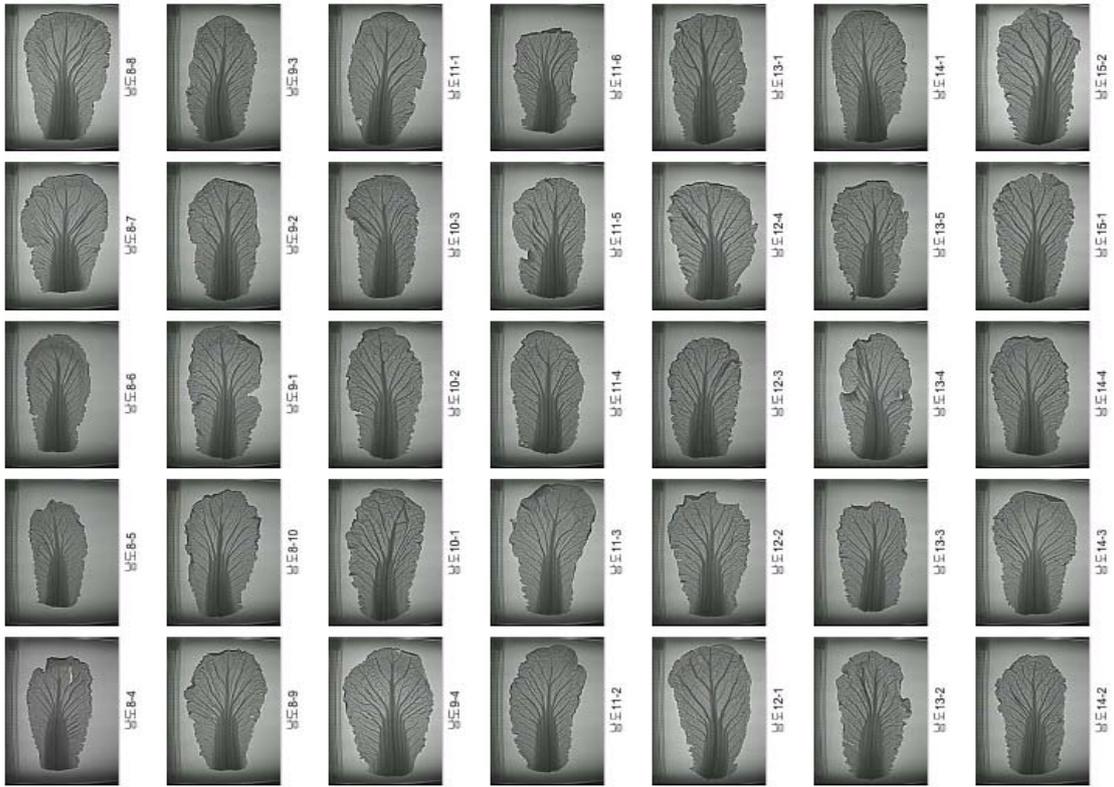


- 국산 해남 배추의 일부 적외선 영상 결과: 가을 배추 (품종: 추강)



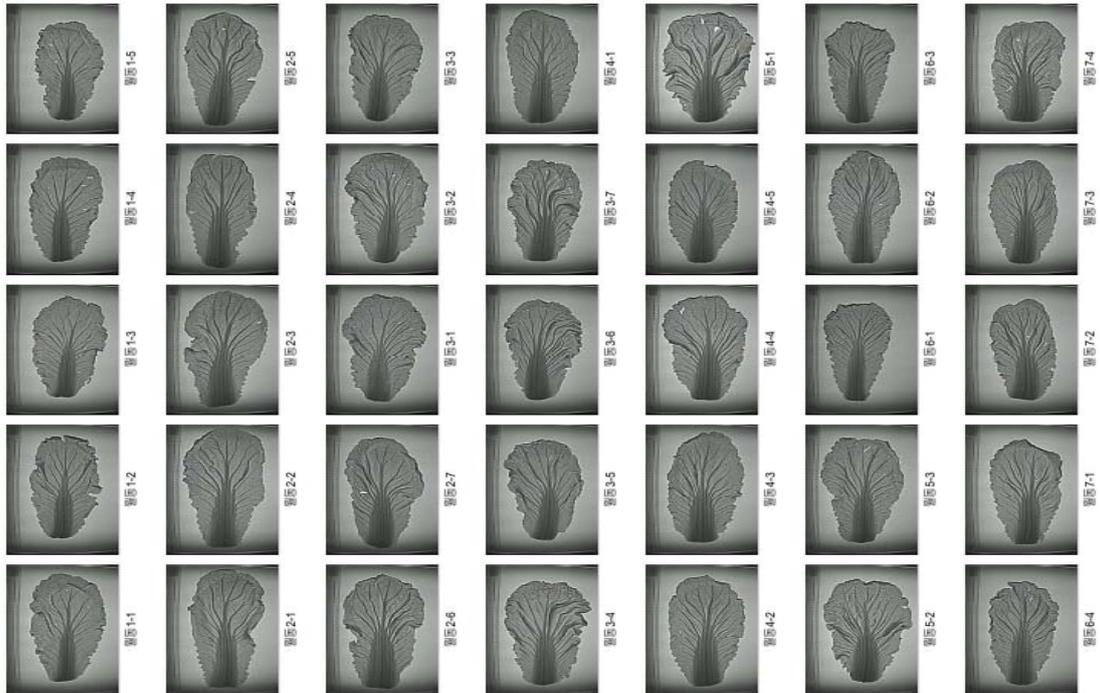
○ 겨울배추

- 남부지방 해남의 겨울배추 적외선 결과의 일부 (품종:남도장군)

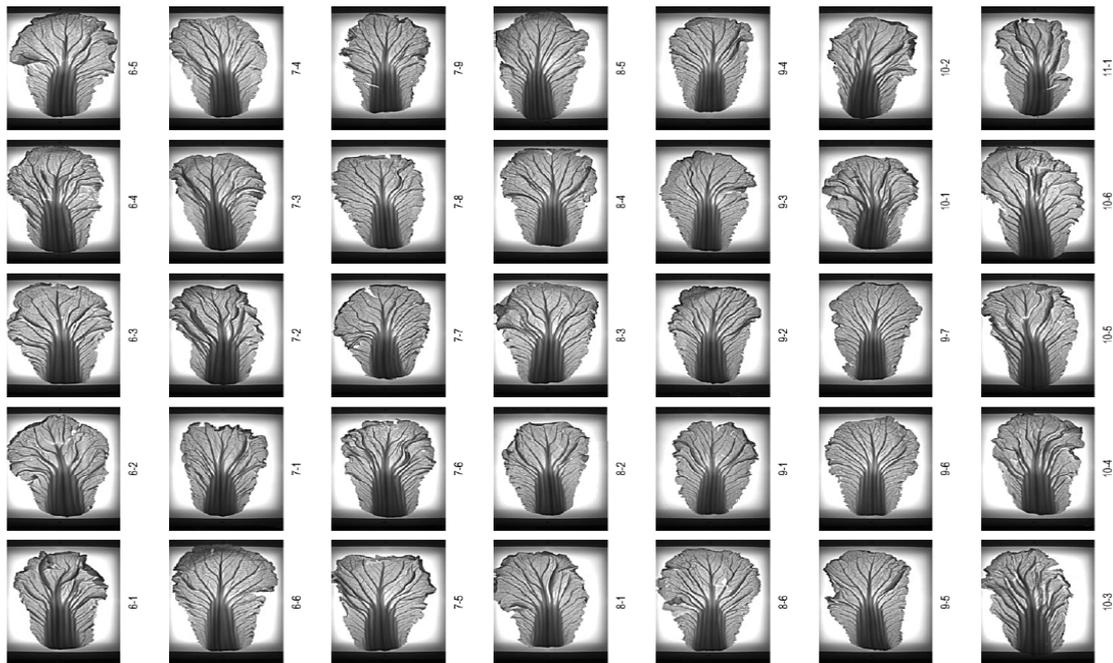


○ 겨울배추

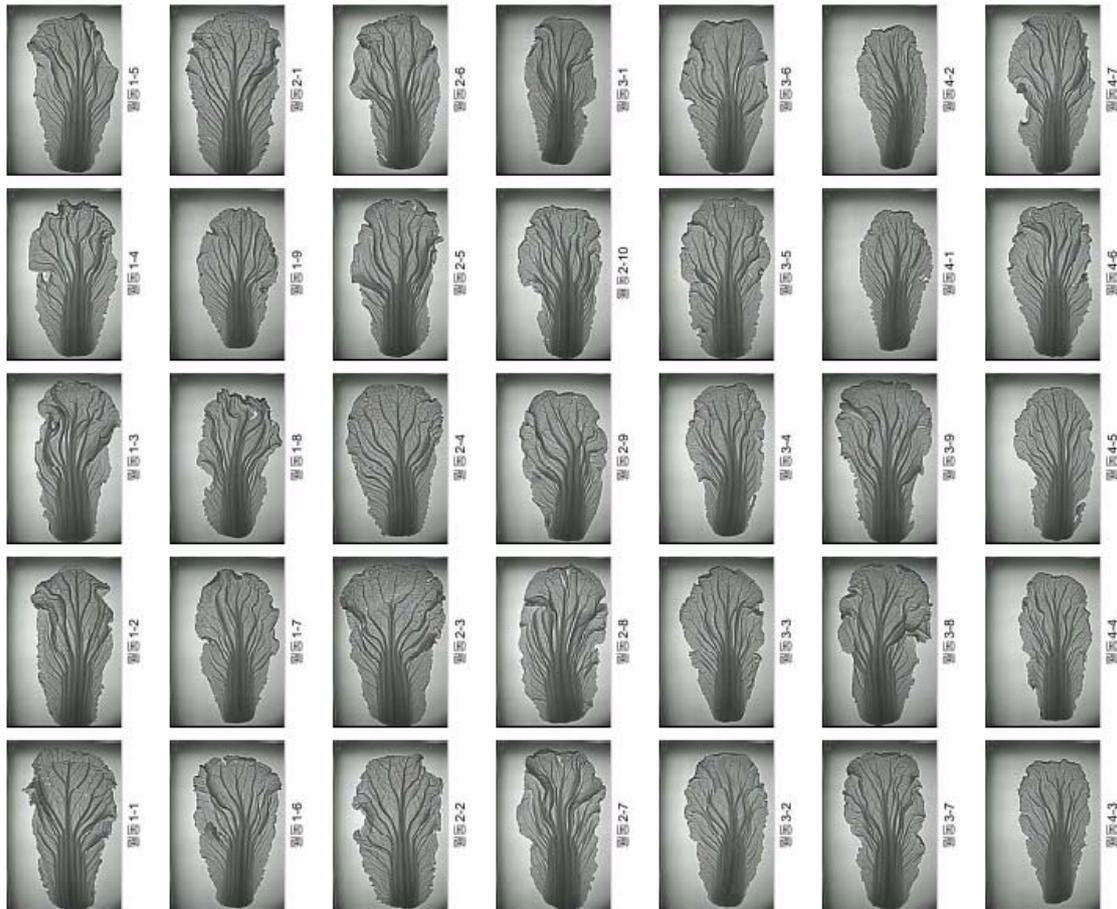
- 남부지방 해남 겨울 배추의 적외선 영상 결과의 일부 (품종:월동장군)



- 남부지방 해남 겨울 배추의 적외선 영상 결과의 일부 (품종: 남동)



- 겨울 배추 중 저장기간이 3-4개월 된 월동배추(품종:월동)



