

213006  
-05-5-  
CGD00

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

Golden Seed 프로젝트사업 2단계 최종보고서

발간등록번호

11-1543000-003902-01

색소체

고함유

기능성

배추

품종개발

2022

농림축산식품부  
농림식품기술기획평가원

# 색소체 고함유 기능성 배추 품종개발

2022. 3.25.

프로젝트연구기관 / 권농종묘(주)  
세부프로젝트연구기관 / 권농종묘(주)  
세부프로젝트연구기관 / 신농씨앗(주)  
세부프로젝트연구기관 / 충남대학교

농림축산식품부  
(전문기관) 농림식품기술기획평가원

# 제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “Golden Seed 프로젝트 사업”(기간 : 2017.1.1 ~ 2021.12.31.)색소  
체 고함유 기능성 품종개발 프로젝트의 최종보고서로 제출합니다.

2022. 3. 25.

프로젝트연구기관명 : 권농종묘(주) (대표자 권오하 (인))  
세부프로젝트연구기관명 : 권농종묘(주) (대표자 권오하 (인))  
세부프로젝트연구기관명 : 신농씨앗(주) (대표자 김도현 (인))  
세부프로젝트연구기관명 : 충남대학교 산학협력단 (대표자 정종윤 (인))

프로젝트연구책임자 : 권오하  
세부프로젝트연구책임자 : 권오하  
세부프로젝트연구책임자 : 김도현  
세부프로젝트연구책임자 : 최수련

국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 제18조에 따라 보고서 열람에 동의합니다.

<보고서 요약서>

**보고서 요약서**

과제고유번호	213006-05-5-C GD00	해당단계 연구기간	2017.1.1.~ 2021.12.31.	단계구분	(2단계)/ (총단계)
연구사업명	단위사업	Golden Seed 프로젝트사업			
	사업명	GSP채소종자사업단			
프로젝트명	프로젝트명	색소체 고함유 기능성 배추 품종개발			
	세부프로젝트명	1. 색소체 고함유 생식용 배추 품종육성. 2. 베타카로틴 고함유 배추 품종 개발 3. 기능성 물질 생산관련 유전자탐색 및 분자마커 개발			
프로젝트책임자	권오하	해당단계 참여연구원 수	총: 86명 내부: 86명 외부: 명	해당단계 연구개발비	정부: 1,900,000천원 민간: 319,500천원 계: 2,219,500천원
		총 연구기간 참여연구원 수	총: 명 내부: 명 외부: 명	총 연구개발 비	정부: 천원 민간: 천원 계: 천원
연구기관명 및 소속부서명	농업회사법인 권농종묘(주) 농업회사법인 신농씨앗(주) 충남대학교			참여기업명 농업회사법인 권농종묘(주) 농업회사법인 신농씨앗(주)	
국제공동연구	상대국명:			상대국 연구기관명:	
위탁연구	연구기관명:			연구책임자:	

※ 국내외의 기술개발 현황은 연구개발계획서에 기재한 내용으로 같음

연구개발성과의 보안등급 및 사유	
-------------------------	--

구분	논문	특허	보고서 원문	연구시 설·장비	기술요약 정보	소프트 웨어	화합물	생명자원		신품종	
								생명 정보	생물 자원	정보	실물
등록·기탁 번호	5	4									

국가과학기술종합정보시스템에 등록된 연구시설·장비 현황

구입기관	연구시설·장 비명	규격 (모델명)	수량	구입연월일	구입가격 (천원)	구입처 (전화)	비고 (설치장소)	NTIS 등록번호

요약

연구개발 결과 안토시아닌 고함유 3품종과 베타카로틴 고함유 13품종을 개발 품종보호 등록을 하였으며 색소체의 마커를 개발하여 특허 4건을 등록하였다

보고서 면수: 174면

<요약문>

<p>연구의 목적 및 내용</p>	<p>본 연구는 배추종자 수출시장을 아시아권에서 벗어나 유럽 등 글로벌 시장으로 확대하고 동시에 고부가 가치의 종자를 수출하여 수출증대에 기여하고자 김치뿐만 아니라 중국요리, 생식용으로 색소체가 고 함유된 기능성 배추품종의 개발과 수출시장 개척을 위해 수행되었다.</p> <p>수출용 색소체 고함유 생식용 배추 8품종 이상을 개발하여 2021년 500만불 이상의 종자 수출.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 안토시아닌 고함유 생식용 배추류 3품종 개발(1세부)</li> <li>○ 베타카로틴 고함유 배추류 3품종 개발(2세부)</li> <li>○ 색소체(안토시아닌, 베타카로틴) 2종류 이상 다중 집적 고품질 배추 품종육성(2품종).(1,2세부)</li> <li>○ 색소체(안토시아닌, 베타카로틴), 비타민 생산관련 유전자탐색 및 분자마커 개발(3세부)</li> </ul>				
<p>연구개발성과</p>	<p>연구개발 결과 안토시아닌 고함유 3품종과 베타카로틴 고함유 14품종을 개발하여 수출실적은 215만불을 달성하였고 색소체의 마커를 개발하여 특허 4건을 등록하였다.</p>				
<p>연구개발성과의 활용계획 (기대효과)</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 육성된 품종은 기술실시로 이전을 2021년 완료하였으며 육성된 품종은 전 세계에 확보된 에이전트를 통한 성과 품종의 홍보 및 공급을 적극적으로 추진하여 수출확대에 적극적인 활용을 할 예정입니다.</li> <li>2. 경쟁국이 보유하고 있지 않은 육성 소재의 개발과 이를 이용한 차별화된 품종의 독점 공급을 통해 종자 가격 상승을 도모함으로써 시장 확대 효과를 기대합니다.</li> <li>3. 안토시아닌 및 베타카로틴 색소체 고 함유 배추 품종의 수출을 위한 홍보 및 해외 적응연락시험을 위해 향후 지속적인 시장기호도 조사와 홍보 및 바이어 발굴을 위해 APSA, Fruit Logistica in Berlin, 등 세계적인 종자 박람회 및 전시회에 참여하여 홍보 및 수출의 증대에 주력할 계획입니다.</li> <li>3. 개발된 마커를 활용 육종의 효율적인 선발체계를 구축, 유전자원의 수집, 중간 교잡을 통한 품종 육종 기술 등은 향후 성분 연관 고품질 채소 품종 육성을 위한 강력한 도구가 될 뿐만 아니라 육종에 효율적으로 이용할 것이다.</li> <li>4. 연구 성과로 육성된 품종은 품종보호 출원, 등록과 CMS(웅성불임)를 이용한 품종으로 고순도 배추종자 생산 및 핵심 유전자원의 보호에 활용할 계획이다.</li> </ol>				
<p>국문핵심어 (5개 이내)</p>	<p>배추</p>	<p>웅성불임</p>	<p>베타카로틴</p>	<p>안토시아닌</p>	<p>비타민</p>
<p>영문핵심어 (5개 이내)</p>					

## < 목 차 >

제1장. 연구개발과제의 개요 .....	1
제2장. 연구수행 내용 및 결과 .....	8
제3장. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도 .....	163
제4장. 연구결과의 활용 계획 등 .....	165
붙임. 참고 문헌 .....	166

<별첨1> 연구개발보고서 초록

<별첨2> 연구성과활용계획서

## 제1장. 연구개발과제의 개요

### 제1절. 연구개발 목적

본 연구는 연구개발의 필요성에 부합하여 색소체 고함유 기능성 배추 품종을 개발하여 유럽인의 기호성에 맞는 고기능성이며 생식이 가능한 곁구 내부색이 빨간 배추 품종의 보급으로 유럽에서의 배추재배의 확대 및 기존 품종과의 차별화에 따른 시장의 독점적인 점유로 고부가의 새로운 배추 종자시장을 개척할 것이다. 또한 안토시아닌을 함유하여 내부색이 빨간 곁구배추는 기능성 뿐만 아니라 양배추에 비해 식감이 우수하여 전 세계 빨간 양배추의 종자시장을 대체할 수 있을 뿐만 아니라 새로운 생식용 기능성 채소작물로 자리 잡을 것으로 기대된다. 또한 적양 배추의 경우 재배기간이 정식 후 80일 이상인 반면 배추는 50-60일 만에 조기 수확 할 수 있으므로 재배기간의 단축에 따른 저농약 채소를 선호하는 유럽지역에서 양배추를 대체해서 확대 재배될 가능성이 높아 배추종자의 수요가 증가될 것으로 기대된다.

또한 안토시아닌 뿐만 아니라, 베타카로틴, 라이코펜 등의 색소체들은 항산화 작용을 하는 기능성 물질로 보고되고 있으며 이러한 생식용 고기능성 신선채소에 대한 소비자의 요구가 세계적으로 지속적으로 증가하고 있는 추세에 있으므로 안토시아닌을 포함한 베타카로틴 등 다양한 색소체가 고 함유된 배추의 개발은 향후 채소종자의 수출에 큰 성장 동력이 될 것이다.

이러한 필요성에 따른 본 연구의 목적은 새로운 기능성 배추 품종의 개발로 유럽의 미미한 배추 종자시장을 확대할 뿐만 아니라 경쟁국이 보유하지 못한 색소체 고함유 배추의 품종의 독점공급을 통하여 유럽에서의 뿐만 아니라 기존의 중국, 일본 등의 배추 종자시장에서도 고부가가치의 종자를 수출함에 따른 배추 종자 수출확대에 큰 성과를 달성하고자 한다.

### 제2절. 연구개발의 필요성

국내에서의 배추 생산량은 국민 식습관 변화 등의 원인으로 2000년을 정점으로 재배면적이 연간 3%씩 감소하여 2015년에는 26,000ha까지 감소하였다. 이러한 국내에서의 배추 재배면적의 감소는 국내의 배추종자 시장의 규모에도 영향을 미쳐 2001년 178억 원이던 국내 시장규모는 2015년에 133억 원 정도로 감소되었다. 아울러 국내의 배추종자 시장은 외국 종자회사의 M&A를 통한 국내 종묘회사의 흡수로 일본 및 다국적 종묘회사의 배추 품종이 국내시장을 잠식한 상태이다. 그러나 한국의 품종개발 기술은 세계 최고의 수준으로 한국산 배추 종자는 중국을 비롯하여 일본과 동남아시아에 주로 수출하고 있으며 2010년 2,019천불에서 2020년 총 수출액은 4,661천불로 배추종자 수출은 증가되는 추세이며 국내 채소작물 중 수출이 많은 작물중 하나이다(종자소식.한국종자협회)

국외에서의 배추 재배면적은 약 300만ha 로 국가별 배추생산량은 중국, 인도, 러시아, 한국, 우크라이나, 일본, 인도네시아, 폴란드 순이며 배추종자 시장규모는 2010년 1900억 정도로 중국이 전체 시장의 82%를 차지하고 있다. 유럽 시장은 배추 재배면적이 약 7만 ha, 총 종자 소요량은 약 3,000 Kg으로 약 15억-20억 원 정도의 시장을 형성하고 있고 유럽과 비슷한 시장인 미국에서는 2,000 ha에 배추종자 800kg 시장으로 12억 원 정도이다.

유럽에서의 배추는 폴란드, 우크라이나, 우즈베키스탄 등 북유럽과 동구권 등지에서 재배가 되고 있으며 최근 아시아계 및 화교 인구의 증가와 중국 요리와 김치소비 증가로 재배면적이 증가하는 추세이다. 특히 배추가 섬유 함량이 높은 채소로 인식되면서 생식용 샐러드의 소비도 증가하는 추세이다.

유럽에서 소비되는 배추의 유형은 최근 중국요리의 소비 증가로 소구형 배추와 김치소비 증가로 국내에서 재배되는 김치 재료가 되는 결구 배추가 주를 이루고 있다. Bejo 사의 Bilko 품종이 주로 재배가 되고 있고 Nickerson Zwaan사의 품종들이 일부 진입하고 있으며 평균 500-1,000 불/kg의 도매 가격을 형성하고 있어 수출 시장으로는 비교적 고가 시장으로서 이들 선도업체들에게 국내회사들은 종자를 납품하는 실정이다. 유럽지역의 배추 종자의 수출이 미미하고 부진한 원인은 유럽의 기후와 식습관의 차이에 기인하나 샐러드에 맞는 품종의 미개발 등이 큰 요인이다. 향후에는 세계 최고 수준의 배추 육종의 기술력을 보유하고 있으므로 적극적으로 김치에서 벗어난 유럽시장용 생식용 배추를 육성하여 유럽의 기후와 소비 형태에 부합되는 품종의 개발이 필요한 실정이다.

현재 유럽에서의 결구배추 시장은 수년간 정체된 시장이나 기존 양배추, 결구배추 등의 작물이 동유럽이나 북아프리카 지역으로 재배가 옮겨가고 근교의 생식용 채소 재배가 증가하고 있으며 다양한 고품질 고기능성 채소류의 요구가 계속해서 증가하는 추세임을 고려할 때 고기능성의 배추 품종의 공급이 필요하다. 이러한 소비자의 요구도의 증가됨에 따라 몬산토, 신젠타 등의 글로벌 업체가 고품질 고기능성 품종의 개발 연구에 선두기업으로 시장을 확보하고 있으나 이들 업체는 엽채류 보다는 과채류의 신제품 개발에 집중되어 있어 엽채류인 배추의 고품질 고기능성의 차별화된 신제품을 개발한다면 고가의 틈새시장을 개발함은 물론 새로운 시장의 개척이 가능하다.

표1. 유럽 및 미주지역 F1품종 배추시장 현황

국 가	재배면적 (ha)	종자소요량 (kg)	평균단가 (\$/kg)	시장금액 (만\$)	비고
폴란드	4,000(F1)	1,200	600	72	Manako, Bilko, F1:OP= 6:4
러시아	2,400(F1)	800	300	24	Manako, Bilko, F1:OP= 4:6
유럽총시장	70,000(F1+OP)	3,000	300-600	150-200	
미주	2,000(F1)	800	150	12	Sakata, 농우

중국에서의 배추 재배면적은 다소 감소하는 추세이나 종자 상품화율 증가로 연평균 성장률이 15% 정도임을 고려하면 2020년에는 6,300억 원 규모로 증가할 것으로 예측됨. 중국 배추 시장을 재배 형태에 따라 크게 나누어 보면 아래의 표와 같다.

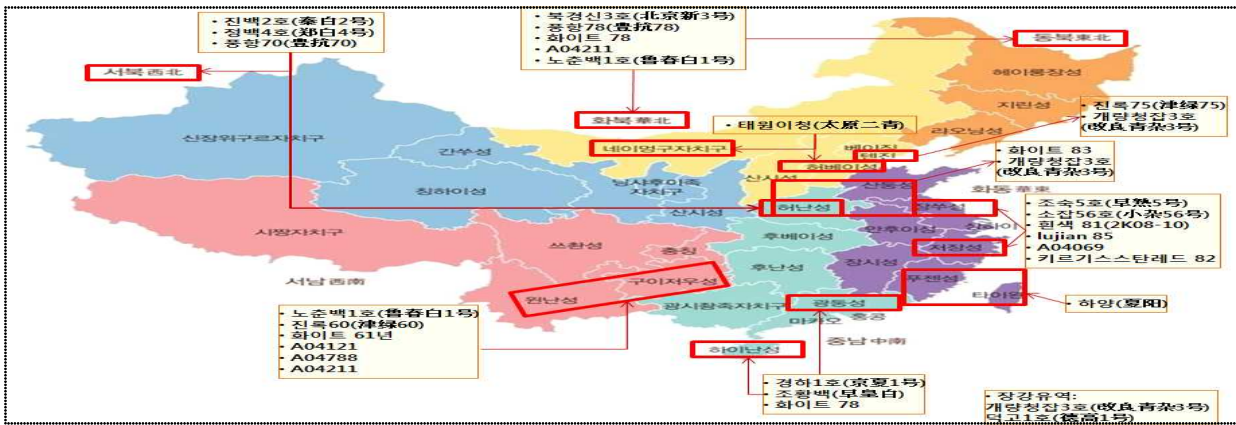
작형	재배 면적 (천ha)	종자 소요량 (천Kg)	평균단가 (USD/kg)	시장 규모 (천USD)	주요 재배지역	중요회사	중요품종
봄/고냉지	158	80	73	5,800	하북, 호북 광둥	Sakata Monsanto	금봉3호 왕춘 산지왕2호
소구형	7.8	10	95	950	운남	Beijing Huanai	춘옥황
여름	40	30	67	2,000	광둥, 복건	황청하	하양백
가을	2,380	4,600	10	47,500	중국 전역	북경농과원	북경신3호 개량청잡1호
월동	7.5	4.5	10	45	호북	지역회사	87-114
계	2,451	4,724		56,295			

(표. 중국 주요 작형 설명 및 시장 규모 요약, 도매 가격 기준, GSP 배추 상세기획 보고서 인용)

중국 배추 종자 시장은 크게 봄배추, 남방계 여름배추, 가을배추로 구분되며, 이 외에 월동용



배추, 소구형 와와채 시장이 있음. 이 중 가을 배추 시장은 재배 면적으로 보나 종자 소요량으로 보나 압도적인 비율을 점하고 있으며 중국 전역에 걸쳐 다양한 형태의 배추가 재배되고 있다.



(그림 1) 중국의 지역별 주로 재배되는 중국 현지 품종(GSP 배추상세기획보고서 인용)

중국의 주요 작형별 품종 육성 현황을 보면 아래와 같다.

○ 봄배추

- 과거 흥농종묘에서 ‘춘하왕배추’를 개발, 판매하면서 시장이 형성됨.
- 추대로 인하여 일반 가을배추가 재배되지 않는 저온기 및 고랭지 지역을 중심으로 과거 재배되던 남방계 여름배추보다 수량성이 높고 품질이 우수하여 1980년대~2000년대 초반까지 급격히 재배면적이 증가하였고 최근까지도 꾸준히 시장이 확대되는 추세임.
- 한국과 일본 회사들이 육성한 품종이 거의 전부이며 오래전에 출시된 품종의 경우 유사 품종의 가격 경쟁으로 도매가격 기준 30~50 달러/kg로 비교적 저가이나 일반 품종의 경우 70~100 달러/kg, 뿌리혹병 내병성 품종의 경우 120~150달러/kg로 진입에 어려움이 없는 가격임.
- 주된 육성 목표는 전통적으로 수량성, 병저항성, 만추대성이 중요시 되었고 이에 대하여 최근에는 병저항성 중 특히 뿌리혹병 저항성, 고품질 및 고기능성 요구 수준이 급격히 높아지고 있음.
- 한국 회사들은 배추 육종 기술에 있어 풍부한 경험과 재료를 보유하고 있고 이를 세계 최고 수준에 있는 국내 배추 분자유전학 연구진과 연계하여 한국의 고품질 재료에 복합내병성 내병성 인자등을 도입하여 현지 재배에 보다 적합한 품종을 개발하기 위한 다양한 노력을 하고 있음.
- 반면 중국 연구진들은 전통적으로 재배해왔던 복합내병성 소재들을 기반으로 국가적으로 강력한 지원을 받아 뿌리혹병 내병성을 도입하고 만추대 고품질화 품종을 개발하려는 노력이 높아지고 있어 시장에서 계속해서 선도적인 입지를 유지하기 위해서는 보다 집중적인 연구 개발 노력이 절실히 필요함.

○ 가을배추

- 가을배추 시장은 종자 소요량을 기준으로 볼 때 매우 큰 시장이나 종자 공급가격이 매우 싸서 현재로서는 큰 매력에 없는 시장임. 따라서 이 시장의 경우 한국 및 일본회사의 진출은 현재 어려운 상태이며 이를 위한 육성 연구도 매우 미미한 실정임. 이에 따라 거의 100% 중국 현지 회사에서 육성, 공급한 품종이 재배되고 있는 실정임.
- 그러나 가을배추 시장의 증장기적(5년~10년)인 성장 잠재력은 매우 크게 평가됨.
- 최근 중국 내 주요 연구기관에서 신품종 개발이 많이 이루어지고 있는데, 품종 개발의 내용은

- 1) 뿌리혹병 내병성을 중심으로 한 복합내병성 품종; 덕고종자, 중국채소화훼과학연구소 등
- 2) 라이코펜 함량 강화 고기능성 품종; 중국채소화훼과학연구소, 산동성농업과학연구소 등
- 3) 수송성, 고품질, 가공 적합성 등으로 다양함.

○ 여름배추

- 중국 여름배추 시장은 재배면적 약 4만 ha, 종자소요량 연간 30톤 정도의 시장으로 정체 또는 감소하는 경향을 보임.
- 남방형 권심계가 재배되는 시장으로 주요 품종은 매우 단순하여 수십년 전 개발된 다끼이사의 Tropical Delight 유사 품종들이 현재까지 재배되고 있는데 황청하에서 공급하는 하양조50천 등이 대표적임.
- 품종 개발도 그다지 활발하지 않은데 평균 공급가격이 67달러/kg로 준수한 듯 하지만 권심계의 특성상 원종 증식, 채종 수율이 높지 않아 비교적 저가 시장이라고 할 수 있음.
- 권심계의 재료적 특성상 특성 개선이 쉽지는 않으나 구 크기가 크고 원통형으로 적재에 용이하며 내서내습성이 우수하고 내엽색이 노란 고품질 품종이 개발된다면 가격 상승과 재배 면적 확대에 시장에서 선도적인 위치를 차지할 수 있음.

한편 배추 가격 및 재배면적에 영향을 주는 요인은 전년 출하시기 가격이 상승하면 해당 연도의 면적이 증가하고, 가격이 하락하면 면적도 줄어드는 패턴이 반복되며, 가격 불안정으로 대체재인 감자, 무, 양배추의 면적 증감에 따라 배추 재배면적도 변동이 있다. 2015년 가을배추는 약 12,724 ha (통계청)로 2014년 생산량 증가로 인한 가격하락으로 가을배추 재배면적이 감소했다.



<2015년 통계청 가을배추 재배면적 조사 결과>

따라서 김치 이외의 식단 개발과 홍보를 통해 소비를 분산시키고 배추 수급정보를 고려해 대체 품목을 생산·공급하는 전략 수립도 요구되며, 채소류를 섭취함으로써 식이섬유소의 공급 뿐만 아니라 phytochemical의 건강증진 효과가 대두되고 있다. (USDA National Nutrient database, <http://www.nutrition-and-you.com/napa-cabbage.html>).

배추과 채소류에서는 글루코시놀레이트, 플라보놀, 비타민, 카로티노이드, 안토시아닌 등 다양한 생리활성 성분에 대한 소비자 인식이 확산되면서 세계적인 종자기업을 중심으로 특정 성분 고함유 작물(글루코시놀레이트 고함유 브로콜리, 안토시아닌 고함유 브로콜리, quercetin 고함유 양파)을 개발하고 있다.

색소체가 함유된 적양배추, 유색 근대, 적환20일무 등은 유럽과 미주 등지에서 샐러드로 소비되는 대표적인 기능성 채소들이다. 색소체가 고 함유된 생식용 배추는 기능성 채소를 선호하는

유럽 및 미주시장의 요구에 부합되어 상당한 배추종자 시장 확대가 가능할 것으로 기대되며 아울러 중국과 일본 등 동아시아권에서 기능성 배추로 기존의 품종에 비해 고부가 가치를 창출할 것으로 기대된다.

안토시아닌, 베타카로틴, 라이코펜 등의 색소체들은 항산화 작용을 하는 기능성 물질로 보고되고 있으며 이러한 생식용 고기능성 신선채소에 대한 소비자의 요구가 세계적으로 지속적으로 증가하고 있는 추세에 대응하기 위하여 색소체가 함유된 배추의 개발은 향후 채소종자의 수출에 성장 동력이 될 것이다.

경쟁회사나 경쟁국에서 보유하지 않은 특성의 차별화된 품종이 독점적으로 개발될 경우 시장 진입에 유리하며 종자 가격의 상승 또한 거부감이 적어 시장 확대에 매우 유리하며, 유사한 개념으로 최근 산동성 농업과학 연구소 등 중국 연구진들도 과거 다끼이에서 개발된 '오렌지퀸'의 라이코펜 고함량 인자를 도입하여 오렌지58, 오렌지60, 주홍61, 주홍62 등의 품종을 육성하였음. 이러한 추세는 향후 더욱 가속화될 것으로 추정되어 시급히 집중적인 연구개발을 통해 선도적 위치를 점유하는 것이 매우 중요하다.

### 제3절. 연구개발 범위

#### 1. 제1세부프로젝트

- 수출용 색소체 고함유 배추류 품종개발을 위한 유전자원 특성평가
  - 다양한 배추류의 유전자원을 수집하여 특성을 평가하고 안토시아닌 발현 유전자를 배추로 도입.
  - 베타카로틴, 라이코펜이 함유된 유전자원을 수집 평가하여 조생계 배추로의 도입.
  - 중간교잡을 통한 색소체 발현 유전자의 배추로의 도입.
- 안토시아닌 고함유 배추류 계통 육성 및 신품종 개발을 위한 교배조합 작성 및 우수 조합 선발 시험
  - 정식후 50-60일 전후에 수확가능한 조생계 계통 및 F1 품종육성.
  - 자모(털)이 없으며 아삭한 육질 및 풋내가 적고 단맛이 강한 계통 및 F1 품종육성.
  - 칼슘결핍과 노균병에 강한 계통 및 F1 품종육성.
  - 연중 재배가 가능한 만추대 계통 및 F1 품종육성
- 뿌리혹병 저항성 색소체(안토시아닌, 베타카로틴 등) 고함유 생식용 배추류 품종개발
  - 여교잡을 통한 고도의 뿌리혹병 저항성 유전자의 색소체 배추로의 도입.
  - 뿌리혹병 저항성인 색소체 고함유 기능성 배추 계통 및 F1 품종육성.
- 색소체(안토시아닌, 베타카로틴 등) 2종류 이상 다중 집적 고품질 배추 품종개발
  - 안토시아닌, 베타카로틴 및 라이코펜 등 다중 색소체 발현유전자들이 집적된 계통의 육성 및 F1 품종 육성.
- 해외현지 적응성 시험 및 시교사업
  - 현재까지 GSP 1단계에서 발굴한 세계 각 국의 에이전트와 연계 해외현지 적응시험 및 시교사업 수행.
- 수출용 종자생산(채종지) 및 품질관리체계 구축
  - 육성된 색소체 고함유 우수계통을 CMS계통으로 육성하여 고 순도의 F1 종자 생산.
  - CMS로 F1 품종을 생산하는 채종체계를 확립 개발된 핵심 유전자원의 보호.
- 해외 전시포, 종자 품평회(박람회) 추진 및 참가
  - 해외전시포나 종자 품평회에 직접 또는 현지 에이전트를 통한 적극 참가하여 개발된 품종의 홍보에 주력.
- 해외 목표시장 다각화 및 수출 마케팅 활동
  - GSP 1단계에서 주력한 유럽 미주시장에서 확대하여 중국, 일본 호주 등으로 목표시장을 다각화함과

동시에 연구원의 보강 등을 포함 직접 또는 에이전트를 통한 적극적인 전시회 참가 및 수출 마케팅 활동을 확대.

## 2. 제2세부프로젝트

### ○ 계통 육성

- 육성 목적에 부합하는 유전적으로 균일한 계통을 얻기 위해 재배 시험, 평가, 계통 및 개체 선발을 통한 세대 진전을 반복
- 육성 목적에 부합하는 적절한 선발 방법을 사용(재배환경, 유묘 및 포장검정, 분자마커 등)
- 목적 성분을 대상으로 정성, 정량 분석을 통해 선발에 활용

### ○ 신규 조합 작성, 평가 및 선발

- 우수 계통 간 교배조합 작성, 재배시험을 통한 평가, 육성 목적 부합여부에 따른 선발
- 필요한 경우 현지 재배 시험 시행

### ○ 현지 적응성 검정

- 1차 선발 조합을 대상으로 한 대량 시험
- 육성 목적 및 시장 기호에 적합한 품종 선발을 목적으로 함

### ○ 종자 생산성 검정 및 채종

- 효율적 원원종 및 원종 증식 방법
- 채종 조건 결정
- 개발 품종 대량 채종

### ○ 품종 등록 및 보급

- 신규 육성 품종은 품종 보호 출원과 생산 판매 신고를 원칙으로 함
- 적합한 동일성 검정, 순도 검정 방법 결정 및 진행
- 마케팅 및 종자 공급

### ○ 유전 자원 유출 방지 및 채종 효율 증진을 위한 응성불임성을 이용한 채종 체계로 전환

- 유용 우수 유전자원을 대상으로 자가불화합성 체계에서 응성불임성 체계로 전환  
: 각 계통별 6세대 이상 반복적인 여교잡을 통한 응성불임성 A친의 육성
- 대량 생산을 위한 신규 육성 베타카로틴 고함유 계통의 응성불임 계통 육성
- 채종 효율이 뛰어난 계통의 선발 및 원종 증식 효율 증진

## 3. 제3세부프로젝트

### ○ 배추과 유전자원 수집 및 유전자원에서 기능성 물질 평가(성분 조사)로 고함유 자원 선발

- 유전자원 수집 및 고함유 자원 선발위한 기능성 물질(성분)조사

### ○ 색소체(안토시아닌, 베타카로틴), 비타민 등 기능성 물질 대사경로 조사 및 해당 유전자 목록 수집

- 색소체, 비타민 등의 기능성 물질 대사경로 관련 유전자 정보 확보

### ○ 고함유 자원을 사용하여 기능성 물질 분리집단 작성 및 유전분석

- 색소체(안토시아닌) 형질 유전자 지도 작성
- 기능성(베타카로틴, 비타민 등)형질관련 분리집단 양성

### ○ 유전자 지도 작성 및 기능성 물질에 대한 QTL 분석

- 색소체 집단에서 성분 함량 조사 및 QTL 분석
- 형질관련 분리집단 양성 및 유전양상 분석
- 색소체(안토시아닌, 베타카로틴), 비타민 등 기능성 물질 생산관련 유전자탐색 및 분자 마커 개발
  - 색소체(안토시아닌) 자원 전사체 분석,
  - 색소체 대사경로 관련 후보유전자 발굴
  - 염기서열변이로 비교 및 마커 개발
- 유전자원에서 마커 효율성 검증
- 색소체(베타케로틴) 형질 유전자지도 작성
- 후보유전자를 사용해 만든 기능성 물질 탐색용 마커로 유전자원에 적용하여 효율성 조사

## 제2장. 연구수행 내용 및 결과

### 제1절. 연차별 연구수행 방법

#### 1. 연차별 연구개발의 목표 및 내용

##### 가. 프로젝트

구분	연도	연구개발의 목표	연구개발의 내용
1차년도	2017년	○ 안토시아닌 고함유 생식용 배추류 3품종 개발 ○ 색소체(안토시아닌, 베타카로틴) 2종류 이상 다중 집적 고품질 배추 품종개발(2품종) (제1세부)	-수출용 색소체 고함유 배추류 품종개발을 위한 유전자원 특성평가(10계통). -안토시아닌 고함유 배추류 계통 육성 및 신품종 개발을 위한 교배조합 작성 및 우수 조합 선발 시험(10계통3조합). -뿌리혹병 저항성 색소체(안토시아닌, 베타카로틴 등) 고함유 생식용 배추류 품종개발(10계통). -색소체(안토시아닌, 베타카로틴 등) 2종류 이상 다중 집적 고품질 배추 품종 개발(10계통 2조합). -CMS(웅성불임)를 이용하여 고순도 종자 생산 및 핵심 유전자1. 육성된 계통을 CMS계통으로 육성 및 F1 육성(3계통10조합) -육성품종 현지 적용시험 및 판매(1품종 150,000 \$ 수출)
		○ 베타카로틴 고함유 배추류 3 품종 개발 ○ 웅성불임성 이용 체중체계 전환(제2세부)	-우수계통 육성: 300계통 수준 -신규 조합 작성 및 평가: 150조합 -신규 조합 선발: 4조합 -종자 생산성 검정 및 확대 재배시험: 2조합 -뿌리혹병 내병성 검정: 150계통 -품종보호출원, 생산판매신고: 1품종 -종자 판매액: 10만불 -우수 자원 MS 여교잡 2회 진행: 30계통 -MS이용 체중체계 구축: 1품종
		○ 색소체(안토시아닌, 베타카로틴), 비타민 생산관련 유전자탐색 및 분자마커 개발 (제3세부)	- 배추과 유전자원 수집 및 고함유 자원 선별위한 기능성 물질(색소체, 비타민, 환원당)평가 - 색소체(안토시아닌, 베타카로틴), 비타민 등의 기능성 물질 대사경로를 문헌 및 웹에서(KEGG등) 조사, 해당 유전자 목록 수집 - 색소체(안토시아닌) 고함유 자원을 교배하여 만든 기능성 물질 분리집단(F <sub>2</sub> )을 'genotype based sequencing'방법으로 유전자 지도 작성 - 기능성(베타카로틴, 비타민 등) 자원을 교배, 기능성 물질 분리집단(F <sub>1</sub> , F <sub>2</sub> , BC <sub>1</sub> ) 양성
2차년도	2018년	○ 안토시아닌 고함유 생식용 배추류 3품종 개발 ○ 색소체(안토시아닌, 베타카로틴) 2종류 이상 다중 집적 고품질 배추 품종개발(2품종) (제1세부)	-수출용 색소체 고함유 배추류 품종개발을 위한 유전자원 특성평가(10계통). -안토시아닌 고함유 배추류 계통 육성 및 신품종 개발을 위한 교배조합 작성 및 우수 조합 선발 시험(10계통4조합). -뿌리혹병 저항성 색소체(안토시아닌, 베타카로틴 등) 고함유 생식용 배추류 품종개발(10계통 2조합). -색소체(안토시아닌, 베타카로틴 등) 2종류 이상 다중 집적 고품질 배추 품종 개발(10계통). 1. 육성된 계통을 CMS계통으로 육성 및 F1 육성(3계통 10조합) 2. 육성품종 현지 적용시험 및 판매(1품종 300,000\$ 수출)
		○ 베타카로틴 고함유 배추류 3 품종 개발 ○ 웅성불임성 이용 체중체계 전환(제2세부)	-우수계통 육성: 300계통 수준 -신규 조합 작성 및 평가: 200조합 -신규 조합 선발: 4조합 -종자 생산성 검정 및 확대 재배시험: 2조합 -뿌리혹병 내병성 검정: 150계통 -품종보호출원, 생산판매신고: 1품종 -종자 판매액: 20만불 -우수 자원 MS 여교잡 2회 진행: 30계통 -MS이용 체중체계 구축: 1품종
		○ 색소체(안토시아닌, 베타카로틴), 비타민 생산관련 유전자탐색 및 분자마커 개발 (제3세부)	- 색소체 집단에서 성분조사 및 QTL 분석 - 색소체(안토시아닌) 생산관련 유전자탐색 및 후보유전자 선별 - 기능성(비타민 등) 형질관련 분리집단 양성(F <sub>1</sub> , F <sub>2</sub> BC <sub>1</sub> ) 및 유전양상 분석 - 비타민 고함유 자원을 교배하여 만든 기능성 물질 분리집단(F <sub>2</sub> )의 유전자 지도 작성

구분	연도	연구개발의 목표	연구개발의 내용
3차년도	2019년	○ 안토시아닌 고함유 생식용 배추류 3품종 개발 ○ 색소체(안토시아닌, 베타카로틴) 2종류 이상 다중 집적 고품질 배추 품종개발(2품종) (제1세부)	-수출용 색소체 고함유 배추류 품종개발을 위한 유전자원 특성평가(10계통). -안토시아닌 고함유 배추류 계통 육성 및 신품종 개발을 위한 교배조합 작성 및 우수 조합 선발 시험(40계통 6조합). -뿌리혹병 저항성 색소체(안토시아닌, 베타카로틴 등) 고함유 생식용 배추류 품종개발(10계통 2조합). -색소체(안토시아닌, 베타카로틴 등) 2종류 이상 다중 집적 고품질 배추 품종개발(5계통5조합). -육성된 계통을 CMS계통으로 육성 및 F1 육성(3계통 10조합) -육성품종 현지 적응시험 및 판매(1품종 600,000만불 수출)
		○ 베타카로틴 고함유 배추류 3품종 개발 ○ 옹성불임성 이용 체중체계 전환(제2세부)	-우수계통 육성: 300계통 수준 -신규 조합 작성 및 평가: 200조합 -신규 조합 선발: 4조합 -종자 생산성 검정 및 확대 재배시험: 2조합 -뿌리혹병 내병성 검정: 150계통 -품종보호출원, 생산판매신고: 1품종 -종자 판매액: 50만불 -우수 자원 MS 여교잡 2회 진행: 30계통 -MS이용 체중체계 구축: 1품종
		○ 색소체(안토시아닌, 베타카로틴), 비타민 생산관련 유전자탐색 및 분자마커 개발 (제3세부)	- 색소체 집단에서 BSA방법으로 전사체 염기서열 분석(RNA sequencing), 대사경로 관련 후보유전자군 발굴 - 기능성 물질(비타민 등)에 대한 QTL 분석 - 색소체(안토시아닌), 비타민 등의 기능성 물질 생산관련 유전자 탐색 및 분자마커 개발 - 후보유전자를 사용해 만든 기능성 물질 탐색용 마커로 유전자원에 적용하여 효율성 조사 - 색소체(베타카로틴) 고함유 자원을 교배하여 만든 기능성 물질 분리집단(F <sub>2</sub> )의 유전자 지도 작성
4차년도	2020년	○ 안토시아닌 고함유 생식용 배추류 3품종 개발 ○ 색소체(안토시아닌, 베타카로틴) 2종류 이상 다중 집적 고품질 배추 품종개발(2품종) (제1세부)	-수출용 색소체 고함유 배추류 품종개발을 위한 유전자원 특성평가(10계통). -안토시아닌 고함유 배추류 계통 육성 및 신품종 개발을 위한 교배조합 작성 및 우수 조합 선발 시험(50계통 10조합). -뿌리혹병 저항성 색소체(안토시아닌, 베타카로틴 등) 고함유 생식용 배추류 품종개발(10계통 3조합). -색소체(안토시아닌, 베타카로틴 등) 2종류 이상 다중 집적 고품질 배추 품종개발(10계통 7조합). -육성된 계통을 CMS계통으로 육성 및 F1 육성(3계통 10조합) -육성품종 현지 적응시험 및 판매(1,500,000\$ 수출)
		○ 베타카로틴 고함유 배추류 3품종 개발 ○ 옹성불임성 이용 체중체계 전환(제2세부)	-우수계통 육성: 300계통 수준 -신규 조합 작성 및 평가: 200조합 -신규 조합 선발: 4조합 -종자 생산성 검정 및 확대 재배시험: 2조합 -뿌리혹병 내병성 검정: 150계통 -품종보호출원, 생산판매신고: 1품종 -종자 판매액: 100만불
		○ 색소체(안토시아닌, 베타카로틴), 비타민 생산관련 유전자탐색 및 분자마커 개발 (제3세부)	- 색소체 집단에서 기능성 물질 성분조사 및 QTL 분석 - 색소체(베타카로틴) 생산관련 유전자탐색 및 후보유전자 선발

구분	연도	연구개발의 목표	연구개발의 내용
5차년도	2021년	○ 안토시아닌 고함유 생식용 배추류 3품종 개발 ○ 색소체(안토시아닌, 베타카로틴) 2종류 이상 다중 집적 고품질 배추 품종개발(2품종) (제1세부)	-수출용 색소체 고함유 배추류 품종개발을 위한 유전자원 특성평가(10계통). -안토시아닌 고함유 배추류 계통 육성 및 신품종 개발을 위한 교배조합 작성 및 우수 조합 선발 시험(50계통10조합). -뿌리혹병 저항성 색소체(안토시아닌, 베타카로틴 등) 고함유 생식용 배추류 품종개발(10계통3조합). -색소체(안토시아닌, 베타카로틴 등) 2종류 이상 다중 집적 고품질 배추 품종개발(5계통5조합). -육성된 계통을 CMS계통으로 육성 및 F1 육성(3계통10조합) -육성품종 현지 적응시험 및 판매(3,000,000\$수출)
		○ 베타카로틴 고함유 배추류 3품종 개발 ○ 옹성불임성 이용 체중체계 전환(제2세부))	-우수계통 육성: 300계통 수준 -신규 조합 작성 및 평가: 200조합 -신규 조합 선발: 4조합 -종자 생산성 검정 및 확대 재배시험: 2조합 -뿌리혹병 내병성 검정: 150계통 -품종보호출원, 생산판매신고: 1품종 -종자 판매액: 200만불
		○ 색소체(안토시아닌, 베타카로틴), 비타민 생산관련 유전자탐색 및 분자마커 개발 (제3세부)	- 색소체(베타카로틴) 집단에서 BSA방법으로 전사체 염기서열 분석(RNA sequencing), 대사경로 관련 후보유전자군 발굴 - 색소체(안토시아닌) 기능성 물질 생산관련 유전자탐색 및 분자마커 개발 - 후보유전자를 사용해 만든 기능성 물질 탐색용 마커로 유전자원에 적용하여 효율성 조사



나. 제1세부 색소체 고탍유 생식용 배추 품종 육성.

구분	연도	연구개발의 목표	연구개발의 내용
1차년도	2017년	○ 안토시아닌 고탍유 생식용 배추류 3품종 개발 ○ 색소체(안토시아닌, 베타카로틴) 2종류 이상 다중 집적 고품질 배추 품종개발(2품종) (제1세부)	-수출용 색소체 고탍유 배추류 품종개발을 위한 유전자원 특성평가(10계통). -안토시아닌 고탍유 배추류 계통 육성 및 신품종 개발을 위한 교배조합 작성 및 우수 조합 선발 시험(10계통3조합). -뿌리혹병 저항성 색소체(안토시아닌, 베타카로틴 등) 고탍유 생식용 배추류 품종개발(10계통). -색소체(안토시아닌, 베타카로틴 등) 2종류 이상 다중 집적 고품질 배추 품종개발(10계통 2조합). -CMS(웅성불임)를 이용하여 고순도 종자 생산 및 핵심 유전자1. 육성된 계통을 CMS계통으로 육성 및 F1 육성(3계통 10조합) -육성품종 현지 적용시험 및 판매(1품종 150,000 \$ 수출)
2차년도	2018년	○ 안토시아닌 고탍유 생식용 배추류 3품종 개발 ○ 색소체(안토시아닌, 베타카로틴) 2종류 이상 다중 집적 고품질 배추 품종개발(2품종) (제1세부)	-수출용 색소체 고탍유 배추류 품종개발을 위한 유전자원 특성평가(10계통). -안토시아닌 고탍유 배추류 계통 육성 및 신품종 개발을 위한 교배조합 작성 및 우수 조합 선발 시험(10계통4조합). -뿌리혹병 저항성 색소체(안토시아닌, 베타카로틴 등) 고탍유 생식용 배추류 품종개발(10계통 2조합). -색소체(안토시아닌, 베타카로틴 등) 2종류 이상 다중 집적 고품질 배추 품종개발(10계통). 1. 육성된 계통을 CMS계통으로 육성 및 F1 육성(3계통 10조합) 2. 육성품종 현지 적용시험 및 판매(1품종 300,000\$ 수출)
3차년도	2019년	○ 안토시아닌 고탍유 생식용 배추류 3품종 개발 ○ 색소체(안토시아닌, 베타카로틴) 2종류 이상 다중 집적 고품질 배추 품종개발(2품종) (제1세부)	-수출용 색소체 고탍유 배추류 품종개발을 위한 유전자원 특성평가(10계통). -안토시아닌 고탍유 배추류 계통 육성 및 신품종 개발을 위한 교배조합 작성 및 우수 조합 선발 시험(40계통 6조합). -뿌리혹병 저항성 색소체(안토시아닌, 베타카로틴 등) 고탍유 생식용 배추류 품종개발(10계통 2조합). -색소체(안토시아닌, 베타카로틴 등) 2종류 이상 다중 집적 고품질 배추 품종개발(5계통5조합). -육성된 계통을 CMS계통으로 육성 및 F1 육성(3계통 10조합) -육성품종 현지 적용시험 및 판매(1품종 600,000만불 수출)
4차년도	2020년	○ 안토시아닌 고탍유 생식용 배추류 3품종 개발 ○ 색소체(안토시아닌, 베타카로틴) 2종류 이상 다중 집적 고품질 배추 품종개발(2품종) (제1세부)	-수출용 색소체 고탍유 배추류 품종개발을 위한 유전자원 특성평가(10계통). -안토시아닌 고탍유 배추류 계통 육성 및 신품종 개발을 위한 교배조합 작성 및 우수 조합 선발 시험(50계통 10조합). -뿌리혹병 저항성 색소체(안토시아닌, 베타카로틴 등) 고탍유 생식용 배추류 품종개발(10계통 3조합). -색소체(안토시아닌, 베타카로틴 등) 2종류 이상 다중 집적 고품질 배추 품종개발(10계통 7조합). -육성된 계통을 CMS계통으로 육성 및 F1 육성(3계통 10조합) -육성품종 현지 적용시험 및 판매( 1,500,000\$ 수출)
5차년도	2021년	○ 안토시아닌 고탍유 생식용 배추류 3품종 개발 ○ 색소체(안토시아닌, 베타카로틴) 2종류 이상 다중 집적 고품질 배추 품종개발(2품종) (제1세부)	-수출용 색소체 고탍유 배추류 품종개발을 위한 유전자원 특성평가(10계통). -안토시아닌 고탍유 배추류 계통 육성 및 신품종 개발을 위한 교배조합 작성 및 우수 조합 선발 시험(50계통10조합). -뿌리혹병 저항성 색소체(안토시아닌, 베타카로틴 등) 고탍유 생식용 배추류 품종개발(10계통3조합). -색소체(안토시아닌, 베타카로틴 등) 2종류 이상 다중 집적 고품질 배추 품종개발(5계통5조합). -육성된 계통을 CMS계통으로 육성 및 F1 육성(3계통10조합) -육성품종 현지 적용시험 및 판매(3,000,000\$수출)

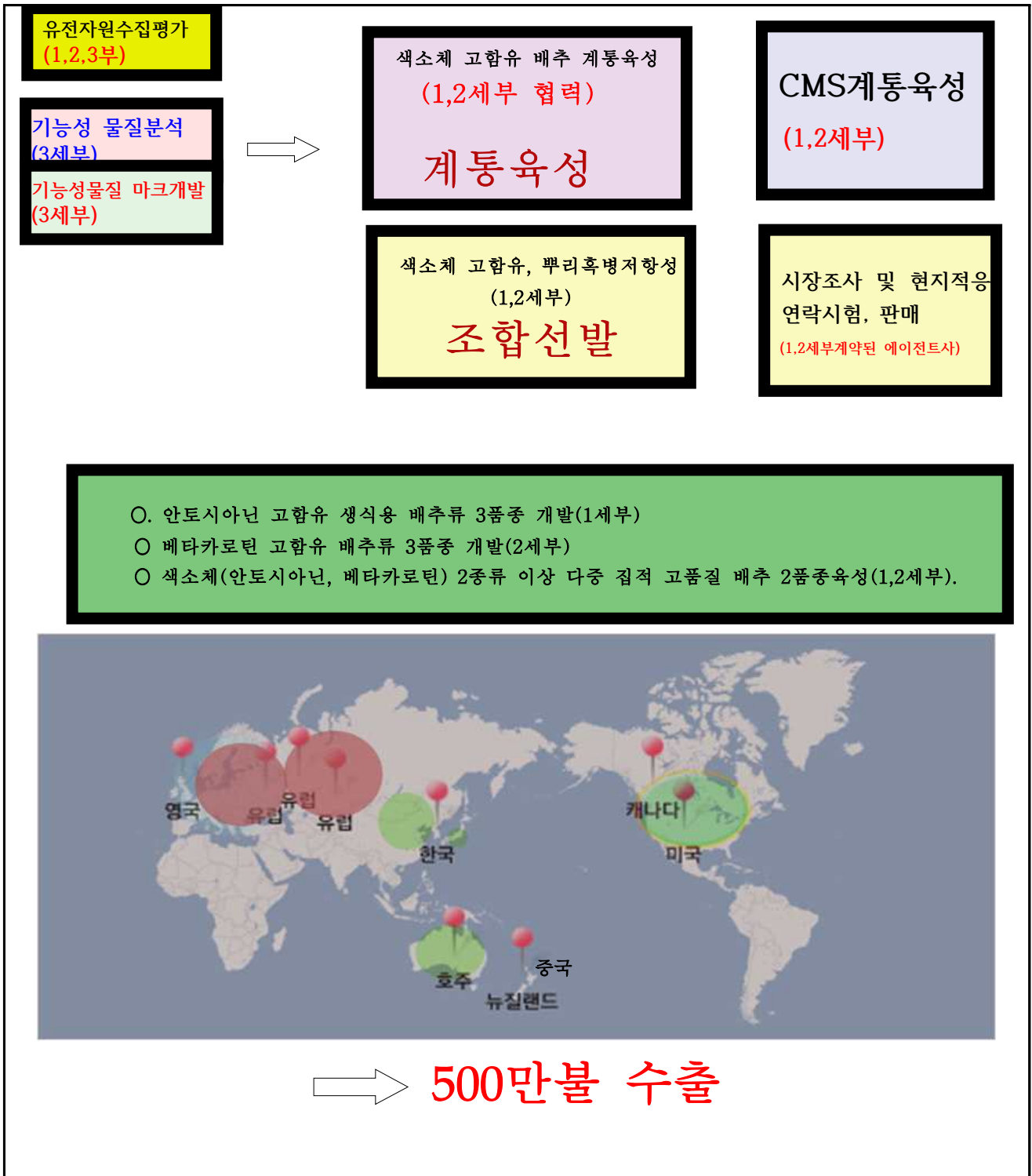
다. 제2세부 베타카로틴 고탍유 배추 품종 개발

구분	연도	연구개발의 목표	연구개발의 내용
1차년도	2017	색소성분 고탍유 품종 개발(5품종)	-우수계통 육성: 300계통 수준 -신규 조합 작성 및 평가: 150조합 -신규 조합 선발: 4조합 -종자 생산성 검정 및 확대 재배시험: 2조합 -뿌리혹병 내병성 검정: 150계통 -품종보호출원, 생산판매신고: 1품종 -종자 판매액: 10만불
		용성불임성 이용 체중체계 전환	-우수 자원 MS 여교잡 2회 진행: 30계통 -MS이용 체중체계 구축: 1품종
2차년도	2018	색소성분 고탍유 품종 개발(5품종)	-우수계통 육성: 300계통 수준 -신규 조합 작성 및 평가: 200조합 -신규 조합 선발: 4조합 -종자 생산성 검정 및 확대 재배시험: 2조합 -뿌리혹병 내병성 검정: 150계통 -품종보호출원, 생산판매신고: 1품종 -종자 판매액: 20만불
		용성불임성 이용 체중체계 전환	-우수 자원 MS 여교잡 2회 진행: 30계통 -MS이용 체중체계 구축: 1품종
3차년도	2019	색소성분 고탍유 품종 개발(5품종)	-우수계통 육성: 300계통 수준 -신규 조합 작성 및 평가: 200조합 -신규 조합 선발: 4조합 -종자 생산성 검정 및 확대 재배시험: 2조합 -뿌리혹병 내병성 검정: 150계통 -품종보호출원, 생산판매신고: 1품종 -종자 판매액: 50만불
		용성불임성 이용 체중체계 전환	-우수 자원 MS 여교잡 2회 진행: 30계통 -MS이용 체중체계 구축: 1품종
4차년도	2020	색소성분 고탍유 품종 개발(5품종)	-우수계통 육성: 300계통 수준 -신규 조합 작성 및 평가: 200조합 -신규 조합 선발: 4조합 -종자 생산성 검정 및 확대 재배시험: 2조합 -뿌리혹병 내병성 검정: 150계통 -품종보호출원, 생산판매신고: 1품종 -종자 판매액: 100만불
		용성불임성 이용 체중체계 전환	-우수 자원 MS 여교잡 2회 진행: 30계통 -MS이용 체중체계 구축: 1품종
5차년도	2021	색소성분 고탍유 품종 개발(5품종)	-우수계통 육성: 300계통 수준 -신규 조합 작성 및 평가: 200조합 -신규 조합 선발: 4조합 -종자 생산성 검정 및 확대 재배시험: 2조합 -뿌리혹병 내병성 검정: 150계통 -품종보호출원, 생산판매신고: 1품종 -종자 판매액: 200만불
		용성불임성 이용 체중체계 전환	-우수 자원 MS 여교잡 2회 진행: 30계통 -MS이용 체중체계 구축: 1품종

라. 제3세부 기능성 물질 생산관련 유전자탐색 및 분자마커 개발

구분	연도	연구개발의 목표	연구개발의 내용
1차 년도	2017	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 유전자원 수집 및 고탍유 자원 선발위한 기능성 물질(성분)조사</li> <li>- 색소체, 비타민 등의 기능성 물질 대사 경로 관련 유전자 정보 확보</li> <li>- 색소체(안토시아닌) 형질 유전자 지도 작성</li> <li>- 기능성(베타카로틴, 비타민 등)형질관련 분리집단 양성</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 배추과 유전자원 수집 및 고탍유 자원 선발위한 기능성 물질(색소체, 비타민, 환원당)평가</li> <li>- 색소체(안토시아닌, 베타카로틴), 비타민 등의 기능성 물질 대사경로를 문헌 및 웹에서(KEGG등) 조사, 해당 유전자 목록 수집</li> <li>- 색소체(안토시아닌) 고탍유 자원을 교배하여 만든 기능성 물질 분리집단(F<sub>2</sub>)을 ‘genotype based sequencing’방법으로 유전자 지도 작성</li> <li>- 기능성(베타카로틴, 비타민 등) 자원을 교배, 기능성 물질 분리집단(F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub>, BC<sub>1</sub>) 양성</li> </ul>
2차 년도	2018	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 색소체 집단에서 성분 함량 조사 및 QTL 분석</li> <li>- 형질관련 분리집단 양성 및 유전양상 분석</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 색소체 집단에서 성분조사 및 QTL 분석</li> <li>- 색소체(안토시아닌) 생산관련 유전자탐색 및 후보유전자 선발</li> <li>- 기능성(비타민 등) 형질관련 분리집단 양성(F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub>, BC<sub>1</sub>) 및 유전양상 분석</li> <li>- 비타민 고탍유 자원을 교배하여 만든 기능성 물질 분리집단(F<sub>2</sub>)의 유전자 지도 작성</li> </ul>
3차 년도	2019	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 색소체(안토시아닌) 자원 전사체 분석, 색소체 대사경로 관련 후보유전자 발굴</li> <li>- 염기서열변이로 비교 및 마커 개발</li> <li>- 유전자원에서 마커 효율성 검증</li> <li>- 색소체(베타카로틴) 형질 유전자지도 작성</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 색소체 집단에서 BSA방법으로 전사체 염기서열 분석(RNA sequencing), 대사경로 관련 후보유전자군 발굴</li> <li>- 기능성 물질(비타민 등)에 대한 QTL 분석</li> <li>- 색소체(안토시아닌), 비타민 등의 기능성 물질 생산관련 유전자탐색 및 분자마커 개발</li> <li>- 후보유전자를 사용해 만든 기능성 물질 탐색용 마커로 유전자원에 적용하여 효율성 조사</li> <li>- 색소체(베타카로틴) 고탍유 자원을 교배하여 만든 기능성 물질 분리집단(F<sub>2</sub>)의 유전자 지도 작성</li> </ul>
4차 년도	2020	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 색소체(베타카로틴) 집단에서 성분 함량 조사 및 QTL 분석</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 색소체 집단에서 기능성 물질 성분조사 및 QTL 분석</li> <li>- 색소체(베타카로틴) 생산관련 유전자탐색 및 후보유전자 선발</li> </ul>
5차 년도	2021	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 색소체(베타카로틴) 자원 전사체 분석, 색소체 대사경로 관련 후보유전자 발굴</li> <li>- 염기서열변이로 비교 및 마커 개발</li> <li>- 유전자원에서 마커 효율성 검증</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 색소체(베타카로틴) 집단에서 BSA방법으로 전사체 염기서열 분석(RNA sequencing), 대사경로 관련 후보유전자군 발굴</li> <li>- 색소체(안토시아닌) 기능성 물질 생산관련 유전자탐색 및 분자마커 개발</li> <li>- 후보유전자를 사용해 만든 기능성 물질 탐색용 마커로 유전자원에 적용하여 효율성 조사</li> </ul>

제2절. 연구개발의 추진전략·방법 및 추진체계(총괄)



### 제3절. 추진전략 · 방법

#### 1. 제1, 2세부과제

##### ○ 계통 육성

- 육성 계통은 재료 국외 유출 방지를 위해 국내에서 시험, 선발함을 원칙으로 함.
- 내병성 계통 육성은 가능한 국내 사용 가능한 분자 마커, 병리 검정을 활용하고 이를 위해 육종 기반 기술 개발 프로젝트와 연계함.
- 계통 육성 초기부터 색소 성분 정량, 정성 분석을 통하여 강선발 함으로써 불필요한 육성 노력을 배제함.
- 내병성 계통의 현지 평가가 필요할 때는 비정기적으로 제한된 소재를 이용하여 현지 협력 업체의 통제하에 현지 시험을 진행함.

##### ○ 교배조합작성 및 국내 재배시험

- 육성 계통을 이용하여 교배조합을 작성하고 임성, 개화시기 등을 조사하고 국내포장에 1차로 재배시험을 실시함.

##### ○ 해외 현지 시험 및 시교 시험

- 국내에서 1차로 선발된 조합을 바탕으로 수출지역의 현지시험을 통해 우수한 품종을 2차로 선발함.
- 2차로 선발된 품종은 시교를 생산하고 해외 재배 시험을 거쳐 판매 여부를 결정함.
- 현지 판매사에 배포하는 시험재배 종자의 경우 유전 자원 유출 방지를 위해 MS 채종분에 대하여 공급함을 원칙으로 함.
- 현지 시험 재배 품종에 대한 신뢰도 있는 성분 분석을 실시함으로써 마케팅 효율을 제고.

##### ○ 농가 현장 생산 및 수출

- 선발된 품종의 대량 생산 종자에 대해서 동일성 검정, 발아율, 타화분혼입, 자식체 출현 등 QA 관련 사항을 철저히 함으로써 회사의 신뢰도를 높임

#### 1. 제3세부과제

##### □ 유전자원 수집 및 고탍유 자원 선발위한 기능성 물질(성분)조사

- 유전자원 수집
  - 국내외 유전자원 보유 기관 및 종묘회사에서 분양.
- 기능성 성분 조사
  - 안토시아닌, 베타카로틴, 비타민 등 기능성 물질 조사

##### □ 색소체, 비타민 등의 기능성 물질 대사경로 관련 유전자 정보 확보

- 색소체(안토시아닌, 베타카로틴), 비타민 등의 기능성 물질 대사경로를 문헌 및 웹에서 조사
- 해당 유전자 목록 수집 및 특정 계통에서 발현양 비교분석

##### □ 고탍유 자원을 이용 기능성 물질 분리집단 작성 및 유전자 지도 작성

- 고탍유 자원을 뇌수분 방법으로 교배하여 기능성 물질 분리집단 작성(F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub>, BC<sub>1</sub>) 및 유전양상 조사

- 계통간 다형성 나타내는 마커 선발 및 유전자 지도 작성

□ **기능성 물질 QTL 분석**

- 기능성 물질 집단에서 성분 함량 조사 및 유전자지도에서 형질 연관 QTL 분석
- 기능성 물질 생산관련 유전자탐색 및 후보유전자 선발

□ **기능성 자원 전사체 분석 및 물질 대사경로 관련 후보유전자 발굴**

- 기능성 집단에서 BSA방법으로 전사체 염기서열 분석(RNA sequencing)
- 기능성 물질 생산관련 후보유전자군 탐색
- 후보유전자의 구조 및 발현량 분석으로 분자마커 개발
- 후보유전자를 사용해 만든 기능성 물질 탐색용 마커로 유전자원에 적용하여 효율성 조사

제4절 연구수행 내용 및 결과

1. 제1세부프로젝트 : 색소체 고품유 생식용 배추 품종 육성.

가. 수출용 색소체 고품유 배추류 품종개발을 위한 유전자원 특성평가

(1). 다양한 배추류의 유전자원을 수집하여 특성을 평가하고 안토시아닌 발현 유전자를 배추로 도입.

2017년 6월 미국에서 WR70을 비롯한 3품종을 수집하여 특성평가 후 본 과제에서 개발육성한 권농빨강5호와 함께 4품종을 한국생명공학연구원 미생물자원센터에 유전자원 등록을 하였으며 2018년도 6월에 미국서 수집한 결구 배추 2품종을 현재 가을차검에서 특성을 조사하였으나 해외 유전자원의 국내 유전자원 은행에 등록이 어려워 등록을 하지 못하였다.

2017년 수집된 품종 중 WR70과 BLUES는 바이러스 및 연부병 저항성 품종으로 추대가 안정되어 있으며 내한성과 내서성이 강하여 향후 본 연구과제의 노균병 저항성 색소체 고품유 품종 육성에 유용한 육성소재로 활용할 계획입니다. BILKO는 네델란드 BEZO사의 품종으로 유럽과 미국에서 리딩 품종으로 많이 재배되고 있는 품종으로 추대가 늦고 내서성이 강한 품종이다. 향후 본 과제에서 개발될 품종은 BILKO와 대비하여 추대가 안정되어 있으며 색소체가 고품유된 품종으로 개발이 되어야 유럽 및 미국에서 재배 안정성이 확보될 것으로 판단된다.



자원ID	학명	품종명/계통명	수집지역	수집자	특별한 성질이나 용도(유전자, 표현형, 유전물질 등)
KN65107	<i>Brassica campestris ssp. pekinensis</i>	권농빨강5호	한국	권오하	빨간배추, 안토시아닌 함유, 만추대
KN5106	<i>Brassica campestris ssp. pekinensis</i>	WR70	미국	권오하	만추대, 내한성, 내서성, 바이러스&연부병 저항성
KN5107	<i>Brassica campestris ssp. pekinensis</i>	BLUES	미국	권오하	만추대, 바이러스&연부병&노균병 저항성
KN5115	<i>Brassica campestris ssp. pekinensis</i>	BILKO	미국	권오하	만추대, 내서성

기탁번호	생물자원명	분리번호	연구과제명	연구책임자	비고
BP1347277	Brassica campestris ssp.pekinensis	KN5106	색소체 고함유 생식용 배추 품종육성	권오하	종자
BP1347278	Brassica campestris ssp.pekinensis	KN5107	색소체 고함유 생식용 배추 품종육성	권오하	종자
BP1347279	Brassica campestris ssp.pekinensis	KN5115	색소체 고함유 생식용 배추 품종육성	권오하	종자
BP1347276	Brassica campestris ssp.pekinensis	KN65107	색소체 고함유 생식용 배추 품종육성	권오하	종자

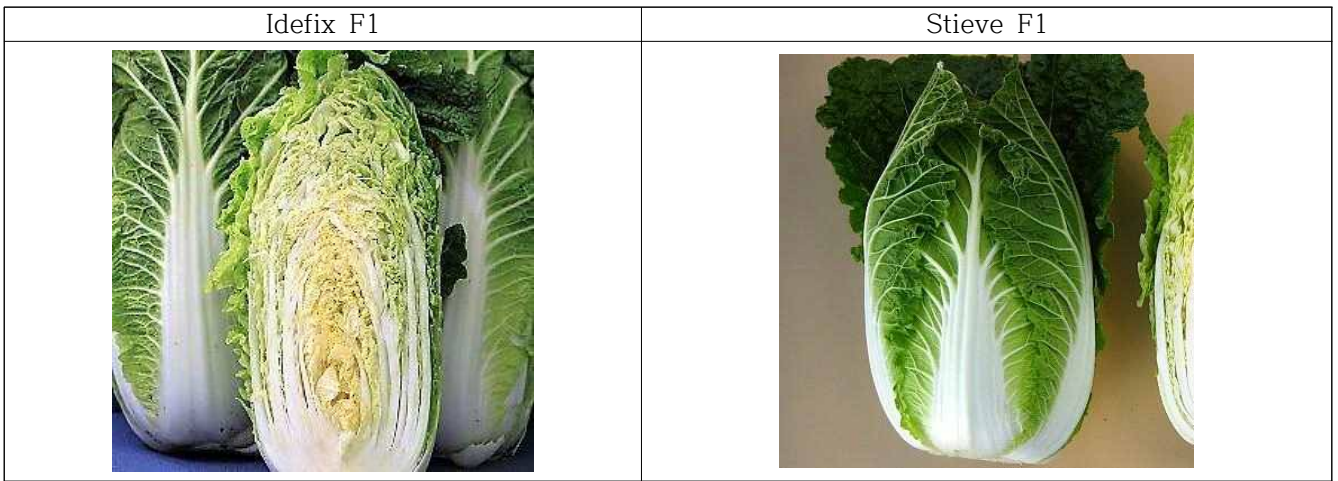
2019년 5월 중국에서 홍경백2호를 비롯한 10점을 수집 라이코펜이 함유된 홍경백2호와 베타카로틴이 함유된 황심채를 2019년 8월 가을 차검에서 특성 검정을 한 결과 색소체(라이코펜, 베타카로틴) 고함유 유전자원으로 유용한 것으로 판단되어 2020년부터 육성소재로 사용할 계획입니다.

홍경백2호(라이코펜 함유 배추)	황심채(베타카로틴 함유배추)
	

2020년도에는 해외 출장의 어려움으로 해외 출장이 제한되어 해외 유전자원의 수집이 어려웠으나 우편 구매를 통한 미국에서 유전자원 2점을 수집하여 특성 평가를 하였다.

KX-1(적색케일 )	Rubicon(점무늬병 내병성 품종)
	

2021년도에는 유럽에서 우편 구매를 통한 뿌리혹병 저항성 품종인 'Idefix F1', 'Stieve F1' 유전자원 2점을 수집하여 특성 평가를 하였다.



(2). 색소체 고함유 유전자원 성분분석.

1차년도에 안토시아닌 및 베타카로틴이 함유된 유전자원을 평가하여 조생계 배추로의 도입을 위해 대조품종인 권농카로틴 품종과 11 계통 및 F1조합 을 각 3반복 총 36점을 충남대학교 산학협력단 성분분석센터에 2017년 9월에 안토시아닌 성분분석을 의뢰한 결과는 아래 표와 같다.

분석한 결과는 GSP 1단계 연구결과 개발된 권농빨강2호, 권농빨강3호 및 권농빨강봄에 비해 2단계에서 선발된 품종으로 2017년 품종 등록한 권농빨강5호와 2차년도 2018년에 품종 등록한 RCC65가 안토시아닌 함량이 높게 나타나 향후 기능성 품종으로 종자수출에 기여할 것으로 판단 된다.



No.	Sample	품종명	Cyanidin (mg/g)	Malvidin (mg/g)	Peonidin (mg/g)	Delpinidin (mg/g)	Pelagonidin (mg/g)	Total anthocyanidin (mg/g)
1	RCC3 (RED)	권농빨강2호	0.1136	0.11	N.D.	N.D.	N.D.	0.220
2	RCC9 (RED)	권농빨강3호	0.9658	0.37	N.D.	N.D.	N.D.	1.335
3	KN5047 (RED)	권농빨강봄	0.7367	0.26	N.D.	N.D.	N.D.	0.995
4	KN75016 (RED)	65050	0.7708	0.30	N.D.	N.D.	N.D.	1.073
5	KN75025 (RED)	65109	0.7647	0.27	N.D.	N.D.	N.D.	1.039
6	KN75026 (RED)	권농빨강5호	1.4596	0.59	N.D.	N.D.	N.D.	2.047
7	KN75027 (RED)	65108	0.7359	0.30	N.D.	N.D.	N.D.	1.032
8	KN75035 (RED)	65067	0.8424	0.38	N.D.	N.D.	N.D.	1.222
9	RCC65 (RED)	RCC65	1.2776	0.50	N.D.	N.D.	N.D.	1.778
10	KN65066 (RED)	65066	0.3597	0.14	N.D.	N.D.	N.D.	0.499
11	KN75038 (RED)	65068	0.3959	0.15	N.D.	N.D.	N.D.	0.549
12	권농카로틴	권농카로틴	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.000

안토시아닌이 함유된 선발된 품종의 안토시아닌 성분분석을 의뢰한 결과는 아래 표와 같다. 분석한 결과는 GSP 1단계 연구결과 개발된 권농빨강2호, 권농빨강3호 및 권농빨강봄에 비해 2단계에서 선발된 품종으로 2017년 품종 등록한 권농빨강5호와 2차년도 2018년에 품종 등록한 RCC65가 안토시아닌 함량이 높게 나타나 향후 기능성 품종으로 종자수출에 기여할 것으로 판단된다.

No.	Sample	품종명	Cyanidin (mg/g)	Malvidin (mg/g)	Peonidin (mg/g)	Delpinidin (mg/g)	Pelagonidin (mg/g)	Total anthocyanidin (mg/g)
1	RCC3 (RED)	권농빨강2호	0.1136	0.11	N.D.	N.D.	N.D.	0.220
2	RCC9 (RED)	권농빨강3호	0.9658	0.37	N.D.	N.D.	N.D.	1.335
3	KN5047 (RED)	권농빨강봄	0.7367	0.26	N.D.	N.D.	N.D.	0.995
4	KN75026 (RED)	권농빨강5호	1.4596	0.59	N.D.	N.D.	N.D.	2.047
5	RCC65 (RED)	RCC65	1.2776	0.50	N.D.	N.D.	N.D.	1.778

나. 색소체 고함유 배추류 신품종 개발을 위한 계통 및 조합 선발 시험

(1). 안토시아닌 고 함유 배추 계통육성

1차년도에 봄 재배가 가능한 안토시아닌 고 함유 만추대 품종 육성을 위해 기 선발된 개체 및 계통 중 정식 후 50-60일 전후에 수확가능한 조생계 60계통, 자모(털)가 없으며 아삭한 육질 및 풋내가 적고 단맛이 강한 62계통, 칼슘결핍과 노균병에 강한 40계통 및 연중 재배가 가능한 만추대 100계통을 포함하여 각 세대 총 328계통과 MS계통 20계통을 공시하여 2017년 하우스 차검으로 1월 25일 파종후 2월 16일 정식하였고 노지 차검으로 같은 계통을 2017년 3월14일 파종 후 4월6일 정식하여 시험한 결과 하우스 차검은 4월 하순, 노지차검은 6월 상순에 아래와 같이 만추대 이면서 적색 및 상품성이 우수한 457 개체 및 계통을 선발하였으며 유전자원 보호를 위한 MS 계통육성을 위해 20계통을 공시하여 25계통을 선발하였다.

1차년도(2017) 배추세대별 계통육성(봄차검)				
계통분류	차검계통수	선발계통수	비고	
소재작성F1	18	25		
분리집단F2	91	205	개체선발	
F3계통	81	125	개체선발	
F4계통	60	70	개체 및 계통선발	
F5계통	38	20	개체 및 계통선발	
F6계통	40	12	계통선발	
MS계통육성	20	25	BC1-BC6세대	
계	348	482		

1차년도(2017) 배추선발개체, 계통증식		
		
하우스차검	노지차검	선발개체 및 계통 증식

또한 가을용 배추 품종개발을 위해 각 세대별 계통 가을 차검은 아래 표에서와 같이 2017년 8월 6일에 총 354계통과 MS계통 30계통을 파종하고 9월1일 정식하고 배추 표준 경종방법에 의해 시험재배를 실시하고 11월초에 총 591 개체 및 계통을 선발하여 계통 유지 및 증식을 위해 포트에 옮겨 심어 온실에서 인공교배로 종자증식을 하였다.

1차년도(2017) 배추 세대별 계통육성(가을차검)			
계통분류	차검계통수	선발계통(개체)수	비고
소재작성F1	27	21	
분리집단F2	155	201	개체선발
F3계통	115	153	개체선발
F4계통	75	63	개체 및 계통선발
F5계통	62	47	개체 및 계통선발
F6계통	13	16	계통선발
MS계통육성	30	23	BC1-BC6세대
CR저항성	161	67	병 저항성 검정결과 아래표
계	545	591	



그리고 뿌리혹병 저항성 품종 육성을 위해서는 한국화학연구소에 의뢰 뿌리혹병 접종검정을 한 결과 161계통 및 F1조합을 검정한 결과 저항성 61계통과 중도저항성 6계통 및 조합을 선발하였다.

<표. 계통 및 F1조합 뿌리혹병 저항성 검정.>

NO	조제번호	발병도	반응	NO	조제번호	발병도	반응	NO	조제번호	발병도	반응	NO	조제번호	발병도	반응
1	75013	3	S	42	75542	3.3	S	83	75855	0.7	R	124	75925	3.7	S
2	75020	0.9	R	43	75543	4	S	84	75857	3.9	S	125	75926	0.7	R
3	75021	0.4	R	44	75697	1.2	MR	85	75858	0	R	126	75927	3.6	S
4	75025	0	R	45	75698	0.7	R	86	75863	3.6	S	127	75928	0	R
5	75026	3.6	S	46	75699	0.8	R	87	75866	3.3	S	128	75929	0	R
6	75027	2.9	S	47	75700	0.8	R	88	75867	2.7	S	129	75930	0.2	R
7	75035	0	R	48	75701	4	S	89	75869	4	S	130	75931	2.9	S
8	75036	3.9	S	49	75702	3.9	S	90	75871	3.1	S	131	75932	0.3	R
9	75039	0	R	50	75721	4	S	91	75872	3.8	S	132	75935	0	R
10	75040	3.9	S	51	75723	4	S	92	75873	3.7	S	133	75936	0	R
11	75050	4	S	52	75726	4	S	93	75874	4	S	134	75937	0	R
12	75051	4	S	53	75727	2.9	S	94	75875	3.9	S	135	75938	0	R
13	75052	4	S	54	75729	0	R	95	75876	3.8	S	136	75939	4	S
14	75053	0	R	55	75738	3.6	S	96	75877	3.4	S	137	75940	4	S
15	75054	4	S	56	75766	2.9	S	97	75879	3.2	S	138	75941	4	S
16	75055	4	S	57	75778	0	R	98	75884	4	S	139	75942	3.6	S
17	75056	4	S	58	75780	3.1	S	99	75885	4	S	140	75943	4	S
18	75057	4	S	59	75781	2	MR	100	75887	3.9	S	141	75944	4	S
19	75058	4	S	60	75782	3.4	S	101	75888	4	S	142	75945	3.6	S
20	75059	4	S	61	75783	3.9	S	102	75889	4	S	143	75245	0	R
21	75060	0.4	R	62	75785	3.6	S	103	75890	0	R	144	75246	3.9	S
22	75061	0	R	63	75786	3.9	S	104	75891	0	R	145	75247	3.8	S
23	75062	4	S	64	75787	4	S	105	75893	0	R	146	75248	3.4	S
24	75063	0	R	65	75789	3.9	S	106	75894	0	R	147	75250	4	S
25	75064	4	S	66	75790	3.9	S	107	75895	4	S	148	75251	4	S
26	75065	0	R	67	75799	2.6	S	108	75896	4	S	149	75252	0	R
27	75066	0	R	68	75800	0	R	109	75897	4	S	150	75253	0	R
28	75067	0	R	69	75801	2.7	S	110	75898	0	R	151	75254	4	S
29	76307	0.1	R	70	75802	2.1	S	111	75899	4	S	152	75255	3.9	S
30	76308	4	S	71	75803	2	MR	112	75900	0	R	153	75256	3.6	S
31	75530	0	R	72	75805	3.1	S	113	75901	0	R	154	75257	4	S
32	75531	0	R	73	75806	1.2	MR	114	75902	4	S	155	75258	3.5	S
33	75532	3.4	S	74	75807	3.4	S	115	75903	3.8	S	156	75299	0	R
34	75533	4	S	75	75809	0	R	116	75915	3.9	S	157	75300	0	R
35	75534	0	R	76	75848	4	S	117	75916	0	R	158	75303	0	R
36	75536	3.9	S	77	75849	0	R	118	75918	1	R	159	75304	0	R
37	75537	3.5	S	78	75850	0	R	119	75920	1.5	MR	160	75319	0	R
38	75538	3.8	S	79	75851	0.4	R	120	75921	3.9	S	161	75320	0	R
39	75539	0.8	R	80	75852	0.1	R	121	75922	2.5	S				
40	75540	0	R	81	75853	3	S	122	75923	0.4	R				저항성:61
41	75541	0	R	82	75854	1.1	MR	123	75924	0	R				중도저항성:6

2차년도(2018)에도 1차년도와 연속된 연구로 1차년도에 선발 증식한 계통을 공시하여 봄 차검에서는 봄 재배가 가능한 안토시아닌 고 함유 만추대 품종 육성을 위해 기 선발된 개체 및 계통 중 정식 후 50-60일 전후에 수확가능한 조생계 73계통, 자모(털)가 없으며 아삭한 육질 및 풋내가 적고 단맛이 강한 54계통, 칼슘결핍과 노균병에 강한 80계통 및 연중 재배가 가능한 만추대 70계통을 포함하여 각 세대 총 626계통과 MS계통 30계통을 공시하여 2018년 하우스 차검으로 1월 23일 파종 후 2월 15일 정식하였고 노지 차검으로 같은 계통을 2018년 3월19일 파종 후 4월10일 정식하

여 시험한 결과 하우스 차검은 4월 28일, 노지 차검은 6월 19일에 아래와 같이 만추대 이면서 적색 및 상품성이 우수한 460 개체 및 계통을 선발하였으며 유전자원 보호를 위한 MS 계통육성을 위해 30계통을 공시하여 13계통을 선발하였다.

2차년도(2018) 배추세대별 계통육성(봄차검)			
계통분류	차검계통수	선발계통수	비고
소재작성F1	10	13	
분리집단F2	125	155	개체선발
F3계통	190	115	개체선발
F4계통	123	74	개체 및 계통선발
F5계통	88	66	개체 및 계통선발
F6계통	60	24	계통선발
MS계통육성	30	13	BC1-BC6세대
계	626	460	

2차년도(2018) 배추선발개체, 계통증식	
	
하우스차검	노지차검

또한 가을용 배추 품종개발을 위해 각 세대별 계통 가을 차검은 아래 표에서와 같이 2018년 8월 5일에 총 616계통과 MS계통 15계통을 파종하고 9월3일 정식하고 배추 표준 경종방법에 의해 시험재배를 실시하고 11월초에 육종 목표에 부합한 개체 및 계통을 선발하여 세대진척과 종자 유지를 위해 포트에 옮겨 심어 온실에서 월동 후 2019년 이른 봄에 인공교배를 하였다.

2차년도(2018) 배추 세대별 계통육성(가을차검)			
계통분류	차검계통수	선발계통(개체)수	비고
소재작성F1	17	14	
분리집단F2	105	115	개체선발
F3계통	215	181	개체선발
F4계통	171	150	개체 및 계통선발
F5계통	60	46	개체 및 계통선발
F6계통	33	25	계통선발
MS계통육성	15	15	BC1-BC6세대
계	616	546	

2차년도(2018) 가을 계통 및 F1차검



3차년도(2019년)에 봄 재배가 가능한 안토시아닌 고 함유 만추대 품종 육성을 위해 기 선발된 개체 및 계통 중 정식 후 50-60일 전후에 수확가능한 조생계 36계통, 자모(털)가 없으며 아삭한 육질 및 풋내가 적고 단맛이 강한 34계통, 칼슘결핍과 노균병에 강한 60계통 및 연중 재배가 가능한 만추대 50계통을 포함하여 각 세대 총 447계통과 MS계통 13계통을 공시하여 2019년 하우스 차검으로 2월 8일 파종후 3월 7일 정식하였고 노지 차검으로 같은 계통을 2019년 3월18일 파종 후 4월 8일 정식하여 시험한 결과 하우스 차검은 5월 13일, 노지차검은 6월 5일에 아래와 같이 만추대 이면서 적색 및 상품성이 우수한 568 개체 및 계통을 선발하였으며 유전자원 보호를 위한 MS 계통육성을 위해 13계통을 공시하여 20계통을 선발하였다.

3차년도(2019) 배추세대별 계통육성(봄차검)

계통분류	차검계통수	선발계통수	비고
소재작성F1	13	15	
분리집단F2	155	125	개체선발
F3계통	115	175	개체선발
F4계통	74	160	개체 및 계통선발
F5계통	66	58	개체 및 계통선발
F6계통	24	35	계통선발
MS계통육성	13	20	BC1-BC6세대
계	460	588	

3차년도(2019) 봄 계통 및 F1차검



하우스차검

노지차검

또한 가을용 배추 품종개발을 위해 각 세대별 계통 가을 차검은 아래 표에서와 같이 2019년 8월 9일에 총 654계통과 MS계통 35계통을 파종하고 8월29일 정식하고 배추 표준 경종방법에

의해 시험재배를 실시하고 11월 6일에 아래와 같이 적색 및 상품성이 우수한 563 개체 및 계통을 선발하였으며 유전자원 보호를 위한 MS 계통육성을 위해 35계통을 공시하여 22계통을 선발하였다. 또한 가을 차검결과 우수한 계통으로 선발된 계통은 2020년 봄에 병저항성 검정을 의뢰할 계획이다.

3차년도(2019) 배추 세대별 계통육성(가을차검)			
계통분류	차검계통수	선발계통(개체)수	비고
소재작성F1	16	13	
분리집단F2	103	120	개체선발
F3계통	235	165	개체선발
F4계통	160	170	개체 및 계통선발
F5계통	85	48	개체 및 계통선발
F6계통	55	45	계통선발
MS계통육성	35	22	BC1-BC6세대
계	689	583	

3차년도(2019) 가을 계통 및 F1차검



4차년도(2020년)에도 봄재배가 가능한 안토시아닌 고 함유 만추대 품종 육성을 위해 3차년도에 기 선발된 개체 및 계통 중 정식 후 50-60일 전후에 수확가능한 조생계 85계통, 자모(털)가 없으며 아삭한 육질 및 풋내가 적고 단맛이 강한 33계통, 칼슘결핍과 노균병에 강한 91계통 및 연중재배가 가능한 만추대 93계통을 포함하여 각 세대 총 211계통과 MS계통 55계통을 공시하여 2020년 하우스 차검으로 2월 7일 파종후 3월 5일 정식하였고 노지 차검으로 같은 계통을 2020년 3월18일 파종 후 4월 9일 정식하여 시험한 결과 하우스 차검은 5월 14일, 노지차검은 6월11일에 아래와 같이 만추대 이면서 적색 및 상품성이 우수한 466 개체 및 계통을 선발하였으며 유전자원 보호를 위한 MS 계통육성을 위해 55계통을 공시하여 45계통을 선발하였다.

4차년도(2020) 배추세대별 계통육성(봄차검)			
계통분류	차검계통수	선발계통수	비고
소재작성F1	5	10	
분리집단F2	55	132	개체선발
F3계통	50	127	개체선발
F4계통	40	63	개체 및 계통선발
F5계통	31	50	개체 및 계통선발
F6계통	30	39	계통선발
MS계통육성	55	45	BC1-BC6세대
계	266	466	

4차년도(2020) 봄 계통 및 F1차검



하우스차검



노지차검

또한 가을용 배추 품종개발을 위해 각 세대별 계통 가을 차검은 아래 표에서와 같이 2020년 8월 5일에 총 583계통과 MS계통 22계통을 과종하고 8월27일 정식하고 배추 표준 경종방법에 의해 시험재배를 실시하고 11월에 적색 및 상품성이 우수한 개체 및 계통을 선발할 예정이며 유전자원 보호를 위한 MS 계통육성을 위해 22계통을 공시하여 MS계통을 선발할 것입니다. 또한 2020년 8월에 한국화학연구원에 뿌리혹병 검정을 위해 124계통을 의뢰하였으며 그 결과 저항성 및 중도 저항성 계통 및 조합으로 35 계통 및 조합을 선발하였다.

4차년도(2020) 배추 세대별 계통육성(가을차검)

계통분류	차검계통수	선발계통(개체)수	비고
소재작성F1	13	11	
분리집단F2	120	115	개체선발
F3계통	165	170	개체선발
F4계통	170	152	개체 및 계통선발
F5계통	48	38	개체 및 계통선발
F6계통	45	35	계통선발
MS계통육성	22	19	BC1-BC6세대
계	583	540	

4차년도(2020) 가을 계통 및 F1차검 및 병리검정 의뢰서



병리검정의뢰서 (in vivo 검정용)

호주명	농업과학기술원 (농촌진흥청)	담당자	김오하
발원번호	043-212-7470	전화번호	010-5462-1511
Fax	043-212-7470	이메일	kschoe@nrcr.re.kr
주소	충북 충주시 불석구 원성로 427 (농촌진흥청)		
시험 품종	<input type="checkbox"/> C1 품종 <input type="checkbox"/> 자종 <input type="checkbox"/> 계통육성 <input type="checkbox"/> 균주육성	비고	
종류	가주	적색	수령
근원명	배추	무늬종형	1,280 주
비고	검수 시, 적색상 수확량은 산정해 줄 예정입니다.		
발원인명			
신청명			

비고: 같이 병리검정을 의뢰 합니다.

2020년 8월 28일

의뢰인: 김오하 (010-5462-1511)

한국화학연구원 최 경지 귀하

\* 문의: 010-5462-1511

\* 의뢰사항

1. 발원명, 수량, 주, 검정시 작성
2. 의뢰인, 의뢰사유, 검정 목적
3. 해당유료, 계약서는 당국 기밀실인 한 후 보냄

표. 육성계통 및 조합의 뿌리혹병균 JS균주에 대한 저항성

품종	평균	저항성	품종	평균	저항성	품종	평균	저항성	품종	저항성	저항성
1	2.5	S	33	4.0	S	65	2.1	S	97	3.1	S
2	3.1	S	34	4.0	S	66	4.0	S	98	1.7	MR



3	3.1	S	35	4.0	S	67	0.5	R	99	1.7	MR
4	2.9	S	36	2.7	S	68	1.8	MR	100	1.1	MR
5	1.6	MR	37	3.5	S	69	2.6	S	101	2.0	MR
6	1.4	MR	38	3.9	S	70	2.9	S	102	1.9	MR
7	1.3	MR	39	3.6	S	71	1.8	MR	103	2.5	S
8	3.2	S	40	3.6	S	72	1.9	MR	104	1.2	MR
9	2.4	S	41	0.8	R	73	2.0	MR	105	1.7	MR
10	3.1	S	42	3.7	S	74	3.0	S	106	2.4	S
11	3.2	S	43	2.1	S	75	2.3	S	107	2.3	S
12	3.8	S	44	3.1	S	76	3.2	S	108	3.8	S
13	2.0	MR	45	4.0	S	77	2.1	S	109	3.4	S
14	3.5	S	46	3.4	S	78	2.0	MR	110	3.0	S
15	0.2	R	47	1.6	MR	79	1.8	MR	111	3.3	S
16	0.6	R	48	0.9	R	80	3.8	S	112	2.4	S
17	3.4	S	49	4.0	S	81	3.9	S	113	2.4	S
18	3.3	S	50	4.0	S	82	3.9	S	114	0.0	R
19	3.4	S	51	4.0	S	83	3.8	S	115	3.2	S
20	3.9	S	52	3.7	S	84	1.8	MR	116	1.9	MR
21	3.8	S	53	3.4	S	85	2.9	S	117	0.9	R
22	4.0	S	54	2.9	S	86	3.5	S	118	3.8	S
23	4.0	S	55	0.6	R	87	2.6	S	119	3.0	S
24	3.6	S	56	1.6	MR	88	2.1	S	120	1.3	MR
25	4.0	S	57	1.0	R	89	3.3	S	121	3.9	S
26	4.0	S	58	4.0	S	90	3.5	S	122	3.7	S
27	1.3	MR	59	4.0	S	91	3.6	S	123	4.0	S
28	1.8	MR	60	4.0	S	92	1.2	MR	124	3.6	S
29	3.8	S	61	2.1	S	93	2.0	MR	노랑김장	3.9	S
30	3.3	S	62	4.0	S	94	1.4	MR	챔피언	0.0	R
31	3.5	S	63	3.9	S	95	3.4	S	저항성(R):8, 중간저항성 (MR):27		
32	4.0	S	64	3.9	S	96	3.7	S			

5차년도(2021년)에도 봄재배가 가능한 안토시아닌 고 함유 만추대 품종 육성을 위해 4차년도에 기 선발된 개체 및 계통 중 정식 후 50-60일 전후에 수확가능한 조생계 78계통, 자모(털)가 없으며 아삭한 육질 및 풋내가 적고 단맛이 강한 31계통, 칼슘결핍과 노균병에 강한 96계통 및 연중재배가 가능한 만추대 90계통을 포함하여 각 세대 총 390계통과 MS계통 39계통을 공시하여 2021년 하우스 차검으로 2월 6일 파종후 3월 5일 정식하였고 노지 차검으로 같은 계통을 2021년 3월12일 파종 후 4월 9일 정식하여 시험한 결과 하우스 차검은 5월 12일, 노지차검은 6월14일에 아래와 같이 만추대 이면서 적색 및 상품성이 우수한 474 개체 및 계통을 선발하였으며 유전자원 보호를 위한 MS 계통육성을 위해 39계통을 공시하여 31계통을 선발하였다.

계통분류	차검계통수	선발계통수	비고
소재작성F1	8	12	
분리집단F2	10	112	개체선발
F3계통	132	105	개체선발
F4계통	127	112	개체 및 계통선발
F5계통	63	53	개체 및 계통선발
F6계통	50	49	계통선발
MS계통육성	39	31	BC1-BC6세대
계	429	474	



또한 가을용 배추 품종개발을 위해 각 세대별 계통 가을 차검은 아래 표에서와 같이 2021 8월 4일에 총 494계통과 MS계통 22계통을 파종하고 8월27일 정식하고 배추 표준 경종방법에 의해 시험재배를 실시하고 11월 1일에 적색 및 상품성이 우수한 개체 및 계통을 총 452계통을선발 하였으며 유전자원 보호를 위한 MS 계통육성을 위해 22계통을 공시하여 MS계통을 24개체를 선발하였다. 또한 2021년 8월에 한국화학연구원에 뿌리혹병 검정을 위해 113계통을 의뢰하였으며 그 결과 저항성 및 중도 저항성 계통 및 조합으로 51 계통 및 조합을 선발하였다.

계통분류	차검계통수	선발계통(개체)수	비고
소재작성F1	8	11	
분리집단F2	11	110	개체선발
F3계통	115	127	개체선발
F4계통	170	115	개체 및 계통선발
F5계통	152	55	개체 및 계통선발
F6계통	38	34	계통선발
MS계통육성	22	24	BC1-BC6세대
계	516	476	

4차년도(2020) 가을 계통 및 F1차검



표. 육성계통 및 조합의 뿌리혹병균 JS균주에 대한 저항성

품종	평균	저항성	품종	평균	저항성	품종	평균	저항성	품종	저항성	저항성
1	4.0	S	31	4.0	S	61	0.0	R	91	1.0	R
2	2.3	S	32	1.8	MR	62	1.6	MR	92	0.2	R
3	2.9	S	33	4.0	S	63	0.2	R	93	0.8	R
4	4.0	S	34	0.7	R	64	2.8	S	94	3.0	S
5	1.2	MR	35	0.7	R	65	4.0	S	95	1.6	MR
6	3.4	S	36	4.0	S	66	3.6	S	96	0.2	R
7	2.4	S	37	3.9	S	67	3.2	S	97	3.0	S
8	2.0	MR	38	4.0	S	68	2.5	S	98	1.9	MR
9	2.6	S	39	0.4	R	69	1.5	MR	99	0.4	R
10	2.0	MR	40	1.8	MR	70	2.4	S	100	1.4	MR
11	0.5	R	41	1.5	MR	71	1.2	MR	101	0.0	R
12	0.7	R	42	4.0	S	72	2.0	MR	102	0.0	R
13	0.9	R	43	3.9	S	73	3.6	S	103	0.0	R
14	3.5	S	44	1.5	MR	74	3.6	S	104	2.7	S
15	3.1	S	45	0.4	R	75	4.0	S	105	1.4	MR
16	0.2	R	46	4.0	S	76	4.0	S	106	1.8	MR
17	0.0	R	47	4.0	S	77	2.4	S	107	0.8	R
18	2.1	S	48	4.0	S	78	1.8	MR	108	3.6	S
19	0.9	R	49	4.0	S	79	3.2	S	109	0.0	R
20	0.2	R	50	3.4	S	80	4.0	S	110	0.0	R
21	3.3	S	51	3.7	S	81	2.9	S	111	4.0	S
22	3.4	S	52	2.7	S	82	3.4	S	112	0.0	R
23	2.5	S	53	4.0	S	83	4.0	S	113	2.6	S
24	4.0	S	54	0.2	R	84	2.4	S	노랑김장	4.0	S
25	4.0	S	55	1.2	MR	85	4.0	S	챔피온	0.0	R
26	2.4	S	56	0.3	R	86	0.0	R	CR117	0.0	R
27	2.2	S	57	0.3	R	87	4.0	S	천하장군	0.0	R
28	0.0	R	58	0.3	R	88	2.1	S	저항성(R):32, 중간저항성(MR):19		
29	3.9	S	59	0.0	R	89	4.0	S			
30	4.0	S	60	4.0	S	90	2.0	MR			

(2). 안토시아닌 고품유 배추F1 선발조합

1차년도(2017)에는 봄 재배가 가능한 안토시아닌 고 함유 만추대 품종 육성을 위해 정식 후 50-60일 전후에 수확가능한 조생계 10조합, 자모(털)가 없으며 아삭한 육질 및 풋내가 적고 단맛이 강한 7조합, 칼슘결핍과 노균병에 강한 5조합 및 연중 재배가 가능한 만추대 10조합 등 총 32조합을 공시하여 2017년 하우스 차검으로 1월 25일 파종후 2월 16일 정식하였고 노지 차검으로 같은 계통을 2017년 3월14일 파종 후 4월6일 정식하여 시험한 결과 하우스 차검은 4월 하순, 노지차검은 6월 상순에 조사한 결과 본 연구과제 제 1단계 4차년도에 선발 품종 등록된 권농빨강봄배추(KN5047)은 추대비교시험에서 만추대성 품종으로 그 상품성이 우수한 결과를 얻었으며 증식된 시교종자로 미국을 비롯한 5개국에서 봄 시교 시험을 수행하였다.



한 편 2017년도에 새롭게 공시한 F1 32조합 중 하우스와 노지차검 결과 KN5065, KN5066, KN5107 및 KN5108 4조합을 새롭게 선발하여서 종자 증식 후 2017년 국내 가을 차검 및 미국 등 4개국에 시험을 위한 시교종자를 발송하였다.

선발조합 KN5065와 KN5066은 2조합 공히 숙기가 빠르고 추대가 안정되어 있으며 석회 결핍증에 강한 품종으로 구 크기는 중소 정도이나 구무게는 1.4KG 정도로 수량성과 상품성이 우수하여 2018년도에 시교종자를 생산하였다. 또한 KN5107과 KN5108은 적색이 강하고 구 크기도 중정도로 큰 편으로 수량성과 상품성이 우수하여 선발하였으나 추대는 다소 빠른 중정도로 봄보다 가을용 품종으로 적합하다고 판단되어 2017년 가을 차검을 실시함과 동시에 2018년에 시교 채종을 하였다. 특히 KN5107은 전년도 예비 시험에서도 우수한 결과를 얻은 조합으로 KN5108보다 칼슘결핍이 강한 조합으로 재선발된 조합으로 2017년 가을에 권농빨강5호로 국립종자원에 품종생산판매신고를 하였으며 2018년에 판매용 종자 생산을 하여 국내 공급 및 수출을 진행하였으며 호주 등 3개국에 시교시험 결과가 양호하였다.

KN5107(권농빨강5호)



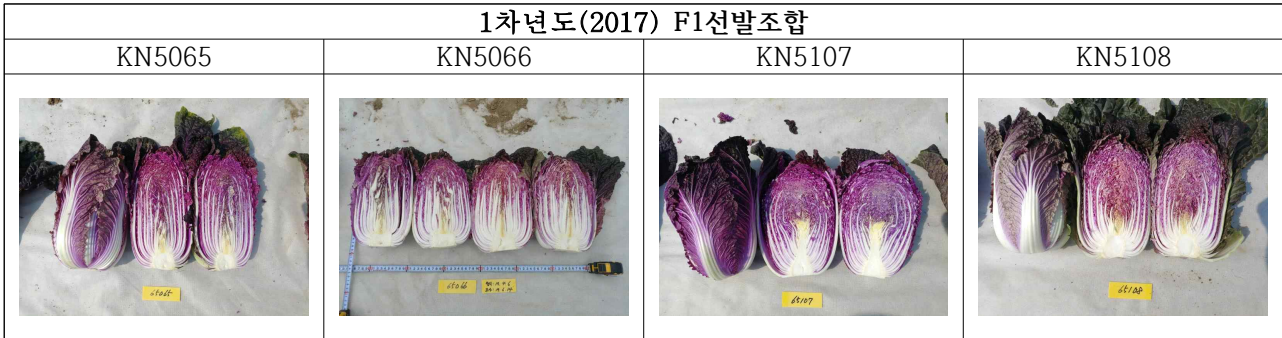
1차년도(2017) F1조합 시험 종합성적(봄차검)

조합명	순도	숙기	추대성	엽색(적색정도)	구크기	구중(Kg)	갈숨결핍
권농빨강3호(KN7309)	양	중만	중조	강	중소소	1.20	중약
권농빨강2호(KN6503)	양	중만	중	중	중소	1.40	중
<b>KN5047(권농빨강봄)</b>	<b>양</b>	<b>중만</b>	<b>중만</b>	<b>강</b>	<b>중소</b>	<b>1.20</b>	<b>중</b>
KN5048	양	중조	중	중	중소	1.20	약
KN5049	양	중만	중	중	중	1.30	중약
KN5050	중양	중만	중만	중강	중	1.30	중약
KN5051	양	중조	중만	중	중소	1.10	중약
KN5052	양	중만	중만	중강	중소소	1.00	중
KN5053	양	중조	중	중	중소	1.20	약
KN5054	양	중만	중만	강	중소소	1.00	중약
KN5055	중	중	중만	중강	중소	1.20	약
KN5056	중	중만	중만	중	중	1.10	중약
KN5057	중양	중만	중만	중	중소	1.10	중약
KN5058	양	중만	중만	중	중	1.30	중약
KN5059	불량	중만	만	중강	중	1.10	중
KN5060	양	중만	만	강	소	0.80	약
KN5061	중양	중만	중만	중	중소소	1.00	중약
KN5062	중양	중조	중	중	중소	1.20	중약
KN5063	불량	중만	중만	강	중소소	1.00	중
KN5064	중	중만	중	중	중소	1.20	약
<b>KN5065</b>	<b>양</b>	<b>중</b>	<b>중만</b>	<b>중강</b>	<b>중소</b>	<b>1.40</b>	<b>중강</b>
<b>KN5066</b>	<b>양</b>	<b>중</b>	<b>중만</b>	<b>중강</b>	<b>중소</b>	<b>1.40</b>	<b>중강</b>
KN5067	중양	중만	중	중	중	1.30	중
<b>KN5107(권농빨강5호)</b>	<b>양</b>	<b>중</b>	<b>중</b>	<b>강</b>	<b>중</b>	<b>1.40</b>	<b>중강</b>
<b>KN5108</b>	<b>양</b>	<b>중</b>	<b>중</b>	<b>강</b>	<b>중소</b>	<b>1.30</b>	<b>중</b>
KN5110	중양	중만	중만	중강	중소	1.00	약
KN5111	양	중조	중만	중	중	1.20	중약
KN5112	양	중만	중만	중강	중소	1.00	중약
KN5113	양	중조	중	중	중	1.20	중약
KN5114	양	중만	중만	강	중	1.10	중
KN5115	중	중	중만	중강	소	1.10	약
KN5116	중	중만	중만	중	중소소	1.30	중약
KN5117	중양	중만	중만	중	중	1.10	중약

1차년도(2017) 배추 F1조합차검



1차년도(2017) F1선발조합

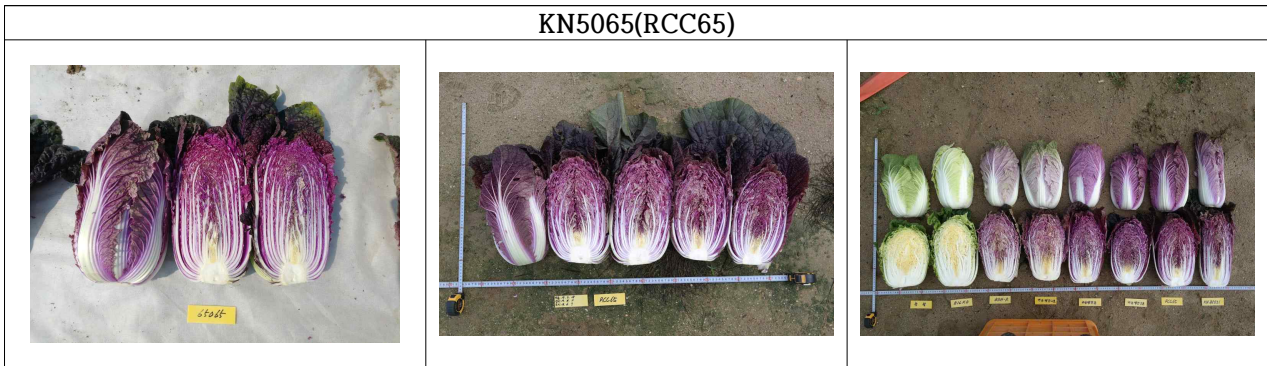


1차년도(2017) F1조합 시험 성적(가을차검)

조합명	순도	숙기	추대성	엽색(적색정도)	구크기	구중(Kg)	칼슘결핍
권농빨강3호(KN7309)	양	중만	중조	강	중소소	1.20	중약
권농빨강2호(KN6503)	양	중만	중	중	중소	1.40	중
KN5047(권농빨강봄)	양	중만	중만	강	중소	1.20	중
KN5048	양	중조	중	중	중소	1.20	약
KN5049	양	중만	중	중	중	1.30	중약
KN5051	양	중조	중만	중	중소	1.10	중약
KN5052	양	중만	중만	중강	중소소	1.00	중
KN5053	양	중조	중	중	중소	1.20	약
KN5054	양	중만	중만	강	중소소	1.00	중약
KN5058	양	중만	중만	중	중	1.30	중약
KN5060	양	중만	만	강	소	0.80	약
KN5061	중양	중만	중만	중	중소소	1.00	중약
KN5062	중양	중조	중	중	중소	1.20	중약
KN5064	중	중만	중	중	중소	1.20	약
KN5065	양	중	중만	중강	중소	1.40	중강
KN5066	양	중	중만	중강	중소	1.40	중강
KN5067	중양	중만	중	중	중	1.30	중
KN5107(권농빨강5호)	양	중	중	강	중	1.40	중강
KN5108	양	중	중	강	중소	1.30	중
KN5110	중양	중만	중만	중강	중소	1.00	약
KN5111	양	중조	중만	중	중	1.20	중약
KN5112	양	중만	중만	중강	중소	1.00	중약
KN5113	양	중조	중	중	중	1.20	중약
KN5114	양	중만	중만	강	중	1.10	중
KN5117	중양	중만	중만	중	중	1.10	중약

한편 가을용 배추 F1조합 선발을 위해 봄에 차검한 32조합 중 순도가 양호한 25조합 및 대

비종을 공시하여 2017년 8월 6일에 파종하여 9월1일 정식하고 배추 표준 경종방법에 의해 시험 재배를 실시하고 11월초에 특성조사 및 F1조합선발을 한 결과 특히 봄에 선발된 조합 중 KN5065와 KN5107이 가을 차검에서도 석회결핍증과 노균병에 강한 편으로 2조합을 최종 선발 하였으며 KN5107은 2017년 9월 국립종자원에 품종생산판매신고를 완료하였고 KN5065는 2018년 종자 증식 후 2018년 9월 품종생산판매신고 및 품종 보호출원을 하였다.



한편 뿌리혹병 저항성 조합 및 계통을 육성하기 위해 여교잡을 통한 고도의 뿌리혹병 저항성 유전자의 색소체 배추로의 도입을 한 계통 및 조합 161점을 2017년 가을에 한국화학연구원에 근류병 검정을 위해 병리검정의뢰를 하여 그 결과는 계통 차검에 표시한 뿌리혹병 검정 결과에 포함된다.

또한 수출용 종자생산 및 품질관리체계 구축을 위해 육성된 색소체 고품유 우수계통을 CMS계통으로 육성하여 고 순도의 F1 종자 생산 및 채종체계를 확립하기 위해 20계통을 공시하여 25계통을 선발하였고 모든 F1 조합은 CMS를 이용한 조합을 작성하였다. 이러한 CMS를 이용한 F1 조합은 우수한 유전자원의 유출을 막고 지속적인 품종보호에 중요한 채종체계이다.

2차년도(2018년)에는 봄 재배가 가능한 안토시아닌 고 함유 만추대 품종 육성을 위해 정식 후 50-60일 전후에 수확가능한 조생계 8조합, 자모(털)가 없으며 아삭한 육질 및 풋내가 적고 단맛이 강한 6조합, 칼슘결핍과 노균병에 강한 8조합 및 연중 재배가 가능한 만추대 10조합 등 총 32조합을 공시하여 2018년 하우스 차검으로 1월 23일 파종후 2월 15일 정식하였고 노지 차검으로 같은 계통을 2017년 3월19일 파종 후 4월10일 정식하여 시험한 결과 하우스 차검은 4월 하순, 노지 차검은 6월 상순에 조사한 결과 1차년도(2017)에 선발 품종 등록된 RCC65(KN5065)가 추대비교시험에서 만추대성이고 적색이 강하고 안토시아닌 함량이 높아 기능성 품종으로 상품성이 우수한 결과를 얻어 2018년 봄 종자 증식 및 채종을 하였다. 증식된 시교종자로 미국을 비롯한 5개국에서 2019년 봄부터 현지 적응성 시험을 수행하였다.

RCC65배추





한 편 2018년도에 새롭게 공시한 F1 32조합 중 하우스와 노지차검 결과 KN75016, KN75027 및 KN75034 3조합을 새롭게 선발하여서 종자 증식 후 2019년 국내 차검 및 미국 등 5개국에 시험을 위한 시교종자를 발송하였다.

선발조합 KN75016은 숙기는 중만으로 늦은 편이나 추대가 매우 안정되어 있고 엽색의 적색정도는 중강이나 석회결핍증 저항성은 중정도로 2019년 국내 차검 및 해외 적응성 시험을 확대 조사가 필요한 조합이다. 또한 선발조합 KN75027은 숙기와 추대가 안정되어 있으며 석회 결핍증에 강한 품종으로 매우 우수한 특성을 보였으나 엽색이 다소 약한 조합으로 현지 소비자의 기호성에 적색 정도가 문제없으면 가장 재배가 안정적인 조합으로 2019년도에 시교생산과 현지 적응성 시험을 할 계획이다. 한편 장원통형 조합으로 선발된 KN75034는 숙기, 추대성, 적색강도 및 석회결핍증 등 제반 특성이 우수한 조합으로 구형인 장원통형으로 셀러드 믹스 가공용으로 적합한 품종으로 선발하였으나 잎이 포함형으로 현지 생산자나 소비자의 기호에 적합한지 현지 시험이 필요하나 포함형 배추가 기호성에 문제가 없다면 향후 선도적 품종으로 성장할 가능성이 높다고 판단되므로 2019년에 종자증식 후 2019년 가을 작형부터 해외 시교하였다.

2차년도(2018) F1조합 시험 성적(봄차검)





2차년도(2018) F1조합 시험 성적(봄차검)		
KN75016	KN75027	KN75034
		

2차년도(2018) 가을용 배추 F1조합 선발을 위해 봄에 차검한 공히 32조합을 공시하여 2018년 8월 5일에 파종하여 9월3일 정식하고 배추 표준 경종방법에 의해 시험재배를 실시하고 11월초에 특성조사 및 조합선발을 할 예정이다. 특히 봄에 선발된 KN75016을 비롯한 예비 선발 조합을 집중적으로 노균병 및 석회결핍증 저항성을 검정할 예정이다.

2차년도(2018) F1조합 시험 성적(봄차검)							
조합명	순도	숙기	추대성	엽색(적색정도)	구크기	구중(Kg)	칼슘결핍
권농빨강3호(KN7309)	양	중만	중조	강	중소소	1.20	중약
권농빨강2호(KN6503)	양	중만	중	중	중소	1.40	중
<b>KN5047(권농빨강봄)</b>	<b>양</b>	<b>중만</b>	<b>중만</b>	<b>강</b>	<b>중소</b>	<b>1.20</b>	<b>중</b>
<b>KN5065(RCC65)</b>	<b>양</b>	<b>중만</b>	<b>만</b>	<b>중강</b>	<b>중소</b>	<b>1.40</b>	<b>중강</b>
<b>KN5107(권농빨강5호)</b>	<b>양</b>	<b>중</b>	<b>중</b>	<b>강</b>	<b>중</b>	<b>1.40</b>	<b>중강</b>
KN75006	양	중만	중만	중	중	1.30	중약
KN75007	불량	중만	만	중강	중	1.10	중
KN75008	양	중만	만	강	소	0.80	약
KN75009	중양	중만	중만	중	중소소	1.00	중약
KN75010	중양	중조	중	중	중소	1.20	중약
KN75011	중양	중만	중만	중	중소소	1.00	중약
KN75012	중양	중조	중	중	중소	1.20	중약
KN75013	불량	중만	중만	강	중소소	1.00	중
KN75014	중	중만	중만	중	중	1.10	중약
KN75015	중양	중만	중만	중강	중소	1.00	중약
<b>KN75016</b>	<b>양</b>	<b>중만</b>	<b>만</b>	<b>중강</b>	<b>중소</b>	<b>1.20</b>	<b>중</b>
KN75017	양	중만	중만	중	중	1.30	중약
KN75018	불량	중만	만	중강	중	1.10	중
KN75019	양	중만	만	강	소	0.80	약
KN75020	중양	중만	중만	중	중소소	1.00	중약
KN75021	중양	중조	중	중	중소	1.20	중약
KN75022	불량	중만	중만	강	중소소	1.00	중
KN75023	중양	중만	중만	중	중소소	1.00	중약
KN75024	중양	중조	중	중	중소	1.20	중약
KN75025	불량	중만	중만	강	중소소	1.00	중
KN75026	중	중만	중	중	중소	1.20	약
<b>KN75027</b>	<b>양</b>	<b>중</b>	<b>중만</b>	<b>중</b>	<b>중</b>	<b>1.50</b>	<b>중강</b>
KN75028	중	중	중만	중강	소	1.10	약
KN75029	중	중만	중만	중	중소소	1.30	중약
KN75030	중양	중만	중만	중	중	1.10	중약
KN75031	양	중만	중만	중강	중소	1.00	중약
KN75032	중양	중만	중만	중	중소소	1.00	중약
KN75033	중양	중조	중	중	중소	1.20	중약
<b>KN75034</b>	<b>양</b>	<b>중만</b>	<b>중만</b>	<b>강</b>	<b>중</b>	<b>1.30</b>	<b>중강</b>
KN75035	중	중	중만	중강	소	1.10	약
KN75036	중	중만	중만	중	중소소	1.30	중약
KN75037	중양	중만	중만	중	중	1.10	중약

3차년도(2019)에는 봄 재배가 가능한 안토시아닌 고 함유 만추대 품종 육성을 위해 정식 후 50-60일 전후에 수확가능한 조생계 8조합, 자모(털)가 없으며 아삭한 육질 및 풋내가 적고 단맛이 강한 6조합, 칼슘결핍과 노균병에 강한 8조합 및 연중 재배가 가능한 만추대 10조합 등 총 32조합과 대비종 5품종을 공시하여 2019년 하우스 차검으로 2월 7일 파종 후 3월 5일 정식하였고 노지 차검으로 같은 조합을 2020년 3월18일 파종 후 4월8일 정식하여 시험한 결과 하우스 차검은 5월 14일, 노지 차검은 6월 11일에 조사한 결과 본 연구과제에서 기존 개발된 품종에 비해 추대성이 안정되어 있고 칼슘결핍증이 강한 조합으로 KN85031과 KN85017을 선발하였으며 채종시험을 통한 증식된 종자는 미국을 비롯한 3개국에서 시교 시험을 수행하였다.

특히 선발조합 KN85031은 추대성과 상품성이 우수하며 채종시험 결과 채종성이 우수하여 2019년 10월 국립종자원에 'RCC 31'로 품종보호 출원 및 생산판매신고를 하였다. 또한 2020년에 판매용 종자를 생산하여 2020년 가을부터 수출이 이루어질 것으로 기대하고 있다.

3차년도(2019) F1조합 시험 종합성적(봄차검)							
조합명	순도	숙기	추대성	엽색(적색정도)	구크기	구중(Kg)	칼슘결핍
권농빨강3호(KN7309)	양	중만	중조	강	중소소	1.20	중약
권농빨강2호(KN6503)	양	중만	중	중	중소	1.40	중
KN5047(권농빨강봄)	양	중만	중만	강	중소	1.20	중
KN5107(권농빨강5호)	양	중	중	강	중	1.40	중강
KN5065(RCC 65호)	양	중	중만	중강	중소	1.40	중강
KN5013	중양	중만	중만	중강	중	1.30	중약
KN5021	양	중조	중만	중	중소	1.10	중약
KN5025	양	중만	중만	중강	중소소	1.00	중
KN5033	양	중조	중	중	중소	1.20	약
KN85017(65050)	양	중조	만	강	중소	1.00	중
KN5022	중	중	중만	중강	중소	1.20	약
KN5028	중	중만	중만	중	중	1.10	중약
KN5035	중양	중만	중만	중	중소	1.10	중약
KN5019	양	중만	중만	중	중	1.30	중약
KN5020	불량	중만	만	중강	중	1.10	중
KN5030	양	중만	만	강	소	0.80	약
KN85031	양	중	만	중	중소	1.30	중강
KN5036	중양	중조	중	중	중소	1.20	중약
KN5037	불량	중만	중만	강	중소소	1.00	중
KN5038	중	중만	중	중	중소	1.20	약
KN5039	양	중	중만	중강	중소	1.40	중강
KN5012	중양	중만	중	중	중	1.30	중
KN5014	양	중	중	강	중소	1.30	중
KN5015	중양	중만	중만	중강	중소	1.00	약
KN5016	양	중조	중만	중	중	1.20	중약
KN5018	양	중만	중만	중강	중소	1.00	중약
KN5023	양	중조	중	중	중	1.20	중약
KN5024	양	중만	중만	강	중	1.10	중
KN5026	중	중	중만	중강	소	1.10	약
KN5027	중	중만	중만	중	중소소	1.30	중약
KN5029	중양	중만	중만	중	중	1.10	중약
KN5032	중양	중만	중	강	중소	1.20	중
KN5034	불량	중만	중만	중	중소	1.40	약
KN5040	중	중	중만	중강	중	1.30	중강
KN5041	양	중만	중만	중	중소	1.30	중
KN5042	중양	중	중	강	중	1.00	중
KN5043	양	중만	중만	중강	중	1.20	약



3차년도(2019) 가을용 배추 F1조합 선발을 위해 봄에 차검한 공히 32조합을 공시하여 2019년 8월 9일에 파종하여 8월29일 정식하고 배추 표준 경종방법에 의해 시험재배를 실시하고 11월 초에 특성조사 및 조합선발을 한 결과 봄에 선발된 KN85031 과 KN85017 공히 가을 차검에서도 우수한 결과를 보여 2020년 시교생산과 더불어 해외 지역 적응성 연락시험을 할 계획이다.