7. 배추분석 원산지 판별 분석 데이터베이스

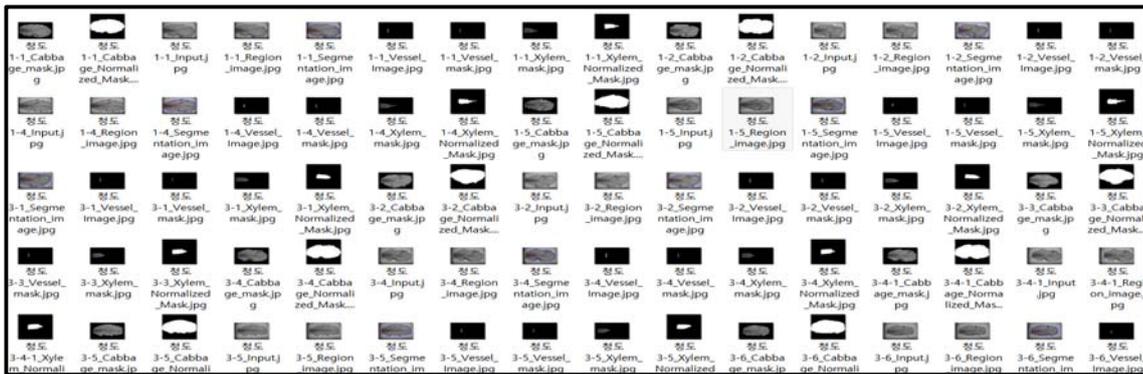
1) 2013년 구축 데이터 베이스

① 2013年 중국 청도 배추 분석 결과

-Cabbage Analysis Data 192개 Database 중 Sample

Name	C.H	X.H	H.R	C.W	X.W	W.R	C.A	X.A	A.R	C.H/W	X.H/W	V.T avg	V.I avg
청도1-1.jpg	682	293	2.33	400	129	3.10	209285	27445	7.63	1.71	2.27	8.80	7.75
청도1-2.jpg	619	274	2.26	383	124	3.09	182407	26100	6.99	1.62	2.21	7.33	6.40
청도1-4.jpg	679	357	1.90	379	129	2.94	193218	28856	6.70	1.79	2.77	7.50	5.67
청도1-5.jpg	632	332	1.90	350	129	2.71	157876	25178	6.27	1.81	2.57	7.60	5.75
청도3-1.jpg	655	271	2.42	385	112	3.44	191564	26034	7.36	1.70	2.42	6.67	7.20
청도3-2.jpg	660	284	2.32	395	108	3.66	194617	26485	7.35	1.67	2.63	6.67	7.00
청도3-3.jpg	612	256	2.39	381	111	3.43	161747	23948	6.75	1.61	2.31	7.20	10.00
청도3-4.jpg	638	266	2.40	361	121	2.98	176333	26015	6.78	1.77	2.20	7.33	7.60
청도3-4-1.jpg	602	264	2.28	366	122	3.00	172606	25931	6.66	1.64	2.16	7.29	7.00
청도3-5.jpg	625	253	2.47	346	113	3.06	167992	23543	7.14	1.81	2.24	6.17	5.00
청도3-6.jpg	566	282	2.01	310	111	2.79	141190	23513	6.00	1.83	2.54	13.25	7.33
청도4-1.jpg	587	204	2.88	327	101	3.24	134063	19589	6.84	1.80	2.02	11.00	8.33
청도4-2.jpg	565	257	2.20	339	97	3.49	160701	22280	7.21	1.67	2.65	11.00	7.00
청도4-3.jpg	601	261	2.30	350	112	3.13	177790	23528	7.56	1.72	2.33	9.40	9.00
청도4-4.jpg	583	266	2.19	334	109	3.06	161087	23129	6.96	1.75	2.44	9.00	7.25
청도4-5.jpg	616	260	2.37	368	104	3.54	168300	23460	7.17	1.67	2.50	7.00	6.00
청도4-6.jpg	614	261	2.35	347	119	2.92	163276	25366	6.44	1.77	2.19	9.60	9.00
청도4-6-1.jpg	612	283	2.16	339	114	2.97	161664	25776	6.27	1.81	2.48	6.17	6.80
청도5-2.jpg	669	255	2.62	408	132	3.09	223324	28235	7.91	1.64	1.93	7.57	6.67

-Cabbage 촬영 영상 추출 Sample



-Cabbage&Xylem Normalized Mask

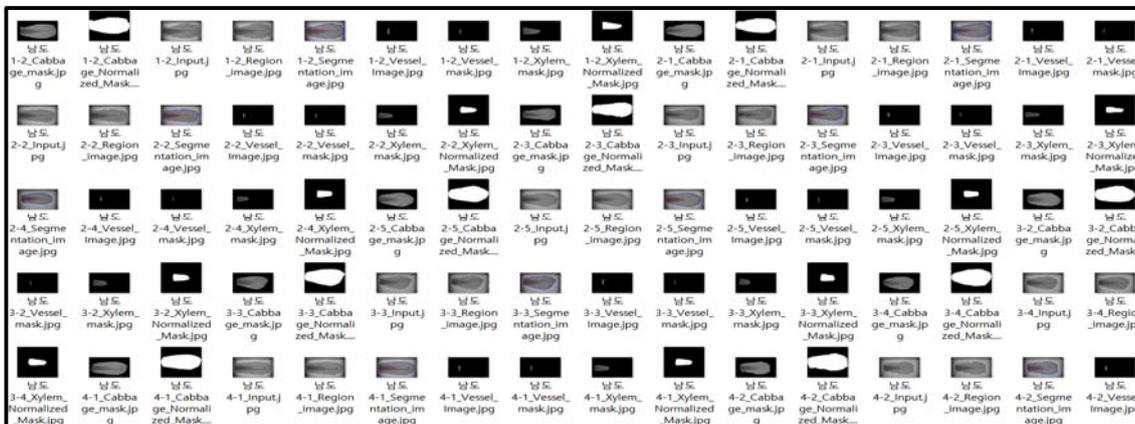


② 2013年 겨울배추 해남 남도장군 분석결과

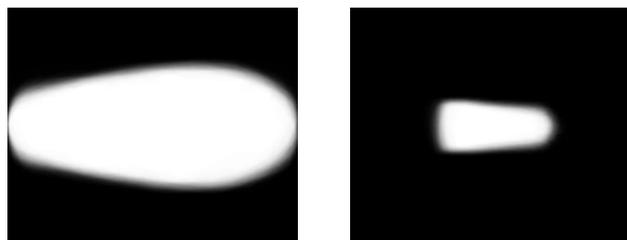
-Cabbage Analysis Data 181개 Database 중 Sample

Name	C.H	X.H	H.R	C.W	X.W	W.R	C.A	X.A	A.R	C.H/W	X.H/W	V.T avg	V.I avg
남도1-2.jpg	648	307	2.11	348	153	2.27	182248	36804	4.95	1.86	2.01	8.29	7.17
남도2-1.jpg	660	266	2.48	318	115	2.77	164578	23897	6.89	2.08	2.31	7.60	7.25
남도2-2.jpg	651	268	2.43	319	133	2.40	162426	27879	5.83	2.04	2.02	8.80	8.25
남도2-3.jpg	598	266	2.25	288	111	2.59	130748	23460	5.57	2.08	2.40	6.40	7.00
남도2-4.jpg	546	209	2.61	273	120	2.28	118663	21175	5.60	2.00	1.74	6.29	6.67
남도2-5.jpg	631	236	2.67	339	129	2.63	159883	26275	6.08	1.86	1.83	7.40	8.50
남도3-2.jpg	606	244	2.48	323	138	2.34	153380	27864	5.50	1.88	1.77	8.20	11.25
남도3-3.jpg	571	201	2.84	318	131	2.43	133983	22801	5.88	1.80	1.53	7.17	8.80
남도3-4.jpg	549	248	2.21	311	122	2.55	129263	23683	5.46	1.77	2.03	7.33	7.40
남도4-1.jpg	645	273	2.36	323	138	2.34	165492	30406	5.44	2.00	1.98	8.40	9.00
남도4-2.jpg	539	218	2.47	309	138	2.24	130524	24730	5.28	1.74	1.58	7.17	8.60
남도5-1.jpg	603	255	2.36	314	124	2.53	146195	27483	5.32	1.92	2.06	7.33	7.00
남도5-3.jpg	631	262	2.41	312	145	2.15	162062	31205	5.19	2.02	1.81	9.17	9.20
남도6-1.jpg	568	230	2.47	322	108	2.98	136510	21856	6.25	1.76	2.13	6.83	6.20
남도6-2.jpg	532	195	2.73	294	110	2.67	117559	18883	6.23	1.81	1.77	7.40	6.75
남도6-3.jpg	502	195	2.57	250	107	2.34	98142	18256	5.38	2.01	1.82	7.00	7.00
남도6-4.jpg	563	239	2.36	322	122	2.64	136138	25572	5.32	1.75	1.96	7.17	6.80
남도6-5.jpg	609	252	2.42	326	131	2.49	153094	28051	5.46	1.87	1.92	8.00	9.00
남도6-6.jpg	557	225	2.48	295	112	2.63	124282	22124	5.62	1.89	2.01	7.80	6.50

-Cabbage 촬영 영상 추출 Sample



-Cabbage&Xylem Normalized Mask

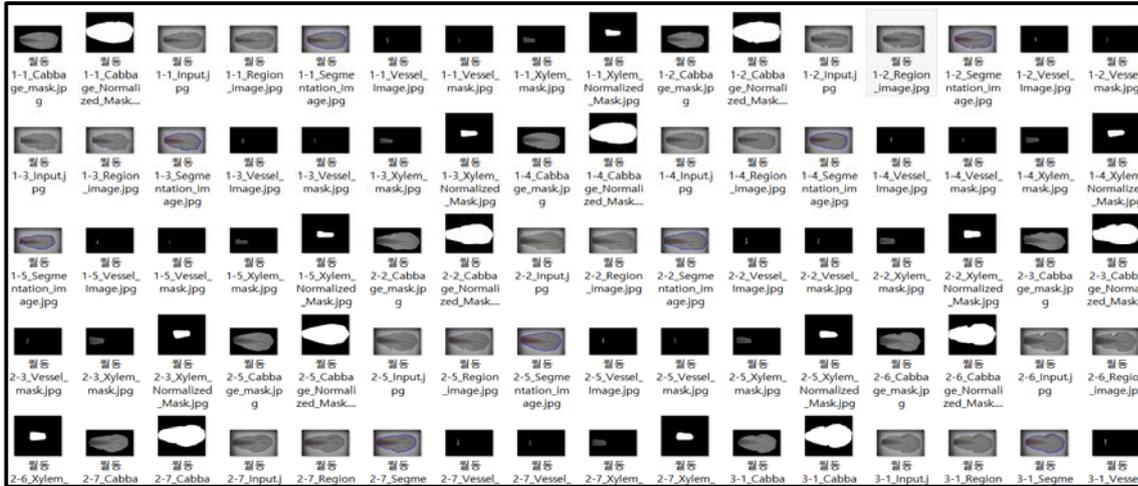


③. 2013年 겨울배추 해남 월동장군 분석결과

-Cabbage Analysis Data 244개 Database 중 Sample

Name	C.H	X.H	H.R	C.W	X.W	W.R	C.A	X.A	A.R	C.H/W	X.H/W	V.T avg	V.I avg
월동1-1.jpg	596	193	3.09	318	94	3.38	145670	15030	9.69	1.87	2.05	6.00	6.75
월동1-2.jpg	566	199	2.84	303	91	3.33	131241	15493	8.47	1.87	2.19	6.40	6.25
월동1-3.jpg	558	197	2.83	314	90	3.49	131339	14653	8.96	1.78	2.19	6.40	7.00
월동1-4.jpg	575	207	2.78	308	94	3.28	138128	16713	8.26	1.87	2.20	6.20	6.00
월동1-5.jpg	542	194	2.79	283	85	3.33	116238	13560	8.57	1.92	2.28	5.80	6.50
월동2-2.jpg	657	234	2.81	340	124	2.74	171856	24907	6.90	1.93	1.89	7.50	6.60
월동2-3.jpg	637	228	2.79	349	129	2.71	163771	24748	6.62	1.83	1.77	8.40	7.50
월동2-5.jpg	620	236	2.63	329	109	3.02	149808	22013	6.81	1.88	2.17	7.75	7.67
월동2-6.jpg	627	216	2.90	340	132	2.58	157651	24878	6.34	1.84	1.64	7.71	7.33
월동2-7.jpg	607	221	2.75	331	111	2.98	144179	21090	6.84	1.83	1.99	7.17	7.20
월동3-1.jpg	592	180	3.29	346	106	3.26	147829	16808	8.80	1.71	1.70	5.67	8.20
월동3-2.jpg	607	225	2.70	349	101	3.46	156001	18528	8.42	1.74	2.23	5.50	7.20
월동3-3.jpg	588	212	2.77	312	90	3.47	136073	16975	8.02	1.88	2.36	6.60	7.75
월동3-5.jpg	553	217	2.55	331	104	3.18	131311	18170	7.23	1.67	2.09	7.17	6.40
월동3-6.jpg	551	225	2.45	327	103	3.17	128861	20228	6.37	1.69	2.18	6.20	8.25
월동3-7.jpg	556	229	2.43	312	112	2.79	132596	21352	6.21	1.78	2.04	6.40	8.75
월동4-2.jpg	608	200	3.04	320	115	2.78	151131	20714	7.30	1.90	1.74	8.20	9.50
월동4-3.jpg	607	212	2.86	324	117	2.77	150943	22291	6.77	1.87	1.81	7.40	10.25
월동4-5.jpg	561	192	2.92	289	103	2.8	127457	18113	7.04	1.94	1.86	6.43	6.00