3차년도(2019) F1조합 시험 종합성적(가을차검)							
조합명	순도	숙기	추대성	엽색(적색정도)	구크기	구중(Kg)	칼슘결핍
권농빨강3호(KN7309)	양	중만	중조	강	중소소	1.20	중약
권농빨강2호(KN6503)	양	중만	중	중	중소	1.40	중
<b>KN5047(권농빨강봄)</b>	<b>양</b>	<b>중만</b>	<b>중만</b>	<b>강</b>	<b>중소</b>	<b>1.20</b>	<b>중</b>
<b>KN5107(권농빨강5호)</b>	<b>양</b>	<b>중</b>	<b>중</b>	<b>강</b>	<b>중</b>	<b>1.40</b>	<b>중강</b>
<b>KN5065(RCC 65호)</b>	<b>양</b>	<b>중만</b>	<b>중</b>	<b>중</b>	<b>중소</b>	<b>1.20</b>	<b>중강</b>
KN5013	불량	중만	중만	강	중소소	1.00	중
KN5021	중	중만	중	중	중소	1.20	약
KN5025	양	중	중만	중강	중소	1.40	중강
KN5033	중양	중만	중	중	중	1.30	중
<b>KN85017(65050)</b>	<b>양</b>	<b>조</b>	<b>만</b>	<b>강</b>	<b>중소</b>	<b>1.00</b>	<b>중</b>
KN5022	중양	중조	중	중	중소	1.20	중약
KN5028	불량	중만	중만	강	중소소	1.00	중
KN5035	중	중만	중	중	중소	1.20	약
KN5019	양	중	중만	중강	중소	1.40	중강
KN5020	중양	중만	중	중	중	1.30	중
KN5030	양	중만	만	강	소	0.80	약
<b>KN85031</b>	<b>양</b>	<b>중조</b>	<b>만</b>	<b>중</b>	<b>중</b>	<b>1.50</b>	<b>중강</b>
KN5036	중양	중조	중	중	중소	1.20	중약
KN5037	중양	중조	중	중	중소	1.20	중약
KN5038	불량	중만	중만	강	중소소	1.00	중
KN5039	중	중만	중	중	중소	1.20	약
KN5012	양	중	중만	중강	중소	1.40	중강
KN5014	중양	중만	중	중	중	1.30	중
KN5015	중양	중조	중	중	중소	1.20	중약
KN5016	중양	중조	중	중	중소	1.20	중약
KN5018	불량	중만	중만	강	중소소	1.00	중
KN5023	중	중만	중	중	중소	1.20	약
KN5024	양	중	중만	중강	중소	1.40	중강
KN5026	중양	중만	중	중	중	1.30	중
KN5027	중	중만	중만	중	중소소	1.30	중약
KN5029	중양	중조	중	중	중소	1.20	중약
KN5032	불량	중만	중만	강	중소소	1.00	중
KN5034	중	중만	중	중	중소	1.20	약
KN5040	양	중	중만	중강	중소	1.40	중강
KN5041	중양	중만	중	중	중	1.30	중
KN5042	중양	중	중	강	중	1.00	중
KN5043	양	중만	중만	중강	중	1.20	약

4차년도(2020)에는 봄 재배가 가능한 안토시아닌 고 함유 만추대 품종 육성을 위해 정식 후 50-60일 전후에 수확가능한 조생계 10조합, 자모(털)가 없으며 아삭한 육질 및 풋내가 적고 단 맛이 강한 5조합, 칼슘결핍과 노균병에 강한 7조합 및 연중 재배가 가능한 만추대 13조합 등 총 35조합과 대비종 5품종을 공시하여 2020년 하우스 차검으로 2월 7일 파종후 3월 5일 정식하였고 노지 차검으로 같은 조합을 2020년 3월18일 파종 후 4월9일 정식하여 시험한 결과 하우스 차검은 5월 13일, 노지 차검은 6월 5일에 조사한 결과 본 연구과제에서 기존 개발된 품종에 비해 추대성이 안정되어 있고 칼슘결핍증이 강한 조합으로 2019년도에 예비선발한 KN65050을 재

선발 하였고, 또한 2020년도에는 라이코펜 성분을 가진 KN85084를 선발하여 중국에 시교시험을 하였으며 그 성적이 우수하여 채종시험을 통한 증식된 종자는 중국에 2021년에 수출하였으며 유럽 및 미국에 시교 시험을 수행하였다.

4차년도(2020) F1조합 시험 종합성적(봄차검)							
조합명	순도	숙기	추대성	엽색(적색정도)	구크기	구중(Kg)	칼슘결핍
권농빨강3호(KN7309)	양	중만	중조	강	중소소	1.20	중약
권농빨강2호(KN6503)	양	중만	중	중	중소	1.40	중
KN5047(권농빨강봄)	양	중만	중만	강	중소	1.20	중
KN5107(권농빨강5호)	양	중	중	강	중	1.40	중강
KN5065(RCC 65호)	양	중	중만	중강	중소	1.40	중강
KN85031	양	중	만	중	중소	1.30	중강
KN65050	양	중조	만	강	중소	1.00	중
KN85084	양	중조	중만	주황	중	1.80	강
KN5001	양	중조	중만	중	중소	1.20	중약
KN5002	양	중만	만	강	중소소	1.00	중
KN5003	중양	중만	만	중	중소	1.20	약
KN5004	불량	중	만	중강	중소	1.40	중강
KN5005	중	중만	중	중	중	1.30	중
KN5006	양	중	중만	강	중소	1.30	중
KN5007	중양	중만	중	중강	중소	1.00	약
KN5008	양	중조	중만	중	중	1.20	중약
KN5009	중양	중만	중	중강	중소	1.00	중약
KN5010	양	중조	중	중	중	1.20	중약
KN5011	양	중만	중만	중	중소	1.20	중약
KN5012	양	중	중만	강	중소소	1.00	중
KN5013	양	중만	중만	중	중소	1.20	약
KN5014	양	중만	만	중강	중소	1.40	중강
KN5015	양	중만	만	중	중	1.30	중
KN5016	중양	중조	만	강	중소	1.30	중
KN5017	불량	중만	중	중강	중소	1.00	약
KN5018	중	중만	중만	중	중	1.20	중약
KN5019	양	중조	중	중	중소	1.20	중약
KN5020	중양	중만	중만	강	중소소	1.00	중
KN5021	양	중만	중만	중	중소	1.20	약
KN5022	중양	중	만	중강	중소	1.40	중강
KN5023	양	중만	만	중	중	1.30	중
KN5024	양	중	만	중	중소	1.20	약
KN5025	양	중만	중	중강	중소	1.40	중강
KN5026	양	중조	중만	중	중	1.30	중
KN5027	중	중만	중	강	중소	1.30	중
KN5028	중	중조	중만	중강	중소	1.00	약
KN5029	중양	중만	중	중	중	1.20	중약
KN5030	중양	중	중	중	중소	1.20	중약



4차년도(2020) 가을용 배추 F1조합 선발을 위해 봄에 차검한 공히 32조합을 공시하여 2020년 8월 5일에 파종하여 8월27일 정식하고 배추 표준 경종방법에 의해 시험재배를 실시하고 11월 초에 특성조사 및 조합선발을 한 결과, 봄에 선발된 KN65050은 특성은 우수하였으나 채종시험 결과 순도가 다소 불안정하여 2021년에 아조합으로 채종시험을 다시 하려고 한다. 한편 봄에 선발된 KN85084 조합은 공히 가을 차검에서도 우수한 결과를 보여 2021년 채종과 더불어 해외 지역 적응성 연락시험을 확대할 계획이다. 2020년도에는 라이코펜 성분을 가진 KN85084를 선발하여 중국에 시교시험을 하였으며 그 성적이 우수하여 채종시험을 통한 증식된 종자는 중국에 2021년에 수출할 계획이며 유럽 및 미국에 시교 시험을 수행할 계획이다. 특히 선발조합 KN85084은 안토시안 고함유 배추와 더불어 기능성 품종으로 수출 가능성이 높다.

4차년도(2020) F1조합 시험 종합성적(가을차검)							
조합명	순도	숙기	추대성	엽색(적색정도)	구크기	구중(Kg)	칼슘결핍
권농빨강3호(KN7309)	양	중만	중조	강	중소소	1.20	중약
권농빨강2호(KN6503)	양	중만	중	중	중소	1.40	중
KN5047(권농빨강봄)	양	중만	중만	강	중소	1.20	중
KN5107(권농빨강5호)	양	중	중	강	중	1.40	중강
KN5065(RCC 65호)	양	중	중만	중강	중소	1.40	중강
KN85031	양	중	만	중	중소	1.40	중강
KN65050	중양	중조	중만	강	중소	1.10	중
KN85084	양	중조	중만	주황	중	1.90	강
KN5001	양	중조	중만	강	중소	1.20	중
KN5002	중양	중만	만	중	중소소	1.40	약
KN5003	불량	중만	만	중강	중소	1.30	중강
KN5004	중	중	만	중	중소	1.30	중
KN5005	양	중만	중	강	중	1.00	중
KN5006	중양	중	중만	중강	중소	1.20	약
KN5007	양	중만	중	중	중소	1.00	중약
KN5008	중양	중조	중만	중강	중	1.20	중약
KN5009	양	중만	중	중	중소	1.20	중약
KN5010	양	중조	중	중	중	1.00	중약
KN5011	양	중만	중만	강	중소	1.20	중
KN5012	양	중	중만	중	중소소	1.40	약
KN5013	양	중만	중만	중강	중소	1.30	중강
KN5014	양	중만	만	중	중소	1.30	중
KN5015	중양	중만	만	강	중	1.00	중
KN5016	불량	중조	만	중강	중소	1.20	약
KN5017	중	중만	중	중	중소	1.20	중약
KN5018	양	중만	중만	중	중	1.00	중약
KN5019	중양	중조	중	강	중소	1.20	중
KN5020	양	중만	중만	중	중소소	1.40	약
KN5021	중양	중만	중만	중강	중소	1.30	중강
KN5022	양	중	만	중	중소	1.20	중
KN5023	양	중만	만	중	중	1.40	약
KN5024	양	중	만	중강	중소	1.30	중강
KN5025	양	중만	중	중	중소	1.30	중
KN5026	중	중조	중만	강	중	1.00	중
KN5027	중	중만	중	중강	중소	1.20	약
KN5028	중양	중조	중만	중	중소	1.20	중약
KN5029	중양	중만	중	중	중	1.20	중약
KN5030	중양	중	중	중	중소	1.20	중약

5차년도(2021)에는 봄 재배가 가능한 안토시아닌 고 함유 만추대 품종 육성을 위해 정식 후 50-60일 전후에 수확가능한 조생계 10조합, 자모(털)가 없으며 아삭한 육질 및 풋내가 적고 단 맛이 강한 4조합, 칼슘결핍과 뿌리혹병에 강한 5조합 및 연중 재배가 가능한 만추대 10조합 등 총 29조합과 대비종 6품종을 공시하여 2021년 하우스 차검으로 2월 6일 파종 후 3월 5일 정식하였고 노지 차검으로 같은 조합을 2021년 3월12일 파종 후 4월 9일 정식하여 시험한 결과 하우스 차검은 5월 12일, 노지 차검은 6월14일에 조사한 결과 본 연구과제에서 기존 개발된 품종에 비해 적색이 강하며 추대가 안정된 조합으로 KN5009, KN5023 및 KN5024를 예비 선발 하였다. 이들 조합은 채종 시험에서도 채종효율과 순도가 양호하여 증식된 종자는 중국, 유럽, 미국에 2022년에 시교 시험을 수행할 계획이다.

5차년도(2020) F1조합 시험 종합성적(봄차검)							
조합명	순도	숙기	추대성	엽색(적색정도)	구크기	구중(Kg)	칼슘결핍
권농빨강3호	양	중만	중조	강	중소소	1.20	중약
권농빨강2호	양	중만	중	중	중소	1.40	중
권농빨강봄	양	중만	중만	강	중소	1.20	중
권농빨강5호	양	중	중	강	중	1.40	중강
RCC65호	양	중	중만	중강	중소	1.40	중강
RCC31호	양	중	만	중	중소	1.30	중강
KN5001	양	중만	중만	중	중소	1.20	중약
KN5002	양	중	중만	강	중소소	1.00	중
KN5003	양	중만	중만	중	중소	1.20	약
KN5004	양	중만	만	중강	중소	1.40	중강
KN5005	양	중만	만	중	중	1.30	중
KN5006	중양	중조	만	강	중소	1.30	중
KN5007	불량	중만	중	중강	중소	1.00	약
KN5008	중	중만	중만	중	중	1.20	중약
<b>KN5009</b>	양	중조	중	중	중소	1.20	중약
KN5010	양	중만	중만	중	중소	1.20	중약
KN5011	양	중	중만	강	중소소	1.00	중
KN5012	양	중만	중만	중	중소	1.20	약
KN5013	양	중만	만	중강	중소	1.40	중강
KN5014	양	중만	만	중	중	1.30	중
KN5015	중양	중조	만	강	중소	1.30	중
KN5016	불량	중만	중	중강	중소	1.00	약
KN5017	중	중만	중만	중	중	1.20	중약
KN5018	양	중조	중	중	중소	1.20	중약
KN5019	양	중조	중	중	중소	1.20	중약
KN5020	중양	중만	중만	강	중소소	1.00	중
KN5021	양	중만	중만	중	중소	1.20	약
KN5022	중양	중	만	중강	중소	1.40	중강
<b>KN5023</b>	양	중만	중만	중강	중	1.15	중
<b>KN5024</b>	양	중만	만	중	중	1.20	중
KN5025	양	중만	중만	중	중소	1.20	약
KN5026	양	중만	만	중강	중소	1.40	중강
KN5027	양	중만	만	중	중	1.30	중
KN5028	중양	중조	만	강	중소	1.30	중
KN5029	불량	중만	중	중강	중소	1.00	약



5차년도(2021) 가을용 배추 F1조합 선발을 위해 봄에 차검한 공히 29조합을 공시하여 2021년 8월 4일에 파종하여 8월27일 정식하고 배추 표준 경종방법에 의해 시험재배를 실시하고 11월 1일에 특성조사 및 조합선발을 한 결과, 봄에 선발된 조합중 KN5009와 KN5024 2조합이 우수한



특성을 보여 가을작형에서도 예비 선발되었으며, KN5023은 봄차검에서 우수한 특성을 보였으나 가을차검에서 숙기가 다소 늦어 2022년에 재차검을 하기로 했다. 종합적으로 2021년 봄, 가을 공히 예비선발된 KN5009와 KN5024는 GSP 연구과제 수행 중 최종적으로 그동안 문제점과 시장 상황을 고려했을 때 가장 우수한 조합으로 향후 전세계에 걸쳐 지역연락 시험을 수행 후 주력 품종으로 기대가 된다.

5차년도(2020) F1조합 시험 종합성적(가을차검)							
조합명	순도	숙기	추대성	엽색(적색정도)	구크기	구중(Kg)	칼숨결핍
권농빨강3호	양	중만	중조	강	중소소	1.20	중약
권농빨강2호	양	중만	중	중	중소	1.40	중
권농빨강봄	양	중만	중만	강	중소	1.20	중
권농빨강5호	양	중	중	강	중	1.40	중강
RCC65호	양	중	중만	중강	중소	1.40	중강
RCC31호	양	중	만	중	중소	1.30	중강
KN5001	양	중만	중만	중	중소	1.20	중강
KN5002	양	중만	중만	강	중소소	-	중
KN5003	양	중만	중만	중	중소	1.25	중
KN5004	양	중조	만	중강	중소	1.30	약
KN5005	양	중만	만	중	중	1.20	중약
KN5006	중양	중조	만	강	중소	1.35	중
KN5007	불량	중만	중	중강	중소	1.05	약
KN5008	중	중만	중만	중	중	1.15	중약
<b>KN5009</b>	양	중조	중	중	중소	1.10	중약
KN5010	양	중만	중만	중	중소	1.15	중
KN5011	양	중만	중만	강	중소소	1.10	약
KN5012	양	중만	중만	중	중소	1.10	중강
KN5013	양	중조	만	중강	중소	1.50	중
KN5014	양	중만	만	중	중	1.40	중
KN5015	중양	중만	만	강	중소	1.20	약
KN5016	불량	중조	중	중강	중소	1.20	중약
KN5017	중	중조	중만	중	중	1.10	중약
KN5018	양	중만	중	중	중소	1.30	중약
KN5019	양	중만	중	중	중소	1.10	중약
KN5020	중양	중	중만	강	중소소	1.10	중
KN5021	양	중만	중만	중	중소	1.30	중
KN5022	중양	중	만	중강	중소	1.20	중약
KN5023	양	중만	중만	중강	중	1.15	중
<b>KN5024</b>	양	중	만	중	중	1.20	중강
KN5025	양	중만	중만	중	중소	1.20	약
KN5026	양	중만	만	중강	중소	1.40	중
KN5027	양	중만	만	중	중	1.30	중
KN5028	중양	중조	만	강	중소	1.30	중
KN5029	불량	중만	중	중강	중소	1.00	약



**다. 해외현지 적응성 시험 및 시교사업**

1차년도(2017)에는 1단계에서 발굴하고 확립한 미국1개사, 중국1개사, 일본 1개사, 호주1개사 및 네델란드 2개사 등 5개국 6개사를 통해 세계 각 국의 에이전트와 연계 해외현지 적응시험 및 시교사업 수행하였다.

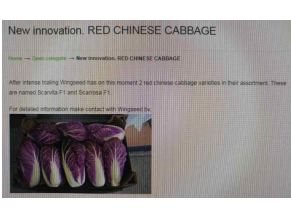


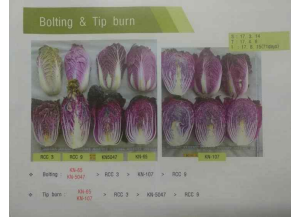






1단계서 육성된 권농빨강2호, 권농빨강3호 및 권농빨강봄 등 3품종의 적응시험 및 판매 농가 차검 결과를 조사하기 위해 네델란드, 폴란드 및 러시아 등 유럽과 중국, 일본 미국 등 5개국에서 선발 조합 및 품종 시험결과 유럽에서는 권농빨강2호의 재배가 우수하여 판매 증가가 예상되고 있으며 신품종 권농빨강봄 배추는 기존의 품종보다 추대성과 적색이 강해 상품성은 우수하나 파종시기와 재배국가에 따라 그 결과가 상이하게 나타나 2018년에 추가로 시험결과에 따라 수출국가와 수출물량이 결정될 것으로 보인다. 중국과 일본에서는 꾸준히 빨강3호의 재배가 양호하여 수출 증가가 예상되나 2017년 현지적응성 시험결과 권농빨강봄의 재배가 안정되어 수출계약을 요청 받았으나 2017년 종자 생산의 실패로 2018년 후반부터 수출을 하기로 하였다.

호주에서는 기존의 빨강3호를 HANRASAN, 권농빨강봄을 MANIBAPPA로 품종등록을 하고 시험을 한 결과 상품성과 기호성은 우수하나 추대와 석회결핍증상이 나타나 2018년 추가로 시험 후 수출 물량을 확정하기로 하였으며 미국에서는 해외시범포를 운영하여 캘리포니아 2개 지역에서 시험한 결과 권농빨강봄 배추가 추대성 및 상품성이 우수하여 2018년부터 채종 후 수출을 시작하였다.

1차년도(2017) 미국해외시험포(캘리포니아 2개지역)			
살리나스		산타마리아	
			

한편 2차년도(2018)에는 1단계에서 개발된 권농빨강2호, 권농빨강3호 및 권농빨강봄 등 3품종의 안정적인 채종에 집중하면서 1차년도에서 종자생산시스템을 정비함과 동시에 1단계에서 발굴하고 확립한 미국1개사, 중국1개사, 일본 1개사, 호주 1개사 및 네델란드 2개사 등 5개국 6개사 외에 남아공, 베트남, 말레이시아 등 수출대상국가를 8개국과 에이전트수로 확대하여 미국 4개사, 중국2개사, 일본 1개사, 호주 1개사 네델란드 2개사 등 13개사와 에이전트사 계약을 맺고 공동으로 해외 시교 및 적응성 시험을 확대 실시하였다.

2차년도(2018) 해외현지 적응성 시험 및 시교사업			
유럽	중국	일본	미국
			
호주	베트남	말레이시아	남아프리카공화국
			






3차년도(2019)에는 지금까지 발굴하고 확립한 미국1개사, 중국1개사, 일본 1개사, 호주1개사 및 네델란드 2개사 등 5개국 6개사를 통해 세계 각 국의 에이전트와 연계 해외현지 적응시험 및 시교사업을 수행하였으나 3차년도에는 새로운 시장으로 미국 동부(플로리다, 보스톤)와 브라질에 새로운 에이전트를 선정하여 시험한 결과, 미국동부와 브라질에서 기 선발된 품종인 ‘권농 빨강봄(KN5047)’ 과 ‘RCC65’ 의 성적이 우수하여 2020년부터 수출이 가능하리라 본다. 아울러 중국에서는 ‘권농빨강봄’과 ‘RCC31’이 우수한 결과를 보여 향후 적극적인 시장 진출 전략을 세워야 할 것으로 본다.

3차년도(2019) 해외현지 적응성 시험 및 시교사업			
중국	브라질	미국1	미국2
			

4차년도(2020)에는 2019년부터 새로운 시장으로 개척을 하고 있는 브라질에서 2개의 에이전트사를 통한 해외시험포를 적극적으로 운영하였다. 그 결과 브라질 지역에 따라 서로 다른 결과를 얻었으나 Agristar seed 사는 RCC5047이 적색이 강하고 추대성이 안정되어 가장 우수하였고 Jetrin seeds 는 RCC9 가 우수한 결과를 얻어 각 에이전트사와 2021년에 수출을 위한 협상을 진행하였다.

4차년도(2020) 브라질 해외현지 적응성 시험 보고서1 (Feltrin Seeds Report)					
Segment:	Meia Estação	Site: Jaguariúna/Brazil		Spacing: 0,30x0,40	
			Future	Uniformity	Yield
Variedades	Fornecedor	Código Fornecedor	1 - Drop / 3 - Repeat / 5 - Promote	1 - Low / 3 - Medium / 5 - High	T / ha
12CCH00024	Feltrin	Couve-Chinesa Atsui	-	4	75
18CCH10002	Feltrin	Couve Chinesa Macau	-	4	36
07CCH00004	Agristar	Couve-Chinesa Kinjitsu F1	-	3	74
19CCH10008	Kwonnong Seed	Couve Chinesa RCC 3	1	5	53
19CCH10009	Kwonnong Seed	Couve Chinesa RCC 9	5	3	73
19CCH10010	Kwonnong Seed	Couve Chinesa RCC 85031	1	3	44
19CCH10011	Kwonnong Seed	Couve Chinesa RCC 65	1	4	52
19CCH10012	Kwonnong Seed	Couve Chinesa CR Carotine	1	4	76

				
---	---	---	--	---

AGRISTAR do Brasil Ltda

TRIAL RESULTS

07/02/20

058 - CHINESE CABBAGE F1

Sample	Vigor	Adaptability	Foliage	Foliage Type	Plant Color	Maturity from seeding	Disease Tolerance	Plant Size (ball cm)	Head Size (Dish cm)	Core Size (Dish mm)	Harvest Uniformity (%)	Head Color	Internal Color	Weight (g)	Productivity (t/ha)	Bolting (%)	Planting Season	Overall Comment	Agronomical Results	Check	Total Points
TRIAL# TR-07574/1 Destination: AGRISTAR DO BRASIL LTDA Polo: SC/Ituporanga Obs: ITUPORANGA-SC																					
Seeded: 13/09/19 Transplanted: 14/10/19 Evaluated: 10/12/19 by RUBENS																					
BES-29043/KN RCC 9	3	4	3	P	R	88	4	62X035	12X29	45X040	70	R	Y	1283	33,3	0,0	S	GD DIS TOL	3		17
BES-31219/KN RCC 65	2	2	3	P	R	88	4	80X040	16X32	20X040	70	R	Y	1219	31,4	0,0	S	LOW HEAD QUAL	2		13
TPX-29042/4 5047	4	3	3	P	R	88	4	70X035	18X30	50X025	70	R	W	1580	41,1	0,0	S	GD SHAPE	4		18
TES-01631/KIGOKORO 65	3	3	4	P	L	88	3	78X035	12X40	40X200	65	L	Y	1960	50,7	10,0	S	BOLTING	3	KIGOKORO 6	16
TES-92099/KUKAI 65	3	4	4	P	D	88	3	64X035	19X30	40X025	90	L	Y	2320	60,3	0,0	S	UNIIFORM	4	KIGOKORO 6	18
TRIAL# TR-07573/2 Destination: AGRISTAR DO BRASIL LTDA Polo: CV Campinas Obs: SANTO ANTONIO DE POSSE-SP																					
Seeded: 09/09/19 Transplanted: 09/10/19 Evaluated: 13/12/19 by SILVIO																					
BES-29043/KN RCC 9	4	4	4	P	R	85	4	70X035	20X34	40X050	80	R	Y	2200	45,7	0,0	S	GD DIS TOL	3		19
BES-31219/KN RCC 65	4	4	3	P	R	85	3	80X035	17X30	40X060	70	R	Y	2200	40,1	0,0	S	NONIFORM	3		17
TPX-29042/4 5047	4	4	4	P	R	85	4	70X040	18X35	40X050	85	R	Y	2500	55,2	0,0	S	GD COLOR	4		20
TES-01631/KIGOKORO 65	4	3	4	P	D	85	3	80X050	30X45	40X060	90	L	Y	3600	74,9	0,0	S	ROUND SHAPE	4	KIGOKORO 6	18
TES-92099/KUKAI 65	4	4	4	P	D	85	4	80X045	27X45	40X060	95	L	Y	4200	106,2	0,0	S	STRONG	4	KIGOKORO 6	20

Foliage Type: (P)Spiny (S)Smooth  
 Plant Color: (D)Dark Green (G)Green (L)Light Green (R)Red  
 Internal Color: (G)Green (W)White (Y)Yellow  
 Planting Season: (B)Both (S)Summer (W)Winter  
 Points: (1)Discard (2)Regular (3)Good (4)Very Good (5)Excellent



5차년도에는 3차년도(2019)에 선발된 KN8503를 중국과 유럽에 적응성시험 결과 두지역에서 안정적인 성적을 얻어서 중국에는 2021년 확대해서 재시험을 하여 판매 가능성이 확인되어 2022년부터 수출을 하기로 했으며 유럽에서는 2021년부터 수출을 시작하였으며 2022년에는 수출량이 증가할 것으로 기대된다.

5차년도(2021) KN85031 해외 적응성시험 및 시교사업	
중국	유럽
	 <p><b>KN-85031 F1</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Red Michihili variety for fresh market and sliced mix salad</li> <li>✓ Spring and Summer sowings</li> <li>✓ High tip-burn tolerant variety</li> <li>✓ 20-25 growing days after planting</li> <li>✓ Long erect plant type</li> <li>✓ Nice red inner leaf color, greener outer leaves</li> <li>✓ Open medium sized heads (2.4kg)</li> <li>✓ CR tolerant</li> <li>✓ Very good bolting tolerance</li> <li>✓ 60000 plants per ha</li> <li>✓ Continue</li> <li>✓ Request red bolting resistant overwintering variety</li> <li>✓ Request red clubroot resistant variety</li> <li>✓ New red commercial varieties for testing?</li> </ul>

라. 해외 홍보 및 수출 마케팅 활동.

GSP 1단계서 육성한 품종은 5개국 6개사의 에이전트를 통한 홍보 및 전시회 참가를 통한

적극적인 품종의 홍보 및 수출마케팅 활동을 하였으며 에이전트를 통한 유럽에 2품종, 호주에 3 품종 등 품종등록을 완료하고 종자 판매활동을 하였다.

각 국의 에이전트사는 홍보물이나 전시회를 통한 색소체 고품유 품종의 판매 마케팅 활동을 활발하게 진행됨에 따라 향후 수출 실적은 증가될 것으로 판단된다. 특히 2017년에는 네델란드 에이전트사에서 SEED VALLEY에서 매년 열리는 2017 SEED MEET TECHNOLOGY에서 홍보로 고객들에게 좋은 반응을 얻어 향후 수출 증가에 큰 기대를 하고 있다. 한편 권농빨강봄배추도 유럽에서 작황이 좋아 수출계약을 요구 받았으나 기후에 따른 채종 실패로 많은 아쉬움을 남겼다.



수출부진의 원인은 적색품종의 연구가 아직 초기 단계로서 개발된 품종이 대부분 가을용 품종으로서 재배시기 및 재배지역의 확대가 어려웠기 때문이다. 하지만 2018년부터는 GSP 1단계 4차년도와 2단계 1차년도에서 개발이 완료된 권농빨강봄, 권농빨강5호 및 2차년도에 개발된 RCC65의 현지적응성 시험 확대 실시와 채종이 됨에 따라 2018년 수출실적은 150,384\$을 달성하였고 2019년에는 223,225\$로 증가하였으나 목표인 600,000\$의 35% 달성에 그쳤다. 그 원인은 적색품종의 연구가 아직 초기 단계로서 개발된 품종의 수가 적어 다양한 세계 각 지역 기후에 맞는 품종이 부족하여 재배시기 및 재배지역의 확대가 어려웠기 때문이다.

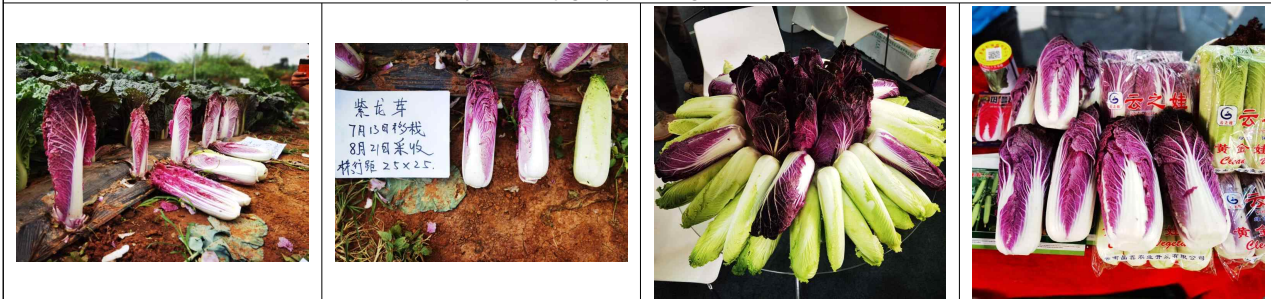


### 3차년도(2019년) 중국 감숙성 전시회 결과사진

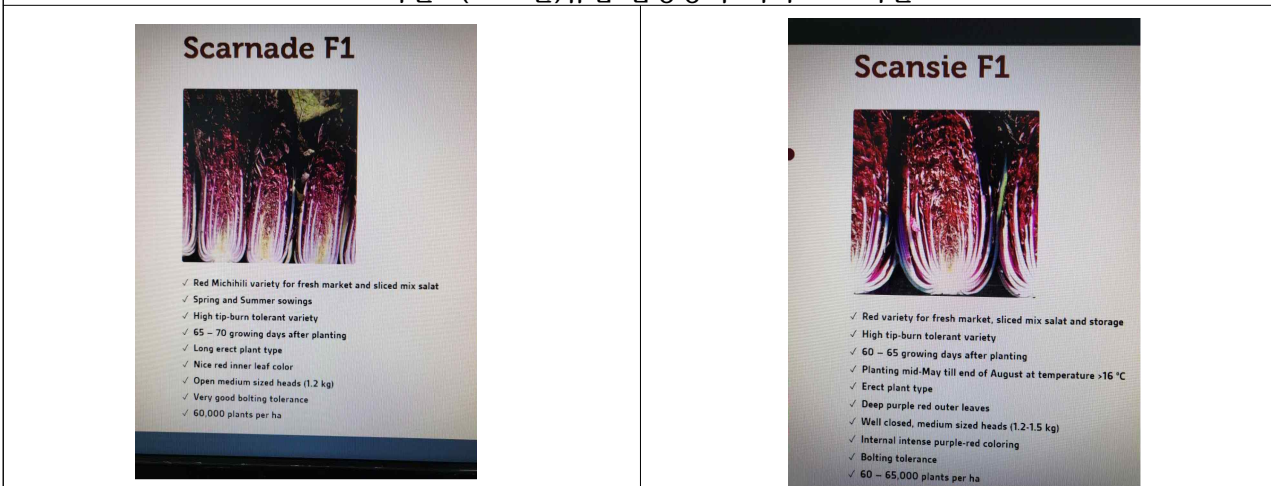


하지만 GSP 2단계에서 개발이 완료된 권농빨강봄, 권농빨강5호, RCC65와 특히 그동안 문제가 되었던 석회결핍증에 강한 'RCC31'가 개발됨에 따라 2020년부터는 현지적응성 시험 확대 실시와 채종이 됨에 따라 2020년부터는 수출 실적이 증가될 것으로 기대하고 수출확대를 위한 다양한 마케팅을 계획하였으나, 코로나19로 인한 해외출장의 불가능으로 수출상담의 어려움과 물류의 지연 및 불가로 어려움으로 수출 목표인 150만불에 매우 부족한 128,762\$의 수출에 그쳐 2019년보다 목표 달성율이 크게 감소하였다. 2021년부터는 정상적인 수출환경이 회복되면 신제품 중 RCC31의 중국에서의 우수한 결과와 브라질 등에서 시험 결과가 우수하여 향후 수출의 회복을 기대하였으나 여전히 코로나19로 인한 마케팅 활동의 위축으로 2020년보다는 75% 수출이 증가하였으나 수출 목표액엔 부족한 224,975\$에 그쳤다.

### 4차년도(2020년)중국 윈난성 전시회 결과사진



### 5차년도(2021년)유럽 품종등록 카다로그 사진



GSP 프로젝트 1, 2단계 수행기간 빨간배추류 총수출액은 1,033,747\$에 그쳤으나 향후 시장의 확대가능성과 신제품의 개량이 지속되면 수출시장의 확대 잠재성이 매우 크다고 본다.

한편 GSP프로젝트 2단계중 개발된 'RCC65' 와 'RCC31'은 유럽연합에 'Scansie F1'와

‘Scarnade F1’로 품종등록을 완료하여 판매준비를 완료하였다.

빨간배추류 수출실적								
2014년(\$)	2015년(\$)	2016년(\$)	2017년(\$)	2018년(\$)	2019년(\$)	2020년(\$)	2021년(\$)	합계(\$)
44,350	63,450	105,600	93,000	150,385	223,225	128,762	224,975	1,033,747

마. 우수품종 육성

(1). 권농빨강5호

권농빨강5호는 2016년도 예비 선발된 KN5107으로 적색이 강하고 구 크기도 중정도로 큰 편으로 수량성과 상품성이 우수하여 선발하였으나 추대는 다소 빠른 중정도로 봄보다 가을용 품종으로 적합하며 칼슘결핍이 강한 품종으로 2017년 9월에 권농빨강5호로 국립종자원에 품종생산판매신고를 하였다.

하지만 채종시험 결과 순도가 문제가 되어 채종을 중단하였고 현재 계통순화 및 소포자 배양을 진행하고 있다.

권농빨강5호배추 품종생산판매신고증	
	

(2). RCC65

RCC65는 국내 차검시험에서 추대가 안정되어 있고 안토시아닌 함량이 높아 선발된 조합을 유럽 및 미국에서 지역연락시험 결과 그 특성이 우수하여 2018년 국립종자원에 품종생산판매신고를 한후 동시에 2018년 품종보호권 출원을 하여 2021년 품종보호권을 등록하였다. 한편 유럽연합에는 2020년 ‘RCC65’를 ‘Scansie F1’로 명명하여 품종등록을 하였다.



RCC65 품종보호등록증 및 품종생산판매신고필증

COPY COPY



**품종보호권등록증**  
CERTIFICATE ON THE GRANT OF PLANT VARIETY RIGHTS

품종 보호 : 제8531호 GRANT NUMBER No. 8531	출원 번호 : 제 2018-459호 APPLICATION NUMBER No. 2018-459
출원 일 : 2018년 09월 20일 FILING DATE 2018/09/20	등 주 일 : 2021년 04월 23일 GRANT DATE 23/04/2021

작물의 일반명 및 학명 : 배추  
 COMMON NAME & BOTANICAL NAME OF THE PLANT : *Brassica rapa subsp. pekinensis* (Lour.) Hanelt

품 종 의 명 칭 : 알씨씨65  
 DENOMINATION : RCC65

품 종 보호 권 존속기간 : 2021년04월23일~2041년04월22일  
 PROTECTION PERIOD : 23/04/2021 - 22/04/2041

품 종 보호 권 자 : 농업회사법인 권농종묘(주)  
 TITLE HOLDER : Kwon-nong Seeds Co., Ltd.

육 성 자 : 권오하, 이종철, 기우열  
 BREEDER : Kwon, Oh Ha, LEE, JONG CHUL, KI, WOO YEAL

위의 품종은 「식물신품종보호법」 제54조에 따라 품종보호 등록원부에 등록되었음을 증명합니다.  
 This variety is to certify that plant variety protection right is registered according to Plant Variety Protection Act.

2021년 04월 23일  
 23 / 04 / 2021



**국립종자원**  
THE COMMISSIONER OF THE KOREA SEED & VARIETY PROTECTION AGENCY

COPY COPY COPY

Plant Variety Protection

[별지 제23호 서식]

**품종 생산 · 수입판매 신고증명서**

신 고 번 호 : 02-0002-2018-31

품종명칭 등록출원번호 :


신 청 인	성 명 권오하 (대표자)	생년월일 1964년 02월 26일 (외국인은 국적)
	주 소 충청북도 청주시 흥덕구 풍년로 186(가경동) 농업회사법인 권농종묘(주) (우)28394	전화번호 043-233-7479
육 성 자	성 명 권오하 외 2명	생년월일 1964년 02월 26일 (외국인은 국적)
	주 소 충북 청주시 흥덕구 풍년로 186 권농종묘	전화번호 043-233-7479

품종이 속하는 작물의러명 및 일반명 : *Brassica rapa subsp. pekinensis* (Lour.) Hanelt 배추

품종의 명칭 : 알씨씨65 (RCC65)

「종자산업법」 제38조제1항 및 같은 법 시행규칙 제27조제1항에 따라 품종의 생산·수입판매 신고를 하였음을 증명합니다.

2018년 09월 27일



**국립종자원**

2018-1398

RCC65의 품종 특성은 중록이 얇고 안토시아닌 색소를 고함유한 품종으로 구 내부의 색깔이 적자색이며 추대가 늦은 품종으로 연중재배가 가능하다. 향후 수출을 증대시키기 위해 더 많은 지역에서 에이전트를 발굴하여 수출시장의 확대를 할 예정입니다.

### RCC65배추 품종의 특성 설명

NO	형질	표현형태									RCC65		권농별강봄	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	NO	실측치	NO	실측치
1	바깥잎: 자세	곧추서다	약간서다	수평이다							2		2	
2	식물체: 키			작다		중간		크다			5		7	
3	바깥잎: 길이			짧다		중간		길다			7		7	
4	바깥잎: 너비(폭)			좁다		중간		넓다			5		5	
5	바깥잎: 모양	원형	넓은달걀형	거꾸로 세운 달걀형	좁은달걀형	긴타원형					2		2	
6	바깥잎: 선단	뾰족한모양	둥근모양(원두)	평평한모양(평두)							2		2	
7	바깥잎: 요철			적다		중간		많다			3		3	
8	바깥잎: 요철의 크기			작다		중간		크다			3		3	
9	바깥잎: 색깔	황록색	녹색	회록색		빨간색	자주색				5	적자색	5	적자색
10	바깥잎: 색깔의 강도(녹색 품종만)			열다		중간		질다						
11	바깥잎: 안도시아닌 색소	없다								있다	9		9	
12	바깥잎: 광택			약하다		중간		강하다			5		5	
13	바깥잎: 털의 다소	없거나 약하다		적다		중간		많다		매우 많다	3		3	
14	바깥잎: 세로로 자른면의 만곡	오목하다	평평하다	볼록하다							2		2	
15	바깥잎: 가장자리 불결 모양			약하다		중간		심하다			3		3	
16	바깥잎: 가장자리 결각	없다	중간	심하다							2		2	
17	바깥잎: 가장자리의 톱니모양			약하다		중간		심하다			3		3	
18	바깥잎: 중륵의 가로 자른면의 모양	볼록하다	평평하다								2		2	
19	바깥잎: 중륵의 길이			짧다		중간		길다			7		7	
20	바깥잎: 중륵의 너비			좁다		중간		넓다			3		5	
21	바깥잎: 중륵의 색	흰색	연녹색	녹색							5	적자색	5	적자색
22	구: 키			작다		중간		크다			7		7	
23	구: 너비			좁다		중간		넓다			7		5	
24	구: 세로로 자른면의 모양	원형	타원형	달걀형	거꾸로세운달걀형	장타원형	긴장타원형				5		6	
25	구: 결구형태	열립	반열립	단립							2		3	
26	결구품종: 구: 잎 접착의 정도			약하다		중간		심하다			3		3	
27	구: 윗부분의 색	흰색	노랑	연두	녹색							적자색		적자색
28	구: 윗부분이 녹색인 품종: 구: 녹색의 정도(감도)			열다		중간		진하다						
29	구: 바깥잎의 요철	없거나 약하다		약하다		중간		심하다		매우 심하다	3		3	
30	구: 속 색깔	흰색	연한 노랑색	노랑색	진한 노랑색	주황색	연녹색	빨간색	자주색		8	적자색	8	적자색
31	구: 단단한 정도	매우 약하다		약하다		중간		강하다		매우 강하다	5		7	
32	구: 고갱이 선단(정단부)의 모양(섬숙기)	돌기형	둥근모양	평평한모양							2		2	
33	수확 성숙기	매우 빠르다		빠르다		중간		늦다		매우 늦다	7		5	

### (3). RCC31

본 연구 결과 2018년 만추대성 장원통형 색소체 품종으로 선발된 RCC31은 2019년 채종시험 결과 채종성이 높고 그 순도가 우수하여 2019년 국립종자원에 품종생산 판매 신고를 함과 동시에 품종보호권 출원을 하여 2021년 품종보호권 등록을 완료하였다. 현재 중국, 유럽 및 미국에서 에이전트와 함께 적응성시험을 하였으며 유럽연합에 'Scarnde F1'로 명명하여 품종등록을 하였고 그 특성이 양호하고 채종이 완료되어 2022년에는 수출이 시작될 것으로 본다.

RCC31배추는 칠리형 장원통형 배추로서 추대가 늦은 품종으로서 연중 재배가 가능하며 가공용 배추로서 균일한 커팅이 가능한 품종으로 향후 샐러드 믹스 가공용으로 보급이 가능하다.

RCC31 품종보호등록증 및 품종생산판매신고필증



**품종보호권등록증**  
CERTIFICATE ON THE GRANT OF PLANT VARIETY RIGHTS

품종 보호 호 : 제8663호      출 원 번 호 : 제 2019-493호  
GRANT NUMBER      No. 8663      APPLICATION NUMBER      No. 2019-493  
출 원 일 : 2019년 10월 16일  
FILING DATE      16/10/2019  
등 록 일 : 2021년 07월 05일  
GRANT DATE      05/07/2021

작물의 일반명 및 학명 : 배추  
COMMON NAME & BOTANICAL NAME OF THE PLANT : *Brassica rapa subsp. pekinensis* (Lour.) Hanelt

품 종 의 명 칭 : 알씨씨31  
DENOMINATION : RCC31

품 종 보호 권 존속기간 : 2021년07월05일~2041년07월04일  
PROTECTION PERIOD : 05/07/2021 - 04/07/2041

품 종 보호 권 자 : 농업회사법인 권농종묘 (주)  
TITLE HOLDER : Kwon-nong Seeds Co., Ltd.

육 성 자 : 권오하, 기우열, 이종철  
BREEDER : Kwon, Oh Ha, Ki, WOO YEAL, LEE, JONG CHUL

위의 품종은 「식물신품종보호법」 제54조에 따라 품종보호  
등록원부에 등록되었음을 증명합니다.

This variety is to certify that plant variety protection right is registered  
according to Plant Variety Protection Act.

품종보호권등록      2021년 07월 05일      Plant Variety Protection  
05 / 07 / 2021



[별지 제23호 서식]

**품종 생산 · 수입판매 신고증명서**

신 고 번 호 : 02-0002-2019-30

품종명칭 등록출원번호 : 40-2019-001198

성 명 (대표자)	권오하	생년월일 (외국인은 국적)	1964년 02월 26일
--------------	-----	-------------------	---------------

주 소	농업회사법인 권농종묘 (주)		
법인명칭	농업회사법인 권농종묘 (주)	전화 번호	043-233-7479

성 명	권오하 외 2명	생년월일 (외국인은 국적)	1964년 02월 26일
-----	----------	-------------------	---------------

주 소	충북 청주시 흥덕구 풍년로 186 권 농종묘	전화 번호	043-233-7479
-----	-----------------------------	-------	--------------

품종이 속하는 과물의 라틴명 및 명칭      *Brassica rapa subsp. pekinensis* (Lour.) Hanelt  
배추

품종의 명칭      알씨씨31 (RCC31)

「종자산업법」 제38조제1항 및 같은 법 시행규칙 제27조제1항에 따라 품종의 생  
산 · 수입판매 신고를 하였음을 증명합니다.

(단, 이 품종의 명칭은 「식물신품종보호법」 제109조에 따라 등록원 이후에 사용할 수 있습니다.)

2019년 10월 23일

국 립 종 자 원



RCC31배추 품종의 특성 설명														
NO	형질	표현형태									RCC31		권농빨강봄	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	NO	실측치	NO	실측치
1	바깥잎: 자세	곧추서다	약간서다	수평이다							1		2	
2	식물체: 키			작다		중간		크다			7		7	
3	바깥잎: 길이			짧다		중간		길다			7		7	
4	바깥잎: 너비(폭)			좁다		중간		넓다			5		5	
5	바깥잎: 모양	원형	넓은달걀형	거꾸로 세운 달걀형	좁은달걀형	긴타원형					4		2	
6	바깥잎: 선단	뾰족한모양	둥근모양(원두)	평평한모양(평두)							2		2	
7	바깥잎: 요철			적다		중간		많다			3		3	
8	바깥잎: 요철의 크기			작다		중간		크다			3		3	
9	바깥잎: 색깔	황록색	녹색	회록색	빨간색	자주색					5	적자색	5	적자색
10	바깥잎: 색깔의 강도(녹색 품종만)			열다		중간		질다						
11	바깥잎: 안도시아닌 색소	없다								있다	9		9	
12	바깥잎: 광택			약하다		중간		강하다			5		5	
13	바깥잎: 털의 다소	없거나 약하다		적다		중간		많다		매우 많다	3		3	
14	바깥잎: 세로로 자른면의 만곡	오목하다	평평하다	볼록하다							2		2	
15	바깥잎: 가장자리 불결 모양			약하다		중간		심하다			3		3	
16	바깥잎: 가장자리 결각	없다	중간	심하다							2		2	
17	바깥잎: 가장자리의 톱니모양			약하다		중간		심하다			3		3	
18	바깥잎: 중륵의 가로 자른면의 모양	볼록하다	평평하다								2		2	
19	바깥잎: 중륵의 길이			짧다		중간		길다			7		7	
20	바깥잎: 중륵의 너비			좁다		중간		넓다			5		5	
21	바깥잎: 중륵의 색	흰색	연녹색	녹색	빨간색	자주색					5	적자색	5	적자색
22	구: 키			작다		중간		크다			7		7	
23	구: 너비			좁다		중간		넓다			3		5	
24	구: 세로로 자른면의 모양	원형	타원형	달걀형	거꾸로세운달걀형	장타원형	긴장타원형				6		6	
25	구: 결구형태	열립	반열립	단립							2		3	
26	결구품종: 구: 잎 접힘의 정도			약하다		중간		심하다			3		3	
27	구: 윗부분의 색	흰색	노랑	연두	녹색							적색		적자색
28	구: 윗부분이 녹색인 품종: 구: 녹색의 정도(강도)			열다		중간		진하다						
29	구: 바깥잎의 요철	없거나 약하다		약하다		중간		심하다		매우 심하다	3		3	
30	구: 속 색깔	흰색	연한 노랑색	노랑색	진한 노랑색	주황색	연녹색	빨간색	자주색		8	적자색	8	적자색
31	구: 단단한 정도	매우 약하다		약하다		중간		강하다		매우 강하다	7		7	
32	구: 고갱이 선단(정단부)의 모양(성숙기)	돌기형	둥근모양	평평한모양							2		2	
33	수확 성숙기	매우 빠르다		빠르다		중간		늦다		매우 늦다	3		5	

## 2. 제2세부 프로젝트 베타카로틴 고함유 배추 품종 개발

### 1) 조합선발 및 계통육성

신조합 및 계통육성을 위한 재배시험은 겨울배추(노지), 봄배추(시설, 노지) 및 가을배추(노지)의 순서로 진행하였으며 3차년도 및 4차년도 주요 재배 시험 개요는 다음의 표와 같음.(표 1)(표 2)

(표 1) 베타카로틴 고함유 품종 육성을 위한 지역 및 작형별 재배시험 개요 (1차년도)

시험지역	면적 (m <sup>2</sup> )	시험구수 (F1수/계통수)	재식밀도	시험기간	비고
임대포장(충청, 하우스)	2,400	234/261	40cm 2조	2017년2월~5월	봄배추
임대포장(충청, 노지)	5,000	230/255	40cm 2조	2017년4월~6월	봄배추, 여름배추
중국(북경)	1,000	40/0	40cm 2조	2017년4월~6월	봄배추
중국(북경)	1,500	60/0	40cm 2조	2017년8월~10월	봄배추, 가을배추
Field day(4개소)		10/0		2017년6월~10월	중국(감숙성, 호북성, 하북성), 인도네시아 반둥
임대포장(충청)	5,000	169/1,247	40cm 2조	2017년8월~11월	가을배추
임대포장(전남)	2,800	106/173	45cm 2조	2016년9월~2017년2월	가을배추, 겨울배추

(표 2) 베타카로틴 고품종 품종 육성을 위한 지역 및 작형별 재배시험 개요 (2차년도)

시험지역	면적 (m <sup>2</sup> )	시험구수 (F1수/계통수)	재식밀도	시험기간	비고
임대포장(충청, 하우스)	2,400	142/385	40cm 2조	2018년2월~5월	봄배추
임대포장(세종, 노지)	5,000	140/380	40cm 2조	2018년4월~6월	봄배추, 여름배추
중국(북경)	1,000	40/0	40cm 2조	2018년4월~6월	봄배추
중국(북경)	1,500	60/0	40cm 2조	2018년8월~10월	봄배추, 가을배추
Field day(2개소)		10/0		2018년6월~8월	중국(감숙성, 하북성)
임대포장(충청)	5,000	232/900	40cm 2조	2018년8월~11월	가을배추
임대포장(전남)	2,800	76/247	45cm 2조	2017년9월~2018년2월	가을배추, 겨울배추

(표 1) 베타카로틴 고품종 품종 육성을 위한 지역 및 작형별 재배시험 개요 (3차년도)

시험지역	면적 (m <sup>2</sup> )	시험구수 (F1수/계통수)	재식밀도	시험기간	비고
임대포장(충청, 하우스)	5,000	160/395	40cm 2조	2019년2월~5월	봄배추
임대포장(충청, 노지)	6,000	150/380	40cm 2조	2019년3월~6월	봄배추, 여름배추
중국(북경)	1,000	40/0	40cm 2조	2019년4월~6월	봄배추
중국(북경)	1,500	60/0	40cm 2조	2019년8월~10월	봄배추, 가을배추
Field day(6개소)		12/0		2019년6월~12월	중국(감숙성, 호북성, 하북성 및 운남성), 인도네시아 및 베트남
임대포장(충청)	5,000	182/779	40cm 2조	2019년8월~11월	가을배추
임대포장(충청)	1,000	65/422	20cm 3조	2019년8월~10월	소형배추
임대포장(전남)	3,000	98/147	45cm 2조	2018년9월~2019년2월	가을배추, 겨울배추
임대포장(전남)	3,000	134/270	45cm 2조	2019년9월~2020년2월	가을배추, 겨울배추

(표 2) 베타카로틴 고품종 품종 육성을 위한 지역 및 작형별 재배시험 개요 (4차년도)

시험지역	면적 (m <sup>2</sup> )	시험구수 (F1수/계통수)	재식밀도	시험기간	비고
임대포장(충청, 하우스)	5,000	184/658	40cm 2조	2020년2월~5월	봄배추
임대포장(충청, 노지)	6,000	190/650	40cm 2조	2020년3월~6월	봄배추, 여름배추
Field day(2개소)		11/0		2020년6월~12월	중국(하북성 및 운남성)
임대포장(충청)	5,000	148/474	40cm 2조	2020년8월~11월	가을배추
임대포장(충청)	1,000	58/280	20cm 3조	2020년8월~10월	소형배추
임대포장(전남)	3,000	99/254	45cm 2조	2020년9월~2021년2월	가을배추, 겨울배추
임대포장(전남)	3,000	134/270	45cm 2조	2019년9월~2020년2월	가을배추, 겨울배추

(표 1) 베타카로틴 고품종 품종 육성을 위한 지역 및 작형별 재배시험 개요 (5차년도)

시험지역	면적 (m <sup>2</sup> )	시험구수 (F1수/계통수)	재식밀도	시험기간	비고
임대포장(충청, 하우스)	5,000	251/716	40cm 2조	2021년2월~5월	봄배추
임대포장(충청, 노지)	6,000	250/700	40cm 2조	2021년3월~6월	봄배추, 여름배추
임대포장(충청, 하우스)	1,000	148/244	20cm 3조	2021년2월~5월	소형배추
임대포장(충청, 노지)	1,000	148/244	20cm 3조	2021년3월~6월	소형배추
Field day(1개소)		18/0		2021년5월~8월	중국하북성
임대포장(충청, 하우스)	5,000	332/920	40cm 2조	2021년8월~11월	가을배추
임대포장(충청, 하우스)	1,000	166/332	20cm 3조	2021년8월~10월	소형배추
임대포장(전남)	3,000	99/254	45cm 2조	2020년9월~2021년2월	가을배추, 겨울배추
임대포장(전남)	3,000	178/228	45cm 2조	2021년9월~	가을배추, 겨울배추

이 중 중요 재배시험 결과를 순차적으로 자세히 설명하면 아래와 같음.

< 2017년 겨울시험 >

(표 3) 겨울시험 경종 개요

시험명	겨울배추 시험
시험시기	2016년 9월 ~ 2017년 2월
시험장소	신농씨앗 임대포장 (노지)
시험목적	겨울 재배용 우수 품종 선발 및 계통선발
공시재료	SN14871등 신규 조합 포함 총 106개 F1 WMP:8010.81.81.3 등 총 173계통 재식밀도: 45cm x 2조 재배
시험방법	시험주수: F1 18주 2반복, 모본 18주 시비, 방제 및 수분관리 등 재배 방식은 관행에 준함

2017년 1월 초에 1차 조사를 실시하였고, 2월 초순에 본 조사를 실시하여 SN16851 등 총 4조합을 신규 선발하였음. 또한 신규조합 작성을 위해 18계통을 계통선발하였고 분리세대 후대검정을 위해 79개체를 선발하여 종자 획득을 완료하였음.

선발한 4개 조합은 장내 망실을 이용하여 종자생산성 검정 및 순도검정을 실시하였고 상업 채종이 가능한 것으로 판단된 3개 조합에 대하여 국내 관계사를 통하여 2017년 8월 확대시험을 위한 시고를 공시하였음. (사진 1)

분리세대에서 선발한 79개체는 2017년 6월 후대검정을 위한 종자를 각 2~10ml 획득하였으며 계통육성목록에 포함하여 후대검정을 실시하였음.



(사진 1) 겨울배추 재배시험 및 신규 선발조합 비교사진

< 2017년 하우스봄배추 및 노지봄배추 시험 >

(표 4) 하우스봄배추 시험 경종 개요

시험명	봄배추 시험
시험시기	하우스: 2017년 1월 ~5월, 노지: 4월~6월
시험장소	임대시설 및 노지 (충청)
시험목적	우수 품종 선발 및 계통선발
공시재료	Z5/YGAN1: x AS/BT5: 등 신규 조합 포함 총 234개 F1 RK5: 등 총 261계통
시험방법	40cm x 2조 재배 F1: 16주, 20주2반복, 계통: 14주, 20주 1반복 재배 시비, 방제 및 수분관리 등 재배 방식은 관행에 준함



(사진 2) 하우스봄배추 조사 및 노지봄배추 재배 전경

경종개요는 (표 4)와 같으며 조사 항목은 (표 5)의 특성을 위주로 조사하였고, 생육상태나 요구작형에 따라 중요 조사항목에는 조사 시기별로 차이가 있음. GSP 프로젝트의 개시에 따라 성과목표 달성을 위해서는 시험 면적의 추가 확보가 필요함에 따라 주변 농가포장을 임대하여 시험을 진행함.

(표 5) 베타카로틴 고함유 품종 육성을 위한 원예적 특성 조사 항목의 예

구분	조사항목
재배일반	유전적순도, 환경적균일도, Grouping type, 초세, 숙기 등
수량특성	맹아고크기, 구고, 구폭, 엽장, 엽폭, 구중 등
외관특성	엽색, 광택, 잎자세, 결구형태, 초형 등
결구특성	결구력, 결구긴도, 내엽색, 내엽자세, 구형 등
내병성	뿌리혹병(접종시험), 노균병, 연부병, 바이러스병 등
내생리장해성	깨씨무늬증, 석회결핍증, 붕소결핍증, 줄기 공동, 줄기 연부 등
품질특성	내엽색, 엽육 두께, 조직감, 풍미, 엽신 형태 등
내환경성	작형별로 필요시 추대성, 내한성, 내서내습성 등

[ 시험 결과 ]

가) 조합선발

선발 조합은 베타카로틴 함량 동등 수준 품종(황색계)과 베타카로틴 고함유 품종(진황색계)으로 구분하여 선발하였는데 이는 진황색계 배추는 원연교잡을 통해 신규 육성한 재료로서 황색계에 비하여 아직 전체적인 초세 및 뿌리활력이 약하여 작형에 따라서는 제한적인 품종 개발만이 가능한 상태이기 때문임. 이는 추후 지속적인 강선발과 신규 계통 육성을 통해 보완할 수 있을

것으로 기대함.

하우스 시험에서 SN17184, SN17205, SN17132, SN17167 등 8개 조합을 대비종에 비해 초세가 양호하며 베타카로틴 고함유이고 만추대성 품종으로 예비선발하였음.(사진 3) 각각의 선발 조합은 뿌리혹병 wild type균주에 저항성을 보이며, 저온 생육성이 우수하고 추대가 늦으며 내엽황색이 진한 특성을 보임.