-Cabbage 촬영 영상 추출 Sample



-Cabbage&Xylem Normalized Mask

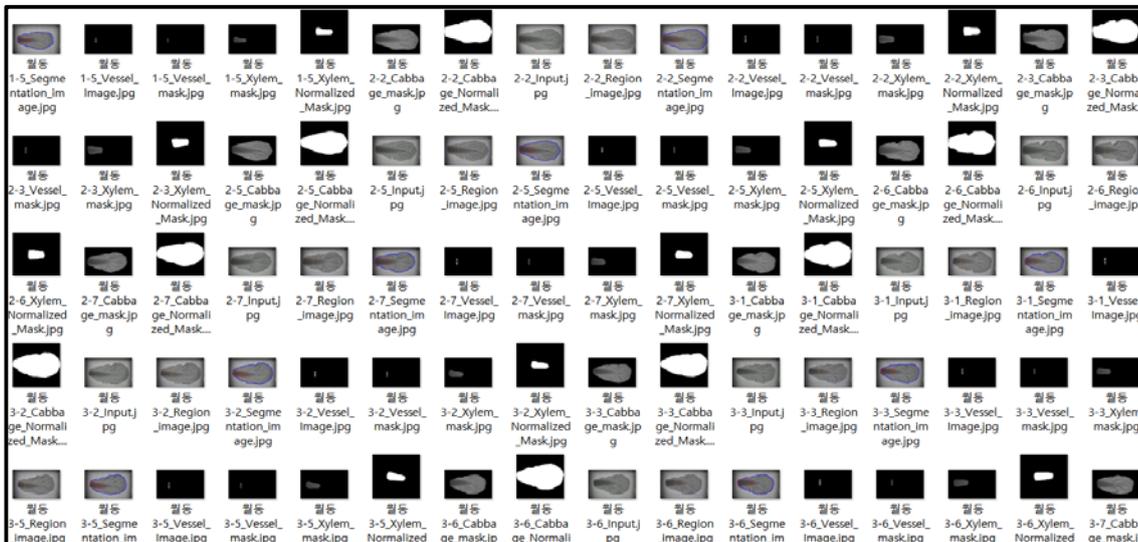


④ 2013年 적외선 피산 배추 분석결과

-Cabbage Analysis Data 110개 Database 중 Sample

Name	C.H	X.H	H.R	C.W	X.W	W.R	C.A	X.A	A.R	C.H/W	X.H/W	V.T avg	V.I avg
1-1.jpg	564	214	2.64	338	98	3.45	135694	17581	7.72	1.67	2.18	7.60	8.25
1-2.jpg	583	199	2.93	351	104	3.38	146205	17708	8.26	1.66	1.91	7.40	9.00
1-3.jpg	534	180	2.97	305	101	3.02	123827	15727	7.87	1.75	1.78	10.75	9.00
1-4.jpg	547	186	2.94	325	99	3.28	130669	16076	8.13	1.68	1.88	6.83	7.00
1-5.jpg	592	211	2.81	369	98	3.77	170843	18326	9.32	1.60	2.15	8.00	11.33
2-1.jpg	619	222	2.79	338	110	3.07	160409	20849	7.69	1.83	2.02	7.80	9.50
2-2.jpg	657	220	2.99	368	116	3.17	183147	21836	8.39	1.79	1.90	8.40	9.25
2-3.jpg	644	216	2.98	375	106	3.54	173863	19599	8.87	1.72	2.04	8.20	10.25
3-1.jpg	625	227	2.75	372	93	4.00	173720	16547	10.50	1.68	2.44	8.00	8.50
3-2.jpg	605	224	2.70	357	96	3.72	149389	18230	8.19	1.69	2.33	9.00	10.33
3-3.jpg	606	226	2.68	322	90	3.58	147744	17197	8.59	1.88	2.51	8.50	8.67
4-1.jpg	612	226	2.71	360	95	3.79	161109	17158	9.39	1.70	2.38	7.33	6.50
4-2.jpg	562	198	2.84	295	90	3.28	121970	15403	7.92	1.91	2.20	6.80	7.50
4-4.jpg	559	216	2.59	314	97	3.24	130465	18262	7.14	1.78	2.23	6.40	7.50
4-5.jpg	557	173	3.22	313	94	3.33	132746	13817	9.61	1.78	1.84	7.00	12.33
5-1.jpg	639	210	3.04	370	107	3.46	180173	19462	9.26	1.73	1.96	8.00	8.25
5-2.jpg	657	222	2.96	374	110	3.40	180236	20973	8.59	1.76	2.02	8.00	9.00
5-4.jpg	564	204	2.76	330	95	3.47	134945	16136	8.36	1.71	2.15	8.00	9.67
6-1.jpg	625	227	2.75	349	103	3.39	168208	20462	8.22	1.79	2.20	9.20	8.25

-Cabbage 촬영 영상 추출 Sample



-Cabbage&Xylem Normalized Mask

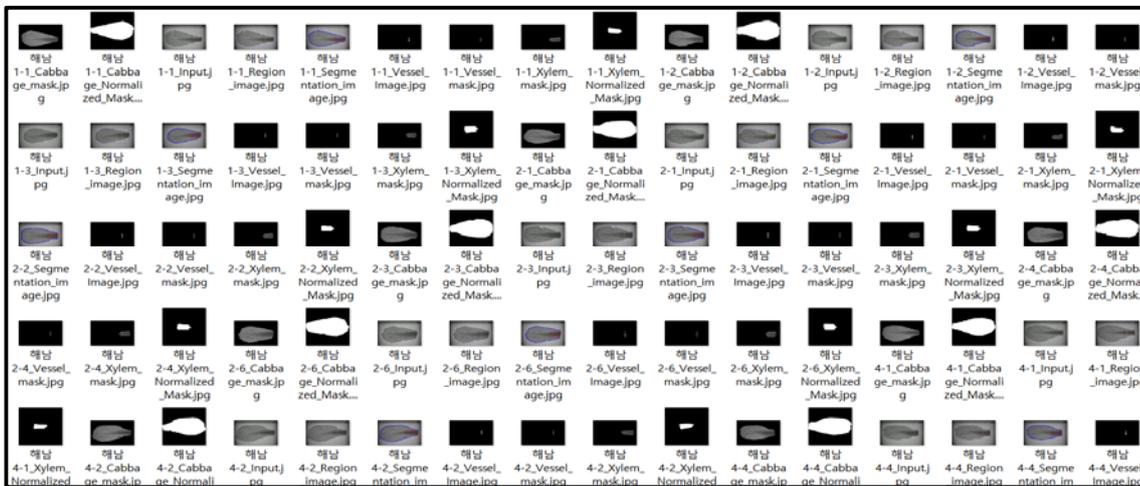


⑤ 2013年 적외선 해남 배추 분석결과

-Cabbage Analysis Data 179개 Database 중 Sample

Name	C.H	X.H	H.R	C.W	X.W	W.R	C.A	X.A	A.R	C.H/W	X.H/W	V.T avg	V.I avg
해남1-1.jpg	615	193	3.19	317	83	3.82	130481	13827	9.44	1.94	2.33	7.75	8.00
해남1-2.jpg	577	212	2.72	316	99	3.19	126282	16607	7.60	1.83	2.14	5.25	12.33
해남1-3.jpg	561	175	3.21	292	94	3.11	117305	14042	8.35	1.92	1.86	9.25	8.33
해남2-1.jpg	609	192	3.17	284	94	3.02	129303	13927	9.28	2.14	2.04	6.00	7.75
해남2-2.jpg	612	178	3.44	300	87	3.45	136814	13424	10.19	2.04	2.05	6.20	7.00
해남2-3.jpg	608	193	3.15	302	93	3.25	137224	15499	8.85	2.01	2.08	7.20	9.00
해남2-4.jpg	604	196	3.08	293	98	2.99	135298	15690	8.62	2.06	2.00	7.20	7.75
해남2-6.jpg	591	177	3.34	310	101	3.07	133313	15400	8.66	1.91	1.75	11.25	8.00
해남4-1.jpg	627	196	3.20	309	83	3.72	136408	13195	10.34	2.03	2.36	5.20	7.00
해남4-2.jpg	648	210	3.09	312	93	3.35	146978	15860	9.27	2.08	2.26	5.80	6.25
해남4-4.jpg	587	190	3.09	274	96	2.85	123122	14723	8.36	2.14	1.98	6.20	7.25
해남5-1.jpg	660	188	3.51	324	97	3.34	156739	14918	10.51	2.04	1.94	6.40	7.50
해남5-2.jpg	632	210	3.01	300	100	3.00	143696	16977	8.46	2.11	2.10	7.40	8.00
해남5-3.jpg	611	190	3.22	341	104	3.28	145129	17515	8.29	1.79	1.83	7.20	7.50
해남5-4.jpg	577	194	2.97	317	101	3.14	129024	16994	7.59	1.82	1.92	7.00	8.75
해남6-1.jpg	655	204	3.21	339	89	3.81	156437	14370	10.89	1.93	2.29	6.25	8.67
해남6-2.jpg	561	184	3.05	300	89	3.37	123818	14082	8.79	1.87	2.07	6.25	7.33
해남6-3.jpg	615	221	2.78	327	97	3.37	150764	17770	8.48	1.88	2.28	6.80	7.25
해남6-5.jpg	579	196	2.95	301	85	3.54	126563	14904	8.49	1.92	2.31	8.00	6.25

-Cabbage 촬영 영상 추출 Sample



-Cabbage&Xylem Normalized Mask



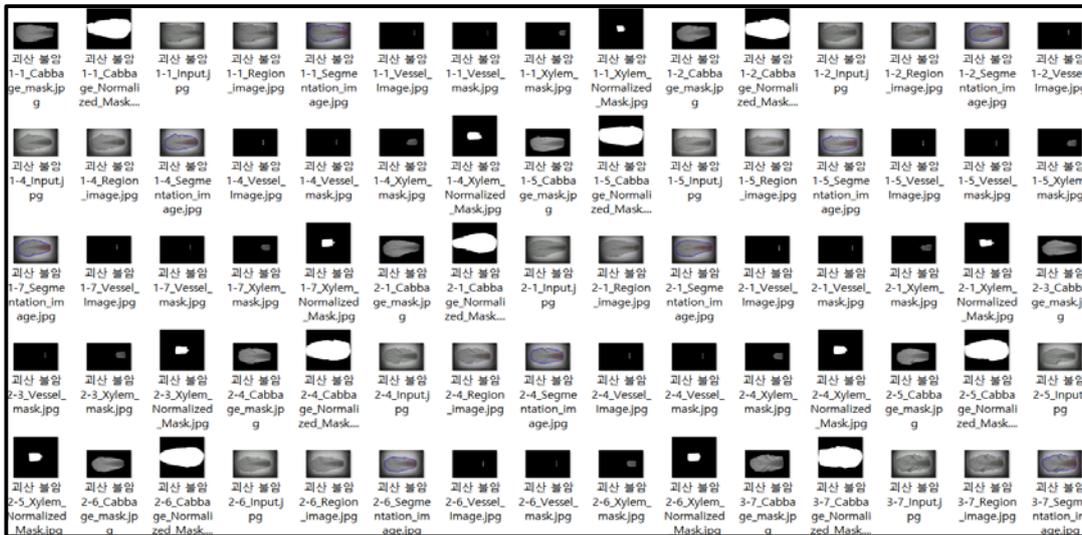
2) 2014년 구축 데이터 베이스

① 2014년 괴산 불암 배추 분석 결과

-Cabbage Analysis Data 402개 Database 중 Sample

Name	C.H	X.H	H.R	C.W	X.W	W.R	C.A	XA	A.R	C.H/W	X.H/W	V.T avg	VI avg
괴산 불암 1-1.jpg	622	119	5.22	312	92	3.39	148744	8934	16.65	1.99	1.29	7.6	8.00
괴산 불암 1-2.jpg	547	170	3.21	291	112	2.60	119829	15200	7.88	1.88	1.52	7.8	9.25
괴산 불암 1-4.jpg	541	179	3.02	289	103	2.81	114934	15428	7.45	1.87	1.74	7.75	7.33
괴산 불암 1-5.jpg	558	161	3.46	277	108	2.56	122594	14208	8.63	2.01	1.49	7.25	9.67
괴산 불암 1-7.jpg	531	156	3.4	301	101	2.98	116225	13221	8.79	1.76	1.54	8	8.75
괴산 불암 2-1.jpg	598	191	3.13	298	108	2.76	132272	15930	8.30	2.01	1.77	8	7.67
괴산 불암 2-3.jpg	564	168	3.35	282	111	2.54	118916	15555	7.64	2.00	1.51	7.4	10.25
괴산 불암 2-4.jpg	528	161	3.27	277	111	2.50	115284	14952	7.71	1.91	1.45	8.6	9.75
괴산 불암 2-5.jpg	524	160	3.27	288	111	2.59	115264	15004	7.68	1.82	1.44	7.6	9.75
괴산 불암 2-6.jpg	528	152	3.47	264	102	2.59	108067	14377	7.52	2.00	1.49	7.8	10.00
괴산 불암 3-7.jpg	552	149	3.7	316	133	2.38	133935	17439	7.68	1.75	1.12	8.8	12.50
괴산 불암 4-1.jpg	546	161	3.39	312	108	2.89	127692	14752	8.66	1.75	1.49	7.5	8.67
괴산 불암 4-2.jpg	539	166	3.24	298	113	2.64	124050	14999	8.27	1.81	1.47	8.25	8.33
괴산 불암 4-3.jpg	556	189	2.94	314	106	2.96	129433	16594	7.80	1.77	1.78	7.75	9.67
괴산 불암 4-5.jpg	560	183	3.06	304	110	2.76	131231	16250	8.08	1.84	1.66	9	11.00
괴산 불암 4-6.jpg	573	194	2.95	283	106	2.67	126610	15845	7.99	2.02	1.83	8.75	11.00
괴산 불암 5-1.jpg	497	149	3.33	249	95	2.62	93374	12037	7.76	2.00	1.57	10	9.33
괴산 불암 5-2.jpg	566	155	3.65	280	120	2.33	125005	16055	7.79	2.02	1.29	6.6	6.00
괴산 불암 5-3.jpg	551	155	3.55	275	107	2.57	116762	14366	8.13	2.00	1.45	10.5	10.33

-Cabbage 촬영 영상 추출 Sample



-Cabbage&Xylem Normalized Mask

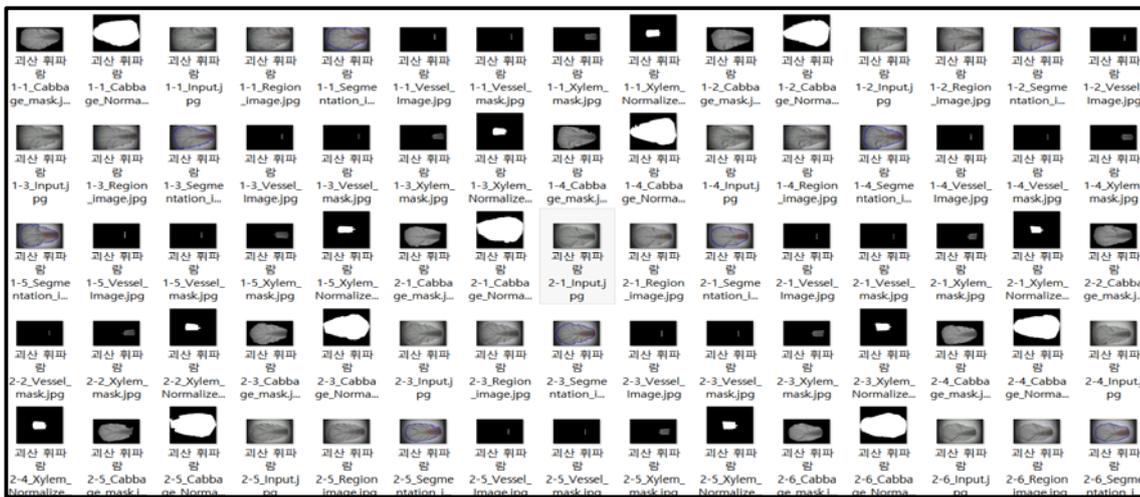


② 2014年 괴산 휘파람 배추 분석 결과

-Cabbage Analysis Data 421개 Database 중 Sample

Name	C.H	X.H	H.R	C.W	X.W	W.R	C.A	X.A	A.R	C.H/W	X.H/W	V.T avg	VI avg
괴산 휘파람 1-1.jpg	614	196	3.13	428	122	3.51	206777	21006	9.84	1.43	1.61	8.4	9.75
괴산 휘파람 1-2.jpg	617	211	2.92	445	114	3.90	185403	20274	9.14	1.39	1.85	8	9
괴산 휘파람 1-3.jpg	630	190	3.32	437	114	3.83	196553	18046	10.89	1.44	1.67	7.8	7.75
괴산 휘파람 1-4.jpg	608	196	3.10	441	110	4.01	188942	18432	10.25	1.38	1.78	8.6	9
괴산 휘파람 1-5.jpg	598	228	2.62	424	110	3.85	181170	20781	8.72	1.41	2.07	8.2	8.25
괴산 휘파람 2-1.jpg	560	157	3.57	395	104	3.80	165965	13029	12.74	1.42	1.51	8.6	8.5
괴산 휘파람 2-2.jpg	598	199	3.01	406	112	3.63	176719	17926	9.86	1.47	1.78	8.75	8.66
괴산 휘파람 2-3.jpg	588	200	2.94	414	121	3.42	175293	19810	8.85	1.42	1.65	9	9.5
괴산 휘파람 2-4.jpg	554	164	3.38	372	121	3.07	156018	17264	9.04	1.49	1.36	7.33	9.8
괴산 휘파람 2-5.jpg	540	172	3.14	362	116	3.12	146078	16603	8.80	1.49	1.48	7.8	10.75
괴산 휘파람 2-6.jpg	527	162	3.25	366	122	3.00	146777	16585	8.85	1.44	1.33	9	9.33
괴산 휘파람 3-1.jpg	600	163	3.68	408	111	3.68	178740	14783	12.09	1.47	1.47	8	8.5
괴산 휘파람 3-6.jpg	608	206	2.95	390	123	3.17	178208	22472	7.93	1.56	1.67	8.6	10
괴산 휘파람 4-4.jpg	610	224	2.72	424	107	3.96	167728	18220	9.21	1.44	2.09	8	10
괴산 휘파람 4-5.jpg	620	213	2.91	407	115	3.54	168793	18490	9.13	1.52	1.85	11.5	11
괴산 휘파람 4-7.jpg	532	193	2.76	383	94	4.07	139984	13872	10.09	1.39	2.05	6.2	7.75
괴산 휘파람 5-1.jpg	597	167	3.57	395	117	3.38	170351	16319	10.44	1.51	1.43	8.6	11.75
괴산 휘파람 5-2.jpg	577	161	3.58	392	121	3.24	163382	17033	9.59	1.47	1.33	10.6	10
괴산 휘파람 5-3.jpg	568	152	3.74	395	113	3.50	163336	15069	10.84	1.44	1.35	8.2	10.75

-Cabbage 촬영 영상 추출 Sample



-Cabbage&Xylem Normalized Mask

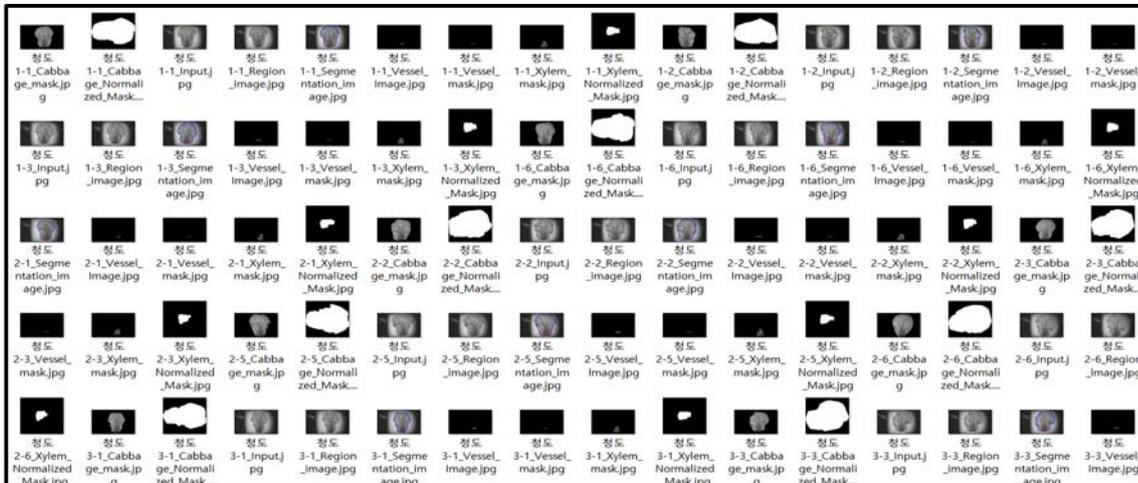


③. 2014年 청도 배추 분석 결과

-Cabbage Analysis Data 263개 Database 중 Sample

Name	CH	XH	HR	CW	XW	WR	CA	XA	AR	CH/W	XH/W	V.T avg	VI avg
청도1-1.jpg	424	130	3.26	310	99	3.13	96526	9865	9.78	1.37	1.31	7.67	5.50
청도1-2.jpg	415	134	3.10	301	97	3.10	94033	9465	9.93	1.38	1.38	8.00	6.00
청도1-3.jpg	400	120	3.33	318	100	3.18	94563	9182	10.30	1.26	1.20	6.75	7.33
청도1-6.jpg	436	120	3.63	335	105	3.19	105287	9427	11.17	1.30	1.14	8.75	9.00
청도2-1.jpg	396	136	2.91	293	95	3.08	85962	9656	8.90	1.35	1.43	8.33	7.00
청도2-2.jpg	426	128	3.33	326	113	2.88	109237	11111	9.83	1.31	1.13	7.80	7.75
청도2-3.jpg	410	123	3.33	336	110	3.05	100699	9508	10.59	1.22	1.12	6.17	7.20
청도2-5.jpg	436	142	3.07	360	113	3.19	111108	11652	9.54	1.21	1.26	8.00	7.50
청도2-6.jpg	437	122	3.58	347	115	3.02	117933	9932	11.87	1.26	1.06	7.50	8.67
청도3-1.jpg	399	124	3.22	285	92	3.10	82037	9285	8.84	1.40	1.35	7.33	9.50
청도3-3.jpg	389	122	3.19	320	103	3.11	95025	9002	10.56	1.22	1.18	7.33	8.50
청도3-4.jpg	404	112	3.61	335	100	3.35	101691	8412	12.09	1.21	1.12	7.40	7.75
청도4-1.jpg	397	117	3.39	275	97	2.84	80589	9156	8.80	1.44	1.21	6.25	9.67
청도4-2.jpg	390	131	2.98	293	104	2.82	88483	10885	8.13	1.33	1.26	4.83	7.00
청도4-3.jpg	403	124	3.25	316	113	2.80	93226	10512	8.87	1.28	1.10	6.50	7.60
청도4-4.jpg	378	126	3.00	302	95	3.18	84836	9342	9.08	1.25	1.33	6.80	7.00
청도4-5.jpg	395	122	3.24	314	103	3.05	95188	9833	9.68	1.26	1.18	7.75	9.33
청도5-4.jpg	397	115	3.45	331	109	3.04	100567	9365	10.74	1.20	1.06	6.67	8.40
청도6-1.jpg	401	131	3.06	308	107	2.88	94138	10410	9.04	1.30	1.22	6.33	8.50

-Cabbage 촬영 영상 추출 Sample



-Cabbage&Xylem Normalized Mask

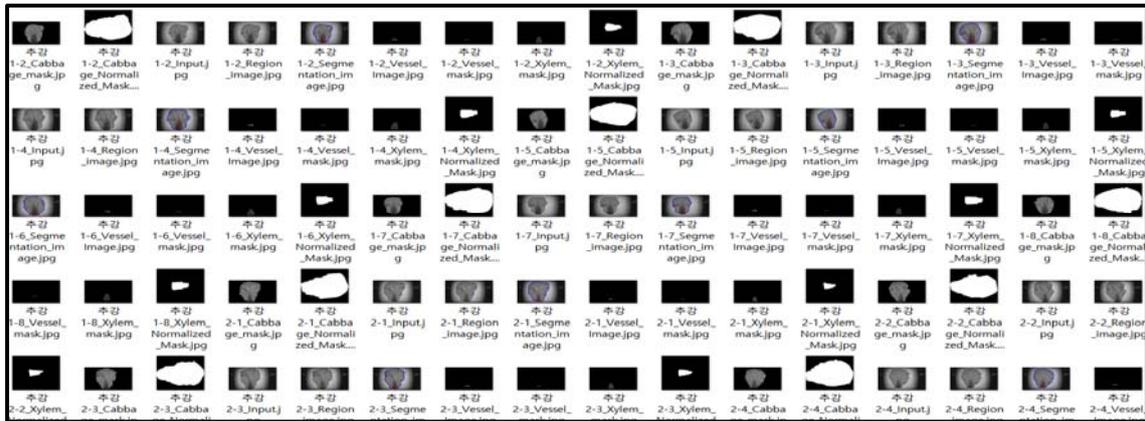


④ 2014年 해남 추강 배추 분석 결과

-Cabbage Analysis Data 352개 Database 중 Sample

Name	CH	XH	HR	CW	XW	WR	CA	XA	AR	CH/W	XH/W	VT SIZE	VI SIZE
목감1-2jdr	406	141	2.88	294	89	3.30	89620	9482	9.46	1.38	1.58	6.26	7.00
목감1-3jdr	441	147	3.00	328	100	3.28	109221	11621	9.40	1.34	1.47	6.26	7.00
목감1-4jdr	441	160	2.76	367	106	3.40	114079	13763	8.29	1.24	1.52	7.26	7.33
목감1-5jdr	404	130	3.11	280	83	3.37	81760	8424	9.70	1.44	1.57	6.33	7.00
목감1-6jdr	430	148	2.91	320	103	3.11	108484	12213	8.88	1.34	1.44	7.33	6.60
목감1-7jdr	383	144	2.66	282	86	3.28	83002	10616	7.89	1.36	1.67	6.76	6.67
목감1-8jdr	394	144	2.74	308	91	3.38	86692	10842	8.00	1.28	1.58	6.50	7.67
목감2-1jdr	434	110	3.96	316	81	3.89	104319	6399	16.30	1.38	1.36	6.60	6.00
목감2-2jdr	441	133	3.32	323	88	3.67	103374	8168	12.67	1.37	1.51	2.86	4.60
목감2-3jdr	441	127	3.47	321	84	3.82	101741	7869	12.96	1.37	1.51	6.26	6.33
목감2-4jdr	404	117	3.46	312	86	3.67	93766	7477	12.64	1.29	1.38	6.00	6.60
목감2-5jdr	393	107	3.67	306	76	4.03	87696	6368	13.79	1.28	1.41	6.00	13.00
목감2-6jdr	373	110	3.39	278	71	3.92	76478	6963	12.83	1.34	1.56	4.26	6.00
목감2-7jdr	366	108	3.38	278	70	3.97	76196	6784	13.17	1.31	1.64	3.40	6.60
목감3-1jdr	392	124	3.16	292	89	3.28	91617	8441	10.84	1.34	1.39	6.80	6.60
목감3-2jdr	412	137	3.01	326	111	2.94	109652	10302	10.63	1.26	1.23	6.00	7.33
목감3-4jdr	392	123	3.19	288	91	3.16	91300	8032	11.37	1.36	1.36	6.00	6.00
목감3-6jdr	377	107	3.62	278	88	3.16	86016	7066	12.17	1.36	1.22	6.00	6.00
목감3-8jdr	376	126	3.01	270	82	3.29	77312	7863	10.10	1.39	1.52	6.26	6.67