(사진 3) 하우스 봄배추 시험 선발조합 비교사진

노지 봄 시험에서는 내병성과 고온 결구력을 중점적으로 평가하였는데 결구력이 상대적으로 강하지는 않지만 비교적 내병성이 우수한 SN17167, SN17132 등 6개 조합을 선발하였음.(사진 4)

하우스봄 시험 결과와 노지봄 및 여름배추 시험을 종합하여 SN17205 등 3조합을 저온기 적합 품종으로 선발하였고, SN17132 등 3조합을 봄노지 재배용으로 선발 확정하였음. 이들 6조합을 대상으로 가을 인공시교 및 2018년 채종시험용 원종을 가을교배로 증식 완료하였음. 또한 내엽색이 일반 황색계 정도인 조합으로 고랭지 재배용 조합으로 SN17165 등 2조합을 추가 선발하였음.



(사진 4) 노지 봄배추 시험 선발조합 비교사진

#### 나) 계통 선발

베타카로틴 고함유 육성재료는 특성상 알비노가 많이 발생하고 잔뿌리가 많지 않아 초세가 약하고 생리장애에 다소 약함. 이를 고려하여 내엽색이 진하면서 초세 및 결구력이 강한 개체로



선발하였음.

교배조합을 구성하는 일반 품질계 배추는 생리장애에 둔감하여 염수분화와 결구력이 강하여 베타카로틴 고함유 육성재료를 보완할 수 있는 방향으로 선발함.

하우스 봄 시험에서는 총 26계통 67개체를 선발하였으며, 노지 봄배추 시험에서는 32계통 24개체를 선발하여, 총 37계통(중복 계통 제외) 91개체를 선발하였음. 선발된 계통은 6월~8월 저온처리 후 가을 교배를 실시하여 총 225개 신규조합 작성을 완료하였으며 차년도 상반기에 재배시험을 실시할 예정임. 후대 검정을 위해 개체선발한 91개체는 저온처리기에서 월하를 시도하였으나 총 19개체만이 생존하여 후대 종자를 증식하였음. 향후 봄 선발 개체의 생존율을 제고할 수 있는 선발 방법과 시설의 보완이 필한 것으로 보임.

< 2017년 가을시험 >

(표 6) 가을시험 경종 개요

시험명	가을배추 시험
시험시기	2017년 8월 14일~11월 9일
시험장소	신농씨앗 임대포장 (노지)
시험목적	가을 재배용 우수 품종 선발 및 계통선발
공시재료	CP: x YCR: 등 신규 조합 포함 총 169개 F1
	YCR: 등 총 1,247계통
	재식밀도: 40cm x 2조 재배
시험방법	시험주수: F1 14주 2반복, 모본 14주
	시비, 방제 및 수분관리 등 재배 방식은 관행에 준함

가을시험 경종개요는 (표 6)과 같으며 신규 조합의 경우 40cm로 2줄 재배하였고 14주, 2반복 시험하였으며 계통의 경우 반복없이 14주를 정식하였으며 시험 전경 및 선발조합은 아래와 같음(사진 5).





(사진 5) 가을 시험 재배 전경 및 선발조합

#### 가) 선발조합

1차년도 선발조합은 베타카로틴 함량 동등 수준 품종(황색계)과 베타카로틴 고함유 품종(진황색계)으로 구분하여 선발하였는데 황색계는 SN17431, SN17457, SN17465의 3조합으로 각각 뿌리혹병 wild type에 저항성을 보이는 조합으로 외엽색이 진하고 품질이 우수하였음. 다만 수확 성숙기가 SN17431, SN17457 및 SN17465의 순으로 달라서 목표 시장에 따라 2018년 시교 공시하였음.

진황색계 조합으로는 SNB17513과 SNB17493의 2개 조합을 신규로 선발하였음. 각각 기존에 판매되고 있는 품종의 단점을 부분적으로 보완한 품종임.

#### 나) 계통선발

총 1,247개 계통을 공시하여 시험하였으며, 48개 계통을 2차년도 교배양친으로 계통선발하였으며 분리세대 후대검정을 위해 220개체를 선발하여 후대 검정용 종자를 획득하였음. 신규로 계통선발한 18개 계통 중 6개 계통에 대해서는 향후 이용가능성이 높을 것으로 기대하여 육성불임성 체계로 전환하기 위한 여교잡 대상 계통으로 신규 추가하였음.

#### < 2018년 겨울시험 >

(표 7) 겨울시험 경종 개요

시험명	겨울배추 시험
시험시기	2017년 9월 ~ 2018년 2월
시험장소	신농씨앗 임대포장 (노지)
시험목적	겨울 재배용 우수 품종 선발 및 계통선발
공시재료	240B/YG: x ND 5 등 76개 신규 조합 포함 총 116개 F1 ND:5.81.82.61.3 등 총 247 계통 재식밀도: 45cm x 2조 재배
시험방법	시험주수: F1 18주 2반복, 모본 16주 시비, 방제 및 수분관리 등 재배 방식은 관행에 준함

2018년 1월 초에 1차 조사를 실시하였고, 2월 초순에 본 조사를 실시하였음. 2017년 선발조합 SN16851이 숙기가 비교적 빠르면서도 후기까지 재포성이 우수하여 남도장군 등을 대체하기 위한 조합으로 우수한 특성을 보여 에스엔더블유851배추로 생산판매 진행하였음. 신규조합으로는 SN17880 등 총 4조합을 선발하

였는데 대체로 중생종으로 내한성이 극히 강하며 추대가 늦고 품질이 우수한 조합으로 선발하였음. (사진 6)

또한 신규조합 작성을 위해 16계통을 2018년도 교배조합을 위한 양친으로 계통선발하였고 분리세대 후 대검정을 위해 82개체를 선발하여 종자 획득을 완료하였음. 이들 신규선발 조합은 2018년 종자생산시험을 수행하였으며 이 중 1조합이 생산성이 우수하여 1차 시교공시 하였음.



(사진 6) 겨울배추 재배시험 및 신규 선발조합 비교사진

### < 2018년 하우스봄배추 및 노지봄배추 시험 >

(표 8) 하우스봄배추 시험 경종 개요

시험명	봄배추 시험
시험시기	하우스: 2018년 1월 ~5월. 노지: 4월~6월
시험장소	임대시설 및 노지 (충청)
시험목적	우수 품종 선발 및 계통선발
공시재료	Z8/RK5: x H54: 등 142개 신규 조합 포함 총 193개 F1 RK5: 등 총 382계통 40cm x 2조 재배
시험방법	F1: 16주, 20주2반복, 계통: 14주, 20주 1반복 재배 시비, 방제 및 수분관리 등 재배 방식은 관행에 준함

#### 가) 조합선발

선발 조합은 베타카로틴 함량 동등 수준 품종(황색계)과 베타카로틴 고함유 품종(진황색계)으로 구분하여 선발하였는데 이 중 황색계 품종으로 SN18039, SN18065 등 4개 조합을 신규로 선발하였음. (사진 7)

이들 조합은 각각 저온기용(하우스~터널재배용)과 고온기용(노지~고냉지)으로 구분하여 선발하였으며, 저온기용은 구형과 품질이 우수하며 저온신장성 등 저온기 품질요인을 특히 고려하였으며, 고온기용 품종은 내서내병성, 고온결구력, 재포성 등 재배적합성을 특히 고려하여 선발하였음.



(사진 7) 2018년 봄배추 시험 선발조합 비교사진

진황색계 품종으로는 2017년도에 선발되었던 SNB17167과 SNB17132를 최종적으로 상업화 여부를 판단하였음. 두 품종에 대해서는 2018년 채종시험을 통해 종자 생산성이 확인되었으며 하우스 및 고랭지 지역 연락시험을 통해 적응성을 확인하였음(사진 8).



(사진 8) 품종보호출원 예정 품종 SNB17167 및 SNB17132 시험사진

진황색계 신규조합으로는 조숙성과 품질을 최우선적으로 고려하여 SNB18148, SNB18198 등 8개 조합을 최종 선발하였음. (사진 9). 이들 선발조합을 대상으로 일부 가을 하우스 종자생산성 검정을 실시하였는데, 이는 2019년도 확대재배 시험 및 종자생산성 검정 예비 결과를 얻기 위함임.

종자가 확보된 선발조합들을 공시하여 강원도 정선, 태백 및 황계 지역에서 연락시험을 실시하였으나 올해 이상 고온등의 기상 특성상 유의미한 결과를 얻을 수 없었던 이유로 이들 신규 선발조합들은 2019년 종자생산성 검정과 동시에 지역 연락시험을 통해 재시험하였음.



(사진 9) 진황색계 신규 선발조합 비교사진

나) 계통 선발

베타카로틴 고함유 육성재료는 초세가 약하고 생리장해에 다소 민감한 상태로 초세 및 결구력이 강하면서 내엽색이 진한 개체 및 계통으로 선발하였음. 반대쪽 양친 소재로는 베타카로틴 고함유 육성재료의 단점을 보완할 수 있는 특성으로 생리장해에 둔감하여 염수분화와 결구력이 특히 강한 계통으로 선발 육성함.

2018년 봄배추 시험에서 총 26계통을 2019년도 봄배추 시험을 위한 양친으로 선발하였음. 이들 선발 계통은 2018년 6월 포트에 파종하여 본엽 전개시 2개월간 섭씨 5도 내외에서 저온처리를 실시하였음. 현재 계통에 따라 2주~40주의 모본이 정식되어 교배 및 종자 생산중임. 분리계통에서는 총 104개체를 후대검정용으로 선발하였으며, 추후 도태과정을 거쳐 현재 총 48개체를 대상으로 교배 및 종자 생산중임. 신규 계통선발된 12개 계통 중 향후 이용도를 고려하여 4개 계통을 육성불임 전환용으로 선정하고 여교잡을 진행하였음.

< 2018~2019년 겨울시험 >

(표 3) 겨울시험 경종 개요

시험명	겨울배추 시험
시험시기	2018년 9월 ~ 2019년 2월
시험장소	신농씨앗 임대포장 (노지)
시험목적	겨울 재배용 우수 품종 선발 및 계통선발
공시재료	SN16851등 신규 조합 포함 총 98개 F1 CN:3 등 총 147계통 재식밀도: 45cm x 2조 재배
시험방법	시험주수: F1 18주 2반복, 모본 18주 시비, 방제 및 수분관리 등 재배 방식은 관행에 준함

2018년 9월 11일 시험구를 정식 완료하였고, 2019년 1월 초에 1차 조사를 실시하였고, 2월 11일에 본 조사를 실시하여 SN18605 등 총 6조합을 신규 선발하였음. 또한 신규조합 작성을 위해 22계통을 계통선발하였고 분리세대 후대검정을 위해 96개체를 선발하여 종자 획득을 완료하였음.

선발한 6개 조합은 장내 망실을 이용하여 종자생산성 검정 및 순도검정을 실시하였고 상업 채종이 가능한 것으로 판단된 2개 조합을 최종 선발하였음. 선발된 2개 조합은 국내의 경우 확대시험을 위하여 자체 공시하였고, 중국의 경우 2개사에 시교 공시하였음. (사진 1)

분리세대에서 선발한 96개체는 2019년 6월 후대검정을 위한 종자를 각 2~10ml 획득하였으며 계통육성목록에 포함하여 후대검정을 실시하였음.





(사진 1) 겨울배추 재배시험, 계통선발 개체 및 신규 선발조합(SN18581 및 SN18605) 비교사진

< 2019~2020년 겨울시험 >

(표 4) 겨울시험 경종 개요

시험명	겨울배추 시험
시험시기	2019년 9월 ~ 2020년 2월
시험장소	신농씨앗 임대포장 (노지)
시험목적	겨울 재배용 우수 품종 선발 및 계통선발
공시재료	SN958등 신규 조합 포함 총 134개 F1
	CN:93 등 총 270계통
	재식밀도: 45cm x 2조 재배
시험방법	시험주수: F1 18주 2반복, 모본 18주
	시비, 방제 및 수분관리 등 재배 방식은 관행에 준함

2019년 9월 17일 시험구를 정식 완료하였고, 2020년 2월 4일에 본 조사를 실시하여 SN19899 등 총 3조합을 신규 선발하였음. 2019년 가을시기는 재배 초기에 강우가 많은 환경으로서 초기 생육이 원활하지 못한 중만생계의 경우 본 조사시기에 조사가 용이하지 않아 주로 생육과 결구가 원활하였던 조생종 위주로 선발이 진행되었음. 2020년도 신규조합 작성을 위해 20계통을 계통선발하여 봄 교배에 이용하였고 분리세대 후대검정을 위해 70개체를 선발하여 종자 획득을 완료하였음.

선발한 3개 조합은 장내 망실을 이용하여 종자생산성 검정 및 순도검정을 실시하였고 상업 채종이 가능한 것으로 판단된 2개 조합을 최종 선발하였음. 선발된 2개 조합은 국내 회사 및 자체 확대시험을 위하여 시교 공시하였고 농가확대 시험을 실시하였음(사진 2)

분리세대에서 선발한 70개체는 2020년 6월 후대검정을 위한 종자를 각 2~10ml 획득하였으며 계통육성목록에 포함하여 후대검정을 실시하였음.



(사진 2) 겨울배추 재배시험, 계통선발 개체 및 신규 선발조합(SN18658, 19869 및 SN19901 비교사진)

< 2019년 하우스봄배추 및 노지봄배추 시험 >

(표 5) 하우스봄배추 시험 경종 개요

시 험 명	봄배추 시험
시험시기	하우스: 2019년 2월 ~5월. 노지: 3월~6월
시험장소	임대시설 및 노지 (충청)
시험목적	우수 품종 선발 및 계통선발
공시재료	19155 등 신규 조합 포함 총 160개 F1 AS/BT:5 등 총 395계통 40cm x 2조 재배
시험방법	F1: 14주, 20주2반복, 계통: 12주, 20주 1반복 재배 시비, 방제 및 수분관리 등 재배 방식은 관행에 준함



(사진 3) 하우스봄배추 및 노지봄배추 재배 전경

[ 시험 결과 ]

가) 조합선발

선발 조합은 베타카로틴 함량 동등 수준 품종(황색계)과 베타카로틴 고함유 품종(진황색계)으로 구분하여 선발하였는데 이는 진황색계 배추는 원연교잡을 통해 신규 육성한 재료로서 황색계에 비하여 아직 전체적인 초세 및 뿌리활력이 약하여 작형에 따라서는 제한적인 품종 개발만이 가능한 상태이기 때문임. 이는 추후 지속적인 강선발과 신규 계통 육성을 통해 보완할 수 있을 것으로 기대함.

하우스 시험에서 기존 SN19155, SN18198 2개 조합을 대비종에 비해 초세가 양호하며 베타카로틴 고함유이고 만추대성 품종으로 선발하였음.(사진 4) 각각의 선발 조합은 뿌리혹병 wild type균주에 저항성을 보이며, 저온 생육성이 우수하고 추대가 늦으며 내엽황색이 진한 특성을 보임.



(사진 4) 하우스 봄배추 시험 선발조합 비교사진

노지 봄 시험에서는 내병성과 고온 결구력을 중점적으로 평가하였는데 결구력이 상대적으로 강하지는 않지만 비교적 내병성이 우수하였던 SN17132의 추대성을 개량한 19164를 선발하였음.(사진 5)

하우스봄 시험 결과와 노지봄 및 여름배추 시험을 종합하여 SN18198 등 3조합을 저온기 적합 품종으로 선발하였고, SN19164등 등 5조합을 봄노지 재배용으로 선발 확정하였음. 이들 8조합을 대상으로 가을 인공시교 및 2019년 채종시험용 원종을 가을교배로 증식 완료하였음.



(사진 5) 노지 봄배추 시험 선발조합 비교사진

#### 나) 계통 선발

베타카로틴 고함유 육성재료는 특성상 알비노가 많이 발생하고 잔뿌리가 많지 않아 초세가 약하고 생리장해에 다소 약함. 이를 고려하여 내엽색이 진하면서 초세 및 결구력이 강한 개체로 선발하였음.

교배조합을 구성하는 일반 품질계 배추는 생리장해에 둔감하여 염수분화와 결구력이 강하여 베타카로틴 고함유 육성재료를 보완할 수 있는 방향으로 선발함.

하우스 봄 시험에서는 총 18계통 120개체를 선발하였으며, 노지 봄배추 시험에서는 22계통 62개체를 선발하여, 총 28계통(중복 계통 제외) 182개체를 선발하였음. 선발된 계통은 6월~8월 저온처리 후 가을 교배를 실시하여 총 180개 신규조합 작성을 완료하였으며 차년도 상반기에 재배시험을 실시할 예정임. 후대 검정을 위해 개체선발한 182개체는 저온처리기에서 율하를 시도



하였으나 총 34개체만이 생존하여 후대 종자를 증식하였음. 향후 봄 선발 개체의 생존율을 제고할 수 있는 선발 방법과 시설의 보완이 필한 것으로 보임.

< 2020년 하우스봄배추 및 노지봄배추 시험 >

(표 7) 하우스봄배추 시험 경종 개요

시 험 명	봄배추 시험
시험시기	하우스: 2020년 2월 ~5월. 노지: 3월~6월
시험장소	임대시설 및 노지 (충청)
시험목적	우수 품종 선발 및 계통선발
공시재료	ASBT x CRCY 등 신규 조합 포함 총 184개 F1 AS/BT:5 등 총 658계통 40cm x 2조 재배
시험방법	F1: 14주, 20주2반복, 계통: 12주, 20주 1반복 재배 시비, 방제 및 수분관리 등 재배 방식은 관행에 준함

경종개요는 (표 7)과 같으며 성과목표 달성을 위해서는 시험 면적의 추가 확보가 필요함에 따라 주변 농가포장을 임대하여 시험을 진행함.

[ 시험 결과 ]

가) 조합선발

하우스 시험에서 SN20075 등 3개 조합을 대비종에 비해 초세가 양호하며 결구력이 우수한 고품질 품종으로 선발하였음.(사진 6) 각각의 선발 조합은 뿌리혹병 wild type균주에 저항성을 보이며, 낮은 생육성이 우수하고 추대가 늦으며 내엽황색이 진한 특성을 보임.

노지 봄 시험에서는 내병성과 고온 결구력을 중점적으로 평가하였는데 결구력이 상대적으로 강하고 비교적 내병성이 우수하였던 SN20134 등 3조합을 선발하였음.(사진 6)

하우스봄 시험 결과와 노지봄 및 여름배추 시험을 종합하여 SN20134 등 3조합을 베타카로틴 고품유 품종으로 선발하였고, SN20075 등 3조합을 일반 황색계 조합으로 선발 확정하였음. 이들 6조합을 대상으로 가을 인공시교를 생산중에 있으며, 베타카로틴 고품유 조합의 경우 2021년 판매용 종자생산 및 확대재배 시험을 진행할 예정임. 해당 품종의 경우 2021년 품종보호출원 예정임.





(사진 6) 봄배추 선발조합 절단면 및 비교사진

## 나) 계통 선발

베타카로틴 고함유 육성재료는 내엽색이 진하면서 초세 및 결구력이 강한 개체로 선발하였으며, 교배조합을 구성하는 일반 품질계 배추는 생리장해에 둔감하여 엽수분화와 결구력이 강하여 내병성이 되도록 강한 개체로 순화할 목적으로 선발함.

하우스 봄 시험에서는 총 25계통 140개체를 선발하였으며, 노지 봄배추 시험에서는 22계통 120개체를 선발하여, 총 26계통(중복 계통 제외) 260개체를 선발하였음. 선발된 계통은 6월~8월 저온처리 후 가을 교배를 실시하여 총 100개 신규조합 작성중에 있으며 차년도 상반기에 재배시험을 실시할 예정임. 후대 검정을 위해 개체선발한 240개체는 저온처리기에서 월하를 시도하여 현재 70% 이상의 생존율을 보이고 있음.

### < 2019년 가을시험 >

(표 8) 가을시험 경종 개요

시험명	가을배추 시험
시험시기	2019년 9월 4일~11월
시험장소	신농씨앗 임대포장 (비가림)
시험목적	가을 재배용 우수 품종 선발 및 계통선발
공시재료	926 등 신규 조합 포함 총 182개 F1 YCR: 등 총 779계통 재식밀도: 40cm x 2줄 재배
시험방법	시험주수: F1 12주 3반복, 모본 10주 1반복 시비, 방제 및 수분관리 등 재배 방식은 관행에 준함

2019년 가을배추 시험은 태풍의 영향으로 인한 잦은 강우로 노지에서 시험을 진행할 수 없어 시설을 임대하여 비가림 재배로 진행하였음. 가을시험 경종개요는 (표 8)과 같으며 신규 조합의 경우 40cm로 2줄 재배하였고 12주, 3반복 시험 하였으며 계통의 경우 반복없이 10주를 정식하였음. 총 2개 신규조합을 선발하였음.

### < 2020년 가을시험 >

(표 9) 가을시험 경종 개요

시험명	가을배추 시험
시험시기	2020년 9월 5일~11월
시험장소	신농씨앗 시험포장
시험목적	가을 재배용 우수 품종 선발 및 계통선발
공시재료	GT x YCR 등 신규 조합 포함 총 148개 F1 BK3: 등 총 474계통 재식밀도: 40cm x 2조 재배
시험방법	시험주수: F1 14주 2반복, 모본 12주 1반복 시비, 방제 및 수분관리 등 재배 방식은 관행에 준함

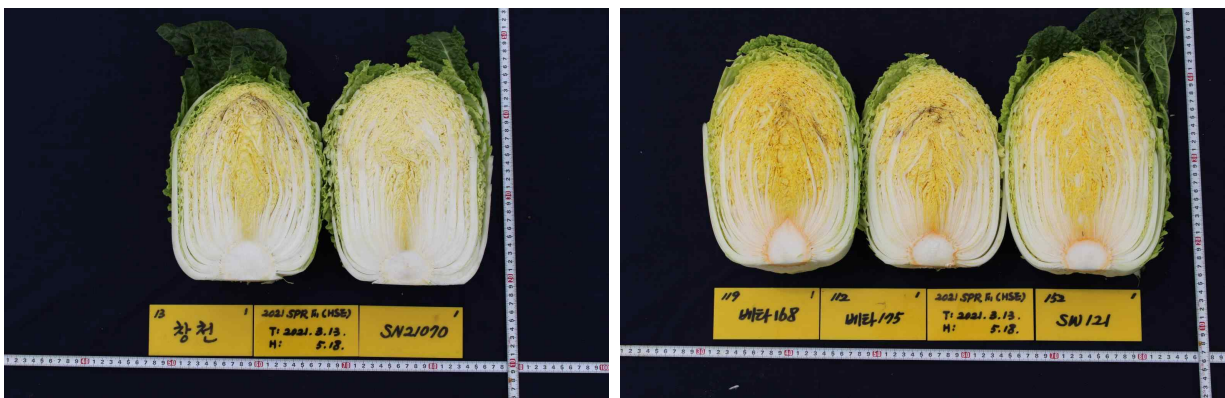
2020년 가을배추 시험은 정식기 태풍의 영향으로 인한 잦은 강우로 정식 준비 및 정식 일정에 큰 차질이 있어 애초 계획/과종 하였던 240 F1, 658 계통에서 우선 순위를 정하여 총 148 F1, 474 계통을 9월 5일 정식하였으며, 현재 재배시험을 진행하였음.

### < 2021년 봄시험 >

(표 9) 2021년 봄시험 경종 개요

시험명	봄배추 시험 (하우스 및 노지)
시험시기	2021년 2월 ~ 6월
시험장소	신농씨앗 시험포장
시험목적	봄 재배용 우수 품종 선발 및 계통선발
공시재료	AB25 x ASBT 등 신규 조합 포함 총 251개 F1 CAS: 등 총 716계통 재식밀도: 40cm x 2조 재배
시험방법	시험주수: F1 14주 2반복, 모본 12주 1반복 시비, 방제 및 수분관리 등 재배 방식은 관행에 준함

2021년 봄배추 시험은 2월~5월의 하우스봄배추와 3월~6월까지 노지봄배추로 각각 나누어 비슷한 시험구를 기간 반복으로 배치하여 각각 저온생육성, 추대성 등과 내병성 및 고온결구력 등을 조사하였음. 하우스 봄배추 시험에서는 4개 신규조합을 선발하였으며 27계통, 220개체를 선발하여 신조합 작성 및 후대검정에 사용하였고, 노지봄배추 시험에서는 2조합을 내병성계통으로 추가선발하였음. 또한 기선발조합인 베타 134, 베타135, 신농봄32, 신농봄75 및 신농봄72에 대해 보호출원신청용으로 시험구를 배치하여 시험하였으며 2021년 품종보호출원 예정임.



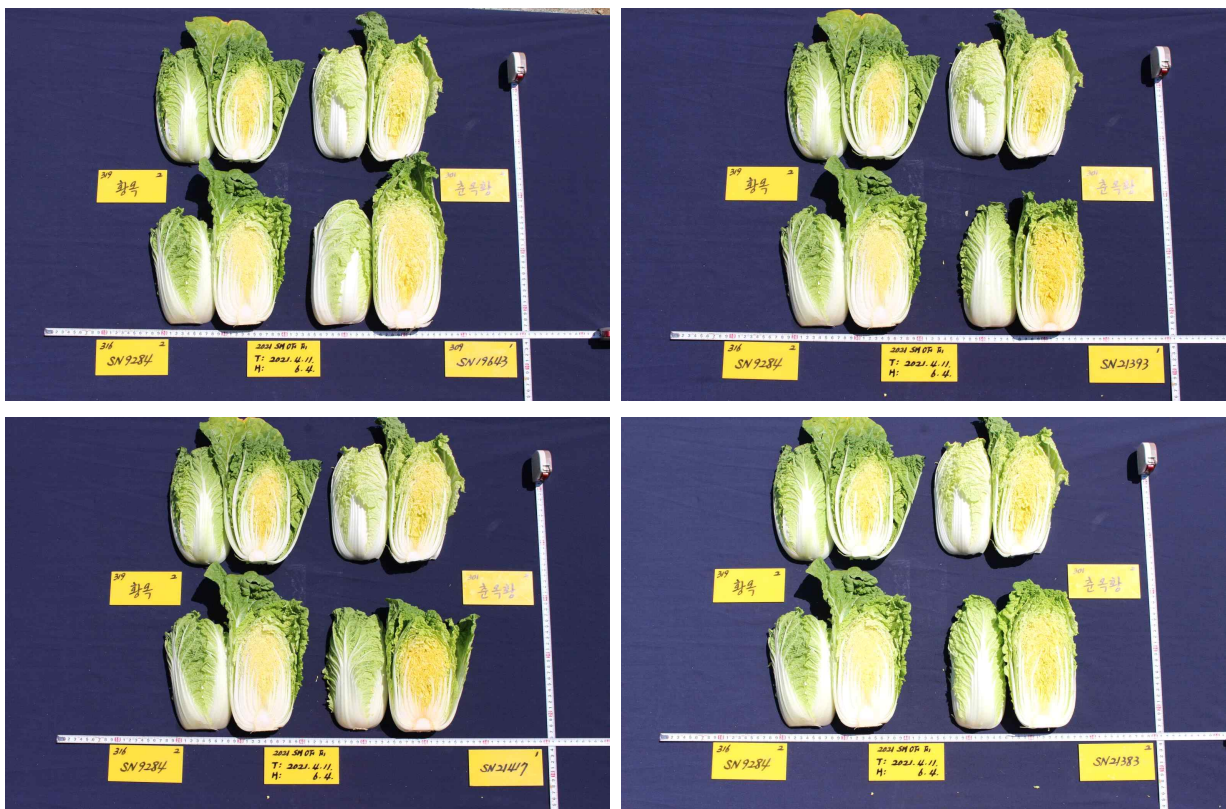
(사진 6) 2021년 봄배추 선발조합 절단면 및 비교사진

### < 2021년 소형배추시험 >

(표 9) 소형시험 경종 개요

시험명	소형배추 시험 (하우스 및 노지)
시험시기	2021년 2월 ~ 6월
시험장소	신농씨앗 시험포장
시험목적	봄 재배용 소형배추 우수 품종 선발 및 계통선발
공시재료	ANAUD x BRW 등 신규 조합 포함 총 148개 F1 HGMG: 등 총 244계통 재식밀도: 20cm x 3조 재배
시험방법	시험주수: F1 30주 2반복, 모본 21주 1반복 시비, 방제 및 수분관리 등 재배 방식은 관행에 준함

2021년 봄 소형배추 시험은 2월~5월의 하우스와 3월~6월까지 노지에서 같은 재료를 기간 반복으로 배치하여 각각 저온생육성, 추대성 등과 내병성 및 고온결구력 등을 조사하였음. 소형배추의 보편적 재배를 고려하여 하우스와 노지 결과를 종합하여 총 4개의 신규조합을 선발하였으며 21계통, 320개체를 선발하여 신조합 작성 및 후대검정에 사용하였음. 소형배추는 비교적 최근 베타카로틴 배추의 저변확대를 위한 노력의 일환으로 시작한 육성프로그램으로서 조합선발보다는 계통의 육성에 더 중점을 두고 있는 상황임.



(사진 6) 2021년 봄 소형배추 선발조합 절단면 및 비교사진

### < 2021년 가을배추시험 >

(표 9) 소형시험 경종 개요

시험명	가을배추 시험 (하우스 및 노지)
시험시기	2021년 9월 ~ 11월
시험장소	신농씨앗 시험포장
시험목적	가을 재배용 우수 품종 선발 및 계통선발
공시재료	ASBT x CK 등 신규 조합 포함 총 332개 F1
	RK: 등 총 920계통
	재식밀도: 40cm x 2조 재배
시험방법	시험주수: F1 14주 2반복, 모본 12주 1반복
	시비, 방제 및 수분관리 등 재배 방식은 관행에 준함

2021년 가을배추 시험은 정식준비가 잦은 강우로 일기가 불순하여 노지재배를 포기하고 비가림 재배를 실시하였음. 생육기의 일조도 좋지 않아 수확기가 10일 정도 지연되었으나 대비품종의 경향치는 매우 고르게 나타나 비교적 준수한 결과를 얻을 수 있었음. 총 6조합을 예비선발하였으며 99계통을 선발하여 향후 신조합 작성에 사용할 예정이고 분리세대에서 후대검정을 위해 140개체를 선발하여 정식하였음. 베타카로틴 신조합은 숙기가 빠르고 내병성이 강한 조합을 위주로 선발하였고, 일반계 조합의 경우 구가 크고 육질이 강한 품종을 우선적으로 선발하였음.



(사진 6) 2021년 가을배추 선발조합 절단면 및 비교사진

## 2) 현지시험 및 전시포 운영

### < 2017년 중국 현지 재배시험 >

(표 9) 북경지역 봄배추시험 경종 개요

시험명	베타카로틴 고함유 북경지역 봄배추 현지 재배시험
시험시기	2017년 4월 ~ 2017년 6월
시험장소	북경근교 임대포장 (노지), 현지사 재배포장
시험목적	선발조합 지역 적응성 검정
공시재료	청산봄 등 40개 선발조합 재식밀도: 40cm x 2조 재배
시험방법	시험주수: F1 30주 시비, 방제 및 수분관리 등 재배 방식은 관행에 준함

(표 10) 북경지역 가을배추 시험 경중개요

시험명	베타카로틴 고함유 북경지역 가을배추 현지 재배시험
시험시기	2017년 8월 ~ 2017년 10월
시험장소	북경근교 임대포장 (노지), 현지사 재배포장
시험목적	선발조합 지역 적응성 검정
공시재료	베타리치 등 50개 선발조합 재식밀도: 40cm x 2조 재배
시험방법	시험주수: F1 30주 시비, 방제 및 수분관리 등 재배 방식은 관행에 준함

북경지역 현지 연락시험은 총 2개회사에서 봄, 가을 각 2회씩 진행되고 있는데, 한국 본연구소에서 1차 선발되어진 신규선발조합과 대비 품종을 공시하여 선발의 지역 적응성을 제고하기 위해 진행되어짐.



(사진 10) 중국 현지 재배시험 재배전경

현지 지역 적응성 검정은 한국 평가 시험의 선발 환경과 다른 병발생, 생리장해의 발생에 있어 다소 상이한 결과를 보이기 때문에 상업화 여부의 결정에 있어 큰 결정요인이 되며 더구나 현지 판매를 위한 마케팅의 측면이 있어 매우 중요한 과정임. 2017년은 북경 인근의 2개 관계사 시험 포장 각각 시험이 진행되었는데 1단계에서 선발된 베타스프링(SN15130) 배추가 고온결구력 및 내병성이 우수하였고 베타스피드(SN15174) 배추가 소형계로 우수한 것으로 평가되었음.

### < 2018년 중국 현지 재배시험 >

(표 11) 북경 봄배추시험 경중 개요

시험명	베타카로틴 고품유 북경지역 봄배추 현지 재배시험
시험시기	2018년 3월 ~ 2018년 6월
시험장소	북경근교 임대포장 (노지), 현지사 재배포장
시험목적	선발조합 지역 적응성 검정
공시재료	창천 등 50개 선발조합 재식밀도: 40cm x 2조 재배
시험방법	시험주수: F1 30주 시비, 방제 및 수분관리 등 재배 방식은 관행에 준함

2018년도 북경 현지시험은 평년에 비해 고온 건조한 기상조건으로 인하여 내서성 및 내생리장해성(석회결핍증)을 주로 검정할 수 있었음. 기상조건에 비교적 둔감하여 해마다 일정 수준 이상의 결과를 보이기 때문에 우점적으로 재배되는 춘명(사카타)을 대비하여 SN11210 배추가 비교적 우수한 성적을 나타내어 2019년도 중국 전역에 걸쳐 확대시험을 진행하기로 관계사와 협의함. 또한 2017년 선발조합 SN17067이 다른 우점 품종인 금봉3호에 비하여 수량성 및 숙기가 유사한 수준이나 석회결핍증이 매우 둔감하였음. 이 결과를 토대로 2019년 중국 3개 회사에 자체 시험을 위한 시교를 공시하기로 결정함(사진 11).



(사진 11) 2018년 북경 현지시험 선발조합 SN11210 및 SN17067 비교사진

그러나 베타카로틴 고품유 진황색계 조합의 경우 2018년과 같이 다소 재배가 어려운 기상환경에서는 적응성이 아직 부족하여 선발에 충분한 조합을 선정하지 못하였음. 다만 기 선발된 베타스프링과 베타스피드가 양호하였음. 따라서 내환경성이 우수한 베타카로틴 계통을 지속적으로 육성함과 동시에 재배가 비교적 용이한 가을작형에 우선적으로 상업화를 위한 대량 시험을 실시하기로 협의함.

### < 2019년 중국 현지 재배시험 >

(표 10) 북경지역 봄배추시험 경종 개요

시험명	베타카로틴 고품유 북경지역 봄배추 현지 재배시험
시험시기	2019년 4월 ~ 2019년 6월
시험장소	북경근교 임대포장 (노지), 현지사 재배포장
시험목적	선발조합 지역 적응성 검정
공시재료	청산봄 등 40개 선발조합 재식밀도: 40cm x 2조 재배
시험방법	시험주수: F1 30주 시비, 방제 및 수분관리 등 재배 방식은 관행에 준함

(표 11) 북경지역 가을배추 시험 경종개요

시험명	베타카로틴 고함유 북경지역 가을배추 현지 재배시험
시험시기	2019년 8월 ~ 2019년 11월
시험장소	북경근교 임대포장 (노지), 현지사 재배포장
시험목적	선발조합 지역 적응성 검증
공시재료	베타리치 등 60개 선발조합 재식밀도: 40cm x 2조 재배
시험방법	시험주수: F1 30주 시비, 방제 및 수분관리 등 재배 방식은 관행에 준함

북경지역 현지 연락시험은 총 2개회사에서 봄, 가을 각 2회씩 진행되고 있는데, 한국 본연구소에서 1차 선발되어진 신규선발조합과 대비 품종을 공시하여 선발의 지역 적응성을 제고하기 위해 진행되어짐.



(사진 7) 중국 현지 재배시험 재배전경 및 베타888배추 비교사진

현지 지역 적응성 검증은 한국 평가 시험의 선발 환경과 다른 병발생, 생리장해의 발생에 있어 다소 상이한 결과를 보이기 때문에 상업화 여부의 결정에 있어 큰 결정요인이 되며 더구나 현지 판매를 위한 마케팅의 측면이 있어 매우 중요한 과정임. 2019년은 북경 인근의 2개 관계사 시험 포장 각각 시험이 진행되었는데 기 선발된 베타스프링(SN15130) 배추가 고온결구력 및 내병성이 우수하였고 베타888 배추가 소형계로 우수한 것으로 평가되었음.

### < 2017년 전시포 시험 >

국립 종자원에서 주관한 GSP field day 전시포 행사에 참여하였는데 시험 지역과 조사 시기는 표와 같음. (표 12)

(표 12) 2017년도 전시포 참여 개요

운영 지역	조사시기	공시품종	주요 목적
중국 호북성	2017년 1월	단원겨울 등 8품종	월동배추 품종 보급
중국 감숙성	2017년 7월	베타스프링 등 8품종	시장조사 등(신규시험지)
중국 하북성	2017년 8월	베타스프링 등 10품종	소형계 우수품종 선발
중국 호북성	2017년 9월	SN15230 등 4품종	뿌리혹병등 내병성 확인
인도네시아 반둥	2017년 8월	레오니봄 등 7품종	내서 내병성 확인

총 5개 시험포를 대상으로 겨울배추 8품종 및 고랭지재배용 12품종(중복제외)을 공시하여 주요 환경에 대한 적응성을 파악하였는데, 월동배추 3품종과 고랭지재배용 4품종이 단기적인 상업화 가능성을 보였음. 이에 따라 월동배추 2품종을 각 10kg 내외로 초도 판매를 진행하였고 1품종을 재시교 공시하였음. 또한 고



랭지재배용 2품종을 각각 500kg 및 300kg 판매 개시하였고 2품종을 재시교 공시하였음.

< 2018년 전시포 시험 >

국립 종자원에서 주관한 GSP field day 전시포 및 해외전시포 사업에 지원하였는데 시험 지역과 조사 시기는 표와 같음. (표 13)

(표 13) 2018년도 전시포 참여 개요

운영 지역	조사시기	공시품종	주요 목적
중국 호북성	2019년 1월	SN17851 등 8품종	월동배추 선발
중국 감숙성	2018년 6월	SN17092 등 9품종	대백채 우수품종 선발
중국 하북성	2018년 8월	창천 등 10품종	소형계 우수품종 선발
베트남 달랏고냉지	2018년 11월	창천 등 12품종	시장적응성 검정
인도네시아 고냉지	2018년 10월	레오니봄 등 11품종	내서 내병성 확인

총 5개 시험포를 대상으로 (표 13)와 같이 공시하여 주요 환경에 대한 적응성을 파악하였음. 중국 감숙성 및 하북성 시험은 완료되었으며 베트남, 인도네시아 및 중국 호북성 시험은 일정에 따라 참여 조사할 예정임. 시험포 설치 결과 단청봄, 하양왕, 창천, 베타스프링 등의 품종이 중국 전역 확대시험을 위해 각각 50~200kg 거래처 수입 협의가 완료됨.



(사진 12) 중국 하북성 장가구 GSP fieldday 전경 및 베타카로틴 고함유품종 베타스프링

< 2019년 전시포 시험 >

국립 종자원에서 주관한 GSP field day 전시포 행사에 참여하였는데 시험 지역과 조사 시기는 표와 같음. (표 13)

(표 13) 2019년도 전시포 참여 개요

운영 지역	조사시기	공시품종	주요 목적
중국 감숙성	2019년 6월	SN18198 등 11품종	현지적응성 검정 및 홍보
중국 하북성	2019년 8월	SN18198 등 11품종	현지적응성 검정 및 홍보
중국 호북성	2019년 9월	SN18198 등 11품종	현지적응성 검정 및 홍보
중국 운남성	2019년 12월	SN18198 등 11품종	현지적응성 검정 및 홍보
인도네시아	2019년 9월	레오니봄 등 11품종	현지적응성 검정 및 홍보
베트남	2019년 10월	레오니봄 등 11품종	현지적응성 검정 및 홍보

국외에서 총 6개 시험포를 대상으로 현재 판매되거나 판매 예정인 고랭지재배용 11품종(중복제외)을 공

시하여 주요 환경에 대한 적응성을 파악하였는데, 기존 판매 품종 이외에 SN18044, SN17067 및 SN18198 등 신규 품종이 월등히 우수한 성적을 보였음. 이에 따라 3개 회사에 각각 샘플 보유량에 따라 50gram~5kg 확대시험을 위한 시교 공시를 실시하였음. 또한 고랭지재배용 2품종을 각각 50kg 및 100kg 판매 개시하였고 2품종을 재시교 공시하였음.(사진 8)



(사진 8) 감숙성 GSP field day 전경 및 선발조합 비교사진

< 2020년 전시포 시험 >

국립 종자원에서 주관한 GSP field day 전시포 행사에 참여하였는데 총 2개 지역(중국 하북성, 흑룡강성)에 각각 8개 품종을 공시하였음. 그러나 코로나 상황에 따라 현지 참석은 보류하였으며 더욱이 흑룡강성 시험은 현지 사정에 따라 운남성으로 장소를 바꿔 시행중임. 현재 결과가 나온 지역은 하북성으로서 대항 시험사인 북경대일종묘에서 조사하여 결과를 공유하였음. 일반계 1개 조합과 베타카로틴 고함유 1개 조합이 비교적 우수한 성적을 보였는데 각각 내병성과 품질, 수량성이 대비품종에 비해 우수한 것으로 조사되었다고 함.(사진 9)



(사진 9) 중국 하북성 장북현 선발 우수조합 절단면 사진

코로나 상황으로 해외시험을 원활히 진행하지 못하는 현실을 고려하여 국내에서 전남 1개소와 강원 2개소에 시험포를 설치하여 운영하였으며 시기별로 각각 40여개 품종을 공시하여 시험하였으며 주요 관련회사와 시험성적을 공유하였음. 이 중 베타198과 베타 175는 2021년 상업화 예정으로 2021년 공급계약을 추진하였음 (사진 10)

2021년도는 코로나상황의 지속으로 해외 전시포의 설치나 방문이 여전히 어려울 것으로 생각됨. 따라서 현지 협력업체에 대한 적극적인 시교 공시와 비대면 협의를 보다 강화함으로써 지속적인 마케팅 노력을 기울여야 할 것으로 보임.



(사진 10) 나주 전시포 선발조합 비교사진

### < 2021년 전시포 시험 >

국립 종자원에서 주관한 GSP field day 전시포 행사에 참여하였는데 총 4개 지역(중국 하북성, 요녕성, 운남성 및 베트남 달랏)에 각각 18~22개 품종을 공시하였음. 그러나 코로나 상황에 따라 현지 참석은 보류하였으며 현재 결과가 나온 지역은 하북성으로서 대항 시험사인 북경대일종묘에서 조사하여 결과를 공유하였음. 대형계, 중형계 및 소형계에서 1개 품종이 내병성과 수량성에서 우수한 특성을 보여 시장개발 가능성이 높은 것으로 조사되었음. (사진 9)



(사진 9) 중국 하북성 장북현 선발 우수조합 절단면 사진

### 3) 뿌리혹병 내병성 계통 육성

기존 육성된 뿌리혹병 CR1 저항성 소재의 뿌리혹병 내병성 수준을 제고하기 위하여 고병원성 균주를 이용하여 고정 및 분리계통을 대상으로 유묘 접종을 통한 저항성 검정을 실시하였음.

< 2017년 뿌리혹병 접종시험 개요 >

시기: 2017년 9월 5일 ~ 2017년 10월 27일

목적: 유묘 접종을 통한 뿌리혹병 고저항성 계통 육성

장소: 신농씨앗 연구포장 (플라스틱 하우스)

공시재료: 이병성 체크 품종 2품종 (북경신3호, 추록75)

CR1 체크 품종 2품종 (불암플러스, 통큰맛짱)

AS/BT: 등 뿌리혹병 저항성 육성 계통 490계통, 12,250주

각 시험구당 25주 육묘 및 접종, 50구 트레이

접종방법: 수집 균주 중 CR1을 극복하는 청주 수집 균주 혼합 사용

파종 후 15일 접종

접종후 묘상 저면 침수 관리, 접종 30일 전후 조사

시험결과:

발병 유묘의 뿌리를 세척하여 병발생 여부를 확인하였으며 육안으로 확인이 되는 모든 경우는 이병성으로 취급하여 도태하였음. 병 발생은 고병원성 균주를 고농도로 접종하여, 매우 심하게 발병하였는데 불암플러스와 추록 75는 시험구내에 반복으로 배치하여 발병의 신뢰도를 조사하였음. 이 때 두 품종 공히 모든 시험구에서 심하게 발병하여 접종 시험의 발병은 양호한 것으로 판단하였음.

품종/계통명	구분	조사주수	발병주수	평가
불암플러스	CR1 check	25 x 6반복	25	이병성
산지왕2호	"	25	25	이병성
북경신3호	이병성 check	25	25	이병성
추록75	"	25 x 6반복	25	이병성
ECD 1	판별계통	50	50	부분저항성
ECD 2	"	50	50	이병성
ECD 3	"	50	15	부분저항성
ECD 4	"	50	40	부분저항성
ECD 5	"	25	25	이병성

(표 14) 뿌리혹병 접종시험 체크 품종 및 판별 품종 저항성 반응

접종시험을 진행하는 과정에서 균주의 종류 및 접종이 올바르게 진행되었는지 판단하기 위해 체크 품종과 판별품종을 같이 접종하여 시험의 정확도를 평가한 결과 시험의 신뢰도는 높은 것으로 판단되었으며 CR1을 극복하는 균주임이 확인되어 고저항성 계통 육성의 목적에 부합하였음.

뿌리혹병 고저항성 품종 육성을 위해 사용된 490개 육성 계통에 대하여 25주씩 인공접종을 실시하였으며, 전 개체가 저항성인 계통은 재배시험과 연동하여 원예적 특성을 고려하여 포장 선발하였고, 분리가 이루어지는 계통에 대하여 접종시험 선발하였음. 신규 육성 계통 중 0~25% 개체만이 저항성 반응을 보인 계통은 도태하였음. 인공접종을 통해 총 423개체를 선발하였으며 차년도 신규조합 작성을 위해 12개 계통을 선발하였음.(사진 13)



(사진 13) 뿌리혹병 검정시험 전경 및 선발개체

2018년도 뿌리혹병 집중시험을 통한 계통육성 시험은 기존 wild type(Williams race 11) 및 mutant2(Williams race 4) 균주에 해당하는 자체균주를 이용한 자체 집중시험에서 한국화학연구소 최경자 박사팀에 유묘검정 시험을 의뢰함으로써 공신력을 제고하고자 하였음. 총 389계통에 대해 wild type, mutant1, mutant2 및 mutant3 균주를 이용하여 총 5,260 개체를 시험의뢰하였음.

2019년도 뿌리혹병 집중시험을 통한 계통육성 시험은 기존 wild type(Williams race 11), mutant1 및 mutant2(Williams race 4) 균주에 대하여 350개 계통을 대상으로 각각 또는 전체 검정을 실시하고 있으며 한국화학연구소 최경자 박사팀에 유묘 집중 시험을 의뢰함으로써 공신력을 제고하고자 하였으며 11월 중순 시험이 종료되어 총12개 계통을 선발하고 200여 개체를 후대 검정할 계획으로 증식하였음.

2019년 선발개체를 대상으로 2020년 뿌리혹병 유묘 검정을 실시하였음. 총 284계통 및 조합을 대상으로 3개 균주를 이용하여 3,730개체를 유묘검정 하였음. 이 중 102개체를 선발하여 후대 검정을 위한 종자를 증식하였음.

2020년 집중시험 선발개체와 분리세대 240계통을 대상으로 wild type, mutant1 및 mutant2 균주를 사용하여 총 3,710주의 유묘검정을 실시하였으며 이는 한국화학연구소에 의뢰하여 검정하였음. 유묘검정 결과를 토대로 분리세대의 경우 220개체를 후대검정을 위해 선발 정식하였고, 고정세대의 경우 포장에서 원예적 특성을 고려하여 70개체 선발하였음.

#### 4) 품종보호출원 및 생산판매신고

1차년도에 추청(제6525호), 창천(제6432호) 및 단청봄(제6431호)의 3품종이 품종보호등록이 완료되었는데 이들 품종은 1단계에서 선발된 품종으로 베타카로틴 동등 수준의 황색계로서 국내 판매와 수출이 병행되는 품종으로 관련 자료는 다음과 같음.(사진 14, 15)



(사진 14) 품종보호 등록 품종인 창천 및 추청 비교사진



(사진 15) 품종보호 등록증

2017년 베타카로틴 고품질배추로 구가 크고 수량성과 내병성이 우수하며 고품질 배추로 비아베타 배추를 생산판매신고하고 보호출원을 신청하였으며 숙기가 빠르고 입성으로 고온기 내서내병성이 우수한 품종을 선발하여 레오니봄으로 명명하고 보호출원 신청하였음.(사진16, 17)



(사진 16) 품종보호출원 품종 비아베타 및 레오니봄 배추

(사진 17) 비아베타 생산판매 신고서 및 품종보호출원번호 통지서(비아베타, 레오니봄)

신규 생산판매 신고된 비아베타, 레오니봄과 신규 판매 시작 품종인 신청황, 하이베타배추의 안정적 생산 및 종자공급을 위한 원종 증식을 실시하였다. 3개 MS 계통에 대하여 각각 60주~100주 MS여교잡을 실

별지 제23호 서지

### 품종 생산·수입판매 신고증명서

신고번호: 02-0002-2017-23  
 품종명칭 등록출원번호: 40-2017-000658

성명	김도현 (대표자)	생년월일	1971년 09월 11일
주소	세종특별자치시 조치원읍 도원로 16 112동 602호 (주조지01차) (우 3339-259)		
법인명칭	신농씨앗	전화번호	044-865-0867
성명	김도현	생년월일	1971년 09월 11일 (외국인은 국적)
주소	세종특별자치시 조치원읍 도원로 16 (주조지01차) 112동 602호		
전화번호	044-865-0867		
품종이 속하는 재물의 학명 및 명칭	<i>Brassica rapa subsp. pekinensis (Loar.) Hance</i> 배추		
품종의 명칭	비아베타 (Via-Beta)		
「종자산업법」 제38조제1항 및 같은 법 시행규칙 제27조제1항에 따라 품종의 생산·수입판매 신고를 하였음을 증명합니다. (단, 이 품종의 명칭은 「식물신품종보호법」 제109조에 따라 등록된 이후에 사용할 수 있습니다.)	2017년 06월 16일		

국립종자원장

민원인을 가족같이, 민원을 내일같이

동지원 내용에 의문이 있으시면 담당자에게 문의하시기 바랍니다.  
 담당자: 김지유 전화: (054) 912-0113 FAX: (054) 912-0210  
 인터넷 홈페이지: www.seed.go.kr

39660 경상북도 김천시 혁신8로 119

민원인을 가족같이, 민원을 내일같이

동지원 내용에 의문이 있으시면 담당자에게 문의하시기 바랍니다.  
 담당자: 김지유 전화: (054) 912-0113 FAX: (054) 912-0210  
 인터넷 홈페이지: www.seed.go.kr

39660 경상북도 김천시 혁신8로 119

### 품종보호출원번호 통지서

출원일자: 2017.10.23  
 품종보호 출원번호: 출원 2017 - 529  
 품종명칭 출원번호: 명칭

### 품종보호출원번호 통지서

출원일자: 2017.10.23  
 품종보호 출원번호: 출원 2017 - 528  
 품종명칭 출원번호: 명칭 2017 - 1191

작물명: 배추  
 품종명칭: 비아베타  
 출원인: 신농씨앗  
 주소: 세종특별자치시 조치원읍 도원로 16 112동 602호, (주조지01차)

작물명: 배추  
 품종명칭: 레오니분  
 출원인: 신농씨앗  
 주소: 세종특별자치시 조치원읍 도원로 16 112동 602호, (주조지01차)

2017년 10월 23일

국립종자원장

2017년 10월 23일

국립종자원장

시하여 평균 4.0gram/주의 원종을 생산하여 차년도 생산에 이용할 예정임. 5개 SI 계통에 대해서 소형 망실에서 이산화탄소 가스 처리와 매개충을 이용하여 자가불화합성 일시타과를 이용한 원종증식을 실시한 결과 계통에 따라 600gram~2,000gram의 원종을 각각 증식하였음. 생산된 원종은 가을 재배시험에서 계통당 200주씩 동일성 검정 및 순도검정을 실시하였음.

2018년도에는 기출원 품종인 신청겨울(제7004호), 신청겨울(제7251호) 및 신청황(제7026호)의 3개 품종이 품종보호등록 완료되었음. 또한 신청황골드(02-0002-2018-8), 베타538(02-0002-2018-22) 및 에스엔더블유851(02-0002-2018-23) 3개 품종을 생산판매 신고하였음.

품종보호출원은 2018년 1개 품종이 계획되었는데, 베타카로틴 고함유 봄/여름배추 신품종으로 베타888 배추를, 일반계 품종으로 신농봄026배추를 품종보호출원 하였고, 또한 2018년 생산판매신고한 베타538도 베타카로틴 고함유 가을배추로 품종보호출원 하였음.

2019년도에 베타리치(제7620호), 하이베타(제7619호) 및 베타그린(제7621호) 3품종이 품종보호등록이 완료되었는데 이들 품종은 1단계에서 선발된 품종으로 베타카로틴 고함유 황색계 품종으로 국내 판매와 수출이 병행되는 품종으로 매출액은 아직 증가하는 추세임 (사진 11).



(사진 11) 품종보호등록증

2019년 베타카로틴 고함유배추로 구가 크고 숙기가 늦지않고 수량성과 품질이 우수한 배추로서 아이즌 베타를 생산판매 신고하였고, 겨울배추 베타카로틴 일반 동등수준인 중생형 배추 생생일동을 생산판매 신고하였음.

또한 GSP 필드데이 및 지역적응성 시험에서 우수성이 판명된 고품질 봄배추 신농봄059와 신농봄067을 품종보호출원신청하였음.

신규 생산판매 신고된 아이존베타와 수출판매가 본격적으로 시작될 베타888 및 베타스프링의 안정적 생산 및 종자공급을 위한 원종 증식을 실시하였다. 3개 MS 계통에 대하여 각각 300 주의 MS 개체 원종증식을 매개충과 이산화탄소 처리를 통한 일시타과의 방법으로 실시한 결과 평균 4.0gram/주의 원종을 생산하여 차년도 생산에 이용할 예정임.

2020년 레오니봄 (제8107호)와 비아베타 (제8198호) 배추가 품종보호등록이 완료되었음. 베타175, 베타168, 베타198 및 베타932 4개 품종을 2020년 2월에 품종 보호출원 하였음. 또한 베타926, 베타911, 베타940 및 신농가을485를 생산판매신고하여 2020년 판매를 시작하였음.

2021년 5월 7일 베타538 (제8552호), 신농봄026 (제8553호) 및 베타888 (제8530호)가 품종보호등록이 완료되었음. 2021년 12월 신농베타134, 신농봄032 2개 품종을 품종보호출원하고 신농봄075 1개 품종을 생산판매신고 하였음.

## 5) 국내 판매 및 수출

2017년 GSP 육성품종 국내 매출액은 353.9 백만원으로 목표액인 500 백만원에 비해 다소 부족하였으나 이는 회계상 품종권리에 대한 보상은 포함하지 않은 결과임. GSP 육성품종 수출액은 7.7 만불로 목표액인 10 만불에는 77%에 해당함.

2018년 GSP 육성품종 국내 매출액은 621 백만원으로 목표액인 500 백만원에 비하여 상회함. 또한 증빙 가능한 수출액은 30.2 만불로 목표액인 20만불의 150%를 상회하여 목표를 달성함.

2019년 국내매출액은 1,052 백만원으로 목표를 200%이상 달성하였으나 수출액은 22만불로 목표 50만불 대비 44% 수준임..

2020년 현재 증빙 가능한 GSP 육성품종 수출액은 35.7 만불로 목표액인 100만불의 35.7%로서 목표에 크게 미치지 못하나 올해 수출입 연건이 매우 어려운 영향이 있으나 꾸준히 증가하는 추세임. 다만 올해 발생한 코로나의 영향은 품종개발 등에 부정적 영향을 끼쳐서 향후 신규품종의 개발, 보급에 지속적으로 영향을 미칠 것으로 생각됨. 이에 따른 개발 및 영업 방식에 대한 방향 설정이 있어야 할 것으로 판단됨. 국내매출액은 670 백만원으로 전년대비 감소하였는데 이는 직접 판매분야를 분사함으로써 BtoB 전문회사로 전환하여 수익성이 감소한 영향임.

2021년 국내 및 수출액은 다소 담보상태를 유지하고 있음. 이는 코로나의 장기화와 주 생육시기의 잦은 강우로 인한 품종 고유의 장점이 부각되기 어려운 환경때문으로 파악하고 있으며 국내 공급처의 다변화로 인한 차별성의 확보가 어려워진 이유도 있음. 특히 생산계약을 체결한 베타175와 베타198의 개발부진으로 공급이 다소 지연되고 있음. 현재는 베타카로틴 고함유 품종의 수출을 독점적으로 진행함으로써 고부가가치 품종으로 개발을 시도하고 있으며 향후 추이를 정확히 검토하여 개발계획을 보완할 예정임.



베타카로틴 고함유 배추의 국내 매출 및 수출 실적이 기대 및 예측과 다르게 증가하지 못한 원인은 크게보면 첫째, 이들 품종의 환경 적응성이 기존 일반 황색계 품종에 비하여 민감하기 때문에 재배가 다소 까다로운데, 최근 몇 년간 기상 여건이 좋지 않아 작황이 불안정함에 따라 농가 수익이 저하됐고 둘째, 출시된 품종이 대부분 가을배추 작형에 한정되어 있어 생산물의 주년 공급이 불가능한 이유로 대형 유통 및 가공을 위한 환경이 조성되지 않았고 셋째, 석회결핍 등 생리장해에 강하고 추대가 늦은 저온기 재배 전용 품종의 개발이 지연되고 있기 때문임. 특히 만추대 품종의 부재는 국내 주년 재배 뿐 아니라 중국 등 수출시장 개발에 있어서도 큰 장해가 되고 있음. 이는 작형과 재배기술이 세분화되어 적합한 품종을 엄밀히 선별하여 재배하는 국내 환경과 달리 다양한 시기와 환경에 공통으로 재배할 수 있는 소수 품종의 선택이 일반적인 수출 환경에서는 그 무엇보다 만추대 특성이 우선적으로 요구되기 때문임.