-Cabbage 촬영 영상 추출 Sample



-Cabbage&Xylem Normalized Mask



⑤ 2014年 해남 휘파람 배추 분석 결과

-Cabbage Analysis Data 438개 Database 중 Sample

-Cabbage Analysis Data 240개 Database 중 Sample

Name	C.H	X.H	H.R	C.W	X.W	W.R	C.A	X.A	A.R	C.H/W	X.H/W	V.T avg	V.I avg
1-1.jpg	879	445	1.98	532	148	3.59	327274	61237	5.34	1.65	3.01	11.60	12.50
1-6.jpg	920	466	1.97	552	183	3.02	370202	70544	5.25	1.67	2.55	13.80	12.75
2-1.jpg	1017	489	2.08	597	255	2.34	457899	108032	4.24	1.70	1.92	16.67	12.60
2-2.jpg	874	427	2.05	530	181	2.93	337997	64710	5.22	1.65	2.36	12.50	13.00
2-3.jpg	865	416	2.08	526	193	2.73	349317	68729	5.08	1.64	2.16	14.20	15.50
2-4.jpg	918	471	1.95	555	195	2.85	389133	73051	5.33	1.65	2.42	14.40	14.75
3-1.jpg	898	514	1.75	492	162	3.04	315177	70731	4.46	1.83	3.17	12.50	16.67
3-5.jpg	895	461	1.94	533	169	3.15	343511	67075	5.12	1.68	2.73	13.40	13.25
3-7.jpg	973	434	2.24	594	180	3.30	427928	71612	5.98	1.64	2.41	13.67	12.00
4-1.jpg	897	467	1.92	530	156	3.40	303467	63123	4.81	1.69	2.99	11.80	13.50
4-2.jpg	871	448	1.94	493	151	3.26	307324	60504	5.08	1.77	2.97	11.75	10.67
4-3.jpg	912	485	1.88	537	164	3.27	348885	63741	5.47	1.70	2.96	12.60	11.50
4-5.jpg	980	460	2.13	601	172	3.49	410002	67790	6.05	1.63	2.67	12.50	12.33
4-6.jpg	933	477	1.96	528	158	3.34	340195	60964	5.58	1.77	3.02	14.00	11.67
4-7.jpg	1065	470	2.27	628	186	3.38	479905	76073	6.31	1.70	2.53	12.20	13.25
5-1.jpg	852	433	1.97	516	153	3.37	310811	56345	5.52	1.65	2.83	12.25	13.33
5-6.jpg	1027	489	2.10	624	184	3.39	452056	72242	6.26	1.65	2.66	12.50	13.33
6-1.jpg	809	395	2.05	472	152	3.11	273735	52082	5.26	1.71	2.60	11.75	15.00
6-2.jpg	925	498	1.86	508	136	3.74	333562	56919	5.86	1.82	3.66	11.00	15.00

-Cabbage 촬영 영상 추출 Sample



-Cabbage&Xylem Normalized Mask



②. 2015年 봄 중국 상해 배추 분석결과

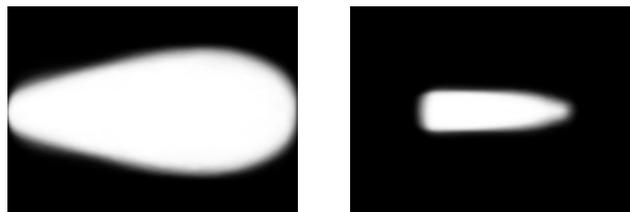
-Cabbage Analysis Data 249개 Database 중 Sample

Name	C.H	X.H	H.R	C.W	X.W	W.R	C.A	X.A	A.R	C.H/W	X.H/W	V.T avg	V.I avg
1-2.jpg	893	497	1.80	569	168	3.39	359731	69717	5.16	1.57	2.96	12.67	10.60
1-3.jpg	876	457	1.92	543	204	2.66	337312	66580	5.07	1.61	2.24	11.17	10.20
1-4.jpg	806	397	2.03	526	165	3.19	302556	54864	5.51	1.53	2.41	11.60	13.75
1-5.jpg	902	445	2.03	591	180	3.28	355701	65194	5.46	1.53	2.47	10.80	13.50
1-7.jpg	965	477	2.02	607	194	3.13	438722	73441	5.97	1.59	2.46	12.40	13.75
2-1.jpg	895	479	1.87	554	226	2.45	360834	78969	4.57	1.62	2.12	15.20	16.25
2-5.jpg	965	518	1.86	613	210	2.92	422598	82942	5.10	1.57	2.47	16.00	14.00
2-6.jpg	946	494	1.91	596	201	2.97	411436	75433	5.45	1.59	2.46	13.60	15.75
2-8.jpg	1029	552	1.86	650	184	3.53	467770	85484	5.47	1.58	3.00	16.75	17.33
3-1.jpg	1066	576	1.85	676	279	2.42	533045	126290	4.22	1.58	2.06	14.67	16.20
3-2.jpg	880	452	1.95	544	171	3.18	346802	68209	5.08	1.62	2.64	11.83	11.60
3-3.jpg	874	445	1.96	543	170	3.19	343271	67286	5.10	1.61	2.62	12.50	11.00
3-4.jpg	883	470	1.88	551	171	3.22	342118	71469	4.79	1.60	2.75	14.60	14.75
3-5.jpg	1109	621	1.79	688	276	2.49	555438	130359	4.26	1.61	2.25	14.71	12.17
3-6.jpg	948	507	1.87	621	202	3.07	407800	76535	5.33	1.53	2.51	14.00	12.50
4-1.jpg	1064	538	1.98	666	250	2.66	518813	108386	4.79	1.60	2.15	15.83	13.00
4-4.jpg	906	427	2.12	587	181	3.24	368335	63681	5.78	1.54	2.36	12.40	13.75
5-2.jpg	894	470	1.90	598	156	3.83	374834	64302	5.83	1.49	3.01	12.80	13.25
5-3.jpg	900	453	1.99	559	166	3.37	366629	64124	5.72	1.61	2.73	11.80	14.00

-Cabbage 촬영 영상 추출 Sample



-Cabbage&Xylem Normalized Mask

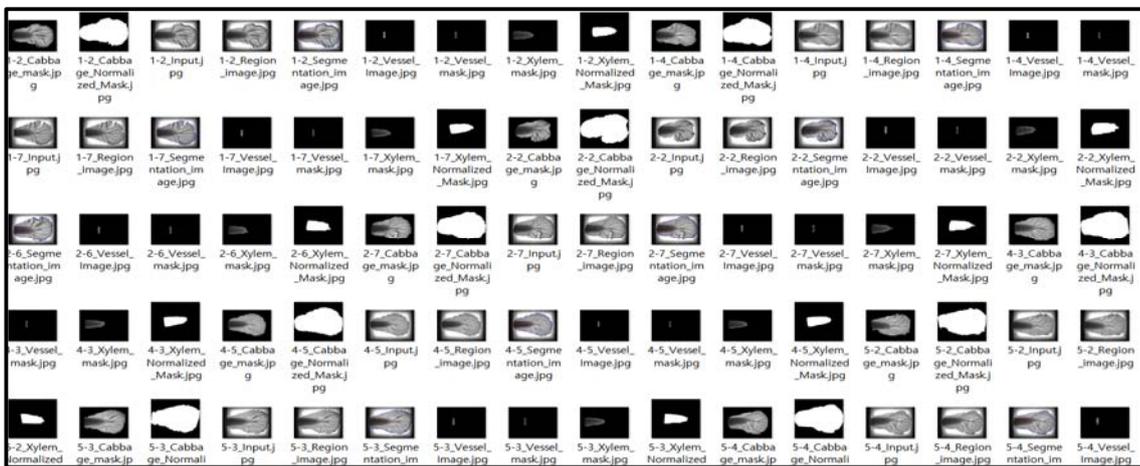


③ 2015年 봄 중국 소주 배추 분석결과

-Cabbage Analysis Data 228개 Database 중 Sample

Name	C.H	X.H	H.R	C.W	X.W	W.R	C.A	X.A	A.R	C.H/W	X.H/W	V.T avg	V.I avg
1-2.jpg	1094	554	1.97	791	263	3.01	600180	118917	5.05	1.38	2.11	15.33	16.00
1-4.jpg	1061	550	1.93	769	245	3.14	589032	106048	5.55	1.38	2.24	16.00	16.50
1-7.jpg	1036	514	2.02	791	255	3.10	555994	106744	5.21	1.31	2.02	16.00	17.50
2-2.jpg	954	534	1.79	713	289	2.47	492702	118771	4.15	1.34	1.85	17.67	20.20
2-6.jpg	1024	521	1.97	810	262	3.09	591467	113008	5.23	1.26	1.99	15.83	12.60
2-7.jpg	1067	559	1.91	757	279	2.71	594567	114679	5.18	1.41	2.00	16.50	12.40
4-3.jpg	1063	524	2.03	793	268	2.96	651104	115122	5.66	1.34	1.96	14.33	14.40
4-5.jpg	1008	499	2.02	747	246	3.04	538645	100733	5.35	1.35	2.03	14.17	11.40
5-2.jpg	1043	505	2.07	729	254	2.87	566511	102111	5.55	1.43	1.99	15.83	13.00
5-3.jpg	1082	525	2.06	789	272	2.90	629573	113839	5.53	1.37	1.93	16.14	12.17
5-4.jpg	1065	572	1.86	784	274	2.86	595173	117933	5.05	1.36	2.09	16.17	15.60
5-6.jpg	1094	590	1.85	770	261	2.95	593698	106813	5.56	1.42	2.26	16.00	15.80
6-2.jpg	1045	519	2.01	780	290	2.69	577883	119001	4.86	1.34	1.79	13.14	14.83
6-3.jpg	1018	472	2.16	796	264	3.02	580589	103614	5.60	1.28	1.79	14.17	15.80
6-5.jpg	1047	526	1.99	793	248	3.20	602283	108554	5.55	1.32	2.12	14.00	13.80
6-6.jpg	982	438	2.24	787	245	3.21	579404	87542	6.62	1.25	1.79	13.17	14.40
7-3.jpg	1000	571	1.75	724	237	3.05	498008	103136	4.83	1.38	2.41	13.75	21.00
7-5.jpg	981	545	1.80	790	269	2.94	559965	111971	5.00	1.24	2.03	16.43	14.50
7-7.jpg	984	491	2.00	717	256	2.80	522703	96720	5.40	1.37	1.92	14.43	12.83