이런 판단에 따라 베타카로틴 고함유 만추대 계통 육성을 통한 봄 재배용 품종 육성을 통해 재배의 범용성을 확대할 예정임. 그러나 고전적인 육성방법인 선발을 통한 만추대 계통의 육성은 매우 어려운데, 이는 일반적인 개체 선발을 통한 계통 육성의 경우 만추대 계통은 선발개체의 유지 및 증식 비율이 가을배추 선발에 비하여 매우 낮기 때문임. 즉, 재배시험을 통해 우수한 개체를 선발하더라도 대부분의 선발 개체들은 시설을 이용한 월하 및 증식과정에서 죽어버려 후대 종자를 얻을 수 없는 경우가 대부분임. 따라서 신속하고 예측 가능한 방법을 통하여 기존 우수 계통에 베타카로틴 고함유 인자를 도입할 수 있는 체계를 갖추게 된다면 대상 품종 육성과 시장 개발에 매우 유리할 것으로 생각함.

또한 수출시장 확대를 위해서 기존의 개발회사를 통한 독점공급체계를 완화하는 것이 유리할 것으로 판단됨. 이는 베타카로틴 고함유 특성이 차별적이고 시장확대에 유리한 특성임은 분명하지만 품목과 작형이 극도로 세분화된 배추의 작물 고유 특성상, 독점공급을 통한 시장개발은 그 효율과 관리에 있어 불리하기 때문임. 따라서 수출시장의 특성에 따라 독점공급을 완화하기 위하여 협력업체를 선정하였고 최근 개발이 진행되고 있는 소형 만추대 품종들을 중심으로 시교를 공시하고 있으며, 이의 결과에 따라 급속한 시장 확대 및 매출 신장을 기대하고 있음.

### 3. 제3세부 기능성 물질 생산관련 유전자탐색 및 분자마커 개발

#### [1년차]

##### 가. 색소체(안토시아닌) 형질 집단의 유전자 지도 작성

##### (1) 빨강배추의 색소 형질 분석을 위한 집단 양성

- 고품질 채소에 대한 소비자의 요구가 증가하고 있으며, 경제 여건의 향상으로 차별화된 상품에 대한 소비자의 지불의향도 급격히 증가하고 있는 추세이다. 항산화 작용을 인정받고 있는 색소체 고함유 배추류 품종 공급을 통해 주로 김치의 주재료로 소비되고 있는 배추를 생식용 신선채소 시장으로 확대가 가능할 것으로 기대할 수 있다. 프로젝트 주관 기관인 ‘(주)권농’에서는 일반배추와 달리 빨강색의 배추를 개발하여 보유하고 있다(그림 1). 이를 재료로 하여 빨강배추의 색소(형질)에 관한 마커 개발을 하고자 하였다. 이들 마커는 추후 유색 배추 육종에서 개체 선발에 사용 및 유전자원보호를 위해 사용하고자 한다.



<그림 1. 모계로 사용한 초록색 배추와 부계로 사용한 빨강배추>

- 빨강배추의 색소 형질 분석을 위하여 프로젝트 주관기관인 (주)권농에서 제공 받은 빨강배추를 부계로 하고 초록색 배추를 모계로 하여 교배로 생성한 F1을 자가수정하여 F2를 생성하였고, 이중 200개체를 자가수정하여 F3 세대를 진전하여 종자를 확보하였다 (그림 2).



<그림 2. 빨강배추 색소 형질 분석을 위한 F3 집단 양성 모식도 및 F2 식물의 자가수정 과정>

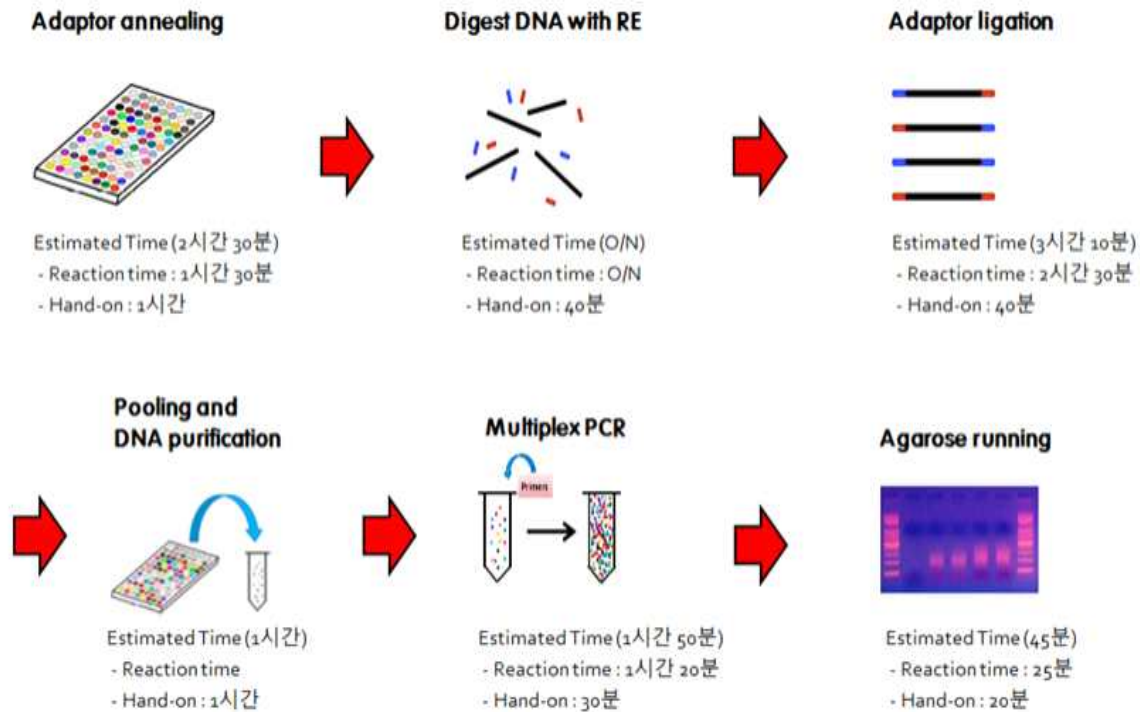
- F2 집단에서 F3 세대 종자를 확보하기 위해 개화를 유도하고 자가수정을 진행하면서, 동시에 이들 집단의 잎 시료를 유전자 지도 작성을 위해 채취하였다(그림 3). 집단에서 빨강색의 분포 및 정도는 식물계통 별로 차이가 있었다. 배추의 잎이 무성해지고, 결구가 되는 일련의 영양생장 기간 동안에 잎의 빨강 색소는 안정되게 유지되므로 유전자지도 작성을 위한 gDNA를 추출하는데 지장을 주지 않기에 사용하였다.



<그림 3. 빨강배추 색소 형질 분석을 위해 유전자 지도 작성을 위한 F2 집단 시료>

(2) Genotype by sequencing을 위한 라이브러리 작성

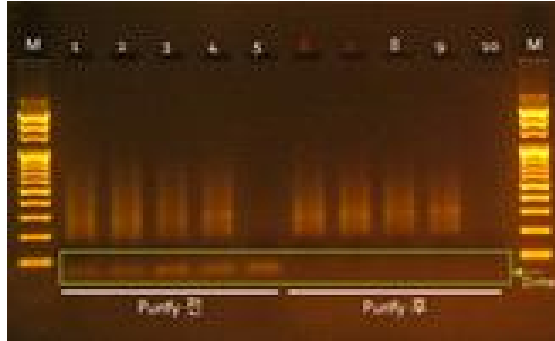
○ Genotype by sequencing (GBS) 방법으로 유전자 지도를 작성하였다. 200개체 중에서 선발하여 총 96개 샘플로 GBS 라이브러리를 제작하여 염기서열 분석을 수행하였다. 라이브러리 제작과정은 그림 4와 같다. 각 시료에 염기서열을 알고 있는 adaptor를 annealing 하고, *ApeK1* 제한효소로 게놈을 절단한 후 adaptor를 ligation을 하여 붙였다. 이들 시료를 pooling 하여 정제한 후 multiplex PCR을 하여 정제하였다. 게놈을 제한효소로 절단하였을 때, 적절했는지를 아가로스 젤에 전기영동 하여 확인하였다.



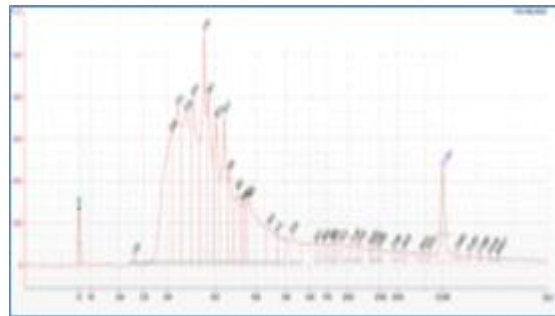
<그림 4. 라이브러리 작성 과정>

○ GBS 라이브러리의 염기서열 분석 전에 라이브러리의 quality에 대하여 적합성을 조사하였다. GBS를 방법으로 유전체 전체에서 고르게 분포하는 SNP 마커를 선발하고자 함으로써, 라이브러리는 게놈의 전반적으로 흩어져 분포하는 제한효소 부위를 충분히 절단하고, 이들 단편이 특이적으로 증폭되었는지를 확인하고자 하였다. 아가로스 젤 전기영동

결과가 150~500bp에서 잘린단편(partial digestion)이 많이 분포하였고, 200~250bp에서 농도가 높게 나타남을 볼 수 있었다. PCR 산물을 정제(purification) 한 후에 하단의 primer dimer 등이 잘 제거되었음을 확인 할 수 있었고, 이중에서 Lane 6, 7번 GBS 라이브러리를 염기서열 분석하기 위해 선발하였고, 이들의 적합성을 bioanalyzer image로 재확인 하였다(그림 5, 그림 6).



<그림 5. 라이브러리의 정제후 결과 확인>



<그림 6. 라이브러리의 염기서열 분석 적합성 검정 결과>

### (3) Genotype by sequencing 방법으로 라이브러리의 염기서열 데이터 생산

- Illumina HiSeq 2500 paired-end read 로 라이브러리 작성 및 염기서열을 데이터를 생산 하였다(표 1).
- GBS sequencing 데이터는 이후 분석을 수행하기에 앞서 barcode sequence를 이용하여 샘플별로 서열을 분리하는 demultiplexing 과정을 수행하였다. Barcode sequence를 이용하여 demultiplexing 과정을 거쳐 얻은 샘플별 raw data 는 barcode 및 adapter sequence를 제거하고, sequence quality trimming을 수행하였다. Adapter trimming은 cutadapt (version 1.8.3) 프로그램을 사용하고, sequence quality trimming은 SolexaQA (v.1.13) package 의 Dynamic Trim과 LengthSort 프로그램을사용하였다. Dynamic Trim은 phred score에 따라 short read의 양쪽 끝의 bad quality base를 잘라내고 양질의 cleaned read로 정제하는 과정을 수행하였으며, LengthSort는 Dynamic Trim에서 너무 많은 base가 잘린 read를 제거하는 과정을 수행하였다. Dynamic Trim의 phred score  $\geq 20$ 을, Length Sort 과정은 short read length  $\geq 25$ bp 사용하였다. barcode별로 생산한 raw data reads의 합은 평균으로 6,387,120개였으며, 총 raw data reads의 합은 평균으로 645,099,116개였다. Trimming 이후 평균은 5,361,790 이었으며 평균 reads length는 78bp 였다. 생산한 raw 데이터에서 trimming 후 평균 84.08%의 염기서열 데이터를 확보할

수 있었다. 표 2는 전체 데이터 중에 일부를 표로 만들었다.

<표 1. 라이브러리의 염기서열 분석 결과>

Sequencing file	No. of Barcode	No. of samples	No. of reads	Total length(bp)	No. of demultiplexed reads (%)
Sample_1	96	94	312,802,059	31,593,007,959	600,389,276 (95.97%)
Sample_2l			312,802,059	31,593,007,959	
Total			625,604,118	63,186,015,918	

<표 2. Demultiplexing을 통한 샘플 별 trimmed data 통계치>

BarCode	Sample name	Sum of trimmed reads	Total length of trimmed reads (bp)	Avg. length of trimmed reads (bp)	Trimmed/Raw (%)
CGAT	AG-01	3,818,432	304,178,632	79.66	84.27%
GTAA	AG-02	4,535,428	360,870,573	79.57	84.48%
AGGC	AG-03	3,917,312	309,072,394	78.90	85.39%
GATC	AG-04	4,907,012	388,448,279	79.16	84.67%
TCAC	AG-05	4,353,164	344,071,216	79.04	83.61%
TGCGA	AG-06	2,948,924	231,705,358	78.57	84.33%
CGCTT	AG-08	3,412,210	267,712,253	78.46	83.30%
TCACC	AG-09	6,097,706	480,621,495	78.82	83.19%
CTAGC	AG-10	4,503,724	355,172,035	78.86	83.78%
ACAAA	AG-12	5,283,358	420,742,790	79.64	85.02%
TTCTC	AG-13	5,875,944	458,462,534	78.02	82.27%
AGCCC	AG-16	3,213,218	251,608,929	78.30	84.11%
GTATT	AG-17	4,575,942	360,717,265	78.83	84.34%
CTGTA	AG-18	2,042,182	159,815,560	78.26	83.30%
ACCGT	AG-19	4,481,706	354,314,775	79.06	83.87%
GCTTA	AG-20	2,483,384	195,589,363	78.76	83.46%
GGTGT	AG-23	4,843,216	383,180,740	79.12	84.91%
AGGAT	AG-24	3,892,550	307,891,390	79.10	86.23%
ATTGA	AG-25	2,163,188	169,406,584	78.31	84.87%

(4) 표준유전체 정보를 기반으로 생산한 데이터 이용하여 유전자 지도 작성용 유효 SNP matrix 작성

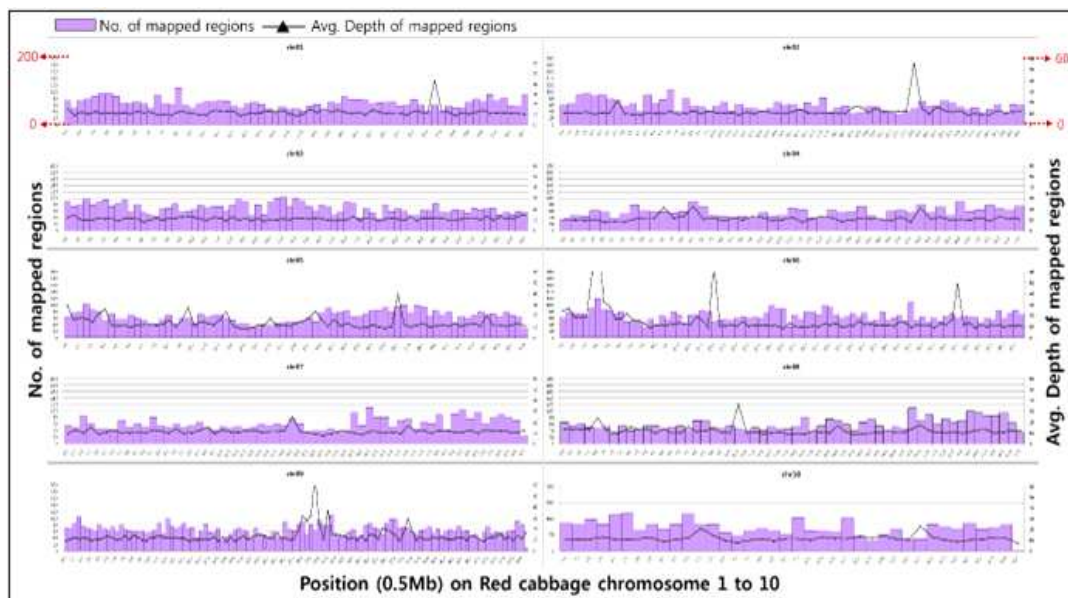
- Demultiplexing과 sequence quality trimming을 통해 확보된 각 샘플의 clean reads를 BWA 프로그램을 사용하여 표준유전체 정보에 Alingment 하여 mapping을 수행하였다. Mapping은 표준유전체와 시퀀싱 한 샘플간의 raw SNP (In/Del)을 detection하기 위한 선행과정으로서 BAM format의 파일을 생성하며, 기본값을 사용하여 분석하였다.
- 표준유전체정보는 Brassica Database에서 Brassica rapa L.(version 2.1)을 사용하였다 ([http://brassicadb.org/brad/datasets/pub/Genomes/Brassica\\_rapa/V2.0/V2.1/](http://brassicadb.org/brad/datasets/pub/Genomes/Brassica_rapa/V2.0/V2.1/)). Brassica rapa의 2011년 draft genome information이 보고되었을 때 10개의 염색체 번호로 할당된 총 염기서열 정보는 약 280Mb 였는데, 보완된 데이터로(Mol. Plant. 2016) 추정되는 유전체 크기는 391Mb로 크기 확장된 정보를 사용하였다(표 3).

- Clean reads를 표준유전체에 mapping하여 생성된 BAM format의 파일을 SAMtools 프로그램을 사용하여 raw SNP (In/Del)을 detection하고, consensus sequence를 추출하였다. 유전자 지도 작성을 위한 SNP matrix를 작성하고자, 분석대상간의 SNP 비교분석을 수행하기 위해 샘플간 통합 SNP를 조사하였다. 각 샘플을 표준유전체와 비교하여 얻은 raw SNP position을 후보로하여 합집합의 리스트를 구축하고, 이때, 빈영역(non-SNP loci)은 샘플의consensus sequence로부터 채워 넣는filling 과정을 거쳐 matrix를 작성하였다. 이후 샘플간의 SNP 비교를 통해mis-calling된 SNP (In/Del) 좌를 필터하여 final SNP matrix를 작성하였다. 해당좌를 기반으로 SNP (In/Del)을 유형구분 기준에 따라 분류하였다.

<표 3. 기준으로 사용한 표준유전체 정보>

Chr.#	Chromosome length(bp)	No. of gene	Gene length(bp)	No. of transcript	Transcript length(bp)	CDS length(bp)
Chr.01	33,885,992	4,823	9,244,868	4,823	5,402,154	5,402,154
Chr.02	30,435,970	4,556	8,613,204	4,556	4,825,644	4,825,644
Chr.03	36,455,009	6,610	12,521,854	6,610	7,289,637	7,289,637
Chr.04	23,467,635	3,340	6,173,158	3,340	3,556,296	3,556,296
Chr.05	36,115,060	4,484	8,651,992	4,484	5,032,695	5,032,695
Chr.06	39,861,403	5,021	9,849,407	5,021	5,712,189	5,712,189
Chr.07	29,764,480	4,437	8,695,576	4,437	4,986,300	4,986,300
Chr.08	27,726,665	4,029	7,684,816	4,029	4,374,252	4,374,252
Chr.09	54,546,898	7,034	13,302,316	7,034	7,682,217	7,682,217
Chr.10	18,561,454	3,183	6,485,267	3,183	3,832,050	3,832,050
scaffold	60,589,890	1,309	1,927,270	1,309	1,012,452	1,012,452
Total	391,410,456	48,826	93,149,728	48,826	53,705,886	53,705,886

- Trimming 과정을 거쳐 확보된 SNPs를 표준유전체에 mapping 하였다. 각 barcode별로 표준유전체에 mapped region의 수는 적게는 45,080부분에서부터 많게는 93,256부분에 위치하였으며 전체 시료에서 평균은 68,451 부분을 표기하고 있었다. 이들 위치(mapped region)에서 read depth의 개수는 적게는 12.58개로부터 많게는 57.99로 4.6배까지 차이가 있었으나, 전체 평균을 보면 27.87 로 보통 GBS에서 사용되는 20 보다 충분히 많았다. 시료당 mapped region의 전체 길이의 평균은 10,905,000 bp 였으며 평균길이는 159bp 였다.
- GBS로 생산된 read들이 표준유전체에 균일하게 분포하는지를 확인하기 위해 임의로 시료를 선정하여 SNP의 분포도를 각 염색체 별로 0.5Mb당 위치하는 SNP의 개수를 확인하고, 비교해 보았다(그림 7).

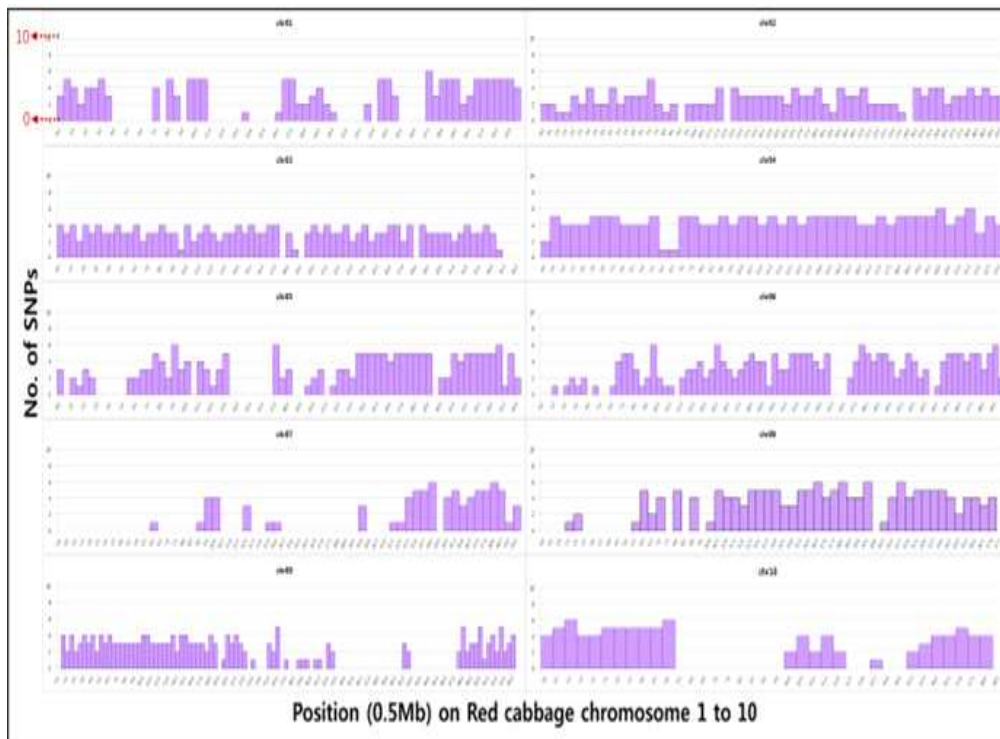


<그림 7. 표준유전체 기준으로 0.5Mb의 거리당 SNPs의 분포도>

- 각 샘플의 raw SNP를 이용하여 94개 샘플간의 union SNP matrix를 작성하고, 필터 기준을 통과한 SNP들을 ‘homozygous/heterozygous/Etc.’ 유형으로 구분하였다. 양친에서 나타난 SNP를 90개의 집단에서 존재유무를 확인하는 과정을 통해 107,195개의 union SNP matrix를 확보하였다.
- Genetic map 작성을 위해 분석에 이용 가능한 수준의 SNP 선발하였다. 선발 기준은 read depth, biallelic, 분리패턴, minor allele frequency, missing data를 고려하였다. 전체 107,195개의 union SNP matrix에서 최소 read depth가 3이상인 SNP만을 대상으로 10,315 SNPs를 선발하였고, missing rate이 30% 이하인 SNPs는 9,263 개였다. minor allele frequency(MAF)가 20% 이상인 8,852 SNPs를 선발하였으며 이 중에서 1,789 SNPs를 유전자지도 작성에 사용하였다(표 4). 10개의 염색체에서 1,789 SNPs의 분포는 그림 8과 같다.

<표 4. 유전자지도 작성을 위한 SNP 선발>

필터 단계	필터 항목	빨강배추 94개 샘플의 SNP matrix loci
1	Total SNP loci	107,195
2	SNP genotyping (min. depth = 3)	10,315
3	Missing rate < 30%	9,263
4	MAF > 20%	8,852
5	Linkage map 작성용 SNP marker	1,789



<그림 8. 92 시료에서 1,789 SNPs의 분포>

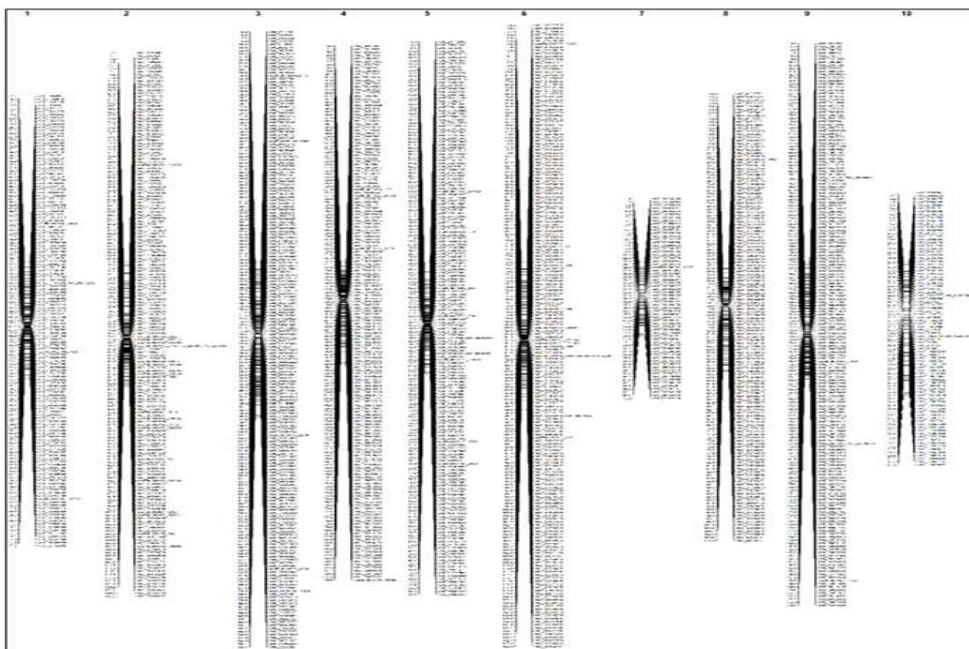
(5) 빨강 색소 형질 F2 분리집단을 이용하여 유전자지도 작성



- 최종 선발된 1,789 SNPs을 대상으로 JoinMap4.0 프로그램을 사용하여 genetic linkage map을 작성하였다. mapping algorithm은 regression mapping 방법을 사용하였고 Kosambi methods를 사용하였다. recombination fraction은 0.45, map LOD value는 0.05의 조건을 사용하였다.
- 총 1,556 SNPs 이 10개의 연관그룹을 형성하였다. A07은 65개 SNPs으로 가장 적은 마커수로 구성되어 있었으며 연관군의 길이도 75.202 cM으로 가장 짧았다. 가장 많은 마커로 구성된 연관그룹은 A06였고, 154.548 cM이었으나 198개 마커로 구성된 A03 연관군이 유전자지도 길이로는 162.087 cM으로 가장 길었다. 총 1,556개 마커가 집적된 유전자지도의 길이는 1249.119 cM으로 마커간의 평균거리는 0.8cM 이었다 (표 5, 그림 9).

Chr. #	No. of SNP marker	Genetic distance (cM)
A01	146	122.123
A02	176	130.039
A03	198	162.087
A04	172	105.457
A05	180	116.496
A06	202	154.548
A07	65	75.202
A08	144	114.252
A09	183	129.805
A10	90	139.11
Total	1,556	1249.119

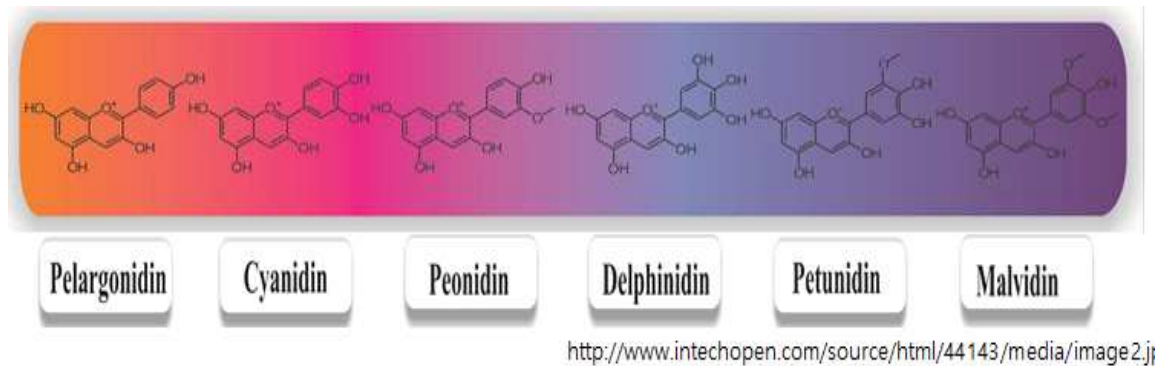
<표 5. 유전자지도 구성 요약>



<그림 9. 유전자지도>

### (가) 색소체(안토시아닌) 고품유 자원의 성분조사

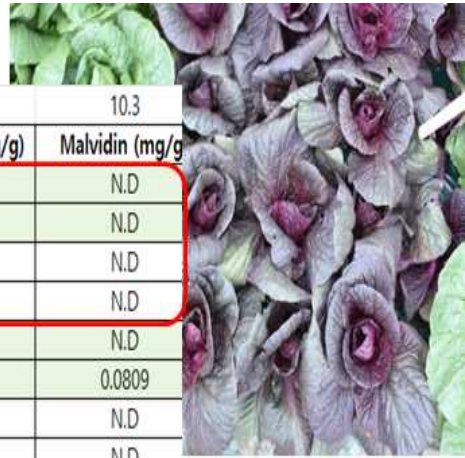
- 올해 작성한 유전자 지도를 기반으로 내년에는 색소 형질에 대하여 관여하는 QTL 분석을 수행하고자 한다. QTL 분석은 표현형에 대한 값과 유전자형간의 연관성을 바탕으로 진행되므로 내년에는 표현형에 대한 데이터를 확보할 예정이다. 이에 앞서 선행연구로 모본과 부분의 색소 분석을 수행하였다. 육안으로 색소의 정도를 등급으로 표기할 수도 있으나, 보다 정확한 분석을 위해 HPLC를 이용하였다. HPLC는 column을 이용해 RT를 기준으로 각각의 단일 성분으로 분리가 가능하므로, 시료에서 색소의 조성 및 함량을 조사하고자 하였다.
- 빨간색의 색소는 주로 안토시아닌으로 알려져 있다. 안토시아닌은 주로 꽃과 과일에있는 세포 액포에서 발견되지만 잎, 줄기, 뿌리에서도 볼 수 있으며, 주로 표피세포와 같은 외부 세포층에서 주로 볼 수 있다. 안토시아닌은 플라보노이드(flavonoids)계 물질로 냄새와 맛이 거의 없으며 식물세포 속에 생기는 활성산소를 막는 항산화효과가 있으며 잎에서는 강한 자외선을 막아주는 역할도 한다고 알려져 있다. 안토시아닌에는 Pelargonidin, cyanidin, peonidin, delphinidin, petunidin, malvidin의 배당체가 있으며 수소 이온 농도에 따라 오렌지색, 분홍색, 빨간색, 파란색, 보라색을 띤다(그림 10).



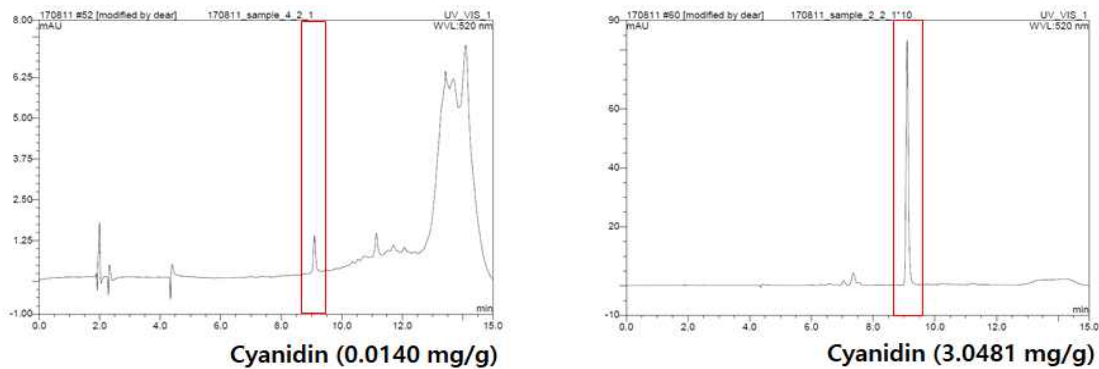
<그림 10. 안토시아닌>

- 빨간배추와 초록배추의 과종 후 20일 잎 시료에서 안토시아닌을 추출하고 HPLC로 분석하였다. 6가지 배당체 중에서 5가지, Pelargonidin, cyanidin, peonidin, delpinidin, malvidin, standard와 분석하였다. 1-1, 1-2, 2-1, 2-2는 빨간잎의 계통으로 이 중에서 집단 부계에 사용하였고, 3-1, 3-2, 4-1, 4-2는 녹색잎 시료로 이 중에서 모계로 사용하였다. 520 nm의 파장에서 육안으로 녹색배추에서는 빨간 색소에 관련하여 대부분이 검출되지 않았다. 빨간색의 배추에서는 delpinidin, malvidin은 검출되지 않았고, pelargonidin, cyanidin, peonidin이 녹색 배추와는 달리 검출되었다. 이 중에서 특히 cyanidin이 월등하게 많이 있음을 알 수 있었다(그림 11, 그림 12). 모델식물인 애기장대와 배추과 작물에서 선행연구를 보면 적색 잎채류의 색소가 대부분이 cyanidin이라는 결과가 있었는데, 빨간배추의 적색소도 cyanidin임을 알 수 있었다. 차년도에는 cyanidin 함량을 집단 중에서 분석할 예정이다.

RT	✓ 10	✓ 9.0-9.1	✓ 10.2	8	10.3
Number	Pelagonidin (mg/g)	Cyanidin (mg/g)	Peonidin (mg/g)	Delpinidin (mg/g)	Malvidin (mg/g)
1-1	0.2519	5.4870	0.3275	N.D	N.D
1-2	N.D	5.5178	0.2703	N.D	N.D
2-1	0.2397	1.2409	0.2346	N.D	N.D
2-2	N.D	3.0481	0.2288	N.D	N.D
3-1	N.D	0.0109	N.D	N.D	N.D
3-2	N.D	0.0330	N.D	N.D	0.0809
4-1	N.D	0.0156	N.D	N.D	N.D
4-2	N.D	0.0140	N.D	N.D	N.D



<그림 11. HPLC 분석 결과>



\* Cyanidin: It is a particular type of anthocyanidin (glycoside version called anthocyanins)

모계 (녹색)



부계 (적색)

<그림 12. Cyanidin HPLC chromatogram>

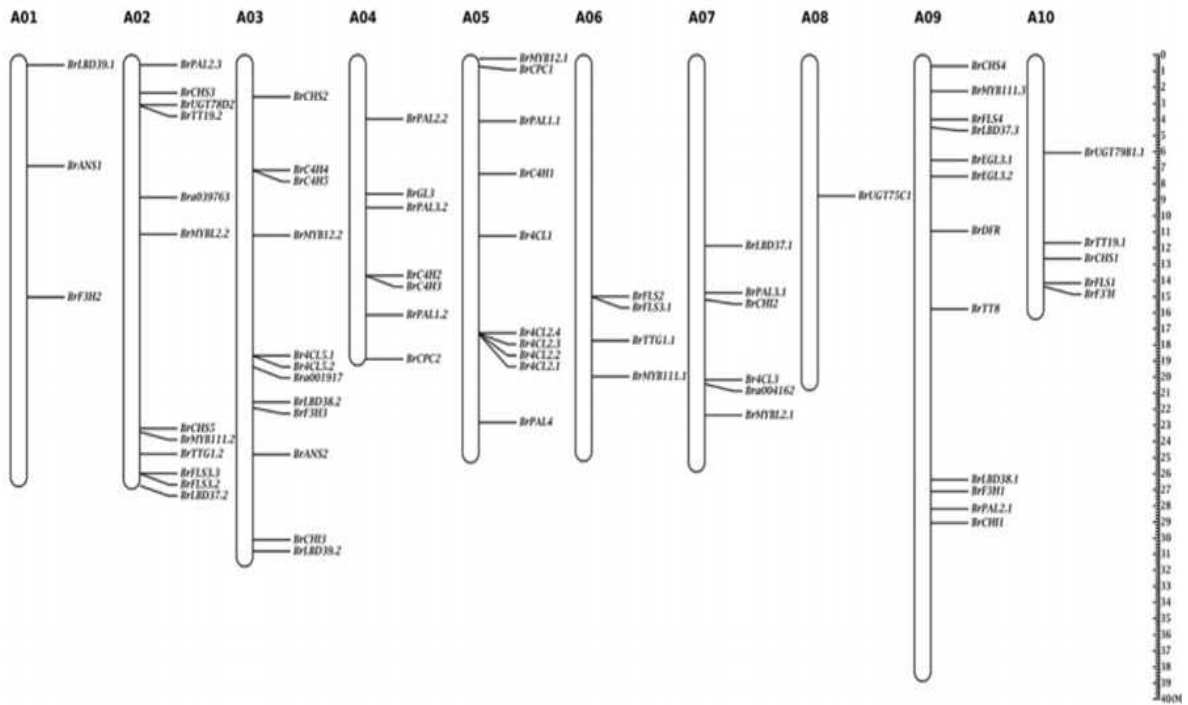
(나) 색소체(안토시아닌) 물질 대사경로 및 해당 유전자 정보 수집

- 배추 표준유전체 정보에서 안토시아닌 생합성 관련 유전자들(ABGs)을 조사하고자 하였다. 먼저 모델식물인 애기장대에서의 선행된 연구결과를 얻고자 문헌조사를 하였다. 애기장대에서는 41개로 보고되어 있었고, 이중에서 24개는 안토시아닌 생합성 경로에 관여하는 구조유전자였고, 16개는 전사인자(transcriptional factor)로 작용하는 조절유전자였으며, 1개는 안토시아닌 transportation에 관여하는 transport 유전자였다.

이를 토대로 배추 표준유전체에서 orthologs를 찾하고자 비교하였다. 애기장대의 유전자는 대부분이 배추에서 1개 이상을 가지고 있었는데, 이러한 현상은 다른 애기장대 유전자들을 대상으로 조사했을 때도 일반적으로 나타나는 경향이 있다. 이는 배추가 배수체이기 애기장대에 유전자가 배추에서는 한 개 이상일 경우가 빈번하게 있다. 애기장대의 총 41개 유전자 중에서 39개의 유전자들이 배추에서 한 개 이상의 유전자들과 homologs를 나타내서, 해당하는 총 유전자는 73개였고, 2개는 해당하는 유전자가 없었다. 이는 생합성 경로에 차이가 있을 수도 있고 표준유전체 정보가 충분치 않아서 나타난 결과 일수도 있다(표 6). *B. rapa*의 염색체에서 안토시아닌 생합성 관련 유전자들의 분포 및 위치는 그림 13 과 같다.

<표 6. 애기장대와 배추 유전체에서 안토시아닌 생합성 관련 유전자 목록>

<i>A. thaliana</i>	<i>B. rapa</i>			Non-syteny orthologs
	Syteny orthologs	MF1	MF2	
	LF			
<b>Structural genes</b>				
<i>Biosynthetic genes in phenylpropanoid pathway</i>				
<i>AtPAL1</i> (AT2G37040)	<i>BrPAL1.1</i> (Bra005221)	<i>BrPAL1.2</i> (Bra017210)	-	-
<i>AtPAL2</i> (AT3G53260)	<i>BrPAL2.1</i> (Bra006985)	<i>BrPAL2.2</i> (Bra039777)	<i>BrPAL2.3</i> (Bra003126)	-
<i>AtPAL3</i> (AT5G04230)	-	-	<i>BrPAL3.1</i> (Bra028793)	<i>BrPAL3.2</i> (Bra030322)
<i>AtPAL4</i> (AT3G10340)	<i>BrPAL4</i> (Bra029831)	-	-	-
<i>AtC4H</i> (AT2G30490)	<i>BrC4H1</i> (Bra018311)	<i>BrC4H2</i> (Bra021636) <sup>p</sup>	<i>BrC4H4</i> (Bra022802)	-
		<i>BrC4H3</i> (Bra021637)	<i>BrC4H5</i> (Bra022803)	-
<i>At4CL1</i> (AT1G51680)	-	-	<i>Br4CL1</i> (Bra030429)	-
	<i>Br4CL2.1</i> (Bra031262)			
	<i>Br4CL2.2</i> (Bra031263)			
<i>At4CL2</i> (AT3G21240)	<i>Br4CL2.3</i> (Bra031265)	-	-	-
	<i>Br4CL2.4</i> (Bra031266)			
<i>At4CL3</i> (AT1G65060)	<i>Br4CL3</i> (Bra004109)	-	-	-
<i>At4CL5</i> (AT3G21230)	-	-	<i>Br4CL5.1</i> (Bra001819)	-
			<i>Br4CL5.2</i> (Bra001820)	
<i>Early biosynthetic genes</i>				
<i>AtCHS</i> (AT5G13930)	<i>BrCHS1</i> (Bra008792)	<i>BrCHS2</i> (Bra006224)	<i>BrCHS3</i> (Bra023441)	<i>BrCHS4</i> (Bra036307)
				<i>BrCHS5</i> (Bra020688)
<i>AtCHI</i> (AT3G55120)	<i>BrCHI1</i> (Bra007142)	-	<i>BrCHI2</i> (Bra003209)	<i>BrCHI3</i> (Bra017728)
<i>AtF3H</i> (AT3G51240)	<i>BrF3H1</i> (Bra036828)	<i>BrF3H2</i> (Bra029996)	<i>BrF3H3</i> (Bra012862)	-
<i>AtF3'H</i> (AT5G07990)	<i>BrF3'H</i> (Bra009312)	-	-	-
<i>AtFLS1</i> (AT5G08640)	<i>BrFLS1</i> (Bra009358)	-	-	-
<i>AtFLS2</i> (AT5G63580)	-	-	-	-
<i>AtFLS3</i> (AT5G63590)	<i>BrFLS2</i> (Bra038647)	<i>BrFLS3.2</i> (Bra029211)	<i>BrFLS4</i> (Bra037747)	-
<i>AtFLS4</i> (AT5G63595)	<i>BrFLS3.1</i> (Bra038648)	<i>BrFLS3.3</i> (Bra029212)	-	-
<i>AtFLS5</i> (AT5G63600)	-	-	-	-
<i>AtFLS6</i> (AT5G43935)	-	-	-	-
<i>Late biosynthetic genes</i>				
<i>AtDFR</i> (AT5G42800)	-	-	<i>BrDFR</i> (Bra027457)	-
<i>AtANS</i> (AT4G22880)	<i>BrANS1</i> (Bra013652)	<i>BrANS2</i> (Bra019350)	-	-
<i>AtUGT79B1</i> (AT5G54060)	<i>BrUGT79B1.1</i> (Bra003021)	-	-	<i>BrUGT79B1.2</i> (Bra035004)
<i>AtUGT75C1</i> (AT4G14090)	-	-	<i>BrUGT75C1</i> (Bra038445)	-
<i>AtUGT78D2</i> (AT5G17050)	-	-	<i>BrUGT78D2</i> (Bra023594)	-
<b>Regulatory genes (Transcription factor)</b>				
<b>Positive regulators</b>				
<i>R2R3-MYB</i>				
<i>Independent regulatory genes</i>				
<i>AtMYB11</i> (AT3G62610)	-	-	-	-
<i>AtMYB12</i> (AT2G47460)	<i>BrMYB12.1</i> (Bra004456)	-	<i>BrMYB12.2</i> (Bra000453)	-
<i>AtMYB111</i> (AT5G49330)	<i>BrMYB111.1</i> (Bra037419)	<i>BrMYB111.2</i> (Bra020647)	<i>BrMYB111.3</i> (Bra036145)	-
<i>Regulation by forming MBW complex</i>				
<i>AtPAP1</i> (AT1G56650)	-	-	-	Bra001917 <sup>b</sup>
<i>AtPAP2</i> (AT1G66390)	-	-	-	-
<i>AtMYB113</i> (AT1G66370)	Bra004162 <sup>b</sup>	Bra039763 <sup>b</sup>	-	-
<i>AtMYB114</i> (AT1G66380)	-	-	-	-
<i>bHLH</i>				
<i>AtTT8</i> (AT4G09820)	<i>BrTT8</i> (Bra037887)	-	-	-
<i>AtGL3</i> (AT5G41315)	<i>BrGL3</i> (Bra025508)	-	-	-
<i>AtEGL3</i> (AT1G63650)	-	<i>BrEGL3.1</i> (Bra027796)	<i>BrEGL3.2</i> (Bra027653)	-
<i>WD40</i>				
<i>AtTTG1</i> (AT5G24520)	<i>BrTTG1.1</i> (Bra009770)	<i>BrTTG1.2</i> (Bra029411)	-	-
<b>Negative regulators</b>				
<i>Single-Repeat R3 MYB</i>				
<i>AtMYB12</i> (AT1G71030)	<i>BrMYBL2.1</i> (Bra016164)	<i>BrMYBL2.2</i> (Bra007957)	-	-
<i>AtCPC</i> (AT2G46410)	<i>BrCPC1</i> (Bra004539)	<i>BrCPC2</i> (Bra039283)	-	-
<i>LATERAL ORGAN BOUNDARY DOMAIN (LBD)</i>				
<i>AtLBD37</i> (AT5G67420)	<i>BrLBD37.1</i> (Bra012164)	<i>BrLBD37.2</i> (Bra031833)	<i>BrLBD37.3</i> (Bra037847)	-
<i>AtLBD38</i> (AT3G49940)	<i>BrLBD38.1</i> (Bra036040)	-	<i>BrLBD38.2</i> (Bra012913)	-
<i>AtLBD39</i> (AT4G37540)	<i>BrLBD39.1</i> (Bra011772)	<i>BrLBD39.2</i> (Bra017831)	-	-
<b>Transport genes</b>				
<i>AtTT19</i> (AT5G17220)	<i>BrTT19.1</i> (Bra008570)	-	<i>BrTT19.2</i> (Bra023602)	-



<그림 13. B. rapa의 염색체에서 안토시아닌 생합성 관련 유전자들의 분포>

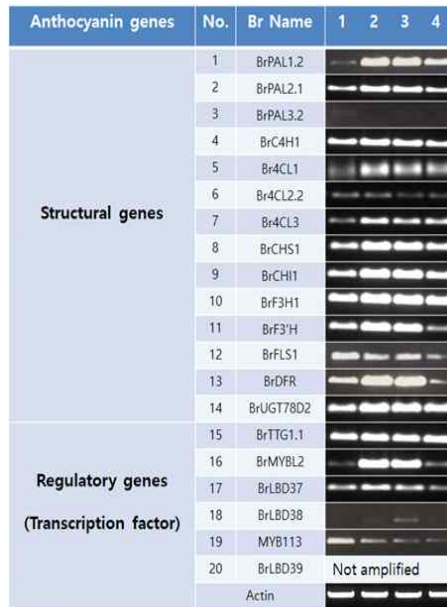
○ 안토시아닌 생합성 과정에 관련하는 유전자가 배추에서 애기장대와 달리 많아졌는데, 이들은 구조유전자군, 조절유전자군, 수송유전자군 전반적으로 증가하여 나타났다. 유전자 카피수에 대한 paralogs의 갯수도 전반에 걸쳐 나타남을 볼 수 있었다. 세 가지 군에서 카피수를 기준으로 보면, 조절유전자군에서 카피수가 현저하게 늘어난 것을 볼 수 있었다(표 7). 이는 색소체 생합성 과정에서 애기장대와 배추가 유사한 점도 있겠으나 관여하는 것으로 추정되는 유전자들의 수가 현저히 늘어났기에 배추에서 조절되는 특이적인 과정이 있음을 예측해 볼 수 있었고, 그 과정에서 조절 유전자군에서 역할이 더 다양할 가능성을 암시하였다.

<표 7. 안토시아닌 생합성 과정에서 단일 카피와 다중 카피 paralogs의 개수 및 비율>

	No. of paralogs with different copies <sup>a</sup>					Ratio of single to multiple copies <sup>b</sup>	P-value <sup>c</sup>
	0	One	Two	Three	Total		
Structural genes	1	12	3	5	21	12:8	0.8987
Regulatory genes	2	2	8	2	14	2:10	0.0019*
Transport genes	0	0	1	0	1	0:1	0.7728
Total	3	14	12	7	36	14:19	0.0173*

○ 이들 유전자군을 대상으로 빨간배추와 녹색배추에서 발현양을 RT-PCR로 확인하고 계통간에 발현양이 차이가 나는 유전자를 선발하고자 하였다. 73개를 대상으로 모두 진행하고자 하며, 현재 20개의 유전자(BrPAL1.2, BrPAL2.1, BrPAL3.2, BrC4H1, Br4CL1, Br4CL2.2, Br4CL3, BrCHS1, BrCHI1, BrF3H1, BrF3'H, BrFLS1, BrDFR, BrUGT78D2, BrTTG1.1, BrMYBL2, BrLBD37, BrLBD38, MYB1113, BrLBD39)를 대상으로 RT-PCR 프라이머를 디자인하였고, BrLBD39 제외한 19개를 대상으로 실험을 수행하였다(그림 14). BrPAL3.2를 제외한 18개의 유전자에서 발현양을 확인할 수 있었다. BrPAL3.2에서는 초록색, 빨간색 배추 모두에서 발현이 되지 않고 있었고, BrPAL2.1의 경우에는 모두

에서 발현되고 있어 이 유전자는 색소 차이에 관여하는 유전자가 아님을 알 수 있었다. BrPAL1.2, Br4CL3, BrDFR, BrMYBL2 의 경우에는 초록색 배추에서는 약하게 발현하지만, 나머지 시료에서는 강하게 발현되고 있음을 볼 수 있었다. 나머지 유전자들에 대한 RT-PCR 분석은 추후 계속 진행할 예정이다.



<그림 14. 안토시아닌 생합성 과정 중 일부 유전자의 RT-PCR 결과>

#### (다) 비타민, 유리당 고함유 계통 선발 및 집단양성

- 한국의 배추 소비 형태가 샐러드로 사용하는 생식도 있으나 대부분이 김장의 주재료로 사용되고 있다. 따라서 김장철인 가을재배의 배추 수확기를 기준으로 배추의 성분분석하여 고함유 계통을 선발하고자 하였다. 선행연구로 과제 시작 전에 1차 선발했던 계통을 대상으로 환경적 변이를 고려하여 2차 선발을 하고자 하였다. 2016년 가을재배시 성숙기 (결구 형성)에 시료를 사용하여 총 31 계통에서 비타민, 총 52 계통에서 유리당 함량을 조사하였다. 계통당 3개체의 배추를 대상으로 분석, 개체당 2반복 함량분석하여 평균치를 시료의 함량으로 간주하였다. 분석은 충남대학교 성분분석센터의 지원으로 수행되었다 (표 8, 표 9).

<표 8 . 2016년 가을재배 계통 대상 비타민 함량 조사>

No.	Sample ID	Total average (mg/g)	No.	Sample ID	Total average (mg/g)
1	CNU_11671	0.35623	17	CNU_11653	0.17721
2	CNU_11666	0.32255	18	CNU_11644	0.16608
3	CNU_11663	0.29007	19	CNU_11654	0.1567
4	CNU_11665	0.26659	20	CNU_11662	0.15515
5	CNU_11648	0.26244	21	CNU_11667	0.15023
6	CNU_11670	0.24215	22	CNU_11668	0.149
7	CNU_11650	0.2194	23	CNU_11645	0.14004
8	CNU_11656	0.21569	24	CNU_11651	0.13429
9	CNU_11661	0.21377	25	Chiifu	0.13157
10	CNU_11660	0.21113	26	CNU_11652	0.1284
11	CNU_11646	0.20863	27	CNU_11649	0.12184
12	CNU_11669	0.20244	28	CNU_11647	0.1201
13	CNU_11655	0.19562	29	CNU_11636	0.11416
14	CNU_11664	0.19058	30	CNU_11637	0.09428
15	CNU_11657	0.18198	31	CNU_11658	0.08686
16	CNU_11659	0.17734			

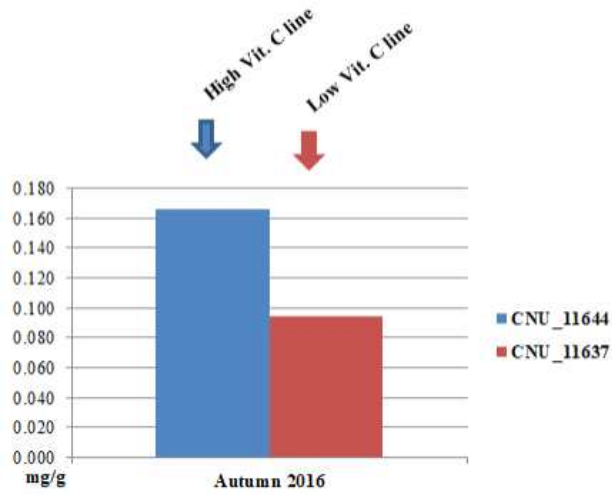
<표 9 . 2016년 가을재배 계통 대상 유리당 함량 조사>

No	Glucose	Fructose	Sucrose	Maltose	Total (mg/mL)
31	5.71	5.78	1.11	0.00	12.59
32	4.47	3.83	1.44	0.00	9.74
33	4.87	3.91	0.49	0.00	9.27
34	5.73	5.22	0.56	0.00	11.52
35	4.50	4.55	0.52	0.00	9.57
36	4.54	3.65	0.57	0.00	8.76
37	5.94	5.76	0.79	0.00	12.49
38	4.17	4.45	1.07	0.00	9.69
39	5.25	5.29	0.91	0.00	11.45
40	4.90	4.85	0.47	0.00	10.22
41	4.71	4.68	0.36	0.00	9.75
42	4.75	4.63	0.96	0.00	10.34
43	5.26	4.74	0.00	0.00	10.01
44	4.77	3.43	0.35	0.00	8.56
45	5.22	5.61	0.87	0.00	11.70
46	4.74	4.97	0.74	0.00	10.45
47	5.94	8.07	0.31	0.00	14.32
48	4.94	4.08	0.34	0.00	9.37
49	6.37	6.06	2.04	0.00	14.48
50	7.66	6.52	1.80	0.00	15.98
51	6.34	4.62	1.07	0.00	12.03
52	5.08	5.95	1.23	0.00	12.26
53	9.17	7.96	0.58	0.00	17.71
54	5.00	4.12	0.34	0.00	9.46
55	3.96	3.42	0.83	0.00	8.20
56	5.79	7.05	0.77	0.00	13.61

No	Glucose	Fructose	Sucrose	Maltose	Total (mg/mL)
57	6.22	6.23	0.60	0.00	13.05
58	4.15	4.02	0.37	0.00	8.55
59	4.62	3.92	0.00	0.00	8.54
60	3.64	3.40	0.28	0.00	7.31
61	5.08	4.69	0.96	0.00	10.73
62	2.74	4.22	0.40	0.00	7.36
63	4.62	4.39	0.39	0.00	9.40
64	5.46	6.01	0.97	0.00	12.44
65	5.24	5.37	1.10	0.00	11.71
66	6.07	5.14	0.00	0.00	11.21
67	7.62	6.25	0.46	0.00	14.34
68	6.90	5.99	1.80	0.00	14.69
69	8.50	10.73	2.94	0.00	22.16
70	9.33	9.91	2.85	0.00	22.09
71	8.15	8.44	2.55	0.00	19.14
72	10.17	10.15	2.68	0.00	23.00
73	9.51	11.04	1.29	0.00	21.84
74	7.41	7.45	1.16	0.00	16.02
75	6.89	7.23	0.00	0.00	14.12
76	5.85	6.69	0.57	0.00	13.11
77	4.19	3.26	0.00	0.00	7.44
78	6.81	6.36	1.44	0.00	14.60
79	5.66	4.98	0.00	0.00	10.64
80	4.11	3.93	0.25	0.00	8.30
81	6.11	6.56	0.39	0.00	13.06
82	6.40	5.66	0.00	0.00	12.06

○ Canchimeg 등은 국내 배추와 중국 유래 청경채의 영양성분을 비교하여 발표했는데, 비타민 C의 경우 0.09~0.12mg/g라고 보고한 바 있다. 본 재료는 0.08~0.35mg/g으로 더 고함유 계통이 포함되어 있음을 알 수 있었다. 1차 실험과 2차 실험에서 수치의 차이가 나타났으나 재배 환경적 변이로 고려할 수 있어 시료군 간에 고함유군, 저함유군의 경향을 조사하여 특성이 재현되는 계통을 선발하고자 하였다. 선발한 고함유자원과 저함유 자원으로 교배하여 F1을 만들고 F2, F3 집단을 진행하고자 하였다. 표준유전체인 지부의 경우 가장 낮은 계통은 아니지만, 유전체 정보가 공개되어 있는만큼 저함유 계통으로 사용하여 추가로 교배집단을 작성하였다. 총 2개의 고함유 계통, 저함유 계통을 선발하여 집단 작성을 위해 F1을 만들었다(표 8).

○ 고함유 계통 중에 한 계통은 1차 선발 때 선발한 것으로 F2가 이미 있어서 봄철 교배철에 F3집단을 만들었다. 총 200개체를 교배했으나 156개체에서 50립 이상의 종자를 확보하였다(그림 15). 추후 비타민C 성분 함량 조사를 최소 2회 반복할 계획이므로 156 계통으로 차년도에 실험 재료로 사용할 계획이다. 고함유 계통을 시장에서 판매중인 가을재배 성숙시기에 조사하였기 때문에 2017년 가을재배를 위해 각 계통당 10립씩을 8월 7일에 파종하여 현재 포장에서 재배중이다. 파종 후 90일에 수확할 예정이었으나 올해 정식 시기에 3주이상 비가 오고 날씨가 적합하지 않은 관계로 아직 결구가 되지 않아서 2주 더 재배한 후 수확하여 성분분석을 진행 할 예정이다(그림 16).



<그림 15. 비타민 함량>



<그림 16. 비타민 성분 분리집단 2017년 가을재배 전경, 충남대학교 포장 >

**(라) 뿌리혹병 저항성 형질 유전자원의 소포자 배양**

○ 1단계에서 뿌리혹병 저항성 자원을 소재로 하여 자원육성을 목표로 소포자 배양을 수행하였다. 일본, 중국에서 수집한 유전자원을 재료로 하여 계통 육성을 하고자 하였었다. 소포자배양으로 계통육성은 유전자원 재배 및 춘화처리로 개화유도, 소포자 채취, 배발생, 계대배양, 순화처리, 생육, 춘화처리 후 교배로 종자수확등의 단계적으로 진행되는데, 일부 개체가 1단계에서 소포자 배양 과정 중 순화처리 단계로 진행하였다. 금년도에 이들 식물체에서 종자증식을 위해 자가수정으로 교배과정을 진행하였으며, 식물체 중에서 3개체 식물에서 종자를 확보하였다. 금년 수확한 소포자배양 식물체의 소재 정보는 표 9에 표기하였다.

<표 9. 소포자 배양 목록>

관리번호	소재정보	소포자 배양체 번호
1	덕고CR117, F1	CNU_MS-DH1
2	덕고CR117, F1	CNU_MS-DH2
3	new덕고, F1	CNU_MS-DH3

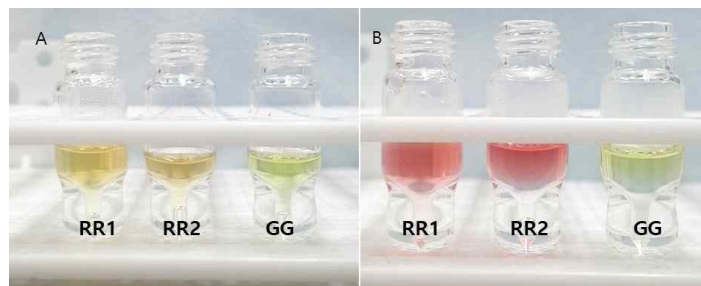
[2년차]



## 가. 빨강 색소체 고함유 계통인 빨강배추의 색소체 성분 분석

### (1) 산처리를 통한 색 변화 확인

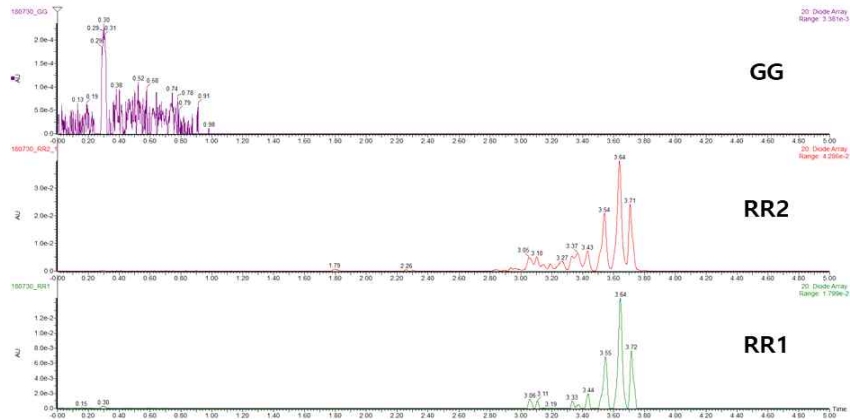
- 1차년도에 빨강배추와 녹색배추를 HPLC로 안토시아닌 검출에 사용되는 UV파장(520nm, 560nm, 470nm)로 분석하여 나온 HPLC profiling으로 빨강 배추와 녹색 배추가 색소체(안토시아닌)에 차이가 있음을 알 수 있었다. 2차년도에는 HPLC profiling결과에서 녹색 배추에서는 나오지 않았으나 빨강배추 특이적으로 나온 피크에 대해 이들 색소의 배당체 형태에 대해 알아보려고 하였다.
- 시료 추출방법은 70% 에탄올 1ml을 넣은 후 1분간 vortex하고, 원심분리하여 상등액을 수거하는 과정을 3회 반복하여 상등액을 사용하였다. Speedvac을 이용해 농축한 시료를 C18 cartridge로 cleaning하여 안토시아닌을 준비하였다. 각 시료를 200 uL씩 소분하여 냉동보관(-80°C)하였고, 이후 분석은 각 시료를 50% MeOH로 10배 희석하여 분석에 사용하였다(그림 1A).
- 빨강배추 2점을 'RR1', 'RR2'로 표기하였고, 초록배추 1점은 'GG'로 표기하였다. 각 시료에 HCl (약 35%) 200 uL씩을 가하여 색 변화를 확인하였다. 적색으로 변화가 일어난 RR1, RR2와 달리 GG는 색변화가 일어나지 않았다(그림 1B). 안토시아닌은 수소 이온 농도에 따라 오렌지색, 분홍색, 빨간색, 파란색, 보라색을 나타내는 특성이 있는데, 시료 'RR1'과 'RR2'이 산처리에 의해 붉은색으로 변함으로써 색소체가 안토시아닌일 가능성이 있음을 나타냈다.



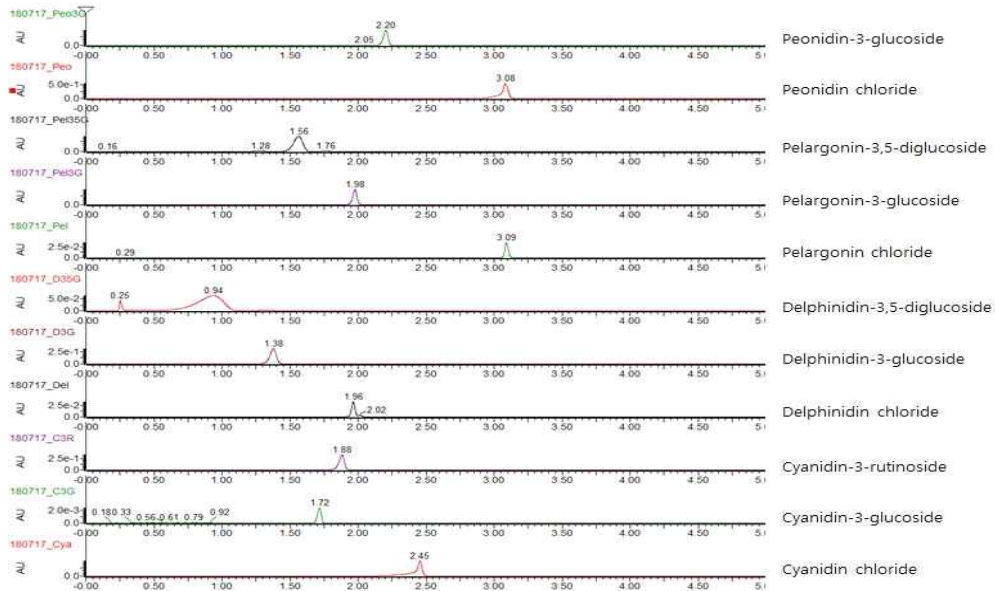
<그림 1. 산처리를 통한 색 변화: A, 산처리 전; B, 산처리 후>

### (2) UPLC 분석

- 모본과 부분 배추의 색소체에 차이가 있음을 UPLC profiling으로도 확인 할 수가 있었다(그림 20). GG 시료는 산처리 후 색변화가 일어나지 않았고, anthocyanin peak도 나타나지 않아 anthocyanin이 없는 것으로 판단 할 수 있었다. 'RR1', 'RR2'시료에서 나타난 피크에 대해 알아보려고 보유하고 있는 표준물질 11종을 함께 분석 하였으나 일치하는 피크를 확인 할 수 없었다. 따라서 'RR1', 'RR2'시료에서는 적어도 11종의 표준물질 이외의 형태임을 알 수 있었다.

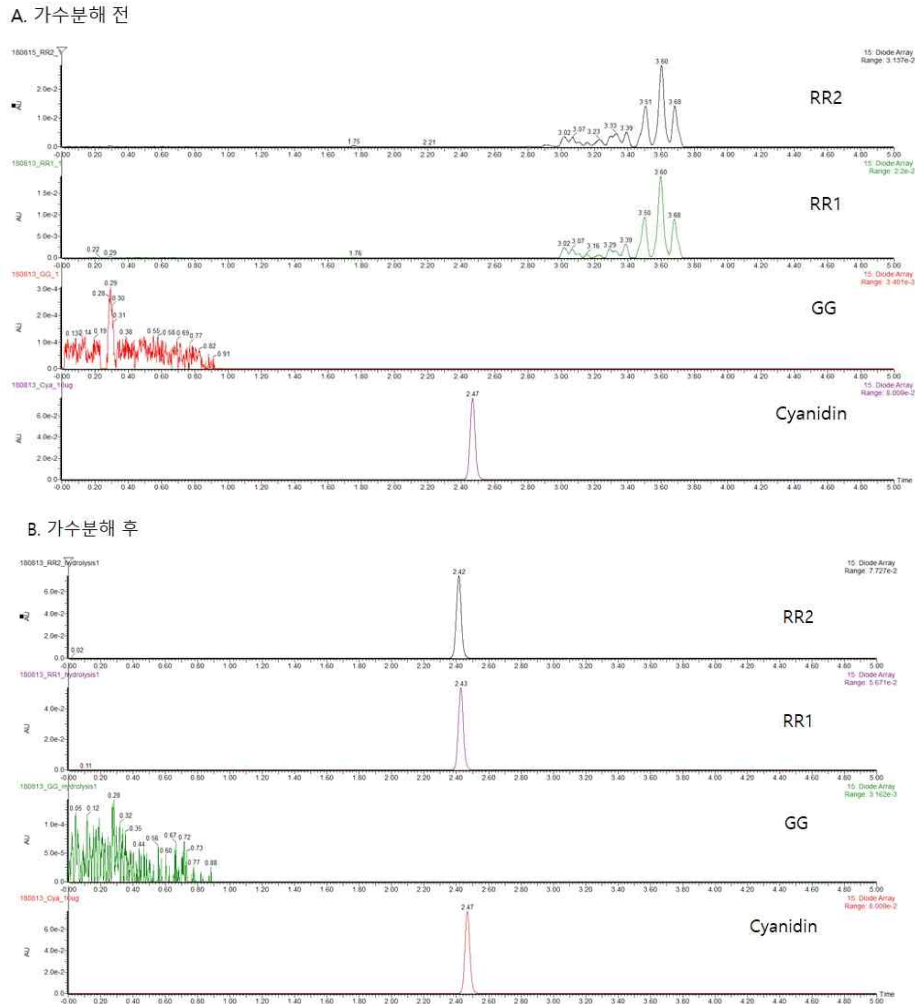


<그림 2. UPLC 분석 결과>



<그림 3. 표준물질 11종>

- 빨강배추와 녹색배추에서 배당체의 종류가 다를 수 있었으나, 이들 배당체의 형태를 확인 할 수는 없었다. 따라서 안토시아닌의 비당성분인 안토시아니딘의 종류에 대해 알아보고자, 시료를 가수분해 하여 LC-MS/MS 분석을 수행하였다. 가수분해 후 시료 'RR1'과 'RR2'의 UPLC-MS/MS 분석 결과 두 시료(시료 'RR1'과 'RR2')의 anthocyanin peak는 모두 cyanidin 배당체임을 확인할 수 있었다. 시료 'RR1'과 'RR2'에서 다수의 anthocyanin peak가 확인 되었으나 MS/MS (MRM) 분석, 결과를 적배추와 적양배추의 안토시아닌 분석에 대하여 기 보고된 선행연구논문결과에 제시되었던 60여종의 데이터를 이용하여 각 시료를 MRM 분석하였으나 일치하지 않아 시료의 anthocyanin은 보고 되지 않은 새로운 형태의 배당체로 추정할 수 있다.



<그림 4. UPLC-MS/MS 분석 결과: A, 가수분해 전; B, 가수분해 후>

## 나. 빨강배추 집단에서 색소체 성분 함량 조사 및 QTL 분석

### (1) 색소체 집단에서 빨강 색소체 성분의 종류 및 함량을 HPLC로 조사

- 빨강배추를 녹색배추와 교배해서 만든 집단에서 빨간색과 녹색 개체가 분리되어 나타났다. 개체들의 가지고 있는 색소체에 대해 보다 정확한 분석을 위해 HPLC를 이용하여 90 계통의 빨강배추 집단에서 색소체 성분 분석을 하였다. HPLC는 column을 이용해 RT를 기준으로 각각의 단일 성분으로 분리가 가능하므로, 시료에서 색소의 조성 및 함량을 조사, 수치화 하고자 하였다.

### (2) 빨강 색소체 형질 집단에서 색소체에 대한 QTL 분석

- 색소체 연관 유전체 부위를 탐색하고자 하였다. 유전자 지도를 기반으로 색소체(안토시아닌) 자원의 성분조사값을 사용하여 색소 형질에 대하여 관여하는 QTL 분석을 수행하였다. HPLC 결과에서 빨강배추 특이적인 10개의 피크를 확인 하였고, 이들을 계통당 함량을 조사하였으며, 이들 10개 성분값의 총 합을 ‘총 안토시아닌 함량’으로 간주하여 분석에 사용 하였다. 총 13종류의 성분함량(T1~T13)을 이용하여 색소에 관여하는 유전체 부위를 탐색한 결과, 안토시아닌에 관련 하여 염색체에서 총 10개의 QTL을 찾았다. ‘T2’ 성분이 연관그룹 A10에서, ‘T3’ 성분이 연관그룹 A04에서, ‘T4’ 성분이 연관그룹 A03과 A10에서, ‘T5’와 ‘T6’ 성분이 연관그룹 A04에서, ‘T7’ 성분이 연관그룹 A10에 위치하였다. 이들 모든 안토시아닌 성분들의 총 합인 전체 안토시아닌 함량(T13) 또한 연관그룹

A04에서 QTL이 검출됨으로써 A04, A09, A10은 안토시아닌 함량에 관여하는 주요 부위로 판단할 수 있다. 해당 QTL 영역에 위치하는 후보 유전자군을 조사 중이며, 차년도에는 SNP 마커와 연계하여 성분에 관여하는 후보유전자 선발 및 바이오마커 개발이 가능할 것으로 본다.

#### 다. 색소체(안토시아닌) 자원의 전사체 분석

##### (1) 빨간 배추와 녹색 배추 자원의 전사체 분석

- 빨강배추 2종(시료 1, 시료 2)과 녹색배추 1종(시료 3)의 시료의 전사체를 비교 해 보고 색 관련 유의하게 발현하는 유전자군을 선발하고자 하였다. 3종의 시료의 전사체 데이터 (short reads)는 Illumina HiSeq 2000 장비로 생산 하였다. 생산한 전사체 데이터의 양은 시료 1이 4.87 Gb, 시료 2가 6.18 Gb, 시료 3은 5.37 Gb 였다. 생산한 short reads의 전처리과정으로 라이브러리 작성시 진행된 PCR에 의해 생산된 duplicated read를 in house scripts를 통해 필터하였고, SolexaQA package의 Dynamic Trim과 LengthSort 프로그램을 사용하여 final trimmed data로 정리하였다. DynamicTrim은 phred score에 따라 short read의 양쪽 끝의 bad quality base를 잘라 내고 양질의 cleaned read로 정제하는 과정을 수행하였으며, LengthSort는 DynamicTrim에서 너무 많은 base가 잘린 read를 제거하는 과정을 수행하였다. DynamicTrim의 phred score  $\geq 20$ 을, LengthSort 과정은 short read length  $\geq 25$ bp 사용하였다. 94.11%에서 94.48%의 데이터가 Q30 기준으로 trimming 했을 때 적합하였다. 전처리 후 확보한 cleaned reads는 시료 1의 경우 3.07 Gb, 시료 2가 4.13 Gb, 시료 3은 3.40 Gb 였다.

표 1 빨강배추와 녹색배추의 전사체 데이터 생산에 대한 통계

	빨강배추 1	빨강배추 2	녹색 배추 1
TotalReads	48,179,516	61,197,818	53,127,646
TotalBases	4,866,131,116	6,180,979,618	5,365,892,246
TotalBases(Gb)	4.87 Gb	6.18 Gb	5.37 Gb
GC_Count	2,320,659,939	2,946,687,888	2,532,951,037
GC_Rate	47.69%	47.67%	47.20%
Q30_MoreBases	4,579,319,019	5,827,690,746	5,069,583,507
Q30_MoreBasesRate	94.11%	94.28%	94.48%
Q20_MoreBases	4,699,696,370	5,976,224,439	5,195,093,244
Q20_MoreBasesRate	96.58%	96.69%	96.82%
Clean reads	34,924,846	46,843,910	38,611,432
Clean bases	3,073,838,581	4,137,626,783	3,400,979,929

- 표준유전자세트 조립은 전처리 과정을 통과한 cleaned reads을 이용해 Velvet(version 1.2.08)과 Oases(version 0.2.08) 프로그램의 protocol에 따라 어셈블리를 수행하였다. 최적의 표준유전자세트 조립을 위해서 35~85 범위 내의 다양한 수치를 적용하여 최적의 k-mer를 찾기위한 k-mer distribution을 확인하였다. 최적 k-mer는 k-mer의 변화에 따른 total length(어셈블리된 서열의 총길이)의 변화가 적고, max length, average length, N50을 고려하여 최적 k-mer로 57을 선정, 이를 사용하여 최종 어셈블리를 수행하여 최

중 어셈블리 결과를 얻었다. 최종 어셈블리 결과로 contig 조각의 서로 다른 모양 (splicing form)으로 인하여 동일한 유전자영역에 다수의 transcript form이 생겨났고, 이를 ‘total transcripts’라 명명하였다. 이 중에서 유전자영역(locus)마다 ‘representative transcript’를 하나씩 선발하여 ‘unigene’ 셋트를 만들었다. 최종 어셈블리결과로 ‘total transcripts’ 수는 63,900개였고, 이 중에서 평균적으로 각 locus당 2.0개의 transcript가 존재하여 ‘representative transcript’의 수는 총 32,395개였다.

표 2. 최종 어셈블리 결과 통계치

Data	Num. of transcripts	Length(bp) of transcripts				N50
		Total length	Min	Max	Average	
Transcripts	63,900	105,019,243	200	15,511	1,643	2,114
Representative transcripts	32,395	43,024,619	200	15,511	1,328	1,796

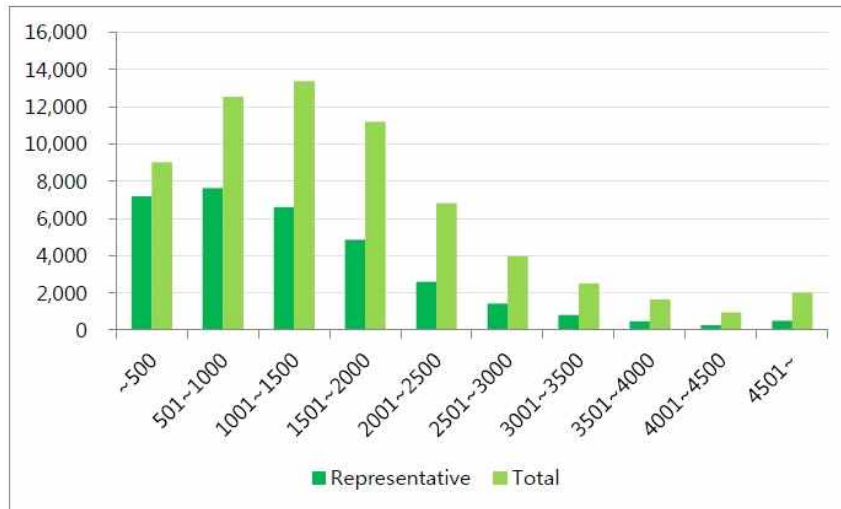


그림 5. 최종 어셈블리 된 transcripts의 길이 별 분포도

- 배추 유전자의 total transcripts (63,900개)에 대하여 기능을 파악하기 위해 NCBI NR의 viridiplantae DB의 amino acid sequence와 BLASTX를 통해 annotation (filter기준:  $e\text{-value} \leq 1e-10$ , Best hits)을 수행하였다. Phytozome v9, Uniprotkb, KOG, KEGG의 amino acid sequence와 BLASTX를 통해 annotation (filter기준:  $e\text{-value} \leq 1e-10$ , Best hits)을 수행하였다. InterProscan은 EMBL에서 제공된 tools을 이용하였으며, 기본옵션 (default)로 사용하였다. GO DB에서 제공하는 서열을 이용하여 alignment를 수행하였다. Thresholds는 기능별 총 유전자의 수가 counts  $\geq 1$  이상을 사용 하였으며, GO depth는 1로 지정하여 3가지 functional category인 BP(Biological Process), CC(Cellular Component), MF(Molecular Function)로 분류하였다. ‘representative transcript’의 GO category에서 Biological Process(BP)에서는 cellular process와 metabolic process에 관한 유전자군이 많았고, Cellular Component(CC) 항목에서는 cell과 organelle에 관한 유전자군이 많았으며, Molecular Function(MF)에서는 catalytic activity에 관한 유전자군이 월등히 많았다.

- 총 7개의 DB를 사용하여 BLASTX로 annotation을 수행하였고, ‘representative transcript’ 32,395개의 중에서 annotation DB와 서열유사도를 갖는 서열은 29,219개로써 90.20%의 ‘representative transcript’에 대한 정보를 확보 하였다.

표 3. Transcripts의 annotation된 유전자 통계치

Data	Phytozome v9.1	NR Viridiplantae	Uniprotkb viridiplantae	KOG	KEGG	GO	InterProscan	Total annotation*
Total transcripts	58,536 (91.61%)	58,796 (92.01%)	56,927 (89.09%)	-	-	-	46,652 (73.01%)	59,347 (92.87%)
Representative transcripts	28,525 (88.05%)	28,704 (88.61%)	27,637 (85.31%)	27,230 (84.06%)	6,112 (18.87%)	27,120 (83.72%)	22,167 (68.43%)	29,219 (90.20%)

\* Total annotation : Functional description을 확인하기 위해 사용한 DB에서 한번이라도 annotation이 된 유전자의 개수

표 4. ‘Representative transcript’의 GO category에서 Biological Process(BP)

GO ID	GO term	Gene count
GO:0000003	reproduction	892
GO:0008152	metabolic process	15,785
GO:0009987	cellular process	17,362
GO:0023052	signaling	3,240
GO:0032502	developmental process	5,565
GO:0040007	growth	1,270
GO:0040011	locomotion	88
GO:0048511	rhythmic process	269
GO:0050896	response to stimulus	9,346
GO:0051179	localization	5,211

표 5. ‘Representative transcript’의 GO category에서 Cellular Component(CC)

GO ID	GO term	Gene count
GO:0005576	extracellular region	2,168
GO:0005623	cell	23,985
GO:0009295	nucleoid	46
GO:0016020	membrane	8,322
GO:0030054	cell junction	1,384
GO:0031012	extracellular matrix	43
GO:0043226	organelle	19,519
GO:0045202	synapse	75

표 6. ‘Representative transcript’의 GO category에서 Molecular Function(MF)

GO ID	GO term	Gene count
GO:0003824	catalytic activity	10,226
GO:0005198	structural molecule activity	807
GO:0005215	transporter activity	1,605
GO:0009055	electron carrier activity	190
GO:0016209	antioxidant activity	122
GO:0016530	metalochaperone activity	9
GO:0031386	protein tag	9
GO:0045182	translation regulator activity	5
GO:0045735	nutrient reservoir activity	33

- ‘Representative transcripts’의 KEGG분석으로 총 10920개의 KEGG gene을 확인하였고,

KEGG 분류를 보면 분류 항목 중에 Metabolism에 관한 것이 가장 많이 나타났다. 그 중에서 'biosynthesis of other secondary metabolites'(이차 대사산물의 생합성)에 관한 것이 29.4% (3858개 유전자군, 3858 transcripts)로 가장 많았다. 색소는 대표적인 이차 대사산물중에 하나로 속하는데, KEGG 분석으로도 이차 대사산물에 관하여 가장 많은 수의 KEGG gene이 나오므로써, 이는 분석에 사용한 재료가 빨강배추와 녹색 배추로, 색의 차이에 관여하는 유전자군을 알아보고자 보고자 진행한 실험이 적합하게 진행되고 있음을 나타냈다.

표 7. 'Representative transcripts의 KEGG summary

Major Classification	Sub Classification	KEGG gene count	Assembled transcripts
Metabolism	Nucleotide metabolism	307	363
Metabolism	Amino acid metabolism	697	850
Metabolism	Metabolism of other amino acids	239	284
Metabolism	Glycan biosynthesis and metabolism	133	167
Metabolism	Carbohydrate metabolism	1034	1230
Metabolism	Metabolism of cofactors and vitamins	280	331
Metabolism	Energy metabolism	383	466
Metabolism	Lipid metabolism	551	708
Metabolism	Metabolism of terpenoids and polyketides	149	183
Metabolism	Biosynthesis of other secondary metabolites	3217	3858
Metabolism	Overview	736	863
Human Diseases	Drug resistance	1	1
Genetic Information Processing	Translation	920	1134
Genetic Information Processing	Transcription	308	370
Environmental Information Processing	Membrane transport	28	46
Genetic Information Processing	Replication and repair	286	367
Genetic Information Processing	Folding, sorting and degradation	666	783
Cellular Processes	Transport and catabolism	385	475
Environmental Information Processing	Signal transduction	365	442
Organismal Systems	Environmental adaptation	214	248
Human Diseases*	Endocrine and metabolic diseases	21	28

## (2) 전사체 데이터에서 색 관련 유의하게 발현하는 DEGs 선발 및 기능 분석

- 표준유전자서열에 전처리 과정을 통과한 cleaned reads를 mapping하여 유전자가 발현되는 정도를 나타내는 발현값(read count)를 계산하였다. Read mapping 과정은 bowtie2(v2.1.0) 소프트웨어를 사용(mismatch  $\leq 2$ bp, penalty 방식으로 계산)하였고, 발현값은 각 유전자에 mapping 된 reads의 총 수로 측정하였다. 평균적인 mapping rate는 약94.92% 정도로 나타났다.
- Read mapping을 통해 측정된 유전자들의 발현값이 sequencing 양에 의존적이므로, 샘플간의 생산된 데이터 차이를 보정하기 위해 DESeq을 이용하여 normalization을 수행하

였다. 데이터 편차가 존재하는 샘플의 적절한 유전자 발현값을 계산하기 위해 총 개수에 대한 normalization을 수행하였고, raw 데이터의 발현값의 샘플간 편차가 크지 않음으로 sequencing이 양호한 상황으로 파악되었다.

- 샘플간 유의하게 발현하는 유전자(DEGs; Differentially Expressed Genes) 선별은 각 유전자에 mapping된 발현값이 상호간에 비교되는 샘플에서 2배 이상 발현의 차이를 확인하는 2 fold change 방법과, adjust P-value(FDR)이 0.01 이하를 만족하는 binomial test 방법을 동시에 사용하였다. 본 연구에서 log<sub>2</sub> (Fold Change)의 값이 1보다 크면 up-regulation, -1보다 작으면 down-regulation 되었다고 판단하였다.

표 8. 빨강배추 2중(RR, Rr)과 녹색배추(rr) 사이에서 발현양(DEG)의 차이를 나타내는 유전자 수

비교대상 (Treatment vs Control)	Regulation pattern	Num. of DEGs	Annotated DEGs*
RR vs rr	Up	386	383
	Down	132	71
Rr vs rr	Up	495	490
	Down	139	74

\* Annotated DEGs : 7개의 annotation DB 중 어느 한쪽 DB에서라도 annotation이 된 경우

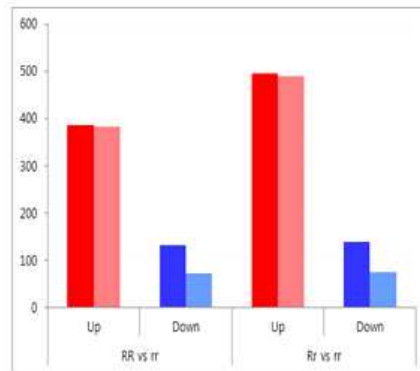


그림 6. DEG에서 유의하게 발현량의 차이를 나타내는 유전자의 수

- DEG의 GO 결과를 보면, 다음과 같다. GO category에서 Biological Process(BP)에서는 ‘response to oxygen-containing compound’, Cellular Component(CC) 항목에서는 ‘cytoplasm’, ‘cell periphery’와 ‘plasma membrane’이, molecular function 분류에서는 ‘cation binding’, ‘ribonucleotide binding’, ‘nucleotide binding’에서 발현량이 증가되었다. 이중에서 ‘response to phenylpropanoid metabolic process’와 ‘response to acid chemical’, ‘flavonoid metabolism’과 ‘secondary and pigment metabolism’에 관여하는 유전자군의 발현량이 증가되는 것을 확인 하였다.



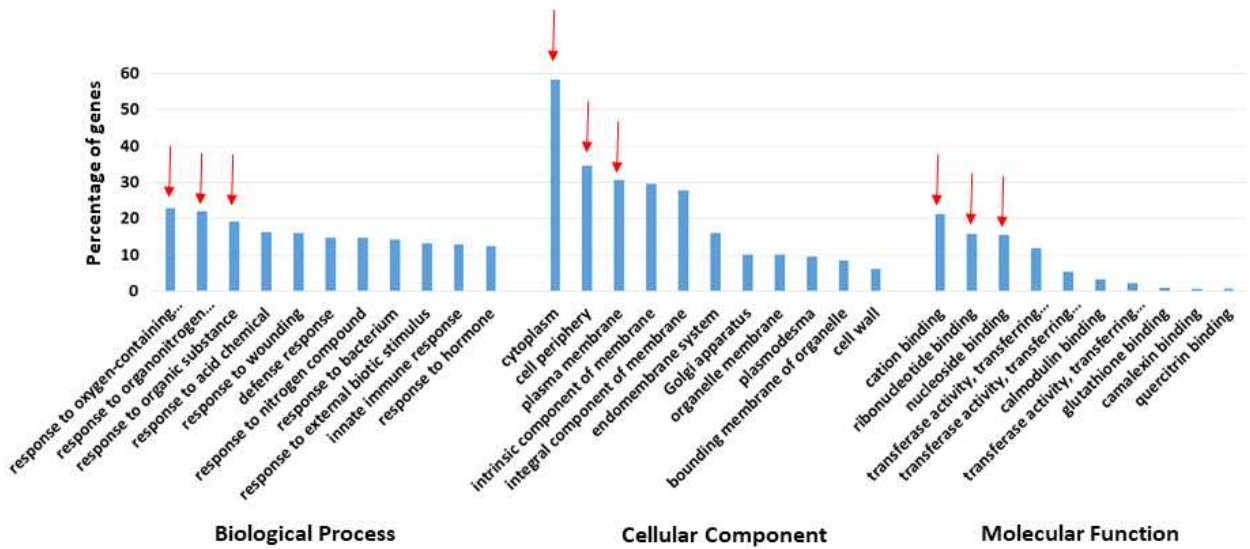


그림 7. 빨강배추와 초록배추간에 DEGs에서 Gene ontology 결과

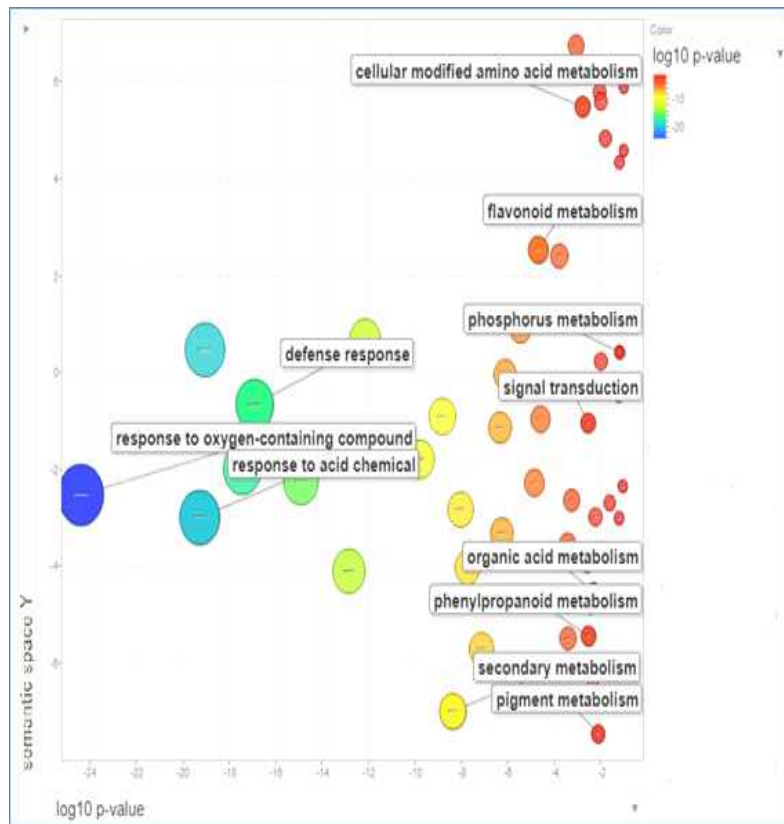


그림 8. 빨강배추와 초록배추간에 DEGs에서 Gene ontology 결과

- 선발된 비교조합별 DEGs 유전자 목록을 이용하여 Venn-diagram을 작성하였다. 빨강배추1과 빨강배추2에서 공통으로 발현량이 증가된 유전자는 총 344개였고, 공통으로 빨강색소를 나타내는 두 자원에서 각각 특이적으로 발현량이 증가되는 유전자의 수는 빨강배추1과 2에서 각각 42개 151개였다.

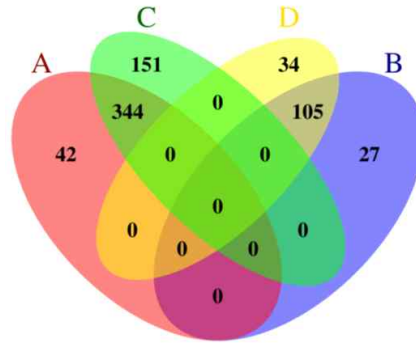


그림 9. 각 비교조합별 선발된 DEGs를 이용한 Venn-diagram

- A: ‘빨강배추2와 녹색 배추1’ 비교조합에서 발현량이 증가된 유전자 목록
- B: ‘빨강배추2와 녹색 배추1’ 비교조합에서 발현량이 감소된 유전자 목록
- C: ‘빨강배추1와 녹색 배추1’ 비교조합에서 발현량이 증가된 유전자 목록
- D: ‘빨강배추1와 녹색 배추1’ 비교조합에서 발현량이 증가된 유전자 목록

○ 유의하게 발현된 유전자 정보를 이용하여 유전자의 발현패턴을 확인하는 clustering 분석을 수행하였다. Clustering 분석은 빨강배추1과 녹색배추간의 발현량 차이, 빨강배추2와 녹색배추간의 발현량의 차이를 비교한 조합에서 DEGs로 선발된 703개 유전자를 이용하였다. Clustering 분석은 R의 amap과 gplots library를 이용하여 hierarchical clustering 분석을 진행하였으며, 유전자의 발현되는 패턴이 유사한 정도를 계산하는 방법으로 pearson’s correlation과 유전자의 grouping 방식으로 complete 방법론을 사용하였다.

표 7. Clustering의 DEGs 개수

Cluster number	Num. of DEGs in Cluster
Cluster 1	515
Cluster 2	135
Cluster 3	31
Cluster 4	22
Total	703

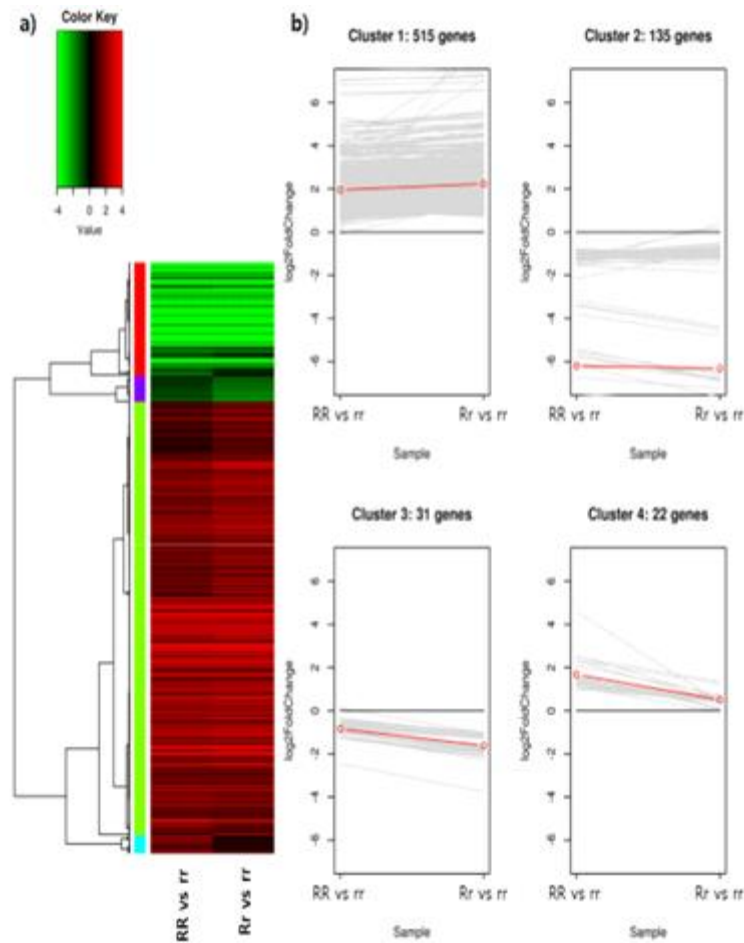


그림 9. Clustering set의 heatmap과 line plot

- a) Heat map은 왼쪽부터 RR vs rr(빨강배추2와 녹색배추 비교), Rr vs rr(빨강배추1과 녹색배추 비교) 비교조합의 데이터를 표현한 것이다. b) Line Plot은 heat map에 표현된 cluster를 패턴으로 표현하였다. 총 4개의 clustering을 볼 수 있었고, 이 중에서 515개로 구성된 cluster 1과 22개로 구성된 cluster 4에서 유전자 발현량이 증가 했으므로 이들 537개 유전자를 관심을 갖고 기능을 알아 보고자 하였다. 특히 cluster 4에 속하는 유전자는 두 종류의 빨강배추에서 모두 발현량이 증가 되었으며, 더 빨강 색이 짙은 빨강배추 2에서 발현량이 증가 하는 경향을 나타냈다. cluster 4의 KEGG 분석에서 ‘metabolism of terpenoids and polyketides’, ‘amino acid metabolism’, ‘biosynthesis of other secondary metabolites’에 관여하는 것으로 나타났고, cluster 1에서는 ‘metabolism of terpenoids and polyketides’, ‘amino acid metabolism’, ‘biosynthesis of other secondary metabolites’ 뿐만 아니라, ‘transport and catablism’, ‘metabolism of other amino acids’, ‘carbohydrate metabolism’, ‘translation’, ‘lipid metabolism’, ‘signal transduction’, ‘environment adaptation’, ‘metabolism of cofactors and vitamins’에 관여하는 것으로 나타났는데, 이 중에서 ‘biosynthesis of other secondary metabolites’에 관여하는 것이 102종으로 월등히 많이 나타났다.

표 8. Cluster set의 KEGG summary

Major Classification	Sub Classification	C1	C2	C3	C4
Cellular Processes	Transport and catabolism	8	0	0	0
Genetic Information Processing	Replication and repair	1	0	0	0
Metabolism	Energy metabolism	3	0	0	0
Metabolism	Metabolism of terpenoids and polyketides	3	1	0	2
Metabolism	Glycan biosynthesis and metabolism	2	0	0	0
Metabolism	Amino acid metabolism	17	1	0	1
Metabolism	Metabolism of other amino acids	14	0	0	0
Genetic Information Processing	Transcription	0	0	1	0
Metabolism	Carbohydrate metabolism	18	2	0	0
Genetic Information Processing	Translation	4	0	3	0
Metabolism	Lipid metabolism	12	0	0	0
Environmental Information Processing	Signal transduction	11	0	0	0
Organismal Systems	Environmental adaptation	22	0	0	0
Environmental Information Processing	Membrane transport	0	1	0	0
Metabolism	Biosynthesis of other secondary metabolites	102	7	4	3
Metabolism	Nucleotide metabolism	2	0	2	0
Metabolism	Metabolism of cofactors and vitamins	4	0	0	0
Genetic Information Processing	Folding, sorting and degradation	7	0	0	0
Metabolism	Overview	4	0	0	0

## (2) 안토시아닌 생합성(물질대사경로) 관련 후보 유전자군 탐색 및 발굴

- 색 관련 유전자를 확인하기 위해 phenyl propanoid pathway 내 유전자와 BLAST를 수행하였다. 86개의 phenyl propanoid pathway 내 유전자(amino acid sequence)와 BLASTX를 통해 Annotation (filter 기준:  $evalue \leq 1e-80$ , Best hits)을 수행하였다. 'representative transcripts' 32,295개 중에서 86개가 'phenyl propanoid pathway'에 속하였다. 이 중에서 위의 조건으로 filter 했을 때 66개의 유전자를 선발 할 수 있었다.

표 9. Phenylpropanoid 유전자와 매칭 된 배추 transcripts 통계치

	Phenylpropanoid 유전자	배추 representative transcripts
분석에 사용된 유전자 개수	86	32,395
BLAST filter ( $evalue \leq 1e-80$ )	66	268

- 선발한 66개의 유전자군을 대상으로 빨강배추와 녹색배추에서 qRT-PCR 실험으로 확인하여 발현양이 차이가 있는 유전자를 후보 유전자로 선발하고, 형질 연관 마커로 개발하고자 하였다. 현재 qRT-PCR 실험이 진행 중이며, 발현량의 차이가 있는 일부 유전자를 대상으로 구조를 비교하고, 이들의 차이를 HRM으로 validation하여 마커 개발을 병행하고 있다.

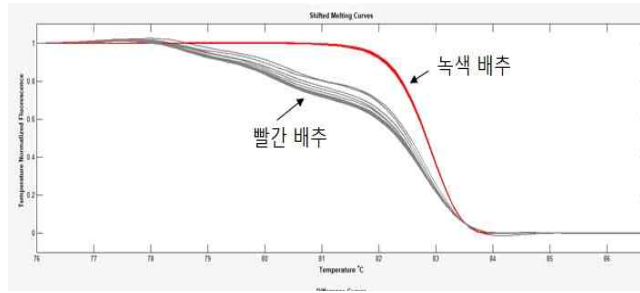


그림 10. 빨간배추와 녹색배추균을 구별할 수 있는 HRM 마커개발, 진행 중

## 라. 비타민 자원의 성분 함량조사

○ 고탍유 자원을 사용하여 기능성 물질 분리집단 작성 및 기능성 물질 조사하여 물질 고탍유에 관여하는 유전적 요인을 찾고자 하였다. 분리집단 작성하는데 있어 식물의 재배 및 성숙, 교배 및 종자의 등숙과 같은 일련의 과정에 소요되는 절대적 시간이 필요한 만큼, 1년차에서는 과제 시작 이전에 수행한 1차 실험 결과에서 선발한 비타민 고탍유 자원을 이용해서 집단 작성을 진행하였다. 1년차 연구수행 동안 156계통으로 구성된 F3 집단을 작성하였다. 집단 작성과 동시에 1차 선발 실험으로 선발한 자원의 특수성을 재확인 하고자 선발한 모계와 부계의 성분 검정을 하였고, 결과가 1차 실험처럼 극명한 차이를 나타내지 않았다. A는 1차 조사 결과로 고탍유 자원으로 ‘CNU\_11644’, ‘CNU\_11655’, ‘CNU\_11644’를 선발 하였다. B는 2차 조사 결과로 1차년도에 저함유로 평가된 ‘CNU\_11637’의 경우 재현성 있게 저함유로 나왔으나 고탍유로 선발한 ‘CNU\_11644’의 경우 중간 정도로 나타났다.

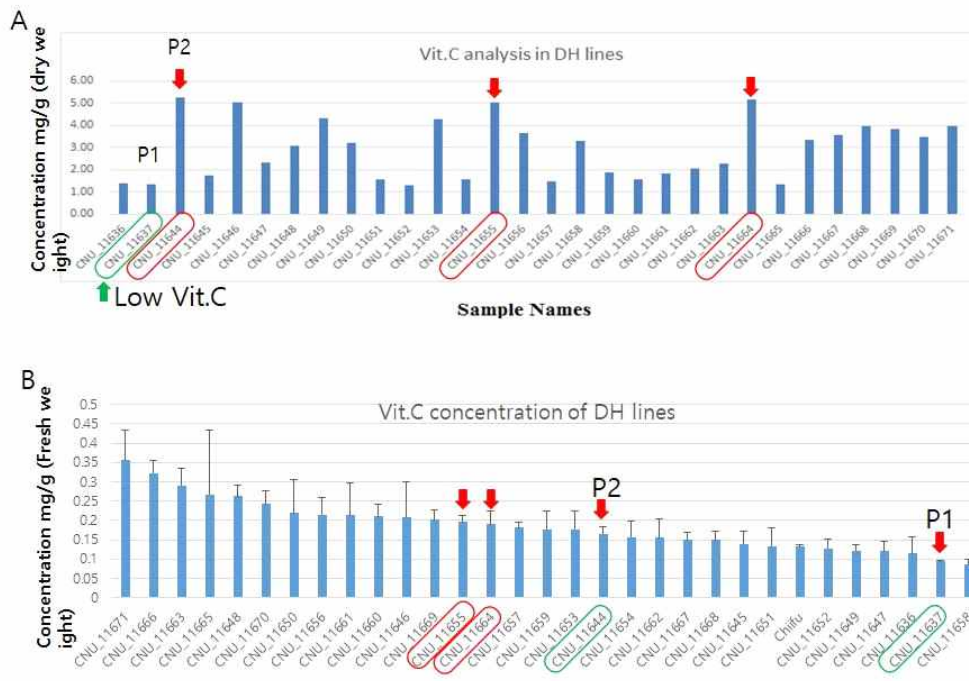


그림 11. 비타민C 함량조사

○ 비타민C의 경우 재배 환경적 변이, 생육 시기별로 성분의 차이가 나타날 수도가 있다. 대부분 배추의 소비 형태가 결구 배추이므로, 결구 시기에 성분 조사를 해 왔으나, 성분

조사 시기가 적합 했는지에 대한 확인을 하고자 재배하면서 파종 후 3주부터 13주까지 생육시기별로 함량 조사를 하였다. VP2와 VP2는 각각 고함유 계통과 저함유 계통으로 선발한 계통이며 VP3와 VP4는 일반 재배 배추(휘파람, 불암3호)를 나타낸다. 4계통 모두 유년기 보다 성숙기에 가까워질수록 생장에 따라 함량이 증가하고 있어서 성분 분석을 하기 위한 시기가 적합했음을 나타냈다. 고함유 계통으로 선발한 VP2의 경우 생육시기에서 9주차에 타 계통에 비해 월등히 함량이 높은 것으로 나타났으나 2주차에서는 저함유 계통과 유사하였고, 수확기인 생육 말기에 있어서는 함량이 더 낮은 것으로 나타났다. 따라서 이러한 결과로 볼 때 F3에서 성분을 분석하는 것은 추후 연구를 위해 도움이 되지 않는 다고 판단하였다. 1차 실험, 2차 실험, 3차 실험에서 함량에 대한 결과가 차이가 나는 것이 재배 환경(재배하는 연도별로 날씨 및 토양 조건, 가을재배와 봄재배의 계절적 차이)에 의한 가능성도 배제 할 수가 없어서 이 재료를 선발하는 과정을 한 번 더 반복 해 보기로 했다. 배추의 재배 기간이 상대적으로 길고(3개월 전후) 부피가 있는 만큼, 온실에서 화분에 몇 백개의 식물을 재배 하는데는 공간적인 제약 뿐 만 아니라 생육 불량률도 피할 수가 없어서 포장에서 재배 하기로 하였다. 다만, 포장의 토양 및 기후 조건, 재배 조건에 상관없이 공통적으로 높은 함량을 가진 계통을 선발하고자 하였기에 각기 다른 포장에서 재배하여 함량을 비교해 보기로 하였다. 현재 선발한 계통 및 이 재료를 선발하는데 사용했던 모든 계통들을 충남대학교 포장, 대일바이오(김제), 신농종묘(천안)에서 재배하고 있는 중이다. 추후 이들 배추들의 성분을 분석하고 각 재배조건지에서 상대적으로 함량이 높은 계통을 선발, 3군데에서 공통적으로 높게 나타날 경우, 이를 이용하여 추후 실험을 진행할 예정이다.

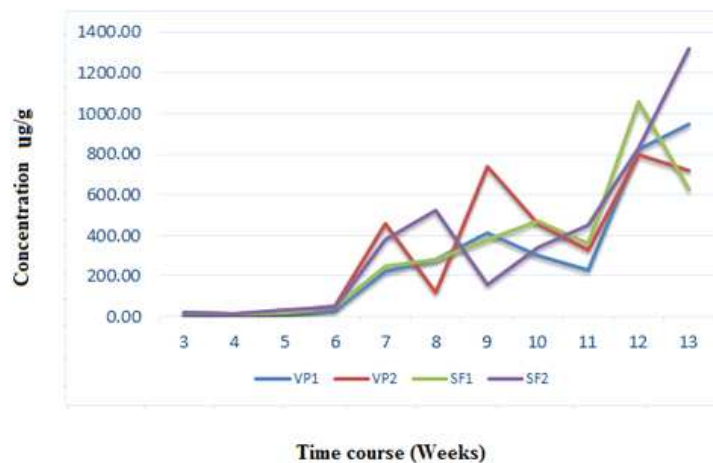


그림 12. 비타민C 함량조사



그림 13. 2018년 가을채배 전경, 김제 포장

- 또한 현재 실험실에 보유중인 배추 수집단 152 계통을 대상으로 비타민C 성분 함량 조사를 하였다. 앞서 선발한 계통보다 더 고함유군이 있었으며, 이들을 선발하여 차년도에 재현성이 있는지를 조사할 예정이다.



그림 14. 배추 수집단 152계통에서 비타민 함량

#### 마. 베타케로틴 형질관련 자원 확보 및 분리집단 양성

- 베타케로틴 형질관련 자원을 신농종묘에서 분양 받았다. 연황색계이며 육종 소재로 적합한 농업적 형질을 가지고 있는 계통A와 베타카로틴 함량은 고함유 이나 서로 그 유래가 다른 두 개의 계통B, 계통C 자원의 재료를 분양 받았다. 계통B는 계통C 보다 육안으로 볼 때 더 진한 황색을 나타내는 재료이다. 이들 고함유 계통은 유묘기(3-4주)에서 육안으로 볼 때 일반계와 차이를 나타내나, 보다 어린 시기인 떡잎 상태나 종자에서

조기선발이 가능한 마커 개발을 하고자 한다. 베타케로틴 고함유 배추에 대한 분자마커가 기 발표된 바 있으나 이들 자원은 동일 마커로 검정 해 보았을 때 다른 양상을 나타내었다. 마커1는 짙은 내엽 황색 배추에서 형질과 연관되었다고 보고된 마커이나, 신흥에서 분양 받은 고함유 계통에서는 증폭되지 않았으며, 마커2는 기 보고된 논문에서 성분이 적은 개체만을 구별 가능한 마커이었으나 신흥에서 분양 받은 재료에서는 고함유 계통에서도 동일하게 증폭되어 변별력이 없었다. 마커 3은 공우성 마커인데 고함유 계통과 저함유 계통에서 PCR 산물의 크기가 달라 다형성을 나타내서 구별이 가능한 마커이다. 이는 본 재료에서는 고함유계통 B와 C에서 다형성을 나타내었고, 계통C의 경우 일반배추와 동일한 크기로 나타났기에 논문에 사용된 재료와는 다른 재료로 판단되었다.

- 현재 고함유 계통인 계통B와 계통C를 각각 계통A에 교배하여 만든 베타케로틴 형질관련 집단(450개체의 F2 집단)을 확보 하였다.

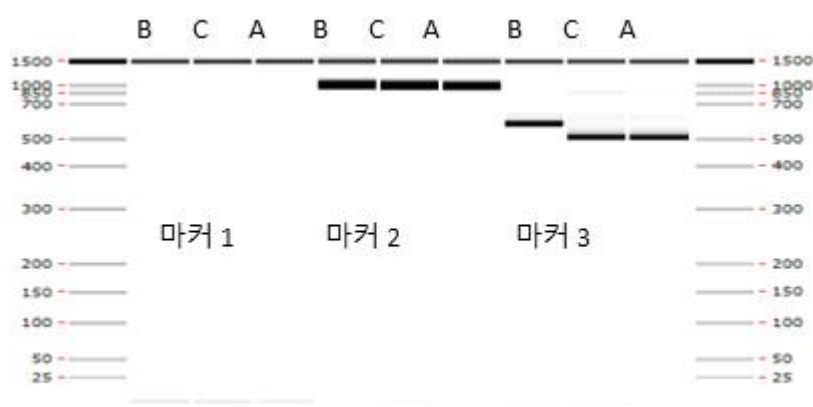


그림 15. 신흥에서 분양 받은 자원을 기 보고된 마커로 비교 분석

### [3년차]

#### 가. 기능성 물질 성분 조사 및 고함유 자원 확보

##### (1) 안토시아닌 성분 분석 방법

- 시료 0.1g을 2ml ependorf tube에 넣어서, 추출용매 (water: formic acid, 95: 5 (v/v)) 2 mL를 넣고, 5분 동안 진동혼합 (vortex)을 한다. 20분 동안 약하게 초음파 처리 (sonication)를 하여, 원심분리 (8,000 rpm, 15 min, 4°C)를 한다. 0.45  $\mu$ m PTFE hydrophilic syringe filter (직경 13 mm)로 여과한 후, HPLC용 갈색 vial에 넣는다.

표 1. HPLC 분석 조건



HPLC	Agilent Technologies 1200 series
Column	Synergi 4 $\mu$ POLAR-RP 80A (250 $\times$ 4.6 mm, 4 $\mu$ m Phenomenex)
Guard Column	Security Guard Guard Cartridges Kit AQ C18 4 $\times$ 3.0 mm KJO-4282 (Phenomenex)
Wavelength	520 nm
Oven temperature	40 $^{\circ}$ C
Mobile phase	Solvent A (water: formic acid, 95: 5 (v/v)) Solvent B (acetonitrile: formic acid, 95: 5 (v/v))
Flow rate	1.0 mL/min
Gradient conditions	8.0 min solvent B 13% 13.0 min solvent B 13% 20.0 min solvent B 17% 23.0 min solvent B 17% 30.0 min solvent B 20% 40.0 min solvent B 20% 40.1 min solvent B 5% 50.0 min solvent B 5%

(2) 색소체(안토시아닌) 고함유 계통 및 집단에서 안토시아닌 성분 분석

- 빨강배추와 녹색배추를 HPLC로 분석하여 안토시아닌 함량에 차이가 있음을 알 수 있었다. HPLC profiling 결과에서 녹색 배추에서는 나타나지 않았으나 빨강배추에서는 특이적으로 나온 피크에 대해 이들 색소의 배당체 형태에 대해 알아보하고자 LC-MS/MS 분석을 수행하였다. 안토시아닌 함량측정은 잎시료의 건조중으로 mg/g 으로 하였다.

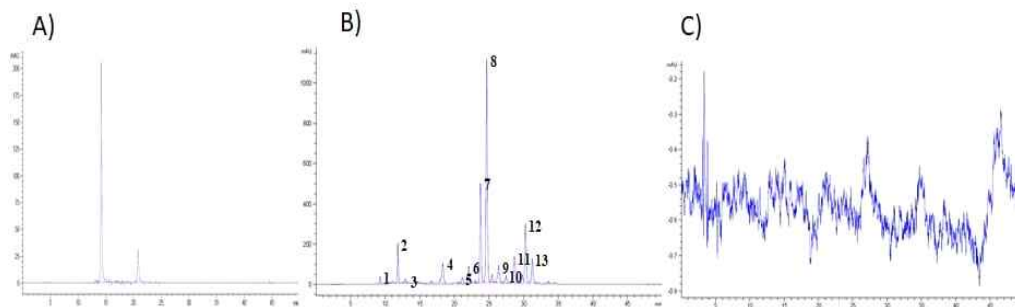


그림 1. 520nm 파장에서 안토시아닌 HPLC chromatogram. A) 표준물질, B) 빨강배추의 잎 추출물에서 안토시아닌 profiling C) 초록배추 추출물에서 안토시아닌 profiling. 가로축은 retention time (min); 세로축은 피크의 정도 (mAU).

- 빨강배추에서 녹색배추와 달리 특이적으로 13 종류의 성분을 확인 할 수 있었다. 배당체의 형태가 대부분 cyanidin 배당체임을 확인했고, 일부 pelagonidin이 있음을 알 수 있었다. 문헌조사에 따르면 배추과 채소 작물 중에 배추, 청경채 등을 포함하는 배추류와 양배추, 브로콜리등을 포함하는 양배추류에는 ‘Cyanidin 3-diglucoside-5-glucoside’이 많다는 보고가 있는데, 본 재료에서도 이들 성분을 확인 할 수 있었다.
- 배추의 부위별(외엽, 내엽, 중륵) 안토시아닌 함량을 조사하였다. 시료는 파종 후 12주차

의 배수를 사용하여 분석하였다. RP는 빨강배추, G는 일반 녹색배추를 나타내며, IF는 배추의 내엽, OF는 배추의 외엽을 나타낸다. 안토시아닌은 일반 녹색배추에서는 전혀 검출되지 않았으며, 빨강배추에서만 검출되었고, 조직별로 보면, 외엽, 내엽 및 중륵 모든 부위에서 함량의 정도의 차이를 두고 보유하고 있었다. 외엽에서 평균 32.31 mg/g으로 가장 많았으며, 내엽에서는 10.17 mg/g 이었고, 중륵에서는 3.31 mg/g 으로 가장 적게 나타났다. 실제로 외엽에서 외관상 가장 짙은 적색으로 어두운 빨강색을 나타냈고, 내엽에서는 밝은 분홍색을 나타냈으며, 중륵은 모든 빨강배추에서 옅은색의 붉은색을 띄고 있으나, 개체별로 정도의 차이가 있었다.