-Cabbage 촬영 영상 추출 Sample



-Cabbage&Xylem Normalized Mask

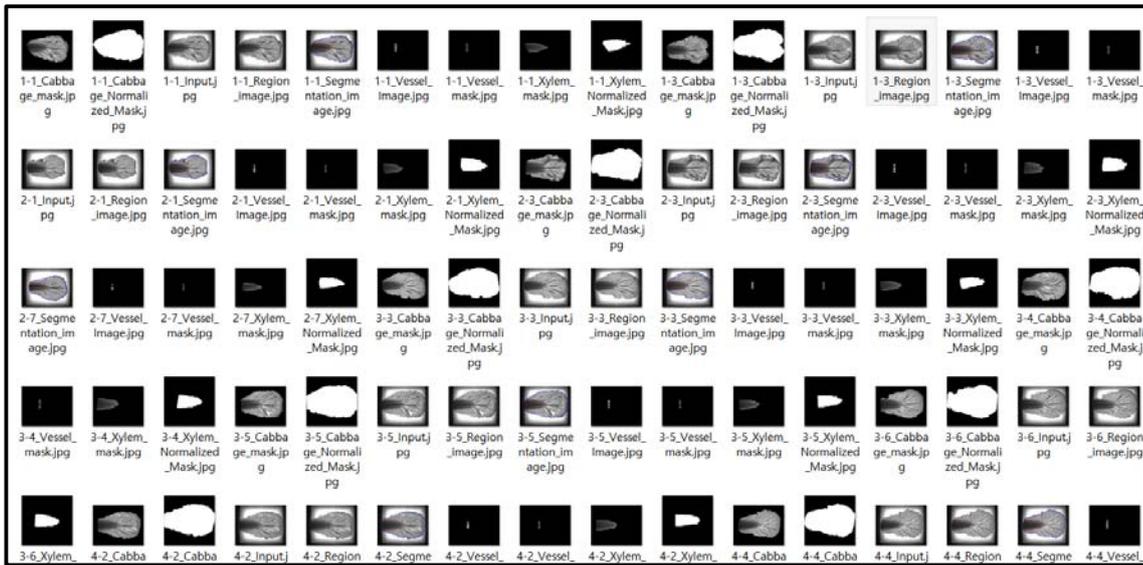


④ 2015年 봄 중국 항주 배추 분석결과

-Cabbage Analysis Data 259개 Database 중 Sample

Name	C.H	X.H	H.R	C.W	X.W	W.R	C.A	X.A	A.R	C.H/W	X.H/W	V.T avg	V.I avg
1-1.jpg	1060	572	1.85	690	235	2.94	525224	95944	5.47	1.54	2.43	13.83	13.40
1-3.jpg	1067	585	1.82	724	237	3.05	545500	110116	4.95	1.47	2.47	16.40	15.00
2-1.jpg	955	497	1.92	618	242	2.55	442671	95806	4.62	1.55	2.05	14.67	12.20
2-3.jpg	1036	510	2.03	688	286	2.41	527418	117240	4.50	1.51	1.78	16.50	15.20
2-7.jpg	984	494	1.99	679	229	2.97	476968	89360	5.34	1.45	2.16	15.17	11.40
3-3.jpg	1103	542	2.04	714	265	2.69	616977	114928	5.37	1.54	2.05	11.86	12.67
3-4.jpg	1127	557	2.02	768	301	2.55	672492	129206	5.20	1.47	1.85	19.20	19.50
3-5.jpg	1060	512	2.07	693	252	2.75	596959	102542	5.82	1.53	2.03	15.50	14.00
3-6.jpg	1087	529	2.05	745	277	2.69	610106	118125	5.16	1.46	1.91	14.86	14.17
4-2.jpg	1086	527	2.06	722	253	2.85	593011	112777	5.26	1.50	2.08	13.00	13.80
4-4.jpg	1066	513	2.08	731	257	2.84	574815	108524	5.30	1.46	2.00	14.83	15.00
4-6.jpg	1101	572	1.92	761	246	3.09	597559	109364	5.46	1.45	2.33	16.60	13.50
4-7.jpg	1108	562	1.97	739	269	2.75	621776	114511	5.43	1.50	2.09	15.71	12.00
5-1.jpg	1036	506	2.05	684	228	3.00	523789	99008	5.29	1.51	2.22	12.83	12.60
5-5.jpg	1067	542	1.97	739	253	2.92	553493	111834	4.95	1.44	2.14	15.33	11.60
5-7.jpg	1019	467	2.18	701	224	3.13	551967	83492	6.61	1.45	2.08	12.00	14.80
6-1.jpg	1014	548	1.85	698	267	2.61	504834	112616	4.48	1.45	2.05	15.80	16.25
6-4.jpg	1100	587	1.87	715	288	2.48	578947	127116	4.55	1.54	2.04	13.86	14.67
7-1.jpg	978	507	1.93	644	259	2.49	473236	99521	4.76	1.52	1.96	14.60	17.75

-Cabbage 촬영 영상 추출 Sample



-Cabbage&Xylem Normalized Mask



⑤ 2015年 봄 중국 청도 배추 분석결과

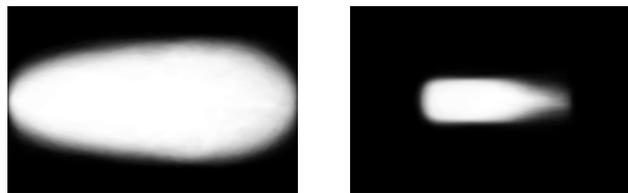
-Cabbage Analysis Data 235개 Database 중 Sample

Name	C.H	X.H	H.R	C.W	X.W	W.R	C.A	X.A	A.R	C.H/W	X.H/W	V.T avg	V.I avg
1-1.jpg	848	432	1.96	582	220	2.65	365144	59145	6.17	1.46	1.96	11.80	13.25
1-2.jpg	797	422	1.89	489	220	2.22	301359	74713	4.03	1.63	1.92	14.50	12.40
1-3.jpg	948	476	1.99	675	207	3.26	441768	73742	5.99	1.40	2.30	12.00	11.00
1-4.jpg	871	480	1.81	608	212	2.87	396080	75590	5.24	1.43	2.26	12.00	13.25
1-5.jpg	931	502	1.85	583	221	2.64	393090	83138	4.73	1.60	2.27	12.67	11.40
1-6.jpg	940	495	1.90	605	220	2.75	439769	82607	5.32	1.55	2.25	14.50	12.20
1-7.jpg	957	495	1.93	639	219	2.92	431203	75976	5.68	1.50	2.26	13.29	12.50
1-8.jpg	979	497	1.97	626	210	2.98	444998	78301	5.68	1.56	2.37	12.80	14.75
2-2.jpg	968	517	1.87	585	207	2.83	385348	89748	4.29	1.65	2.50	14.17	12.00
2-3.jpg	964	508	1.90	611	238	2.57	414164	99995	4.14	1.58	2.13	17.75	18.00
2-4.jpg	1092	533	2.05	721	272	2.65	521908	104158	5.01	1.51	1.96	15.57	12.33
3-3.jpg	974	448	2.17	714	222	3.22	471457	64256	7.34	1.36	2.02	12.14	11.50
3-4.jpg	1088	537	2.03	747	290	2.58	593917	88661	6.70	1.46	1.85	11.11	11.13
4-1.jpg	893	450	1.98	592	221	2.68	348315	70638	4.93	1.51	2.04	14.20	10.50
4-2.jpg	1037	551	1.88	671	222	3.02	447945	99556	4.50	1.55	2.48	17.00	11.80
4-3.jpg	950	501	1.90	617	226	2.73	405091	91207	4.44	1.54	2.22	16.25	18.33
5-1.jpg	1085	587	1.85	735	235	3.13	558005	98822	5.65	1.48	2.50	13.20	14.25
5-2.jpg	1117	581	1.92	751	262	2.87	611443	104816	5.83	1.49	2.22	15.75	11.29
6-2.jpg	1015	572	1.77	703	243	2.89	492851	94866	5.20	1.44	2.35	18.83	13.60

-Cabbage 촬영 영상 추출 Sample



-Cabbage&Xylem Normalized Mask



8. 상용화를 위한 방안

1) 식별률 향상 방안

- 카메라 렌즈에 대한 광학설계를 통한 왜곡률 저감으로 이미지 처리시 오류를 낮출 수 있을 것으로 기대할 수 있다. 비구면 렌즈의 경우 수차를 줄일 수 있어 매우 유리하나 가격이 높아지는 단점이 있어 상용화 요건에 부합하지 않다.
렌즈의 경우 중심부를 벗어난 지점의 빔에서 수차가 커지므로 시료와 카메라의 거리를 증가시켜 촬영하면 시료 부분의 이미지 왜곡을 줄일 수 있을 것으로 기대할 수 있다. 그러나 해상도는 반대로 감소하게 되므로 최적화를 위해서는 시행오차가 불가피할 것으로 판단된다. 또한 이미지 크기가 축소되므로 이미지처리 프로그래밍에서 이의 반영이 필요하다.
- 하드웨어적인 향상 방안과 별도로 식별 알고리즘의 개선이 추가적으로 필요하다. 식별에 사용되어지는 파라미터는 잎의 높이, 폭, 줄기 높이, 줄기 폭, 물관간격, 물관폭, 물관개수, 각 파라미터의 비율, 마스크와의 일치율 등이 있으나 각 파라미터에 대한 보다 정교한 가중치를 도입하여 정형화되어 있지 않은 시료의 특성이 잘 반영될 수 있도록 개선할 필요가 있다.

2) 소형화 및 비용절감

- 소형화 방안 : 광원의 크기는 배추의 최대 크기보다 커야하므로 소형화하기에는 한계가 있다. 하지만 PCB를 분할하여 제작하는 방법으로 소형화가 가능할 수 있으며 분할제작에는 고려해야 할 사항이 있다. 첫째는 전원을 분리할 경우 다수의 SMPS가 필요하고 부피나 무게가 늘어날 수밖에 없다. 하나의 SMPS로 구성할 경우 선이 복잡해질 수 있다. 두 번째로, 면광원이 될 수 있도록 확산시트를 사용한다면 확산시트도 PCB와 동일하게 분리가 되어야 하고 그래야 부피를 줄일 수 있다. 그러나 이 경우 배추 이미지에 확산시트 경계선이 그대로 남을 것이기 때문에 소프트웨어로 이를 제거하는 과정이 필요하다.
- 비용절감 : 시스템에서 가장 많은 비용이 드는 부분은 우선 LED 광원이다. 저출력의 LED를 다수 사용하여 제작하는 것과 보다 적은 수의 고출력 LED를 사용하여 제작하는 것의 비용차이를 좀 더 검토해볼 필요가 있다. 그 다음으로 고려해 볼 수 있는 부분은 카메라 모듈로 저가의 제품 혹은 고가의 제품의 선택의 문제로서, 해상도를 어느 정도까지 나쁘게 해도 식별률을 유지할 수 있는지에 대한 트레이드오프 관계에 있다. 하지만 하드웨어의 부족한 부분을 소프트웨어로 어느 정도는 보완이 가능할 것으로 예상된다.

3) 다른 영역에의 적용 가능성

- 본 과제에서 적용한 기본적인 개념은 작물의 종마다 형태가 다를 것이라는 전제이다. 이를 응용하여 다른 영역에의 적용을 매우 광범위하게 고려해 볼 수 있다. 우선 각종 들풀에 대한 표준 이미지를 DB화 한다면 들에 나가 이름을 알고자 하는 들풀을 촬영하면 DB와 연동하여 들풀의 이름 및 각종 정보를 알 수 있게 된다. 또한 식용버섯과 유사하게 생긴 독버섯에 대한 DB화로 독버섯 섭취로 인한 사고를 줄일 수 있게 되고 이는 산나물에도 적용이 가능한 개념이다.

제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

배추의 내부 구조를 적외선 영상으로 획득하여 잎맥의 구조, 물관의 물리적인 크기 및 개수 등으로 종 들간의 차이를 규명하고자 하였다. 이를 위하여 적외선 광원을 제작하고 이를 검출할 수 있는 촬영모듈을 제작하였으며 적외선 필터를 사용하여 이미지 해상도를 높이고 또한 외부 산란빛에 의한 에러를 줄였다. 측정시스템은 휴대하기 편리하도록 조립식으로 제작을 하였으며 이는 중국시료를 국내에 반입하는 것에 애로 사항이 있어 중국현지에서 측정을 하기 위해서도 반드시 필요한 사항이었다. 여행용 가방에 분리하여 보관 및 이동이 가능하도록 하였으며 방열을 위한 냉각팬과 LED에 전원을 공급하기 위한 컨버터가 내장되어 있다. 이미지처리 프로그램을 제작하여 측정된 이미지를 DB화 하였으며 이미지를 불러와 원산지를 판독할 수 있는 기능을 넣었으며 이미지에 대한 여러 가지 수치해석적인 방법을 수행하였다.

제작한 측정 시스템을 가지고 다양한 종류의 배추에 대한 이미지 획득을 하여 데이터베이스화 하였으며 국내와 중국의 총15종에 대한 이미지를 획득하였다.

원산지 판별에 대한 기술은 판독시간이 오래 걸리는 단점이 있지만 에러율이 낮은 DNA 검사 방법과 시료에 대한 전처리 과정이 필요한 분광법 등 기존의 다양한 방법이 있어 왔으나 시료의 물리적인 특징만을 가지고 원산지를 판별하는 방법은 본 과제에서 수행한 것이 처음 시도되는 것으로 의의가 크다 할 수 있다. 이를 응용하여 사물에 대한 판독시스템이나 가시광으로는 보이지 않는 내부구조를 적외선을 이용하여 직접 눈으로 확인할 수 있는 기술 등으로 적용이 가능할 것으로 판단되어 관련 분야에의 기여도가 높다고 할 수 있다.

계 획	달 성	달성도 (%)
<ul style="list-style-type: none"> ○ 적외선 영상을 이용한 측정기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 광원 방출 모듈 개발 - IR 필터링 광학계 구성 - IR 이미지 센서 모듈 - 데이터베이스 연동기술 개발 - 검색 및 판독 기술개발 - 지역별 특징 분류 알고리즘 개발 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 적외선 이미지 획득 시스템 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 850, 910, 940 nm 광원모듈 실험 및 최적의 이미지획득 광원제작 - 촬영환경에 영향이 없도록 특정 과장광원 및 IR 밴드패스 필터로 광학계 구성 - 적외선 감응 센서모듈을 이용하여 이미지 획득 - 데이터베이스 연동기술 개발 - 15종에 대한 DB검색 및 판독 기술개발 - 해남, 중국 청도 등 지역별 특징에 따른 분류 	100
<ul style="list-style-type: none"> ○ 적외선 영상 DB 구축 <ul style="list-style-type: none"> - 국내 배추잎에 대한 적외선 영상 DB 구축 - 국외 배추잎에 대한 적외선 영상 DB 구축 - 국내 생산지별 배추잎에 대한 이미지 DB 구축 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 원산지별 15종 DB 구축 <ul style="list-style-type: none"> - 국내 남부지방 및 중부지방의 배추잎에 대한 적외선 영상획득 및 DB구축 - 중국 청도 등 국외 배추잎에 대한 적외선 영상획득 및 DB구축 - 국내 생산지별 배추잎에 대한 이미지 DB 구축 및 종별구분 마스크 획득 	100

제 5 장 연구개발 성과 및 성과활용 계획

1. 사업화 계획

현재 개발 완료된 측정시스템은 식별률이 70%를 약간 상회하는 정도여서 사업화를 위해서는 95%이상의 수준으로 높이는 것이 필요하다. 이는 선명한 이미지를 얻기 위한 광학계의 수정보완이 필요하고 안정적인 판독 알고리즘이 필요하므로 참여기업인 (주)링크옵틱스에서 본 시스템의 업그레이드를 진행함과 동시에 본 과제를 통하여 축적된 노하우를 이용하여 타 분야에의 응용품을 계획하고 있다.