표 2. 배추 잎의 부위별 안토시아닌 함량

No.	RP_IF	RP_OF	RP_MR	G_IF	G_OF
1	0.26±0.00	0.04±0.05	0.00±0.00	ND	ND
2	1.74±0.23	0.29±0.23	0.03±0.02	ND	ND
3	0.19±0.01	0.00±0.00	0.00±0.00	ND	ND
4	1.93±0.23	0.26±0.19	0.24±0.00	ND	ND
5	0.34±0.03	0.13±0.09	0.05±0.04	ND	ND
6	0.76±0.09	0.08±0.06	0.01±0.02	ND	ND
7	5.66±0.60	0.81±0.58	0.50±0.18	ND	ND
8	12.63±1.37	2.19±1.60	1.22±0.03	ND	ND
9	1.25±0.09	0.19±0.14	0.08±0.05	ND	ND
10	0.41±0.06	0.16±0.12	0.05±0.03	ND	ND
11	1.92±0.12	0.61±0.45	0.36±0.01	ND	ND
12	3.55±0.26	1.24±0.92	0.62±0.02	ND	ND
13	1.68±0.12	0.77±0.61	0.15±0.00	ND	ND
Total	32.31±2.84	10.17±1.69	3.31±0.36	ND	ND

#### 나. 빨강배추 집단에서 색소체 성분 함량 조사 및 QTL 분석

- 빨강배추를 녹색배추와 교배해서 만든 F<sub>3</sub> 집단에서 앞에서 동정한 성분의 함량을 HPLC 로 2차로 조사하였다. HPLC는 column을 이용해 RT를 기준으로 각각의 단일 성분으로 분리가 가능하므로, 시료에서 색소의 조성 및 함량을 조사, 수치화 하고자 하였다.
- 빨강배추에서 안토시아닌 색소에 관여하는 QTL을 조사하였다. HPLC 결과에서 빨강배추 특이적인 13개의 확인한 성분에 한하여 계통당 함량을 조사하고, 이들 13개 성분값의 총 합을 ‘총 안토시아닌 함량’으로 간주하여 분석에 사용 하였다. 총 14종류의 성분함량 (T1~T14)을 이용하여 색소에 관여하는 유전체 부위를 탐색한 결과, 안토시아닌에 관련 하여 염색체에서 총 10개의 QTL을 찾았다. QTL에는 2차년도와 반복되지 않는 부위도 있었는데, 이는 HPLC 조건에 따라 profiling이 달라지므로, QTL 분석에 사용된 성분 함량값과 성분의 종류가 달라졌기 때문으로 생각할 수 있다.

#### 다. 안토시아닌 자원 전사체 분석의 후보유전자 선발 및 마커 개발

- 전사체 분석 결과에서 빨강배추와 녹색배추간의 발현량이 차이를 비교하고, 차이가 나는 유전자군, 안토시아닌 생합성 관련 유전자군을 후보유전자군으로 선발하고 이들간의 allelic variation을 탐색하여 프라이머를 디자인하여, 빨강배추와 녹색배추를 구분할 수 있는 마커로 개발하고자 하였다.

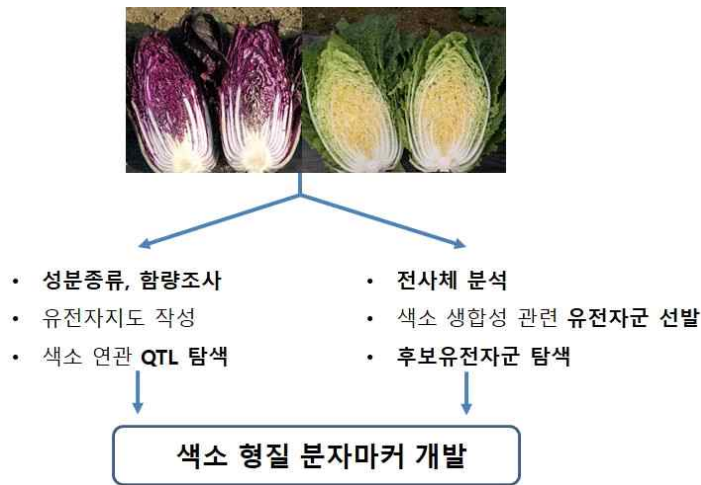


그림 2. 색소체 형질 연관 분자마커 개발 계획

- 색소체 고함유인 빨강배추와 일반 녹색배추 시료의 전사체 분석을 수행하여 각 시료를 비교하여 3.07 Gb ~ 4.13 Gb의 유전체 정보를 확보하였고, 이중 Q30 기준으로 trimming 했을 때이며 데이터의 94.11% ~ 94.48%가 분석에 적합하였다. 전사체 데이터를 어셈블리를 수행(최적의 k-mer, 57사용), 어셈블리 결과로 생성된 contig 조각의 서로 다른 모양(splicing form)으로 인하여 동일한 유전자영역에 다수의 transcript form으로 생성된 ‘total transcripts’와 이중에서 유전자영역(locus)마다 ‘representative transcript’를 하나씩 선발하여 ‘representative transcript’를 생성하였다. 총 63,900개의 ‘total transcripts’와 32,395개의 ‘representative transcript’를 선발하였다. DB를 사용하여 BLASTX로 annotation을 수행하여 ‘representative transcript’에서 서열유사도를 기준으로 하여 29,219개(90.20%)에 대한 정보를 확보하였다.
- 본 연구에서 목적은 색소체 함량의 차이가 있는 자원간에서 이에 관여하는 유전자군을 알아보고자 보고자 하였다. 샘플간 유의하게 발현하는 유전자(DEGs; Differentially Expressed Genes) 선발은 각 유전자에 mapping된 발현값이 상호간에 비교되는 샘플에서 2배 이상 발현의 차이를 확인하는 2 fold change 방법과, adjust P-value(FDR)이 0.01 이하를 만족하는 binomial test 방법을 동시에 사용하였다. log<sub>2</sub> (Fold Change)의 값이 1보다 크면 up-regulation, -1보다 작으면 down-regulation 되었다고 판단하였다. 빨강배추와 초록배추간의 유전자 발현량의 차이를 비교하여 빨강배추에서 발현량의 증가하는 유전자를 선발하였다. 이 중에서 phenyl propanoid pathway 에 관여하는 것으로 보고된 유전자군 86개에 대하여 BLAST, BLASTX를 수행하여 DEG 중에서 66개의 유전자를 선발 하였고, 이들의 발현량의 차이를 빨강배추와 녹색배추사이에서 qRT-PCR로 확인하였다. 안토시아닌 생합성 경로의 초기단계인 phenylpropanoid pathway 에 관여하는 유전자군부터, 초기 안토시아닌 생합성 경로 및 late biosynthesis pathway에 관여하는 구조유전자들과 transcription factor와 같은 조절유전자등 다양한 유전자에서 발현량의 차이를 RT-PCR로 확인하였다.
- 발현양이 차이가 있는 54개 유전자를 후보 유전자로 선발하고, 형질 연관 마커로 개발하고자 하였다. 54개 유전자에 대하여 qRT-PCR 실험 결과로 발현량의 차이가 있는 10개의 유전자를 대상으로 하여 빨강배추와 녹색배추의 유전체 재분석 결과를 배추표준유전

체 정보를 대상으로 비교하여 프라이머를 디자인하였다. 또한 전체 배추 수집단에서 염기서열 변이를 비교하여 해당 10개의 유전자의 구조에서 나타날 수 있는 다양한 변이들에 대하여도 프라이머를 디자인하였다.

- 후보유전자군에서 빨강배추 transcript와 녹색배추 transcript 간의 염기서열을 비교 하여 allelic variation을 조사하였다. 4개의 후보유전자군을 선발하였고, 이들 염기서열 변이로 인한 차이를 HRM으로 validation하여 마커 개발에 활용하고자 하였다. 빨강배추와 녹색배추간의 차이를 나타낼 수 있어 후보유전자 및 후보 마커(gene 1)로 선발하였다.
- 전사체 데이터에서 안토시아닌 생합성 경로에 관여하는 유전자들 중에서 qRT-PCR로 발현정도를 비교하여 선발한 10개의 후보유전자를 대상으로 하여 마커 개발을 하고자 하였다. 또한 전체 배추 수집단에서 염기서열 변이를 비교하여 해당 10개의 유전자의 구조에서 나타날 수 있는 다양한 변이들에 대하여도 프라이머를 디자인하였다. 총 52개의 프라이머를 디자인하여 4개의 계통(RR, Rr 빨강계통 2점; rr, GG 초록계통 2점)에서 표현형적으로 드러나는 색소체 함량의 차이를 구분 할 수 있는지 조사하였다.
- 총 5개의 후보유전자군에서 디자인한 HRM 마커 중에서 12개의 프라이머가 빨강배추와 녹색배추 사이의 다형성을 나타내었다. Gene 1은 빨강배추와 녹색배추를 구분하였으며, Gene2에서 디자인한 프라이머 'Gene 2-3', 'Gene 2-4', 'Gene 2-5', 'Gene 2-7', 'Gene 2-9'의 경우는 빨강배추의 유전자형을 제외하고 일반 녹색배추(유전자형 GG type)만을 구분 할 수 있었다. 그러나 HRM 분석 결과로 보면, 표현형이 녹색인 'rr'을 빨강배추인 'RR'과 'Rr'과 동일한 그룹으로 나타냈다. Gene 3에서 디자인한 프라이머 'Gene 3-2', 'Gene 3-3', 'Gene 3-4', 'Gene 3-7', 'Gene 3-8'의 경우에는 'RR'과 'GG'을 동일한 그룹으로, 'Rr'과 'rr'을 동일한 그룹으로 나뉘었다. Gene 4에서 디자인한 프라이머 'Gene 4-4'의 경우에도 Gene 3에서 디자인한 프라이머와 동일한 패턴을 나타냈다. 이들 12개의 프라이머 중에서 'Gene 1'이 가시적으로 빨강배추와 일반 녹색 배추를 구분 할 수 있었다.

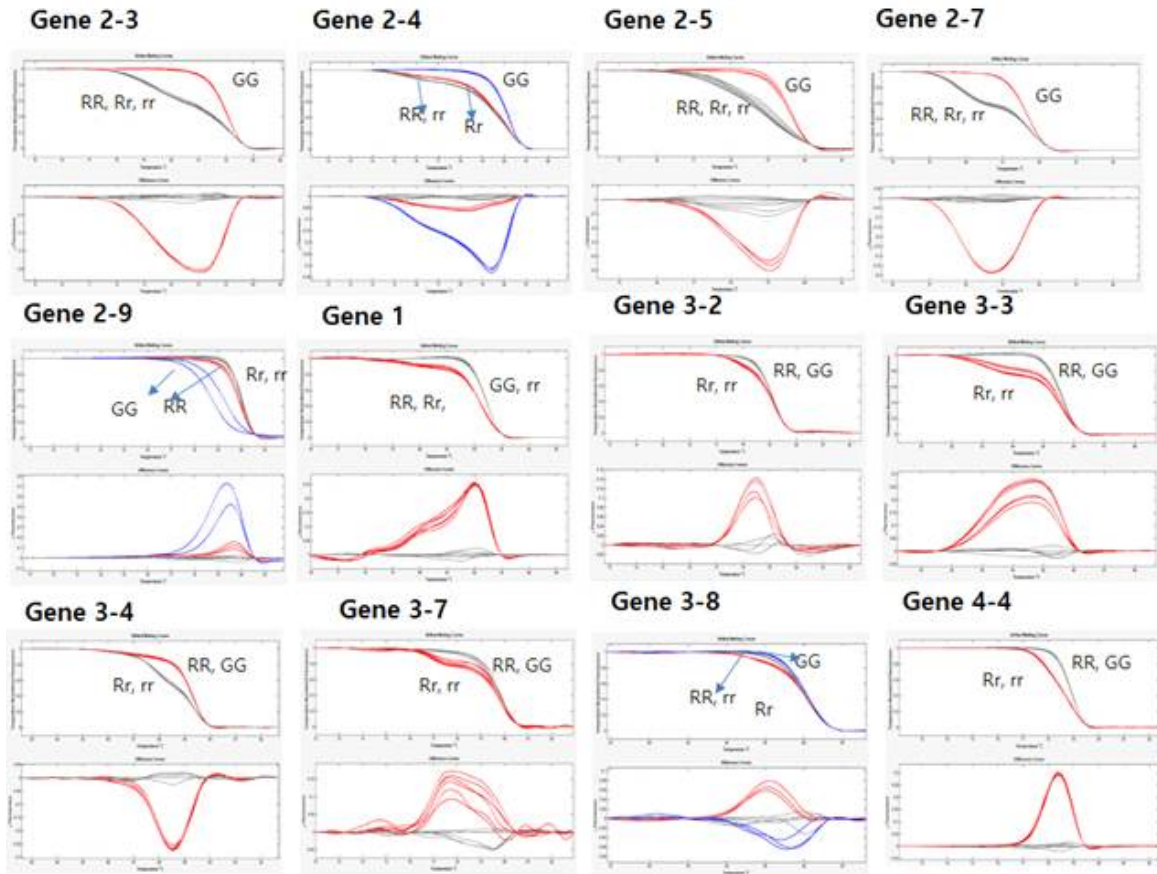


그림 2. 후보유전자군에서 디자인한 HRM 마커로 빨간배추와 녹색배추를 검정.  
(RR, Rr, 빨강계통; rr, GG, 초록계통)

- 본 결과는 과제의 목표인 빨강배추와 초록색 배추를 구분은 'Gene 1'이 할 수 있는 것으로 나타났다. 그러나, 1차적으로 색의 구분 할 뿐만 아니라 다양한 빨강 소재를 구분 가능하여 빨강 품종 특이적인 마커를 개발하고자 하였다. 이에 프로젝트 기관인 권농종묘에서 빨강배추 소재를 추가적으로 분양 받았다. 전사체 분석에 사용되었던 빨강배추 소재와 동일한 6종의 빨강배추 종자를 분양 받았으며, 현재 사용하는 빨강배추와는 소재가 다른 것으로 생각되는 4종의 빨강배추 종자를 분양 받아 총 10종의 빨강배추 자원을 추가로 분양 받았다.

→ 색소체 분석에 사용한 계통



집단1) 소재동일, 6개체



집단2) 소재다름, 4개체



그림 3. 권농종묘에서 분양 받은 빨강배추자원 종자와 녹색배추자원 종자

- 앞서 다형성을 나타낸 프라이머를 대상으로 하여 기존에 사용하던 4종의 배추 (RR, Rr, rr, GG)에 추가로 분양 받은 빨강색 소재 10종에서 마커검정을 수행하였다. Gene 1 마커

의 경우 앞서 4종(RR, Rr, rr, GG)에서 빨강형과 녹색형을 구분할 수 있는 다형성을 나타냈던 결과가 추가로 진행한 10종의 빨강색 배추 분석 결과에서도 동일하게 빨강색을 녹색배추와 구분할 수 있었다. 다만, 빨강소재가 동일한 시료(red type 1)과 다른형(red type 2)의 다양성 구분은 할 수 없었다. 흥미롭게도 Gene 5의 경우는 기존의 4종에서는 구분이 불가능 하였으나, 추가로 진행한 빨강 소재에서 red type 1과 red type 2의 구분이 가능하였다.

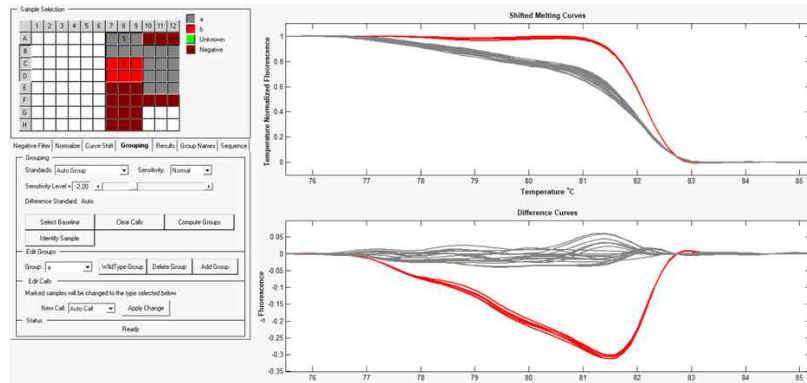


그림 3. 마커 'Gene 1'로 기존 4종과 추가 10종의 빨강소재 분석결과

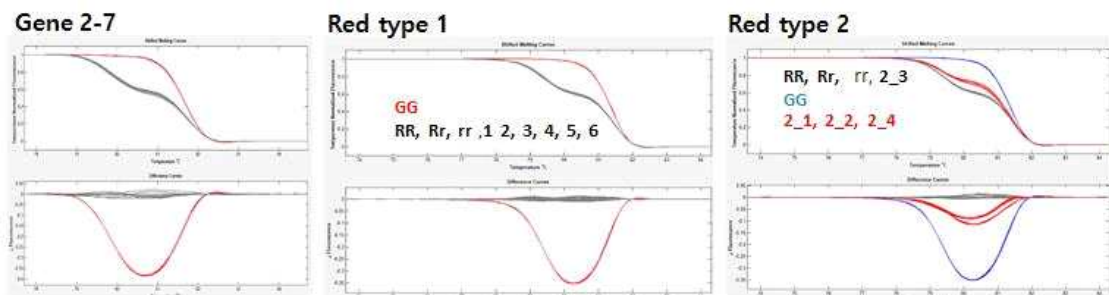


그림 4. 마커 'Gene 2-7'로 기존 4종과 추가 10종의 빨강소재 분석결과

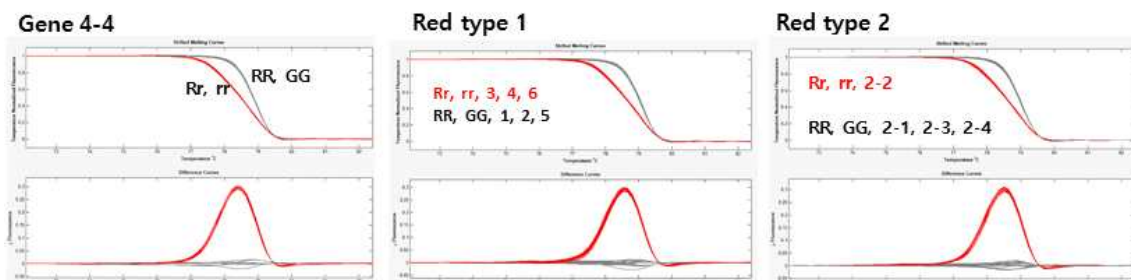


그림 5. 마커 'Gene 4-4'로 기존 4종과 추가 10종의 빨강소재 분석결과

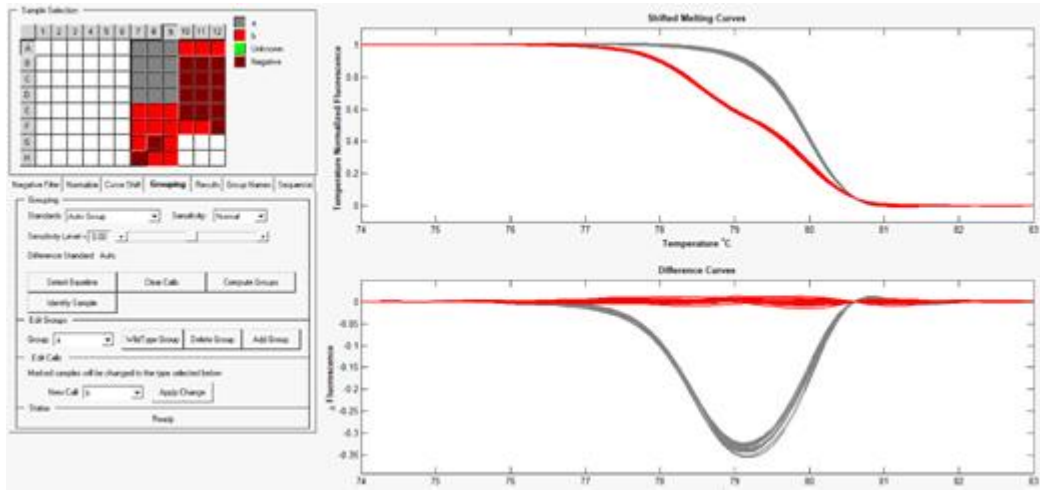


그림 6. 마커 'Gene 5-7'로 기존 4종과 추가 10종의 빨강소재 분석결과

표 3. 빨강자원과 녹색자원 대상으로 마커의 genotype

	CONTROL				Same resources						Other resources			
Gene 1	RR	Rr	GG	rr	1	2	3	4	5	6	2_1	2_2	2_3	2_4
Gene 2-7	RR	Rr	GG	rr	1	2	3	4	5	6	2_1	2_2	2_3	2_4
Type	Red	Red	Green	Green	Red type 1 (population 1)						Red type 2 (population 2)			

	CONTROL				Same resources						Other resources			
Gene 1	RR	Rr	GG	rr	1	2	3	4	5	6	2_1	2_2	2_3	2_4
Gene 5	RR	Rr	GG	rr	1	2	3	4	5	6	2_1	2_2	2_3	2_4
Type	Red	Red	Green	Green	Red type 1 (population 1)						Red type 2 (population 2)			

	CONTROL				Same resources						Other resources			
Gene 1	RR	Rr	GG	rr	1	2	3	4	5	6	2_1	2_2	2_3	2_4
Gene 4	RR	Rr	GG	rr	1	2	3	4	5	6	2_1	2_2	2_3	2_4
Type	Red	Red	Green	Green	Red type 1 (population 1)						Red type 2 (population 2)			

- 빨강배추 소재를 추가로 분석한 결과 'Gene 1'의 경우 빨강색 배추와 일반 녹색 배추를 구분 할 수 있었다. 따라서 이러한 변이가 초록배추 유전자형에서 나타나는 변이인지를 확인하고자 초록배추 유전형을 늘려서 검정 해 보았다. 추가한 빨강소재가 10종인 관계로 초록배추도 10종을 추가 하여 분석하였다.
- Gene 1의 분석 결과 모든 빨강배추 소재는 동일하게 회색 그래프를 나타나 녹색 배추 소재들과는 차별화 되는 것을 확인할 수 있었다. 그러나 녹색 배추에서 일전에 적은 수의 시료로 분석했을 때는 빨강색 그래프만이 나타났었는데, 추가로 분석한 10종의 녹색 배추소재 중에서 3종의 소재(지부, CSR85, CSR89)의 경우 녹색배추 특이적인 파란색 그래프를 추가로 생성했다. 이는 녹색 배추 유전자원 내에서 Gene 1에서 변이를 나타내는 특이적 loci가 있음을 나타낸다. 따라서 추후에는 실험실에서 기 보유 중인 다양한 녹색 배추 유전체 재분석 정보에서 Gene1의 구조분석을 하고, 이들 자원을 이용하여 HRM 분석으로 현재 빨강색 자원을 구분지을 수 있는 회색 그래프가 녹색 배추 자원에서 나타나지 않는지를 확인하고자 한다.

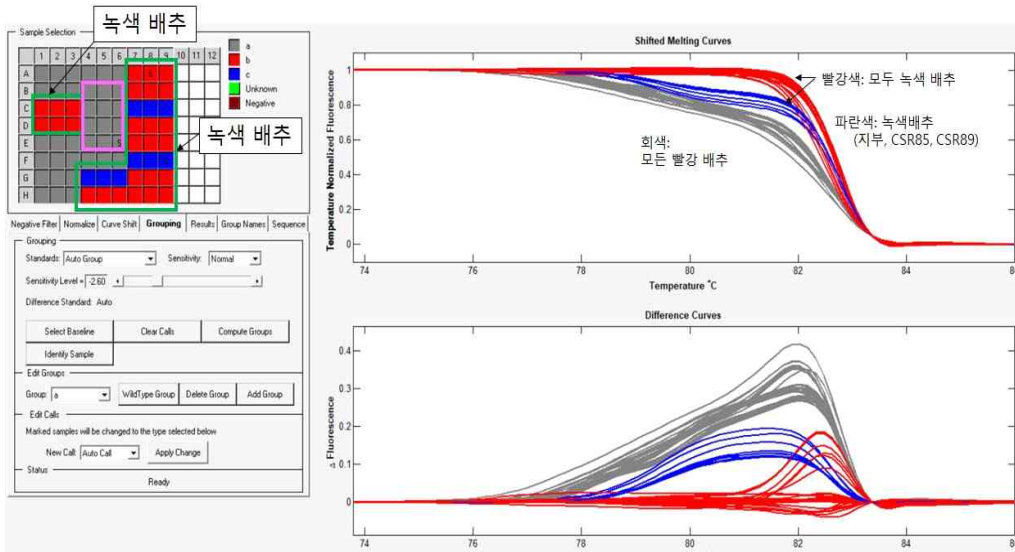


그림 7. 마커 'Gene 1'로 기존 4종과 추가 10종의 빨강소재와 10종의 녹색소재 분석결과

- Gene 2-4의 분석 결과 모든 초록배추 소재는 동일하게 빨강색과 파란색 그래프로 나타나 빨강색 배추 소재들과는 차별화 되는 것을 확인할 수 있었다. 그러나 모든 빨강색 배추가 속한 회색 그래프에서 초록배추 중에 하나인 'CSR89'가 포함되었다. 따라서 추후에는 실험실에서 기 보유 중인 다양한 녹색 배추 유전체 재분석 정보에서 Gene 2의 구조 분석을 하고, 이들 자원을 이용하여 HRM 분석으로 현재 빨강색 자원을 구분할 수 있는 회색 그래프에 녹색 배추 자원이 포함되어 나타나는지를 확인하고자 한다. 차년도에는 다양한 유전자원을 활용하여 마커의 실용가능성을 검정할 예정이고, 이러한 내용을 보완하여 논문발표를 할 예정이다.

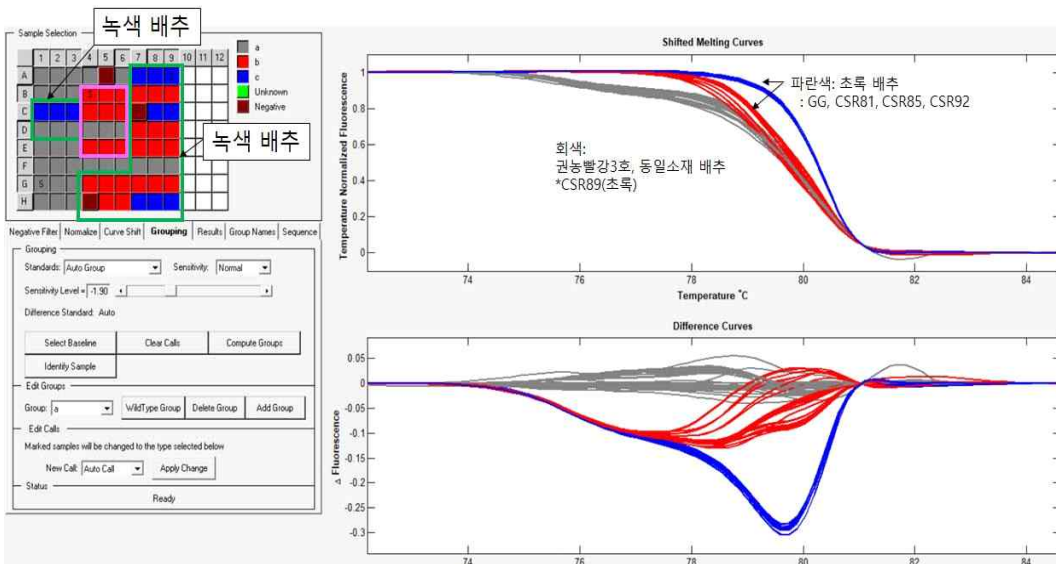


그림 8. 마커 'Gene 2-4'로 기존 4종과 추가 10종의 빨강소재와 10종의 녹색소재 분석결과

### 라. 비타민 자원의 성분 함량조사

- 고함유 자원을 사용하여 기능성 물질 분리집단 작성 및 기능성 물질 조사하여 물질 고함유에 관여하는 유전적 요인을 찾고자 하였다. 2년차 연구수행 동안 비타민 고함유라고 1차 선별한 자원의 특수성을 재확인 하고자 선별한 모계와 부계의 성분 검정을 하였었고, 결과가 1차 실험처럼 극명한 차이를 나타내지 않았다. 더욱이 2년차에 수행한 성분



분석결과로 보면, 선발한 계통에서 상반되는 결과가 나왔었다.

- 비타민C의 경우 재배 환경적 변이, 생육 시기별로 성분의 차이가 나타날 수도가 있다. 대부분 배추의 소비 형태가 결구 배추이므로, 결구 시기에 성분 조사를 해 왔으나, 성분 조사 시기가 적합 했는지에 대한 확인을 하고자 2년차에는 재배하는 동안에 지속적으로 (과종 후 3주부터 13주까지) 생육시기 단계별로 함량 조사를 한 바 있다. 비타민 고풍유 계통과 저함유 계통으로 선발한 계통 및 대조구로 함께 재배한 일반 가을재배 배추(회과람, 불암3호), 4계통 모두 유년기 보다 성숙기에 가까워질수록 생장에 따라 함량이 증가하고 있어서 성분 분석을 하기 위해 수확시기로 상품성이 있는 결구 시기에 하는 것이 적합했음을 나타냈다.
- 비타민 C 함량에 대한 1차 실험, 2차 실험, 3차 실험에서 결과가 일치하지 않은이유가 재배 환경(재배하는 연도별로 날씨 및 토양 조건, 가을재배와 봄재배의 계절적 차이)에 의한 가능성도 배제 할 수가 없어서 이 재료를 선발하는 과정을 2차년도에 한 번 더 반복 해 보기로 했었다. 상대적으로 긴 배추의 재배 기간과 생육시 부피를 고려하고, 실제 상품으로 재배되는 곳이 포장임을 감안하여 포장에서 재배하였다. 목표는 포장의 토양 및 기후 조건, 재배 조건에 상관없이 각 포장에서 상대적으로 높으면서, 다른 재배 조건에서도 공통적으로 높은 함량을 가진 계통을 선발하고자 하였기에 각기 다른 포장에서 재배하여 함량을 비교해 보기로 하였다. 따라서 선발한 계통 및 이 재료를 선발하는데 사용했던 모든 계통들을 충남대학교 포장, 대일바이오(김제), 신농종묘(천안)에서 재배하였다. 성분 분석은 대일바이오(김제)에서 재배한 집단과 신농종묘(천안)에서 재배한 두 집단, 총 3집단으로 분석을 수행 하였다.

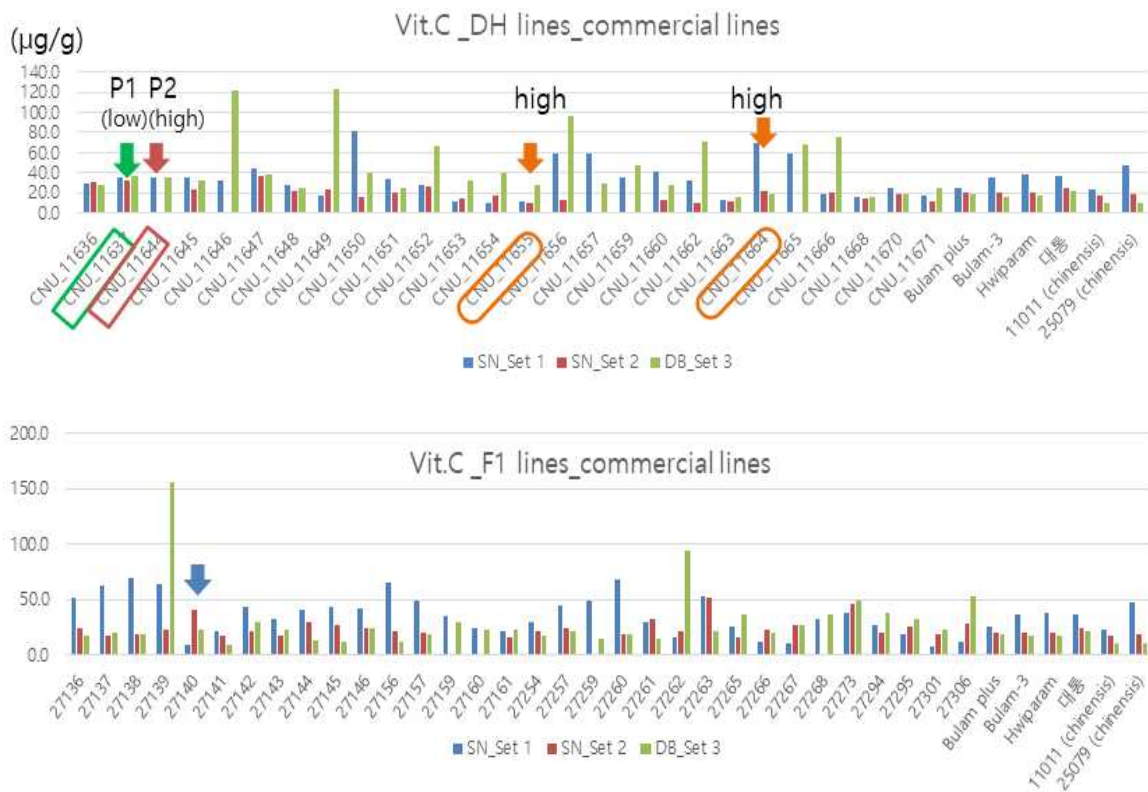


그림 9. 대일바이오(김제), 신농종묘(천안)에서 재배한 배추의 비타민C 함량조사

- 비타민C 고탐유계통으로 선발한 CNU\_11644, CNU\_11655, CNU\_11664의 경우를 보면, 대일바이오(김제), 신농종묘(천안)에서 함량간의 차이가 있었다. 더욱이 CNU\_11664의 경우는 신농씨앗에서 재배한 개체에서 매우 높게 나타났으나, 신농에서 재배한 또 다른 집단과 김제에서 재배한 개체에서는 유사하게 낮게 나왔다. CNU\_11655의 경우는 신농종묘에서는 매우 낮게 나왔으나 김제에서 재배한 경우는 중간 정도의 함량을 나타냈다. 비타민C 저함유계통으로 선발했던 CNU\_11637의 경우는 3개의 지역에서 함량이 유사하게 나타났으나 전체 집단에서 보면, 다소 높은 것으로 나타났다. CNU\_11646과 CNU\_11649의 경우는 김제에서 재배한 집단에서 매우 높게 나타났으나 천안지역에서 재배한 경우에는 그에 훨씬 못 미쳐 재배 지역 및 조건에 따라 함량의 변이가 매우 큰 것으로 보인다. 따라서 비타민C 성분조사는 성숙기인 결구시기에 하는 것이 적합하나, 현재 분석한 계통을 대상으로는 비타민C 함량은 재배여건에 따른 변이가 크게 나타나 유전적으로 조절하는 인자를 찾기 위한 연구를 진행 하기에는 어려움이 있는 것으로 나타났다. 추후 배추 수 집단에서 조사한 비타민C 성분 함량으로 GWAS 분석을 수행하여 비타민C 성분 함량에 영향을 주는 유전적 요인이 있는지 분석을 수행할 예정이다.

#### 마. 베타케로틴 형질 자원 확보 및 분리집단 양성

- 가을배추에서 황심 형질은 주요 농업적 형질 중에 하나이다. 본 과제에서 목적하고 있는 베타케로틴 형질 연관 마커 개발을 위해 베타케로틴 형질에 대한 배추자원을 신농씨앗(주)에서 분양 받았다. 연황색계이며 육종 소재로 적합한 농업적 형질을 가지고 있는 계통A와 베타카로틴 함량은 고탐유이나 서로 그 유래가 다른 두 개의 계통B, 계통C 자원의 재료를 분양 받았다. 계통B는 계통C 보다 육안으로 볼 때 더 진한 황색을 나타내는 재료이다.
- 두 배추계통의 카로티노이드 성분 및 함량을 HPLC로 조사하였다. 배추에서 분석은 조직별로 나누어서 하였다. 구의 외엽, 구의 내엽에서 일부분, 구의 내엽에서 잎과 중륵이 포함된 중앙 부분, 중륵으로 4부위로 나누어서 조사하였다.

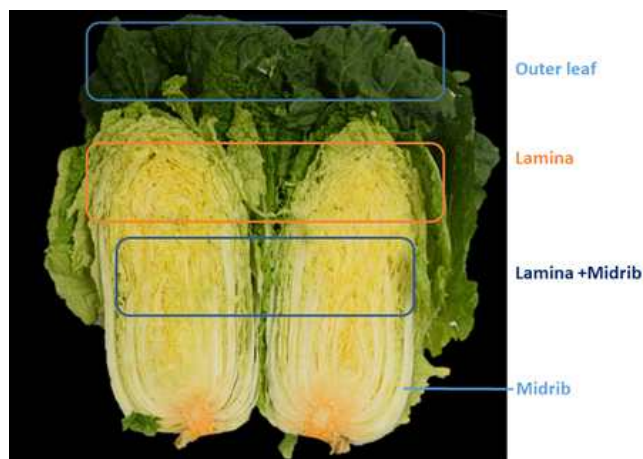


그림 10. 카로티노이드 성분 및 함량조사 조직

- 루테인, 제아잔틴, 알파 케로티노이드, 베타케로티노이드 함량이 검출되었다. 모든 성분

이 외엽에 월등히 많았으며, 구 내엽에 그 다음으로 많았다. 계통B가 계통A 보다 루테인 성분은 대략 2배, lamina 부위에서는 6.5배 많았다. B계통에서는 A계통과 달리 제아잔틴과 알파 케로틴도 검출되었다.

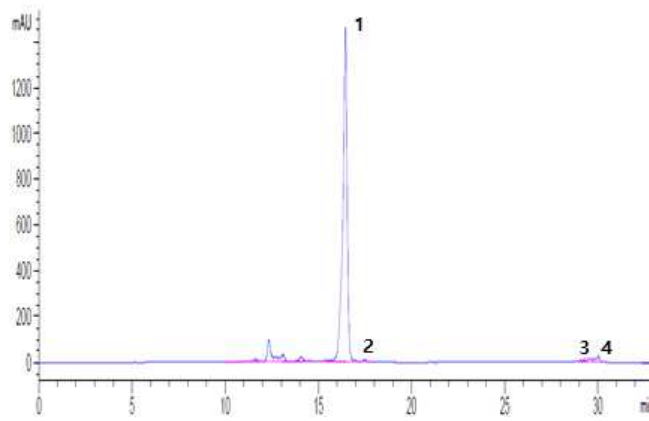


그림 11. 배추에서 PLC chromatogram (1, Lutein; 2, Zeaxanthin; 3,  $\alpha$ -Carotene; 4,  $\beta$ -Carotene)

표 4. 배추에서 카로티노이드 분석(mg/kg, dry weight)

No.	Trivial names	B				A				(n=3)
		Outer leaf	Lamina	Lamina + Midrib	Midrib	Outer leaf	Lamina	Lamina + Midrib	Midrib	
1	Lutein	414.44±101.95	19.99±1.18	1.87±0.26	ND	236.42±25.17	2.90±1.93	ND	ND	
2	Zeaxanthin	8.11±3.45	ND <sup>a)</sup>	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
3	$\alpha$ -Carotene	1.07±0.18	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
4	$\beta$ -Carotene	17.52±12.06	ND	ND	ND	2.70±1.93	ND	ND	ND	
<b>Total</b>		<b>441.14±113.93</b>	<b>19.99±1.18</b>	<b>1.87±0.26</b>	<b>ND</b>	<b>239.12±24.37</b>	<b>2.90±1.93</b>	<b>ND</b>	<b>ND</b>	

<sup>a)</sup>ND, not detected.

○ 황심형질의 중요성으로 다양한 배추에서 황심 형질을 가지고 있는데, 그 중에 구내부 색이 짙은 황심을 특징으로 하는 품종 중에는 라이코펜 고함유 배추가 있다. 이는 색상이 짙은 노랑색이라기보다는 주황색 빛을 띄고 있다. 카로티노이드 생합성 과정에서 CRITSO 기능상의 문제로 라이코펜이 그 다음 단계로 생성되지 못하고, 축적되어 라이코펜 고함유 특성을 나타낸다. 이는 카로티노이드 생합성 과정을 고려해 보면, 라이코펜은 베타케로틴보다 상위단계에서 생성되는 물질로 이는 알파케로틴과 베타케로틴 물질을 생성한다. 본 재료의 황심이 라이코펜 고함유에서 유래한지를 2차년도에 라이코펜 고함유 마커를 사용해 분석 해 보았을 때, 마커 분석의 양상(결과)이 다른 것으로 나타났다. 마커 분석으로 신농씨앗(주)에서 분양 받은 고함유 계통 중에 B(L210)를 선택하였고, 저함유 계통으로 A를 선발하여 집단 양성에 사용하였다.



그림 12. 베타카로틴 고함유 계통의 교배로 만든 F<sub>2</sub> 집단의 표현형

- 베타카로틴 형질에 대한 bi-parental 집단작성: 고함유 계통인 계통B를 일반 농업형질이 우수한 내흔계통A에 교배하여 베타카로틴 형질관련 F<sub>2</sub> 집단의 시료를 확보하였다 (그림 12). 이들 F<sub>2</sub> 집단을 자가수정하는 과정에서 생육지조와 수확한 종자량을 고려하여 136 개체로 구성된 F<sub>3</sub> 집단을 만들었다. F<sub>3</sub> 집단에서 최소 종자가 273립 이상을 수확하여 추후 카로티노이드 분석에 충분한 시료량을 확보하였다. 카로티노이드 성분 및 특성 조사를 위해 9월 초에 F<sub>3</sub> 집단의 계통별 20립씩을 파종하여 현재 가을재배 중이다. 카로티노이드 집단의 유전자 지도는 GBS 방법으로 작성예정이다. 차년도에는 유전자지도와 집단의 카로티노이드 성분값을 사용하여 카로티노이드 연관 QTL 분석을 수행할 예정이다. 이외로 현재 배추 수집단을 재배 중인데, 이들에게서 카로티노이드 성분분석을 진행하여 다양한 배추 유전자원에서 카로티노이드 함량을 조사할 계획이다. 추후 확보한 카로티노이드 함량 정보는 2세부의 품종개발에 활용할 수 있도록 제공할 예정이다.

표 5. 카로티노이드 마커 개발에 사용할 F<sub>3</sub> 집단의 종자 확보 현황

계통명	증자번호	수량	계통명	증자번호	수량	계통명	증자번호	수량	계통명	증자번호	수량
BT/NNBT:1,01	7162-1	6ml	BT/NNBT:1,49	7162-49	1,6ml	BT/NNBT:1,97	7162-97	10ml	BT/NNBT:1,233	7162-233	8,5ml
BT/NNBT:1,02	7162-2	4ml	BT/NNBT:1,50	7162-50	2,2ml	BT/NNBT:1,101	7162-101	5,4ml	BT/NNBT:1,234	7162-234	4,5ml
BT/NNBT:1,03	7162-3	4,4ml	BT/NNBT:1,51	7162-51	13ml	BT/NNBT:1,103	7162-103	4ml	BT/NNBT:1,235	7162-235	9ml
BT/NNBT:1,04	7162-4	12ml	BT/NNBT:1,52	7162-52	6ml	BT/NNBT:1,105	7162-105	7ml	BT/NNBT:1,236	7162-236	3,5ml
BT/NNBT:1,06	7162-6	8ml	BT/NNBT:1,53	7162-53	5,5ml	BT/NNBT:1,106	7162-106	1,5ml	BT/NNBT:1,237	7162-237	9,8ml
BT/NNBT:1,07	7162-7	5,8ml	BT/NNBT:1,55	7162-55	9,5ml	BT/NNBT:1,107	7162-107	1,8ml	BT/NNBT:1,238	7162-238	14,5ml
BT/NNBT:1,08	7162-8	8,7ml	BT/NNBT:1,56	7162-56	3,4ml	BT/NNBT:1,108	7162-108	6,5ml	BT/NNBT:1,240	7162-240	456립
BT/NNBT:1,10	7162-10	5,4ml	BT/NNBT:1,57	7162-57	6,7ml	BT/NNBT:1,109	7162-109	2,8ml	BT/NNBT:1,241	7162-241	5,7ml
BT/NNBT:1,11	7162-11	13,9ml	BT/NNBT:1,58	7162-58	5,5ml	BT/NNBT:1,111	7162-111	4,3ml	BT/NNBT:1,242	7162-242	9,5ml
BT/NNBT:1,14	7162-14	10ml	BT/NNBT:1,61	7162-61	6,8ml	BT/NNBT:1,112	7162-112	3ml	BT/NNBT:1,243	7162-243	6,2ml
BT/NNBT:1,15	7162-15	7ml	BT/NNBT:1,63	7162-63	5,4ml	BT/NNBT:1,113	7162-113	2,4ml	BT/NNBT:1,244	7162-244	6,8ml
BT/NNBT:1,17	7162-17	7,3ml	BT/NNBT:1,64	7162-64	4ml	BT/NNBT:1,114	7162-114	3,3ml	BT/NNBT:1,245	7162-245	270립
BT/NNBT:1,19	7162-19	5,3ml	BT/NNBT:1,65	7162-65	4,5ml	BT/NNBT:1,116	7162-116	360립	BT/NNBT:1,249	7162-249	1,5ml
BT/NNBT:1,20	7162-20	680립	BT/NNBT:1,66	7162-66	9ml	BT/NNBT:1,201	7162-201	7,5ml	BT/NNBT:1,250	7162-250	8,8ml
BT/NNBT:1,23	7162-23	325립	BT/NNBT:1,68	7162-68	501립	BT/NNBT:1,202	7162-202	2,1ml	BT/NNBT:1,252	7162-252	7ml
BT/NNBT:1,25	7162-25	520립	BT/NNBT:1,69	7162-69	2,7ml	BT/NNBT:1,204	7162-204	11,5ml	BT/NNBT:1,253	7162-253	6,4ml
BT/NNBT:1,26	7162-26	4ml	BT/NNBT:1,72	7162-72	8,5ml	BT/NNBT:1,205	7162-205	13,3ml	BT/NNBT:1,254	7162-254	7ml
BT/NNBT:1,27	7162-27	2,3ml	BT/NNBT:1,73	7162-73	10ml	BT/NNBT:1,207	7162-207	7ml	BT/NNBT:1,255	7162-255	6ml
BT/NNBT:1,29	7162-29	3,4ml	BT/NNBT:1,74	7162-74	2ml	BT/NNBT:1,211	7162-211	6,4ml	BT/NNBT:1,257	7162-257	10ml
BT/NNBT:1,30	7162-30	3,5ml	BT/NNBT:1,75	7162-75	8,5ml	BT/NNBT:1,212	7162-212	152립	BT/NNBT:1,259	7162-259	6,5ml
BT/NNBT:1,32	7162-32	447립	BT/NNBT:1,76	7162-76	5ml	BT/NNBT:1,213	7162-213	7,5ml	BT/NNBT:1,260	7162-260	11ml
BT/NNBT:1,33	7162-33	2,5ml	BT/NNBT:1,77	7162-77	5,5ml	BT/NNBT:1,214	7162-214	5,8ml	BT/NNBT:1,261	7162-261	9ml
BT/NNBT:1,34	7162-34	2,9ml	BT/NNBT:1,78	7162-78	4ml	BT/NNBT:1,215	7162-215	3,5ml	BT/NNBT:1,262	7162-262	6ml
BT/NNBT:1,35	7162-35	5,3ml	BT/NNBT:1,81	7162-81	7ml	BT/NNBT:1,216	7162-216	6,4ml	BT/NNBT:1,263	7162-263	7,1ml
BT/NNBT:1,36	7162-36	3,4ml	BT/NNBT:1,83	7162-83	4ml	BT/NNBT:1,217	7162-217	2,9ml	BT/NNBT:1,264	7162-264	4,5ml
BT/NNBT:1,37	7162-37	427립	BT/NNBT:1,84	7162-84	4,5ml	BT/NNBT:1,219	7162-219	12,2ml	BT/NNBT:1,265	7162-265	7,8ml
BT/NNBT:1,38	7162-38	273립	BT/NNBT:1,89	7162-89	9,3ml	BT/NNBT:1,221	7162-221	3ml	BT/NNBT:1,266	7162-266	11,6ml
BT/NNBT:1,40	7162-40	4,5ml	BT/NNBT:1,90	7162-90	4,9ml	BT/NNBT:1,222	7162-222	6ml	BT/NNBT:1,267	7162-267	12,2ml
BT/NNBT:1,41	7162-41	6,8ml	BT/NNBT:1,91	7162-91	4,5ml	BT/NNBT:1,225	7162-225	7,5ml	BT/NNBT:1,270	7162-270	5ml
BT/NNBT:1,42	7162-42	5,3ml	BT/NNBT:1,92	7162-92	6,5ml	BT/NNBT:1,226	7162-226	13,3ml	BT/NNBT:1,273	7162-273	120립
BT/NNBT:1,44	7162-44	8,6ml	BT/NNBT:1,93	7162-93	4,5ml	BT/NNBT:1,227	7162-227	2,2ml	BT/NNBT:1,274	7162-274	12,6ml
BT/NNBT:1,45	7162-45	6,1ml	BT/NNBT:1,94	7162-94	6ml	BT/NNBT:1,228	7162-228	8ml	BT/NNBT:1,275	7162-275	4,5ml
BT/NNBT:1,46	7162-46	3,5ml	BT/NNBT:1,95	7162-95	585립	BT/NNBT:1,229	7162-229	6,7ml	BT/NNBT:1,278	7162-278	4,8ml
BT/NNBT:1,47	7162-47	4,8ml	BT/NNBT:1,96	7162-96	4,8ml	BT/NNBT:1,232	7162-232	9,1ml	BT/NNBT:1,279	7162-279	4ml



그림 13. 카로티노이드 분석 위해 재배중인 배추수집단

#### [4년차]

##### 가. 빨강배추 전사체에서 후보유전자 발굴 및 분자마커 개발, 마커 효율성 검증

- 식물의 색소(pigment)는 광합성에 관여하는 엽록소를 제외하고 3가지 계통(안토시아닌, 카로테노이드, 베타라인)이 존재하며 이 색소들이 수분을 위한 동물유인 및 종자 분산 등을 담당하며, 자외선이나 강한 가시광선에 의한 식물의 손상을 막아준다. 안토시아닌(anthocyanin)은 플라보노이드(flavonoid) 계통의 수용성 색소로 식물의 잎, 꽃 및 과실의 푸른색, 자주색 및 붉은색을 결정하며, 식물의 성장과 발달에도 중요한 역할을 한다. 안토시아닌은 꽃잎에서 곤충 등 화분매개자를 유혹하고, 열매 및 씨앗에서 종자의 분산을 도와 생태적 분포를 마련한다. 안토시아닌을 포함한 플라보노이드 화합물은 곤충 및 외부 스트레스에 대한 식물의 손상을 보호하는 기능을 하고, 특히 활성산소 등에 의한 손상을 막기 위해 항산화제로서의 기능을 한다. 안토시아닌은 사람에게도 항산화제로 작용하여 세포사멸을 감소시키고, 심혈관 질병, 암, 당뇨, 신경퇴화, 염증, 바이러스 감염 및 비만을 예방할 수 있어, 건강식품 소재로 각광을 받고 있다. 대사체공학을 통한 과실과 야채의 안토시아닌 함량의 질적 양적 증가는 중요하고 산업적 가치가 있는 연구방향이다.
- 식물에서 안토시아닌 생합성 경로는 잘 알려져 있다. 금어초, 페튜니아, 애기장대에서 CHS(chalcon synthase), CHI(chalcone isomerase), F3H(flavanone 3-hydroxylase) 유전자 등은 플라보노이드계 화합물의 초기 합성에 관여하는 EBGs(early biosynthetic genes)로서 다양한 플라보노이드 화합물 생합성기작에 모두 공통으로 관련되어 있으며 초기에 발현이 이루어진다. 한편,DFR(dihydroflavonol 4-reductase), LDOX(leucoanthocyanidin oxygenase), ANR(anthocyanidin reductase) 및 UD3GT(UDP-glucose: flavonoid 3-Oglucosyltransferase) 유전자 등은 LBGs(late

biosynthetic genes)로 EBGs의 발현이 이루어진 후 나중에 발현하며, 안토시아닌 생합성 경로의 후반부를 담당하고 있다. LBGs의 발현은 MYB-bHLH-WD40 전사복합체에 의해 조절되며, 이 복합체의 활성화는 발달단계 신호, 환경 신호 및 호르몬 신호 등에 의해 조절된다.

- 분자마커 개념이 도입된 분자 육종은 선발의 효율성과 정확성으로 인해 육종 연한을 기존 육종에 비해 단축할 수 있고 환경에 의한 영향도 없으며, 조기에 정밀 검정을 통해 비용을 절감시킬 수 있는 이점이 있다. 따라서 분자마커와 같은 육종기술을 육종도구로 이용하면, 단기간에 좋은 품질을 생산할 수 있을 뿐만 아니라, 한 품종이 여러 가지 우수한 형질을 함유할 수 있도록 육성할 수 있기 때문에 고부가가치 품종을 개발하기 위한 도구로 사용되고 있다. 작물의 육종방향은 내병성, 수확량, 구의 크기, 추대성 등이 주 방향이었지만, 경제수준이 올라가고 소비자의 식생활 패턴이 다양해짐에 따라 기능성 및 심미적 효과를 강조한 육종의 필요성도 증대하고 있다.
- 본 과제에서 사용한 빨강색 배추(RPCC)는 (주)권농종묘에서 육성 및 연구용으로 제공해 준 것으로 일반 배추와 달리 색깔이 독특한 품종으로 안토시아닌이 풍부하여 많은 건강상의 이점이 있음을 연구 결과 확인 및 보고 된 바 있다. 본 과제에서는 RPCC에서 색소를 구성하는 물질을 분석하고, 유전적 요인을 알고자 하였다.
- 3년차에 HPLC 및 LC-MSMS 분석을 통하여 RPCC의 물질을 분석 하였었다. RPCC 시료에서 총 13개의 안토시아닌 성분을 확인 할 수 있었다. 이중에는 cyanidin 3-(feruloyl) diglucoside-5-(malonoyl) glucoside와 pelargonidin 3-(caffeoyl) diglucoside-5-(malonoyl) glucoside를 포함하고 있었다. 빨강색소를 지니고 있는 기타 엽채류에서 보고된 성분들과 비교 해 보았을 때 공통되는 성분이 있었고, RPCC 고유의 물질도 확인 할 수 있었다.

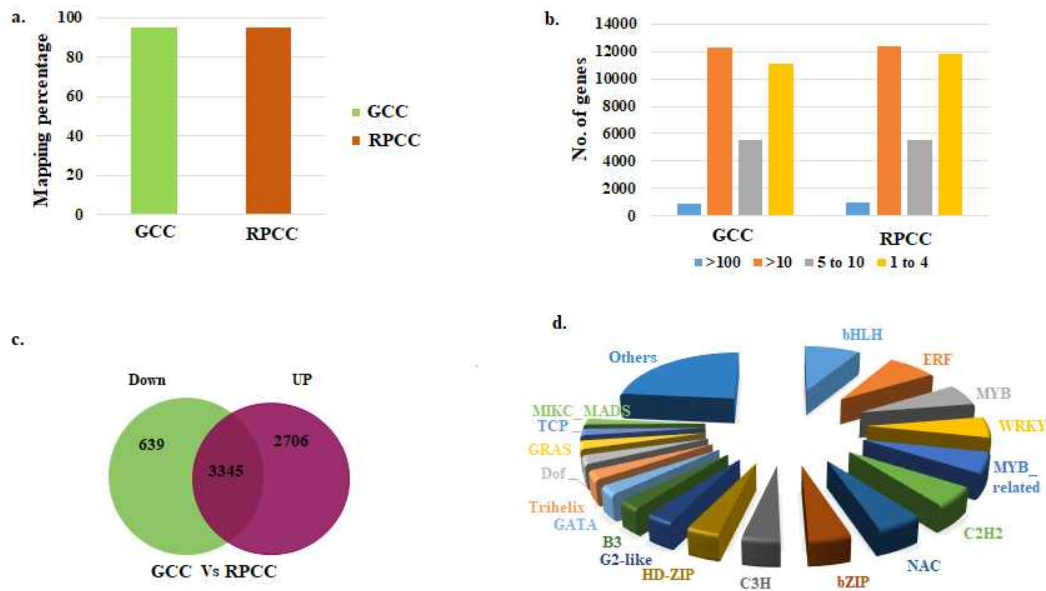
<표 1. 빨강배추(RPCC)와 초록배추(GCC)의 안토시아닌 조성 및 함량>

No. of Pigments	Trivial Names	RPCC_IL	RPCC_OL	GCC_IL	GCC_OL
1	Cyanidin 3-diglucoside-5-glucoside	0.26 ± 0.00	0.04 ± 0.05	ND	ND
2	Cyanidin 3-diglucoside-5-(malonyl)glucoside	1.74 ± 0.23	0.29 ± 0.23	ND	ND
3	Cyanidin 3-(feruloyl)diglucoside-5-glucoside	0.19 ± 0.01	0.00 ± 0.00	ND	ND
4	Cyanidin 3-(caffeoyl)diglucoside-5-(malonyl)glucoside	1.93 ± 0.23	0.26 ± 0.19	ND	ND
5	Cyanidin 3-(p-coumaroyl)diglucoside-5-glucoside	0.34 ± 0.03	0.13 ± 0.09	ND	ND
6	Cyanidin 3-(feruloyl)diglucoside-5-glucoside	0.76 ± 0.09	0.08 ± 0.06	ND	ND
7	Pelargonidin 3-(caffeoyl)diglucoside-5-(malonyl)glucoside	5.66 ± 0.60	0.81 ± 0.58	ND	ND
8	Cyanidin 3-(feruloyl)diglucoside-5-(malonyl)glucoside	12.63 ± 1.37	2.19 ± 1.60	ND	ND
9	Cyanidin 3-(feruloyl)(feruloyl)diglucoside-5-glucoside	1.25 ± 0.09	0.19 ± 0.14	ND	ND
10	Cyanidin 3-O-(sinapoyl)(feruloyl)diglucoside-5-O-glucoside	0.41 ± 0.06	0.16 ± 0.12	ND	ND
11	Cyanidin 3-O-(p-coumaroyl)(sinapoyl)diglucoside-5-O-(malonyl)glucoside	1.92 ± 0.12	0.61 ± 0.45	ND	ND
12	Cyanidin 3-O-(sinapoyl)(feruloyl)diglucoside-5-O-(malonyl)glucoside	3.55 ± 0.26	1.24 ± 0.92	ND	ND
13	Cyanidin 3-O-(p-coumaroyl)(sinapoyl)diglucoside-5-O-(malonyl)glucoside	1.68 ± 0.12	0.77 ± 0.61	ND	ND
Total		32.31 ± 2.84	10.17 ± 1.69	ND	ND

RPCC=reddish purple Chinese cabbage; GCC= green Chinese cabbage; IL=inner leaf; OL= outer leaf; anthocyanin content-mg/g dry weight.