2. 교육, 홍보 계획

조선대학교 광기술공학과 등에서 “광기술특강” 으로 교육을 계획하고 있으며 각종 학술회의에서 본 주제를 가지고 논문발표를 계속 이어갈 계획이다. 시제품 수준이 아닌 사업화가 완료되면 언론 홍보를 통하여 신기술을 선보일 예정이어서 매출에도 기여할 것으로 기대하고 있다.

3. 본 연구를 통하여 특허출원 3건을 진행하였으며 5건의 논문을 발표하였다. 핵심기술을 응용한 신규 개발을 계획중이므로 이후에도 지속적으로 특허출원 및 논문발표 실적이 있을 것으로 판단된다.

구 분	발명의 명칭 / 논문제목
특허출원	작물의 원산지 판별 장치 및 방법
특허출원	식물의 종 판별장치 및 방법
특허출원	배추 품종 및 원산지 판별장치
논문	적외선 영상을 이용한 작물 원산지 판별 기술
논문	식물 내부구조의 적외선 이미지촬영
논문	적외선을 이용한 식물 잎맥의 그물구조 분석
논문	배추 잎 정보 분석 기반 배추 원산지 판별 프로그램 구현
논문	마스크를 이용한 배추의 종 판별방법

4. 타 연구에 활용 계획

가시광으로는 볼 수 없는 물체 내부를 적외선을 통하여 확인하는 기술은 응용분야가 매우 넓을 것으로 예상되며 특히 의료분야에 적용하여 친환경적인 투시측정시스템이 가능하고, 마스크를 이용한 방법은 일반적인 모든 사물에 적용하여 사물판별시스템이 가능하기 때문에 적용범위가 매우 넓을 것으로 판단된다.

제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보

○ 국외의 배추분석에 관련하여 발표된 논문

1. Luminance distribution as a determinant for visual freshness perception: Evidence from image analysis of a cabbage leaf, Arce-Lopera, C.; Masuda, T.; Kimura, A.; Wada, Y.; (FOOD QUALITY AND PREFERENCE, Vol.27 No.2, [2013]) [SCI,SCIE,SCOPUS]
2. QTL analysis of black rot resistance in cabbage using newly developed EST-SNP markers Kifuji, Y.; Hanzawa, H.; Terasawa, Y.; ; Nishio, T (Euphytica, Vol.190 No.2, [2013]) [SCI,SCIE,SCOPUS]
3. Research on Discrimination of Cabbage and Weeds Based on Visible and Near-Infrared Spectrum Analysis, Zu, Q. (SPECTROSCOPY AND SPECTRAL ANALYSIS, Vol.33 No.5, [2013]) [SCIE,SCOPUS]
4. Application of the complex of Fe(III) and anthocyanins in red cabbage extract in the spectrum analysis method, Hu, X.-r.; Li, T.; Luo, G. (CHEMICAL RESEARCH AND APPLICATION, Vol.25 No.1, [2013])
5. cDNA Clones and Expression Analysis of cpHSC70 and mtHSC70 in Non-Heading Chinese Cabbage, Song, H.; Song, X.; Liu, H.; Liu, T.; Li, Y.; Hou, (PLANT MOLECULAR BIOLOGY REPORTER, Vol.32 No.2, [2014]) [SCIE]
6. Genome-wide analysis of the bHLH transcription factor family in Chinese cabbage (*Brassica rapa* ssp. *pekinensis*), Song, X. M.; Huang, Z. N.; Duan, W. K.; Ren, J.; L (Molecular and general genetics, Vol.289 No.1, [2014])
7. Analysis of Cypermethrin and Permethrin in Celery Cabbage by Lanthanum-Modified Activated Alumina QuEChERS Method, Qiao, F.; Lin, Z.; Wang, M. (Asian Journal of Chemistry, Vol.26 No.21A, [2014]) [SCIE,SCOPUS]

○ 기술동향 분석 자료

1. 중국·일본의 종자 시장 동향 분석 (배추·고추·토마토·양배추 품목 중심)
- 농림수산식품기술기획평가원 2012. 12
2. 품종보호제도 강화를 위한 유전자 분석 기술의 활용
- 국립종자원 재배시험과 발표자료 2014. 06

제 7 장 참고문헌

1. OpenCV 2 computer Vision Application Programming Cookbook
Robert Laganiere, 2012 - 04 - 10
2. 김현욱, 홍성훈, “원산지 판별을 위한 배추분석 프로그램”, 2014년도 한국멀티미디어학회 춘계학술발표대회, 1권, 1호, pp.387-388, 2014.
3. 이광식 외, “배추 원산지 판별법 개발”, 한국기초과학지원연구원, 2011
4. R.C.Gonzalez, and R.E.Woods, Digital Image Processing, Third Edition, Prentice-Hall, 2008.
5. 정성환, 이문호, MATLAB을 활용한 실용 디지털 영상처리, 홍릉과학출판사, 2005
6. R.C.Gonzalez, R.E.Woods, S.L.Eddins Digital Image Processing Using MATLAB, Second Edition, Mcgraw-Hill, 2012
7. Gary Bradski, Adrian Kaehler, Learning OpenCV: Computer Vision with the OpenCV, O ‘REILLY, 2008
8. 최진영, 방경환, 한기영, 노봉수, “식품의 원산지 판별분석”, 한국식품과학회 (2012).
9. 이명재, “미생물 군집 분석을 이용한 중국산 김치 원산지 판별 기술개발”, 경기대학교 (2011).
10. 안형균, 김용호, “근적외선 분광분석법을 이용한 콩의 원산지 판별”, 한국작물학회 (2010).
11. 근적외선 분광광도법을 이용한 송이버섯의 원산지 판별 “, 한국식품과학회 (2006).
12. 근적외선 흡수스펙트럼을 이용한 곡물 1립 비파괴 분석 방법, 특허, 농촌진흥청 (2001)
13. 근적외 분석법에 의한 참깨의 원산지 판별, 권영길, 조래광, 한국농화학회지 (1998)
14. 전자코를 이용한 농산물의 산지판별, 노봉수, 고재원, 한국산업식품공학회 (1997)
15. 배추원산지 판별을 위한 국산과 중국산 김치의 특성에 관한 고찰 (2009)

[첨부]

특허, 논문, 제품(시장) 분석보고서

신청과제명	적외선광원을 이용한 작물 원산지판별 분석기술 개발		
주관연구책임자	김정헌	주관기관	한국광기술원

1. 본 연구관련 국내외 기술수준 비교

개발기술명	관련기술 최고보유국	현재 기술수준		기술개발 목표수준	비고
		우리나라	연구신청팀		
적외선 영상을 이용한 원산지 판별 기술	없음	없음	75	90	

2. 특허분석

가. 특허분석 범위

대상국가	국내, 국외 (미국, 일본, 유럽)
특허 DB	WIPS (www2.wips.co.kr)
검색기간	최근 5년간
검색범위	제목 및 초록

나. 특허분석에 따른 본 연구과제와의 관련성

개발기술명	적외선 영상을 이용한 원산지 판별 기술		
Keyword	적외선, 원산지	적외선, 원산지	
검색건수	60		
유효특허건수	7		
핵심특허 및 관련성	특허명	근적외 다변량 분석법을 이용한 곡물 시료의 원산지 판별방법	초분광 영상을 이용한 농산물의 원산지 판별 장치 및 방법
	보유국	KR	KR
	등록년도	2011	2015
	관련성(%)	20	20
	유사점	근적외선을 이용한 원산지 판별 일정 범위의 근적외선의 스펙트럼 분석을 통한 원산지 판별로써, 근적외선을 이용한 촬영기법과는 차이가 있음	영상을 이용한 원산지 판별 초분광을 이용한 성분분석적인 방법이므로 샘플의 이미지를 이용한 원산지 판별과 차이가 있음

3. 논문분석

가. 논문분석 범위

대상국가	국내
논문 DB	RISS
검색기간	최근 20년간
검색범위	제목, 초록 및 키워드

나. 논문분석에 따른 본 연구과제와의 관련성

개발기술명	적외선 영상을 이용한 원산지 판별 기술		
Keyword	적외선, 원산지		
검색건수	32		
유효논문건수	12		
핵심논문 및 관련성	논문명	근적외선 분광분석법을 이용한 생약의 원산지 판별	인삼 및 인삼 가공품의 원산지(국내산, 중국산) 판별법 개발
	학술지명	약학회지	학위논문(서울여자대학교)
	저 자	우영아, 조창희, 김효진, 조정환, 조경규, 정승성, 김수정, 김중환	문지영
	게재년도	1998	2015
	관련성(%)	20	20
	유사점	근적외선을 이용한 원산지판별	근적외선을 이용한 원산지 판별
	차이점	분광분석법으로 성분을 분석하여 원산지를 판별하는 기술	근적외선 분광분석, X-선형광분석, 전자코, 질량분석 등을 다양한 기법을 이용한 분석법으로 이미지를 이용한 분석법과는 차이가 있음

4. 제품 및 시장 분석

가. 생산 및 시장현황

1) 국내외 제품생산 및 시장 현황

구 분	현재의 시장규모 (2015년)	예상 시장규모 (2020년)
세 계 시 장 규 모	50억\$	100억\$
한 국 시 장 규 모	600억원	1200억원

- * 산출근거 : - 나노종합기술원 MEMS팀 [적외선센서시장동향, 2013]
 - 적외선 영상카메라 국산화 [전자신문, 2009.2]
 - 연성장률 15%로 추정함

나. 개발기술의 산업화 방향 및 기대효과

1) 산업화 방향(제품의 특징, 대상 등)

- 해외 기술과 설비 및 계측 분석장비 불필요 비용 대폭절감
- 제조공정 첨단 정밀화 및 품질개선으로 생산성 향상 손실 대폭 감소
- 첨단 검사/분석 공정으로 순수 국산 농산물로 최고의 식품을 최저가로 공급 가능
- 적외선 투시 광원 엔진 적용 공정설비 수출

2) 산업화를 통한 기대효과

(단위 : 백만원)

항 목 \ 산업화 기준	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	계
직접 경제효과	20	50	300	1,000	2,000	3,370
경제적 파급효과	1,500	2,000	2,600	3,400	4,500	14,000
부가가치 창출액	20	50	300	1,000	2,000	3,370
합 계	1,540	2,100	3,200	5,400	8,500	20,740

- 1) 직접 경제효과 : 본 연구과제 개발기술의 산업화를 통해 기대되는 제품의 매출액 추정치
- 2) 경제적 파급효과 : 본 연구과제 개발기술의 산업화를 통한 농가소득효과, 비용절감효과 등 추정치
- 3) 부가가치 창출액 : 본 연구과제 개발기술의 산업화를 통해 기대되는 수출효과, 브랜드가치 등 추정치

5. 3P(특허,논문,제품)분석을 통한 연구추진계획

가. 분석결과 향후 연구계획(특허, 논문, 제품 측면에서 연구방향 제시)

1) 특허분석 측면

- 국내외 특허 조사 결과 본 수행과제와 유사하거나 관련된 특허와 기술 전혀 없음
- 근적외선 분광분석법이 가장 많이 검색이 되고 있음
- 한 분야의 적용이 아닌 적용 분야의 확대 개발에 따른 특허출원 바람직함

2) 논문분석 측면

- 논문 조사 결과도 특허 조사와 마찬가지로 이미지를 활용하는 기술 전무함
- 근적외선 분광분석법에 대한 논문발표가 주를 이루고 있음
- 적외선 영상기법을 이용한 응용제품 개발로 틈새시장 공략이 가능할 것으로 판단됨

3) 제품 및 시장분석 측면

- 현재 특허, 논문, 제품, 시장분석 결과 유사기술 혹은 제품은 국내외에서 검색되지 않는 현황임. 본 과제를 통하여 개발된 시제품을 사업화하면 분석시간 및 휴대용이성으로 인하여 유리한 선점을 할 수 있을 것으로 기대함

부 록

○ 배추영상판독시스템 시험성적서

시험성적서

<p>한국광기술원 우500-779 광주광역시 북구 첨단벤처로 16번길 9(월출동) (Tel: 062 605 9295, Fax: 062 605 9288)</p>	성적서번호 : KOPTI-15-137 페이지 (1)(총 2)	
<p>1. 의뢰인</p> <ul style="list-style-type: none"> • 기관명 : (주)윙크옵티クス • 주소 : 광주광역시 북구 첨단벤처로 16번길 3 • 의뢰일자 : 2015. 07. 29. <p>2. 시험성적서의 용도 : 과제제출용(최외선 광원을 이용한 작물 원산지 판별 분석기술 개발)</p> <p>3. 시험대상품목 또는 물질, 시료명 : 배추영상판독시스템</p> <p>4. 시험기간 : 2015. 08. 25.</p> <p>5. 시험방법 : 의뢰자유조건 ; 사용거리, 확산각, DB구축, 판독률, 전류</p> <p>6. 시험환경 :</p> <ul style="list-style-type: none"> • 온도 : (23.1 ± 1.1) °C, • 습도 : (55 ± 4) % R.H. <p>7. 시험결과 :</p> <ul style="list-style-type: none"> ※ 첨부 "시험결과" 참조 <p><small>※ 이 성적서는 소급성이 유지되지 않는 장비 또는 KOLAS 인정명령을 벗어난 항목에 대해 고객이 요구한 시험조건으로 작성된 성적서이며, 용도 이외의 사용을 금합니다.</small></p>		
<p>확인</p> <p>성명 : 박진홍</p>	<p>작성자</p> <p>성명 : 김한필</p>	<p>승인자</p> <p>직위 : 기술책임자</p> <p>성명 : 김한필</p>
<p>2015. 10. 08.</p> <p>한국광기술원장 (인)</p>		

KOPTI-TP-5010-01(00)

시험결과
(TEST RESULTS)

성적서번호 Test No.	KOPTI-15-137	(2) 쪽 중 (2) 쪽												
<p>1. 재조사 : (주)윙크옵티クス</p> <p>2. 시료명 / 시료수 : 배추영상판독시스템 / 1 ca.</p>														
<p>3. 시험결과 :</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 60%;">시험 항목</td> <td style="width: 40%;">결과</td> </tr> <tr> <td>사용거리 [mm]</td> <td>350</td> </tr> <tr> <td>확산각 [°]</td> <td>172</td> </tr> <tr> <td>DB 구축수 [종]</td> <td>15</td> </tr> <tr> <td>판독률 [%]</td> <td>73.3</td> </tr> <tr> <td>전류 [A]</td> <td>4.8</td> </tr> </table>			시험 항목	결과	사용거리 [mm]	350	확산각 [°]	172	DB 구축수 [종]	15	판독률 [%]	73.3	전류 [A]	4.8
시험 항목	결과													
사용거리 [mm]	350													
확산각 [°]	172													
DB 구축수 [종]	15													
판독률 [%]	73.3													
전류 [A]	4.8													

KOPTI-TP-5010-01(00)

○ LED 보드 시험성적서

시험성적서

<p>한국광기술원 우500-779 광주광역시 북구 첨단벤처로 16번길 9(월출동) (Tel: 062 605 9295, Fax: 062 605 9288)</p>	성적서번호 : KOPTI-15-139 페이지 (1)(총 2)	
<p>1. 의뢰인</p> <ul style="list-style-type: none"> • 기관명 : (주)윙크옵티クス • 주소 : 광주광역시 북구 첨단벤처로 16번길 3 • 의뢰일자 : 2015. 7. 29. <p>2. 시험성적서의 용도 : 과제제출용(최외선 광원을 이용한 작물 원산지 판별 분석기술 개발)</p> <p>3. 시험대상품목 또는 물질, 시료명 : LED 보드</p> <p>4. 시험기간 : 2015. 08. 24. ~ 2015. 09. 03.</p> <p>5. 시험방법 : 의뢰자유조건 ; 내구수명시험</p> <p>6. 시험환경 :</p> <ul style="list-style-type: none"> • 온도 : (23.4 ± 2.2) °C, • 습도 : (56 ± 4) % R.H. <p>7. 시험결과 :</p> <ul style="list-style-type: none"> ※ 첨부 "시험결과" 참조 <p><small>※ 이 성적서는 소급성이 유지되지 않는 장비 또는 KOLAS 인정명령을 벗어난 항목에 대해 고객이 요구한 시험조건으로 작성된 성적서이며, 용도 이외의 사용을 금합니다.</small></p>		
<p>확인</p> <p>성명 : 박진홍</p>	<p>작성자</p> <p>성명 : 김한필</p>	<p>승인자</p> <p>직위 : 기술책임자</p> <p>성명 : 김한필</p>
<p>2015. 10. 08.</p> <p>한국광기술원장 (인)</p>		

KOPTI-TP-5010-01(00)

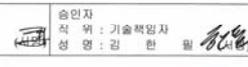
시험결과
(TEST RESULTS)

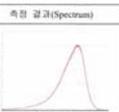
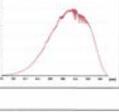
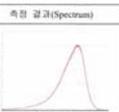
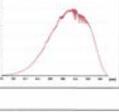
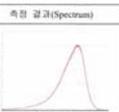
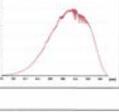
성적서번호 Test No.	KOPTI-15-139	(2) 쪽 중 (2) 쪽				
<p>1. 재조사 : (주)윙크옵티クス</p> <p>2. 시료명 / 시료수 : LED 보드 / 1 ca.</p>						
<p>3. 시험조건 :</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 60%;">온도 [°C]</td> <td style="width: 40%;">-40</td> </tr> <tr> <td>유지시간 [h]</td> <td>240</td> </tr> </table>			온도 [°C]	-40	유지시간 [h]	240
온도 [°C]	-40					
유지시간 [h]	240					
<p>4. 시험결과 :</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 60%;">결과</td> <td style="width: 40%;">이상 무</td> </tr> </table> <p><small>※ 내구수명시험 경우 단순 외형 변형 유무만 확인함.</small></p>			결과	이상 무		
결과	이상 무					

KOPTI-TP-5010-01(00)

○ 적외선 멀티광원모듈 시험성적서

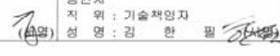
시험성적서

한국광기술원 950-779 광주광역시 북구 첨단벤처로 108번길 9(월출동) (Tel: 062 605 9295, Fax: 062 605 9288)		성적서번호 : KOPTI-15-138 페이지 (1)(총 2)	
1. 의뢰인 * 기관명 : (주)링크옵틱스 * 주소 : 광주광역시 북구 첨단벤처로 16번길 3 * 의뢰일자 : 2015. 07. 29.			
2. 시험성적서의 용도 : 과제제출용(적외선 광원을 이용한 적외선 영상 분석 기술 개발)			
3. 시험대상품목 또는 물질, 시료명 : 적외선멀티광원모듈			
4. 시험기간 : 2015. 08. 17.			
5. 시험방법 : 의뢰자요구조건 ; 파장, 서지			
6. 시험환경 : * 온도 : (23.9 ± 2) °C, * 습도 : (54 ± 2) % R.H.			
7. 시험결과 : ※ 첨부 "시험결과" 참조			
* 이 성적서는 소급성이 유지되지 않는 장비 또는 KOLAS 인정명의를 벗어난 항목에 대해 고객이 요구한 시험조건으로 작성된 성적서이며, 용도 이외의 사용을 금합니다.			
확인 성명 : 박진홍	작성자 성명 : 박진홍	승인자 직위 : 기술책임자 성명 : 김한필	
한국광기술원장 (인) 2015. 08. 08.			

시험결과 (TEST RESULTS)											
성적서번호 Test No.	KOPTI-15-138	(2) 쪽 중 (2) 쪽									
1. 제조사 : (주)링크옵틱스 2. 시료명 / 시료수 : 적외선멀티광원모듈 / 1 ea.											
											
3. 시험 결과 : 1) 파장 :											
<table border="1"> <thead> <tr> <th>파장 별적 부위</th> <th>피크 파장(nm)</th> <th>측정 결과(Spectrum)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>850 nm LED 모듈</td> <td>847.0</td> <td></td> </tr> <tr> <td>910 nm LED 모듈</td> <td>906.8</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	파장 별적 부위	피크 파장(nm)	측정 결과(Spectrum)	850 nm LED 모듈	847.0		910 nm LED 모듈	906.8			
파장 별적 부위	피크 파장(nm)	측정 결과(Spectrum)									
850 nm LED 모듈	847.0										
910 nm LED 모듈	906.8										
2) 서지 :											
<table border="1"> <thead> <tr> <th>시험명</th> <th>시험 후 정류여부</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>입력전력 [W]</td> <td>164</td> </tr> <tr> <td>선 간 [kV]</td> <td>0.5</td> </tr> </tbody> </table>	시험명	시험 후 정류여부	입력전력 [W]	164	선 간 [kV]	0.5					
시험명	시험 후 정류여부										
입력전력 [W]	164										
선 간 [kV]	0.5										
시험결과		정류(이상 무)									
KOPTI-TP-5010-01000											

○ 적외선 광원모듈 시험성적서

시험성적서

한국광기술원 950-779 광주광역시 북구 첨단벤처로 108번길 9(월출동) (Tel: 062 605 9295, Fax: 062 605 9288)		성적서번호 : KOPTI-15-140 페이지 (1)(총 2)	
1. 의뢰인 * 기관명 : 한국광기술원 * 주소 : 광주광역시 북구 첨단벤처로 108번길 9 * 의뢰일자 : 2015. 7. 29.			
2. 시험성적서의 용도 : 과제제출용			
3. 시험대상품목 또는 물질, 시료명 : 적외선광원모듈			
4. 시험기간 : 2015. 9. 24.			
5. 시험방법 : 의뢰자요구조건 ; 동작온도시험, 온도변화시험			
6. 시험환경 : * 온도 : (23.9 ± 0.7) °C, * 습도 : (54 ± 2) % R.H.			
7. 시험결과 : ※ 첨부 "시험결과" 참조			
* 이 성적서는 소급성이 유지되지 않는 장비 또는 KOLAS 인정명의를 벗어난 항목에 대해 고객이 요구한 시험조건으로 작성된 성적서이며, 용도 이외의 사용을 금합니다.			
확인 성명 : 박진홍	작성자 성명 : 박진홍	승인자 직위 : 기술책임자 성명 : 김한필	
한국광기술원장 (인) 2015. 9. 24.			

시험결과 (TEST RESULTS)								
성적서번호 Test No.	KOPTI-15-140	(2) 쪽 중 (2) 쪽						
1. 제조사 : 한국광기술원 2. 시료명 / 시료수 : 적외선광원모듈 / 1 ea.								
								
3. 시험 조건 : ① 동작온도 :								
<table border="1"> <thead> <tr> <th>온도 [°C]</th> <th>-35 to 85</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>각 온도 유지시간 [h]</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table>	온도 [°C]	-35 to 85	각 온도 유지시간 [h]	1				
온도 [°C]	-35 to 85							
각 온도 유지시간 [h]	1							
* 시험 후 시료의 전원을 인가하여 작동유무를 확인한다.								
② 온도변화시험 :								
<table border="1"> <thead> <tr> <th>온도 [°C]</th> <th>-40 to 140</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>각 온도 유지시간 [h]</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table>	온도 [°C]	-40 to 140	각 온도 유지시간 [h]	1				
온도 [°C]	-40 to 140							
각 온도 유지시간 [h]	1							
* 시험 후 시료의 전원을 인가하여 작동유무를 확인한다.								
4. 시험 결과 :								
<table border="1"> <thead> <tr> <th>시험 항목</th> <th>결과</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>동작온도</td> <td>이상 무</td> </tr> <tr> <td>온도변화시험</td> <td>이상 무</td> </tr> </tbody> </table>	시험 항목	결과	동작온도	이상 무	온도변화시험	이상 무		
시험 항목	결과							
동작온도	이상 무							
온도변화시험	이상 무							
KOPTI-TP-5010-01000								

○ 특허출원1 - 배추품종 및 원산지 판별장치



특허출원서

【출원구분】 특허출원

【출원인】

【명칭】 (주)링크옵틱스

【출원인코드】 1-2006-007356-2

【출원인】

【명칭】 주식회사 브이아이티시스템

【출원인코드】 1-2014-022837-8

【대리인】

【성명】 이재량

【대리인코드】 9-2000-000106-5

【포괄취일등록번호】 2013-019086-7

【발명의 국문명칭】 배추 품종 및 원산지 판별장치

【발명의 영문명칭】 Chinese cabbage variety and the place of origin identifying device

【발명자】

【성명의 국문표기】 최용원

【성명의 영문표기】 CHOI, Yong-Won

【주민등록번호】

【우편번호】

【주소】

【국적】 KR

【발명자】

【성명의 국문표기】 양정수

4-1



○ 특허출원2 - 작물의 원산지 판별장치 및 방법

출원 번호 통지서

출원 일자 2012.12.24

특기 사항 심사청구(유) 공개신청(무)

출원 번호 10-2012-0152119 (접수번호 1-1-2012-1071419-00)

출원인 명칭 한국광기술원(2-2004-013098-4)

대리인 성명 우광제(9-2000-000174-3)

발명자 성명 김정현 김왕기 정구락 장형식

발명의 명칭 작물의 원산지 판별 장치 및 방법

특 허 청 장

○ 특허출원3 - 식물의 종 판별장치 및 방법

관인생략

출원번호통지서

출원일자 2015.10.19
특기사항 심사청구(유) 공개신청(무)
출원번호 10-2015-0145514 (접수번호 1-1-2015-1010721-24)
출원인명칭 한국광기술원(2-2004-013098-4)
대리인성명 우광제(9-2000-000174-3)
발명자성명 김정헌
발명의명칭 식물의 종 판별장치 및 방법

특 허 청 장

주 의

1. 이 보고서는 농림축산식품부에서 시행한 고부가가치사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표할 때에는 반드시 농림축산식품부에서 시행한 고부가가치사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니 됩니다.