- 빨강 배추의 파종 3주된 RPCC와 녹색 배추 (GCC)의 전사체 데이터 분석으로 3,345 개의 차별적으로 발현 된 유전자 (DEG)를 포함하여 32,395 개의 유전자를 밝혀냈다. DEG

는 218 전사인자 (TF) 유전자 및 일부 기능적으로 특성화되지 않은 유전자를 포함 하였다. 전사체 데이터에서 2차 대사산물인 색소체 생합성 경로에 속한 유전자를 60개 선 발하였다. 이들의 발현량(DEG)의 차이를 RT-qPCR로 3주, 6주 및 9주차의 배추에서 분 석 및 in-silico 데이터인 전사체 데이터를 확인 하였다. 이들 중 35 개는 GCC보다 RPCC에서 더 높은 전사 수준을 나타냈다(발현량이 더 많았다).

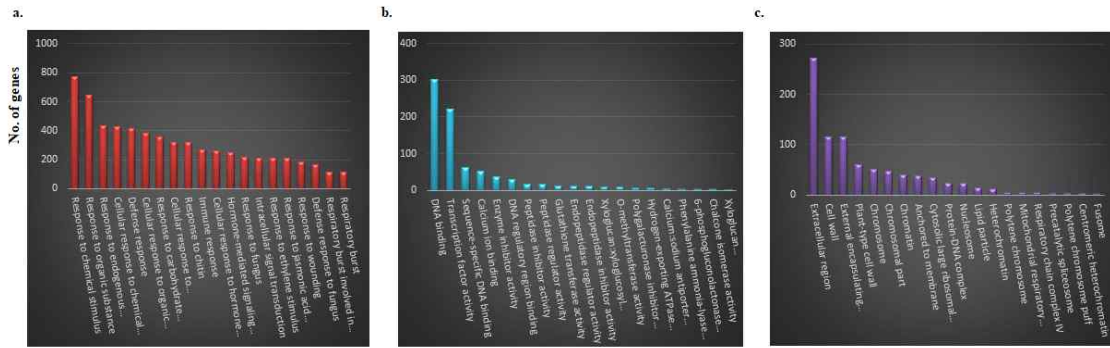


<그림 1. RPCC의 전사체 데이터>

a. 표준유전체 정보에 mapping된 transcript의 %, b. 유전자 발현값, c. 표현형이 다른 두 유전형, 빨강배추 (RPCC)와 녹색배추 (GCC)의 differentially expressed genes (DEG), d. transcription factor families in transcriptome.

○ DEG 및 KEGG 경로 분석으로 기능적 특성 조사하였다. 각 GO의 상위 20 개 풍부한 그룹을 요약하여 그림으로 나타냈다 (그림 2). BP (biological process) 카테고리에서 대부분의 DEG는 “response to chemical stimulus”, “response to organic substance”, “response to endogenous stimulus”, “cellular response to chemical stimulus” 범주에 속하는 것으로 나타났다. 흥미롭게도 이들 중 몇 가지 유전자가 “안토시아닌, 에틸렌의 생합성 및 대사 과정”에 관여하는 것으로 나타났다. “신호 전달”, “phenylpropanoid and flavonoid”, “L-페닐알라닌의 이화 작용 및 대사 과정” 및 “온도 자극에 반응”에 관여하는 것으로 나타났다. 마찬가지로 MF (molecular function) 범주에서는 대부분의 유전자가 “DNA binding”, “transcription factor activity”, “sequence specific DNA binding”, “calcium ion binding”과 관련되어 있었다. CC 범주에서 많은 DEG는 “extracellular region”, “cell wall”, “external encapsulating structure”, “plant type cell wall”에 해당되었다.



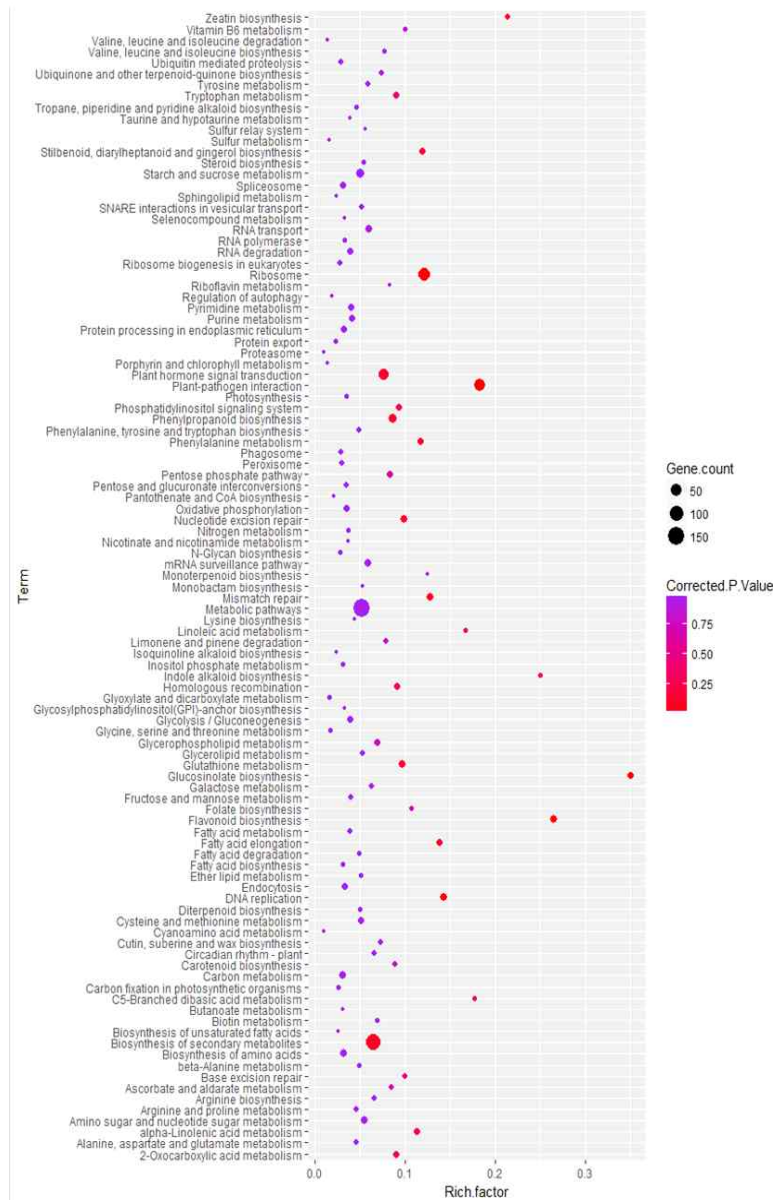


<그림 2. Gene ontology (GO) analysis of differentially expressed genes (DEGs) between red and green Chinese cabbage.>

- KEGG enrichment 분석을 통해 DEG 중에 “biosynthesis of secondary metabolites”, “metabolic pathways”, “biosynthesis of flavonoids and phenylpropanoids”, “metabolism of fructose, mannose, starch, and sucrose” 경로에 관여하는 유전자들이 활성화 되어 있는 것을 확인 하였다 (그림 3). 또한 “organ development”와 기타 “plant growth and development”에 관여하는 유전자들의 발현값이 낮게 나타남을 확인하였다.
- 이들의 P-value값을 기준으로 수치화된 데이터를 표로 표기하기보다, 데이터를 더 쉽게 이해 할 수 있도록 각 범주별로 원의 색깔과 크기로 시각화 하여 표기 하였다. (그림 3).

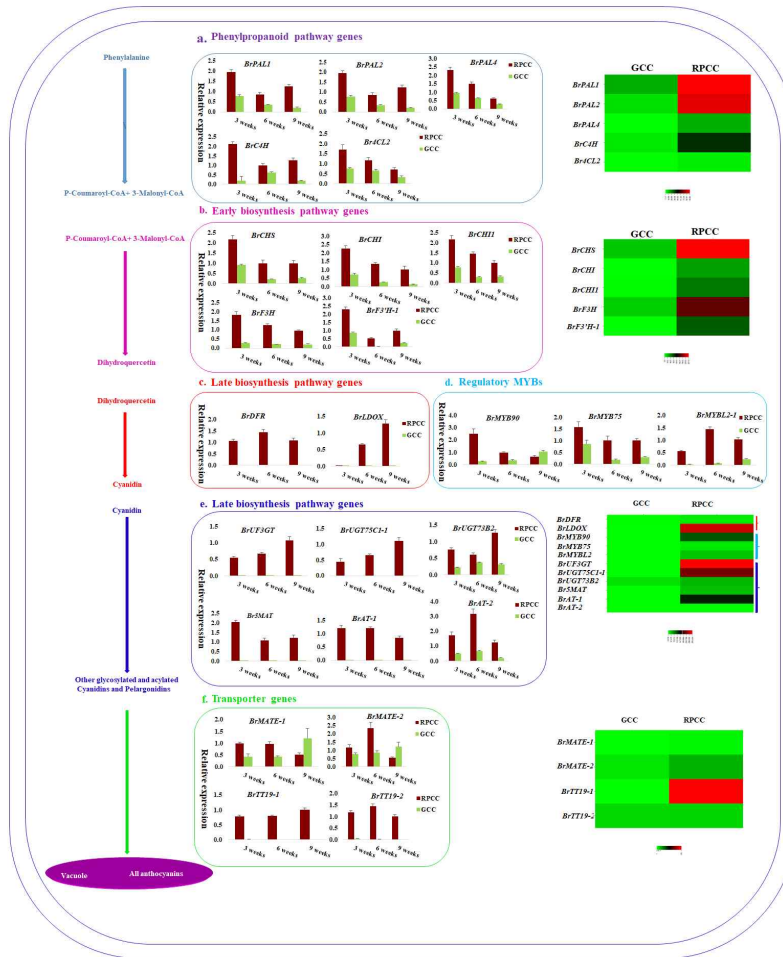
표. P-value값(일부분)

#Term	Database	ID	Input number	Background number	P-Value	Corrected P-Value
Plant-pathogen interaction	KEGG PATHWAY	brp04626	53	290	7.23E-14	7.44E-12
Ribosome	KEGG PATHWAY	brp03010	71	585	2.26E-10	1.16E-08
Flavonoid biosynthesis	KEGG PATHWAY	brp00941	13	49	6.53E-06	2.24E-04
Glucosinolate biosynthesis	KEGG PATHWAY	brp00966	7	20	2.25E-04	5.78E-03
DNA replication	KEGG PATHWAY	brp03030	16	112	4.47E-04	9.20E-03
Mismatch repair	KEGG PATHWAY	brp03430	12	94	5.03E-03	7.65E-02



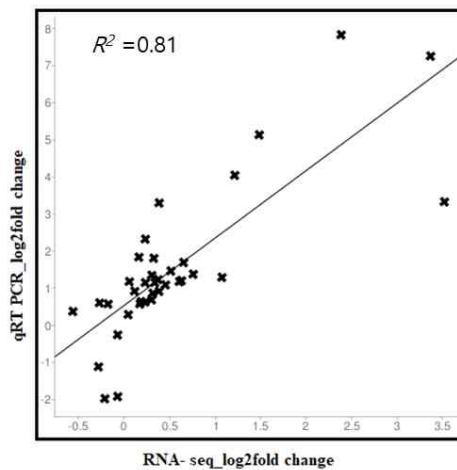
<그림 3. DEG중에서 안토시아닌 생합성 관련 유전자의 KEGG분석>

- 전사체에서 발현양의 차이가 있는 유전자들을 대상으로 qRT-PCR을 통해 검증하였다 (그림 4).



<그림 4. 빨강색 배추와 녹색배추에서 qRT분석결과 발현양의 차이가 있는 유전자들>

- Transcriptome 데이터와 qRT-PCR 간의 상관 분석을 해 본 결과, 강한 상관관계가 있음을 확인 하였다. ( $R^2 = 0.81$ ) (그림 5). 전반적으로, 유전자 발현의 유사한 경향이 있음을 transcriptome에서 확인하였다.

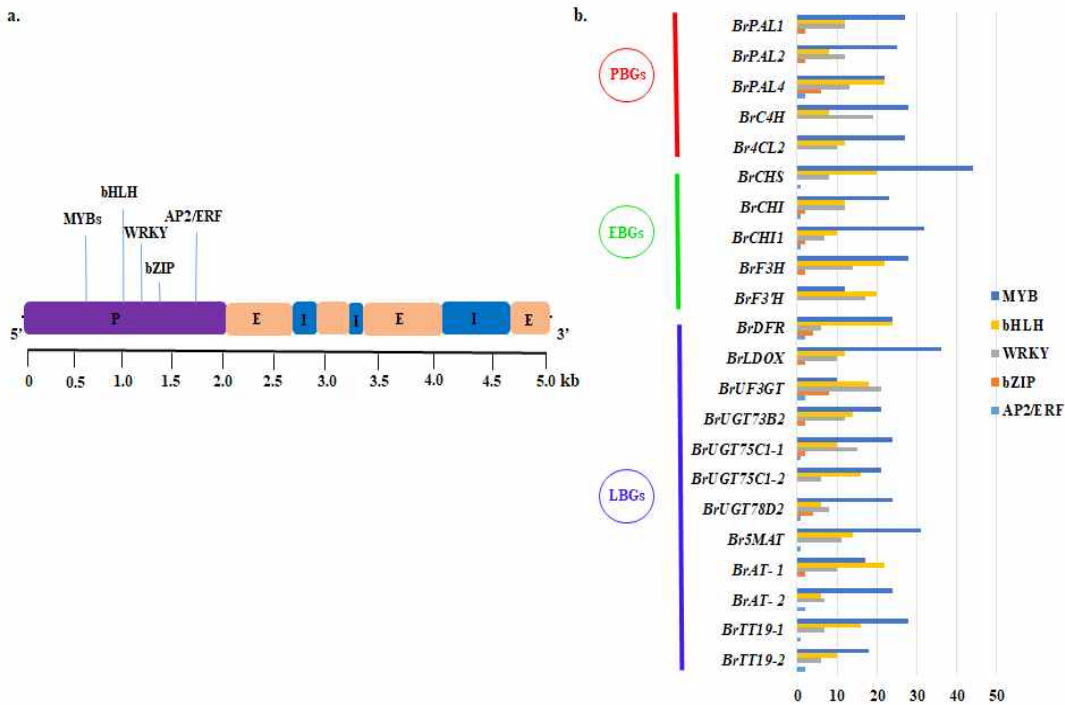


<그림 5. RNA-seq과 qRT-PCR의 상관관계 분석>

- CRE (Cis-regulatory elements)는 표적 유전자의 프로모터에서 TF에 대한 결합 부위이다. CRE를 식별하기 위해 22 개의 중요한 ABG의 프로모터 영역을 분석했습니다. 2kb 영역 up-stream 전사 시작 부위 (TSS)의 일부를 추출하고 New PLACE 프로그램으로

분석하여 CRE 모티프를 확인하였다 (그림 6a).

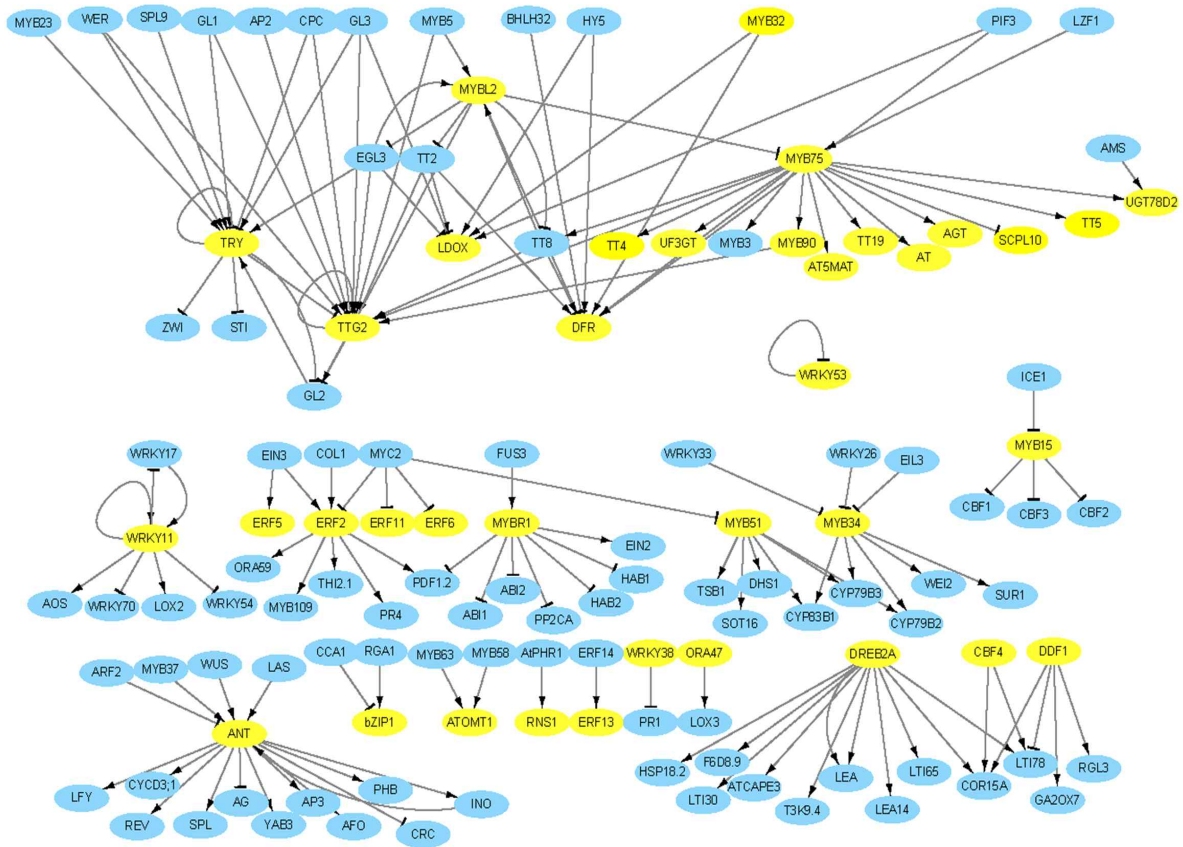
- 예측된 CRE 중 대부분은 MYB, bHLH, WRKY, bZIP 및 AP2 / ERF TF 에 대한 결합이 가장 많았다. 이는 다른 연구에서와 같이 RPCC에서도 MYB 및 bHLH CRE가 안토시아닌의 모든 단계에서 유전자 발현을 조절함을 나타낸다.



<그림 6. 안토시아닌 생합성 유전자 (ABGs)의 선도서열의 promoter 부위에서 예측되는 Cis-regulatory elements>

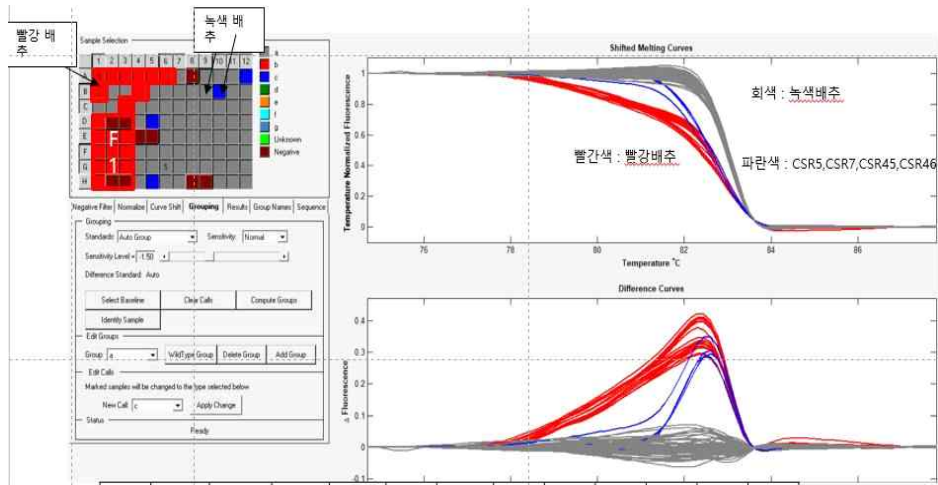
- (a) Example of plant gene organization and important cis-elements in promoter. (b) Number of each type of cis-element identified in ABGs. P, promoter; E, exon; I, intron.>

- 안토시아닌 생합성 유전자와 전사 인자 상호 작용을 규명하고자 네트워크 분석을 수행하였다. (그림 7). 그 중 37 개의 *B. rapa* 유전자(노란색 원) 147 개의 유전자와 상호 작용 하고 있음을 보여주었다. 이는 MYB75가 MYB90, 5MAT, TT5, AGT, TT4, UGT78D2, TT19, DFR 및 UF3GT들과 상호작용하면서 안토시아닌 생합성을 촉진하도록 활성화시키는 것으로 나타났다. 두 개의 LBG (DFR 및 LDOX)가 PIF3, MYB32, HY5 및 TT2 와 같은 TF에 의해 양적 관계로 조절되고 있으며 DFR도 TT8 TF에 의해 양적으로 조절되고 있음을 나타냈다. 이 결과는 TF와 그 표적 유전자는 안토시아닌 생합성 및 성장, 발달과 관련된 대사 기능과 같은 기타 기능 조절에 중요한 역할을 함을 알 수 있었다. 이러한 내용은 저널에 제출, 4월에 발표하였다 (Int. J. Mol. Sci. 2020, 21(8), 2901).



<그림 7. 안토시아닌 생합성 유전자의 규제 네트워크 분석>

- 이들 발현량의 차이가 있는 유전자들에 대해서는 염기서열에서 변이가 있는지를 조사하여 후보 유전자를 선발하였다. 그 중에 일부 후보 유전자 내의 SNP 변이를 검출할 수 있는 프라이머를 제작하여 HRM 분석을 통해 빨강색 배추와 녹색 배추를 구분할 수 있는지 실험 해 본 결과, 특정 유전자 (특허출원을 한 관계로 유전자의 이름을 밝히지 않았고 양해 바랍니다)에서 변이가 빨강색 배추를 특이적으로 판별할 수 있는 SNP 임을 확인하였다. 이러한 SNP가 전사체에 사용한 RPCC와 GCC 자원에서만 검출될 수 있는 특이적인 SNP인지, 아니면 기타 다른 배추 자원을 대상으로 분자마커 분석을 수행 하였을 때도 빨강 배추 유전자원만을 선발이 가능한지 마커의 범용성을 확인하고자 하였다. 권농종묘에서 추가적으로 빨강 소재 배추를 분양 받아서 실험에 적용하였고, 아울러 각 종묘회사에서 육종에 활용 및 보유하고 있는 녹색 배추 내혼계통 180 종류를 대상으로 분자 마커 분석을 수행하였다 (그림 8). 분석 결과, 본 SNP는 빨강배추 (RPCC)를 기타 녹색 배추(GCC)와 구분이 가능함을 확인 하였고, 이 유전자와 SNP는 특허 출원을 하였다 (대한민국 특허출원 번호, 10-2020-0110475, ‘빨강색 배추 개체 판별용 SNP 마커 및 이의 용도’). 추후 개발한 마커를 활용하여 1세부과제에서 보유하고 있는 계통 분류 및 선발에 활용하고자 한다면 지원할 예정이다.



<그림 8. RPCC 특이적 SNP를 활용한 마커분석 일부 예시 >

#### 나. 베타카로틴 고함유 자원의 기능성 물질(카로티노이드 성분)조사

- 3차년도에 두 배추계통의 카로티노이드 성분 및 함량을 HPLC로 조사한바 있으나, 재배 방법 및 기후 조건등에 따라 작물의 생육이 달라지는 만큼 다양한 조건에서 수확한 배추에서 카로티노이드 함량의 변이를 추적, 재료의 특성을 보다 정확히 파악하고자 재분석을 하였다. 또한 두 계통의 카로티노이드 성분 함량 차이를 알아보하고자, 분석시에 사용할 시료를 조직별로 나누어 조사하였고, 카로티노이드 표준품을 추가하여 분석하였다. “C01-1”~“C05-1”은 L210 (베타카로틴 고함유 계통)을 조직별로 조사한 것이며, “C06-1”~“C10-1”은 L272 (베타카로틴 저함유 계통)을 조직별로 조사한 것이다. 각 조직별 시료 준비는 1)전체 식물의 횡단면으로 1/8 조각, 2) 외엽, 3) 내엽, 4) 내엽과 중륜, 5) 중륜으로 분류하여 수행하였다.
- violaxanthin, antheraxanthin, lutein, zeaxanthin, β-cryptoxanthin, 13-cis-β-carotene, α-carotene, β-carotene, 9-cis-β-carotene 와 같은 카로티노이드 표준품을 추가하여 분석하였고 각각의 함량이 검출되었다. L210과 L272, 두 계통 간에서 다양한 성분의 함량에 차이를 나타냈으며, 조직별로도 차이가 있음을 나타냈다. 모든 성분이 외엽과 내엽에 월등히 많았다 (표2).

<표 2. 배추에서 카로티노이드 분석(mg/kg, dry weight)>

	L210 (high beta type)					L272 (low beta type)				
	C01-1	C02-1	C03-1	C04-1	C05-1	C06-1	C07-1	C08-1	C09-1	C10-1
violaxanthin	11.991	12.850	74.513	68.299	7.675	30.736	1.203	17.574	31.526	0.860
antheraxanthin	3.031	2.512	22.926	23.922	0.791	2.530	1.032	1.069	3.697	0.322
lutein	52.301	81.555	164.612	124.248	102.738	93.262	61.247	57.070	105.954	46.380
zeaxanthin	3.815	6.519	8.318	6.789	7.340	6.539	6.948	4.802	6.928	3.455
β-cryptoxanthin	0.118	0.187	1.176	0.844	0.379	0.160	0.560	0.445	1.623	0.460
13-cis-β-carotene	0.097	0.460	0.248	0.222	1.050	0.268	0.917	0.430	0.299	0.402
α-carotene	1.439	8.978	4.694	2.735	11.990	2.885	10.033	1.143	2.439	2.871
β-carotene	5.979	27.075	24.579	12.651	52.415	15.064	16.600	4.054	11.651	13.031
9-cis-β-carotene	0.989	80.766	3.399	1.674	5.409	2.999	5.771	1.277	2.330	2.810
Total*	79.759	220.901	304.465	241.386	189.787	154.443	104.311	87.865	166.448	70.590

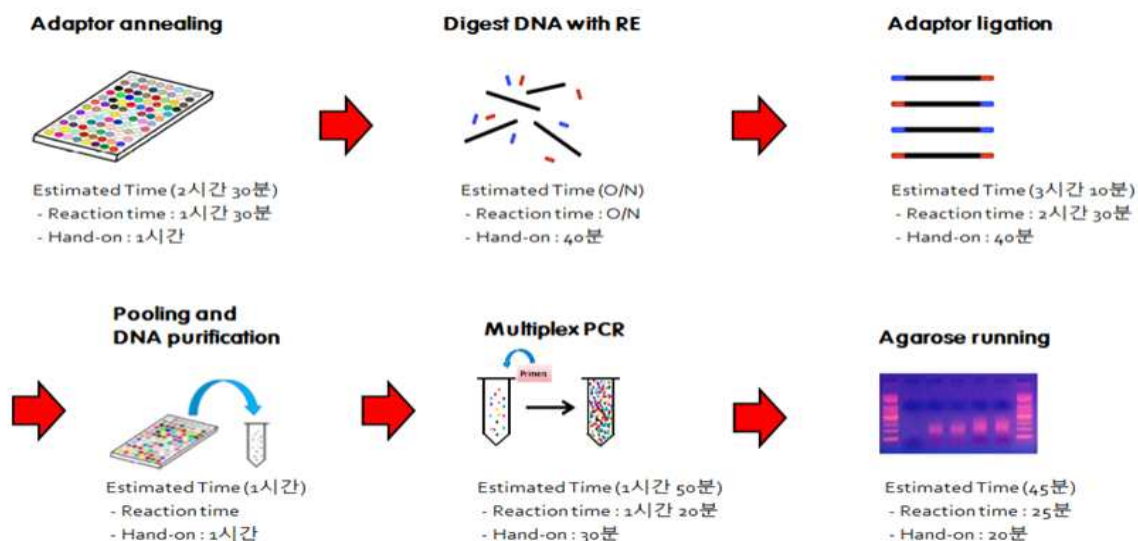
- 베타카로틴 고함유자원 유래 F<sub>2:3</sub>집단 (7162 집단, 136계통) 에서 카로티노이드 성분 분석으로 각 계통별 성분 함량 조사를 위해 재배가 진행 중이다. 또한 다양한 수집단에서 카로티노이드 성분조사를 위해 가을 재배가 진행 중이다. 추후 수확한 시료는 동결건조하여 분

왜한다음 분석을 위해 사용할 예정이다.

## 다. 색소체(베타케로틴) 고함유 집단의 유전자 지도 작성

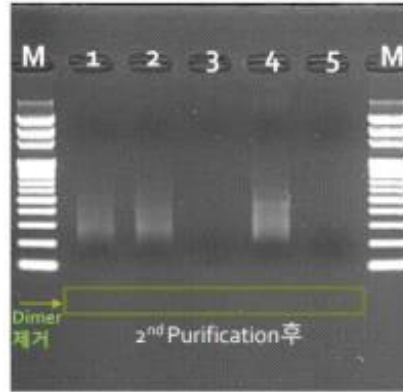
### (1) Genotype by sequencing을 위한 라이브러리 작성

- 베타케로틴 고함유 계통을 활용하여 생성한 F<sub>2</sub> 집단(7162 집단) 200개체 중에서 자가수정으로 종자를 확보한 F<sub>2:3</sub>은 총 136 계통이었다. 이를 활용하여 Genotype by sequencing (GBS) 방법으로 염기서열 기반, 대량의 마커를 생산하여 유전자 지도 작성에 활용하고자 하였다.
- 총 136개 샘플로 GBS 라이브러리를 제작하여 염기서열 분석에 사용하였다. 라이브러리 제작과정은 그림 4와 같다. ○ 각 시료에 염기서열을 알고 있는 adaptor를 annealing 하고, *ApeK1* 제한효소로 게놈을 절단한 후 adaptor를 ligation을 하여 붙였다. 이들 시료를 pooling 하여 정제한 후 multiplex PCR을 하여 정제하였다. 각 시료의 유전체를 제한효소로 절단하기 위한 효소절단반응을 진행한 후, 제한효소 반응이 적절했는지를 아가로스 젤에 전기영동 하여 확인하는 일련의 과정을 수행하였다 (그림 9).
- 총 시료수가 136개인데, 한 개 plate의 수가 96개로 제한되어 있어서 2개 plate로 염기서열 분석을 해야만 했다. 따라서 GBS용 라이브러리도 각각 2개로 만들었고, 염기서열 분석 전에 분석 결과를 최대한 확보하고자 각 plate의 라이브러리를 2개씩 만들고, 그 중에 하나를 선발하여 염기서열 분석에 활용하고자 하였다.
- GBS 라이브러리의 염기서열 분석 전에 라이브러리의 quality에 대하여 적합성을 조사하였다. GBS를 방법으로 유전체 전체에서 고르게 분포하는 SNP 마커를 선발하고자 함으로써, 라이브러리는 게놈의 전반적으로 흩어져 분포하는 제한효소 부위를 충분히 절단하고, 이들 단편이 특이적으로 증폭되었는지를 확인하고자 하였다. 1.5% 아가로스젤에 200 볼트로 30분간 전기영동 하였다.

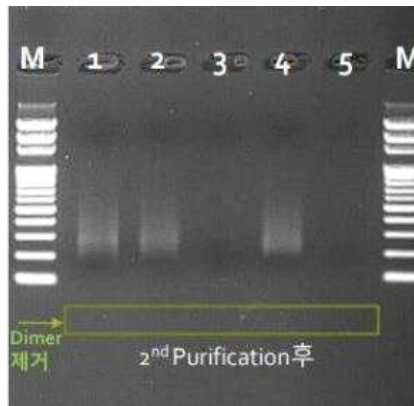


<그림 9. 라이브러리 작성 과정>

- 아가로스 젤 전기영동 결과가 200~500bp 크기 위치에서 smear 하게 나타나는 것으로 보아 잘린 단편들이 (partial digestion fragments) 많이 분포하였고, 대략 250bp 크기 위치에서 잘린 단편들의 농도가 높게 나타남을 볼 수 있었고, 이는 라이브러리가 염기서열 분석을 하기에 적합하게 제작되었음을 알 수 있었다. 또한 PCR 산물을 정제 (purification) 한 후에 하단의 primer dimer 등이 잘 제거되었음을 확인 할 수 있었다 (그림 10, 그림 11).

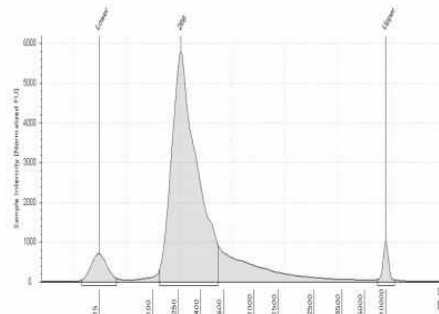
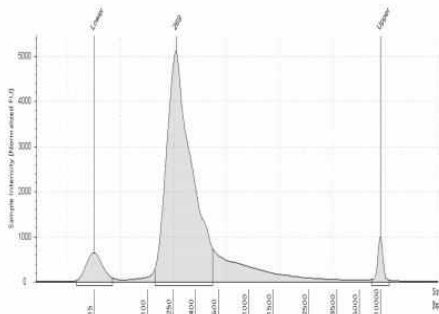


<그림 10. 1<sup>st</sup> plate 라이브러리 셋트, 정제후 결과 확인>



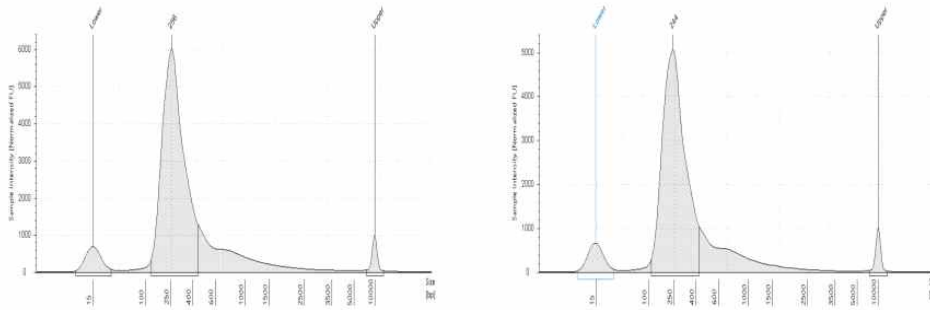
<그림 11. 2<sup>nd</sup> plate 라이브러리 셋트, 정제후 결과 확인>

- 이들 Lane 1, 2번 GBS 라이브러리를 1<sup>st</sup> plate와 2<sup>nd</sup> plate 염기서열 분석을 하기 위해 선발하였고, 이들의 적합성을 2100 bioanalyzer image로 재확인 하였다(그림 12, 그림 13). 4개의 라이브러리가 모두 염기서열 분석에 적합함을 나타냈다. 그러므로 이들 중에 1<sup>st</sup> plate 염기서열 분석을 위해서는 2번째 라이브러리를, 2<sup>nd</sup> plate 염기서열 분석을 위해서는 2번째 라이브러리를 선택하였다.





<그림 12. 1<sup>st</sup> plate 라이브러리 셋트, bioanalyzer로 QC 결과>



<그림 13. 2<sup>nd</sup> plate 라이브러리 셋트, bioanalyzer로 QC 결과>

(2) Genotype by sequencing 방법으로 라이브러리의 염기서열 데이터 생산

- Illumina HiSeq X ten로 paired-end read 로 염기서열을 분석하여 데이터를 생산하였다 (표 3).

<표 3. 생산한 염기서열 데이터 정보 요약>

No. of GBS	Sequencing file	No. of barcode	No. of sample	No. of reads	Avg. length (bp)	Total length (bp)	No. of demultiplexed reads (%)
1 <sup>st</sup>	C-cabbage-1-2_1.fastq	96	96	350,708,470	151	52,956,978,970	678,322,408 (96.71%)
	C-cabbage-1-2_2.fastq			350,708,470	151	52,956,978,970	
2 <sup>nd</sup>	C-cabbage-2-1_1.fastq	96	96	343,893,978	151	51,927,990,678	608,818,668 (88.52%)
	C-cabbage-2-1_2.fastq			343,893,978	151	51,927,990,678	
Total		192	138	2,890,411,880	701,416,940	105,913,957,940	

- GBS sequencing 데이터는 96개의 시료를 모아서 한번에 염기서열을 분석하기 때문에 일단 생산한 raw sequence data는 이후 분석을 수행하기에 앞서, 각각의 시료에 있는 고유의 barcode sequence를 이용하여 시료별로 서열을 분리하는 demultiplexing 과정을 수행하였다. Demultiplexing을 하여 분리한 시료별 raw data 통계치는 다음과 같다. 각 시료별로 확보한 raw data들의 평균 개수는 6,743,842개였고, 이들의 평균 길이는 1,018,320,173 bp 이었다.

<표 4, Demultiplexing을 하여 분리한 시료별 raw data 통계치>

A	B	C	D	E
AVG			6,703,860	1,012,282,825
SUM			1,287,141,076	194,358,302,476
0.GBS plate	1.BarCode	2.Sample name	3.Sum of raw reads	4.Total length of raw reads
1st	CTCC	CP1	12,014,254	1,814,152,354
1st	TGCA	CP2	2,688,548	405,970,748
1st	ACTA	C1	4,218,462	636,987,762
1st	CAGA	C2	377,478	56,999,178
1st	AACT	C3	11,303,136	1,706,773,536
1st	GCGT	C4	16,771,784	2,532,539,384
1st	CGAT	C6	10,014,408	1,512,175,608
1st	GTAA	C7	3,881,506	586,107,406
1st	AGGC	C8	12,438,572	1,878,224,372
1st	GATC	C10	7,921,820	1,196,194,820
1st	TCAC	C11	10,300,508	1,555,376,708
1st	TGCGA	C14	4,256,072	642,666,872
1st	CGCTT	C15	9,650,966	1,457,295,866
1st	TCACC	C17	17,876,252	2,699,314,052
1st	CTAGC	C19	26,964,374	4,071,620,474

○ Barcode sequence를 이용하여 demultiplexing 과정을 거쳐 얻은 샘플별 raw data 는 barcode 및 adapter sequence를 제거하고, sequence quality trimming을 수행하였다. Adapter trimming은 cutadapt (version 1.8.3) 프로그램을 사용하고, sequence quality trimming은 SolexaQA (v.1.13) package 의 Dynamic Trim과 LengthSort 프로그램을 사용하였다. Dynamic Trim은 phred score에 따라 short read의 양쪽 끝의 bad quality base를 잘라내고 양질의 cleaned read로 정제하는 과정을 수행하였으며, LengthSort는 Dynamic Trim에서 너무 많은 base가 잘린 read를 제거하는 과정을 수행하였다. Dynamic Trim의 phred score  $\geq 20$ 을, Length Sort 과정은 short read length  $\geq 25$ bp 사용하였다. Trimming 이후 시료당 확보한 총 read 개수는 평균 6,285,788 이었으며, trimming이후 총 read length는 704,571,224 bp 였고, 이는 trimmed한 read의 평균 길이는 111.50 bp 이었다. 생산한 row 데이터에서 trimming 후 평균 93.22%의 염기서열 데이터를 확보할 수 있었다. 표는 전체 데이터 중에 일부를 표로 만들었다.

<표 5, Demultiplexing을 통한 샘플 별 trimmed data 통계치>

A	B	C	F	G	H	I
AVG			6,249,093	700,726,561	111.54	93.23%
SUM			1,199,825,924	134,539,499,679		
0.GBS plate	1.BarCode	2.Sample name	5.Sum of trimmed reads	6.Total length of trimmed reads (bp)	7.Avg. length of trimmed reads (bp)	8.Trimmed/Raw (%)
1st	CTCC	CP1	11,267,134	1,296,831,108	115.10	93.78%
1st	TGCA	CP2	2,519,902	291,198,789	115.56	93.73%
1st	ACTA	C1	3,955,478	453,005,318	114.53	93.77%
1st	CAGA	C2	355,332	39,074,264	109.97	94.13%
1st	AACT	C3	10,605,428	1,221,659,290	115.19	93.83%
1st	GCGT	C4	15,768,394	1,811,070,610	114.85	94.02%
1st	CGAT	C6	9,378,468	1,073,470,061	114.46	93.65%
1st	GTAA	C7	3,644,344	417,815,207	114.65	93.89%
1st	AGGC	C8	11,621,244	1,332,461,966	114.66	93.43%
1st	GATC	C10	7,445,028	857,166,232	115.13	93.98%
1st	TCAC	C11	9,679,292	1,104,142,140	114.07	93.97%
1st	TGCGA	C14	3,989,116	458,182,833	114.86	93.73%
1st	CGCTT	C15	9,014,660	1,028,336,277	114.07	93.41%
1st	TCACC	C17	16,758,142	1,921,572,582	114.67	93.75%
1st	CTAGC	C19	25,243,218	2,897,146,144	114.77	93.62%
1st	ACAAA	C20	21,508,104	2,461,854,021	114.46	93.71%

### (3) 표준유전체 정보에 alignment를 통한 mapping 및 유전체내 분포

- Demultiplexing과 sequence quality trimming을 통해 확보된 각 샘플의 clean reads를 BWA 프로그램을 사용하여 표준유전체 정보에 Alingment 하여 mapping을 수행하였다.
- 분석에 사용한 표준유전체 정보는 Brassica rapa reference sequence V3.0을 활용하였다 (표 6).

<표 6. 표준유전체 정보>

Chr. #	Chromosome Length (bp)
A01	29,595,527
A02	31,442,979
A03	38,154,160
A04	21,928,416
A05	28,493,056
A06	29,167,992
A07	28,928,902
A08	22,981,702
A09	45,156,810
A10	20,725,698
Un-anchored*	56,564,952
<b>Total</b>	<b>353,140,194</b>

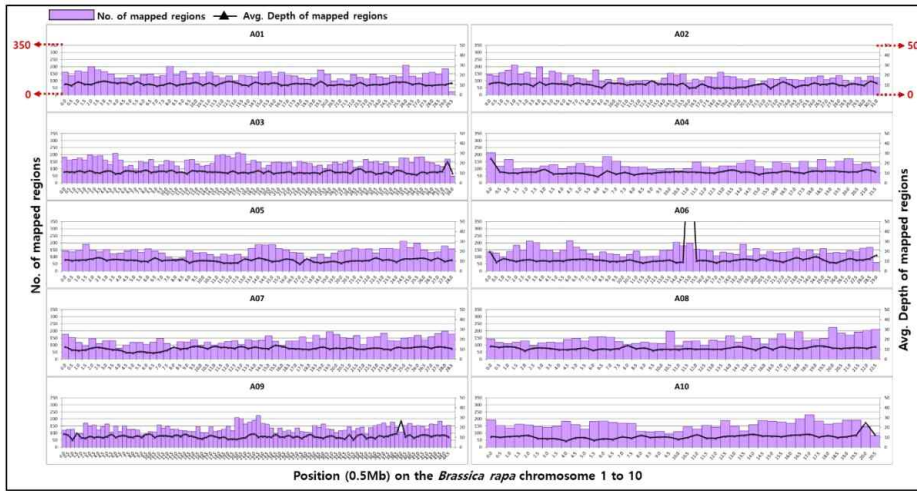
\* Un-anchored: scaffold 1,103개 길이의 총합.

- 시료당 평균으로 76,288개가 표준유전체에 mapping되었고, mapping된 곳의 평균 depth는 25.28개였으며 이들의 중위값은 12.83개였다. 계통당 mapping된 영역의 총 길이는 평균이 19,817,361 bp 이었으며, mapping된 영역의 평균 길이는 245.44 bp 였다. 각 시료별로 생산된 데이터의 표준유전체 genome coverage는 평균이 5.6118 %였다.

<표 7. 각 시료별 mapping 통계치>

AVG	6743,842	1,018,320,173	6,285,788	704,571,224	111.50	93.22%	6,285,788	5,797,986	92.25%	76,288	25.28	12.83	19,817,361	245.44	5.6118%	
SUM	1,267,842,334	191,444,192,434	1,181,728,078	132,459,390,200			1,181,728,078	1,090,021,359		14,342,112			3,725,663,885			
0.GBS plate	1.BarCode	3.Sum of raw reads	4.Total length of raw reads	5.Sum of trimmed reads	6.Total length of trimmed reads (bp)	7.Avg. length of trimmed reads (bp)	8.Trimmed/Raw (%)	9.Sum of trimmed reads	10.No. of mapped reads	11.Percent of mapped reads (%)	12.No. of mapped region	13.Avg. depth of mapped region (#)	14.medain depth of mapped region (#)	15.Total length of mapped region (bp)	16.Avg. length of mapped region (bp)	17.Reference Genome coverage (%)
1st	CTCC	12,014,254	1,814,152,354	11,267,134	1,296,831,108	115.10	93.78%	11,267,134	10,466,648	92.90%	103,053	33.42	14.43	29,296,986	284.29	8.2961%
1st	TGCA	2,688,548	405,970,748	2,519,902	291,198,709	115.56	93.73%	2,519,902	2,304,700	91.63%	60,939	15.76	9.43	14,669,464	240.72	4.1540%
1st	ACTA	4,218,462	636,987,762	3,955,478	453,005,318	114.53	93.77%	3,955,478	3,603,289	91.10%	63,939	23.77	14.02	15,489,019	242.25	4.3861%
1st	CAGA	377,478	56,999,178	355,332	39,074,264	109.97	94.13%	355,332	319,984	90.05%	20,352	7.62	5.25	3,280,253	161.18	0.9289%
1st	AACT	11,303,136	1,706,773,536	10,605,428	1,221,659,290	115.19	93.83%	10,605,428	9,898,534	93.33%	83,618	48.44	24.14	20,654,187	247.01	5.8487%
1st	GCGT	16,771,784	2,532,539,384	15,768,394	1,811,070,610	114.65	94.02%	15,768,394	13,916,206	88.25%	87,117	61.99	27.33	21,425,897	245.94	6.0672%
1st	CGAT	10,014,408	1,512,175,608	9,378,468	1,073,470,061	114.46	93.65%	9,378,468	8,561,826	91.29%	82,042	39.64	20.00	20,738,864	252.78	5.8727%
1st	GTAA	3,881,506	586,107,406	3,644,344	417,815,207	114.65	93.89%	3,644,344	3,299,760	90.54%	67,260	20.20	11.88	16,706,628	248.39	4.7309%
1st	AGGC	12,498,572	1,878,224,372	11,621,244	1,332,461,966	114.66	93.43%	11,621,244	10,792,402	92.87%	83,417	49.78	24.09	20,465,875	245.34	5.7954%
1st	GATC	7,921,820	1,196,194,820	7,445,028	857,166,232	115.13	93.98%	7,445,028	6,903,137	92.72%	82,446	30.04	15.52	21,470,120	260.41	6.0798%
1st	TCAC	10,300,508	1,555,376,708	9,679,292	1,104,142,140	114.07	93.97%	9,679,292	8,865,100	91.59%	87,891	35.47	16.85	23,280,042	264.87	6.5923%
1st	TGCGA	4,256,072	642,666,872	3,989,116	458,182,833	114.86	93.73%	3,989,116	3,721,989	93.30%	65,676	24.23	13.73	15,878,194	241.77	4.4963%
1st	CGCTT	9,650,966	1,457,295,866	9,014,660	1,028,336,277	114.07	93.41%	9,014,660	8,263,913	91.67%	80,040	43.23	21.93	19,637,795	245.35	5.5609%

- 각 시료당 GBS로 생산된 read들이 표준유전체 정보를 기준으로 mapping 한 결과가표준유전체에 균일하게 분포하는지를 확인하였다. 시료 중에 'C202'의 표준유전체에 대한 mapping결과로 표준유전체의 분포도에 대한 결과는 다음과 같다 (그림 14).



<그림 14. 시료 'C202'의 mapping 된 read들의 표준유전체내 분포>

(4) 표준유전체 정보를 기반으로 생산한 데이터를 이용하여 SNP 검출 및 유전자 지도 작성용 유효 SNP matrix 작성

- 각 시료에서 SNP 검출: Mapping은 표준유전체와 염기서열 분석 한 시료간의 raw SNP (In/Del)을 detection하기 위한 선행과정으로서 BAM format의 파일을 생성하며, 기본값을 사용하여 분석하였다.
- 총 배추 138개 시료들을 각각의 표준유전체에 read mapping을 통해 확보한 각 시료의 raw SNP를 이용하여 배추 138개 샘플 간의 통합 SNP matrix를 작성하고, 필터 기준을 통과한 SNP들을 'homozygous/heterozygous/' 유형으로 구분하였다.

<표 8. 시료별 SNP 통계>

A	B	C	D	E	F
Barcode	Sample	No. of Total SNP	No. of Homozygous SNP (read rate $\geq$ 90%)	No. of Heterozygous SNP (40% $\leq$ read rate $\leq$ 60%)	No. of etc. SNP (20% $\leq$ read rate < 40%, 60% < read rate < 90%)
CTCC, AGTGGA	CP1	36,425	29,030	2,649	4,746
TGCA, ACCTAA	CP2	18,908	14,401	1,629	2,878
ACTA, ATATGT	C1	24,718	13,788	4,577	6,353
CAGA	C2	2,083	1,446	304	333
AACT, ATCGTA	C3	31,388	16,843	6,443	8,102
GCGT, CATCGT	C4	37,957	20,987	8,322	8,648
CGAT, CGCGGT	C6	40,740	20,216	8,849	11,675
GTAA, CTATTA	C7	23,725	13,960	3,847	5,918
AGGC, GCCAGT	C8	32,904	18,967	6,194	7,743
GATC	C10	27,180	15,747	4,760	6,673
TCAC, GGAAGA	C11	34,658	18,265	6,881	9,512
TGCGA, GTACTT	C14	33,376	16,737	7,313	9,326
CGCTT, GTTGAA	C15	30,044	15,727	6,354	7,963
TCACC, TAACGA	C17	36,880	21,882	6,793	8,205
CTAGC	C19	38,024	22,415	7,460	8,149
ACAAA, TGGCTA	C20	37,084	20,970	7,683	8,431
TTCTC, TAITTTT	C23	51,386	27,304	10,340	13,742
AGCCC, CTTGCTT	C25	33,493	18,893	6,341	8,259
GTATT, ATGAAAC	C26	35,382	19,106	7,791	8,485

- 연관지도 작성용 SNP 선발에 앞서 베타카로틴 고탍유 계통과 저합유 계통을 유전체 재분석 (re-sequencing)을 하였고, 부모 2 샘플의 전처리과정을 거친 cleaned reads 를 표준유전체에 mapping을 수행하여 mapping 영역을 확보 하였다. 이들의 데이터 생산량, mapping 통계치는 표 9과 같다.

<표 9. 부모 계통의 유전체 재분석 생산량 요약>

Sample	No. of total read	No. of mapped read (%)	Mapped region(bp)* (%)
L210-3	212,557,470	198,809,715 (93.53%)	328,009,302 (92.88%)
L272-1	189,858,020	178,569,661 (94.05%)	326,980,588 (92.59%)

\*Mapped region(bp): Reference genome 대비 read mapping 되어 cover하는 영역

- 연관지도 작성용 SNP 선발에 앞서 Re-sequencing 2샘플 간의 Polymorphic SNP 선발을 하였다. SNP minimum depth 는 10으로 지정하였다. 선발된 polymorphic SNP와 GBS matrix 간 공통 SNP를 선발하고 아래 표의 조건으로 SNP 필터과정을 수행하였다.

<표 10. 부모 계통에서 polymorphic SNP >

No. of Total SNP	필터 항목	No. of SNPs
941,213	<b>Polymorphic Homozygous (100%)*</b>	<b>363,842</b>
	Polymorphic Heterozygous*	13,845
	Non-polymorphic loci*	149,612
	Ambiguous loci*	159,316
	Unknown loci*	44,451
	Depth filtered loci*	210,147

- \* No. of Total SNP: 두 샘플의 SNP를 통합한 Total SNP matrix좌,
- \* Polymorphic Homo loci (100%): 비교샘플 간에 동일 SNP 좌에서 서로 homozygous type의 polymorphism을 보이는 경우.
- \* Polymorphic Hetero loci: 비교샘플 간에 동일 SNP 좌에서 서로 heterozygous type의 polymorphism을 보이는 경우.
- \* Non-polymorphic loci: 비교샘플 간에 동일 SNP 좌에서 동일한 genotype 인 경우.
- \* Ambiguous loci: 비교샘플 간에 동일 SNP 좌에서 두 샘플 중 하나의 '기타' 유형으로 인해 polymorphism을 확인하기 어려운 경우.
- \* Unknown loci: 비교샘플 간에 동일 SNP 좌에서 두 샘플 중 하나의 '결실' 로 인해 polymorphism을 확인하기 어려운 경우.
- \* Depth filtered loci: 비교샘플 간에 동일 SNP 좌에서 'read depth >10' 조건을 만족하지 못하는 경우.

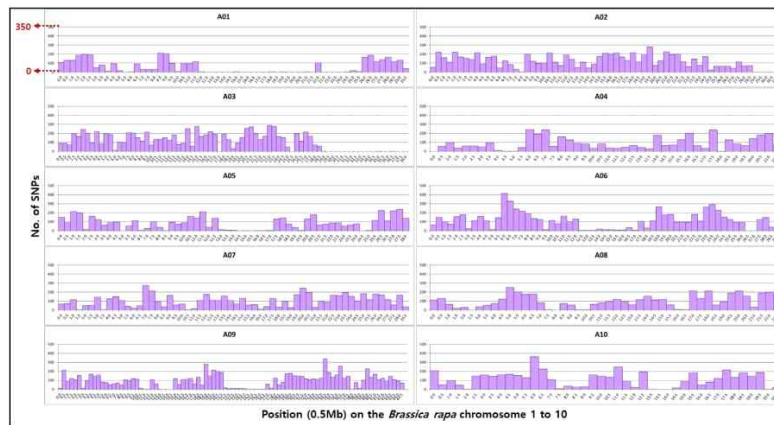
- 부모 유전체 재분석 데이터에서 선발된 polymorphic homozygous SNP 363,842 좌는 의 10개의 염색체에 고르게 분포하였다.
- 부모 계통 유전체 재분석으로 생성한 SNP 363,842좌와 집단(138개 시료)에서 생성한 GBS 데이터와 통합 SNP matrix를 작성하였다.

<표 11. polymorphic SNP 선발위한 filtering>

필터 단계	필터 항목	No. of SNPs
1	GBS Total SNP	284,213
2	Reseq, GBS 공통 SNP 좌*	59,651
3	Reseq, GBS 데이터 내 부모 동일 allele*	59,428
4	Biallelic SNP	59,420
5	MAF > 10%*	51,323
6	Missing data < 20%*	9,636
7	Missing data < 20% and MAF > 10%	9,312

- \* Reseq, GBS 공통 SNP 좌: 부모 유전체재분석 데이터에서 선발된 Polymorphic homo SNP (363,842좌)와 GBS Total SNP matrix (284,213좌) 내에서 동일한 SNP position이 확인되는 좌
- \* Reseq, GBS 데이터 내 부모 동일 allele: 'Reseq, GBS 공통 SNP 좌' 중에서 Reseq와 GBS의 동일한 부모샘플 간 같은 allele를 갖는 경우. GBS의 경우에는 결실(n)인 경우도 선발함.
- \* MAF > 10%: 각 SNP 별 minor allele frequency가 20% 보다 큰 SNP를 선발함.
- \* Missing data < 20%: 각 SNP 별 missing인 샘플 수가 20% 이내인 SNP를 선발함.

○ 배추 Reseq와 GBS를 통합한 140개체 matrix에서 선발된 Filtered SNP 9,312좌를 이용하여 linkage map 작성용 SNP로 선발 하였다. 이들 SNP의 표준유전체 분포는 다음과 같다.



<그림 15 선발한 SNP의 표준유전체 분포>

○ 유전자 지도 작성용 SNP를 선발하고자 LD분석을 수행하였다. LD 분석을 통해 얻은 LD block 내에서 선발된 SNP 1,332좌와 LD block 내 포함되지 않는 좌를 통합하여 3,063좌의 matrix 작성하고 linkage map 작성용 SNP 필터를 아래와 같이 수행하였다.

<표 12. 유전자지도 작성용 SNP 선발 과정 요약>

필터 단계	필터 항목	No. of SNPs
1	LD block filtered SNP	3,063
2	$\chi^2 > 0.05$ (**) 선발*	1,849
3	Identical SNP $\geq 0.95$ 제거*	1,807

\*  $\chi^2 > 0.05$  (\*\*) 선발: F2의 예측 분리비(1:2:1)로 chi-square test를 수행하여,

significance levels = 0.05 수준으로 선발된 좌.

\* Identical SNP  $\geq 0.95$  제거: 서로 다른 SNP 좌 간의 유사도가 95% 이상일 경우, 분석에서 제외함.

- Genetic map 작성을 위해 분석에 이용 가능한 수준의 SNP 선발은 read depth, biallelic, 분리패턴, minor allele frequency, missing data, LD, X<sub>2</sub> 항목을 고려하였다. 유전자지도 작성을 위해 최종 필터단계를 거친 1,807 SNP좌를 선발하였다. 이를 이용하여 joinmap 을 사용하여 유전자지도 분석에 활용할 예정이다.

## [5년차]

### 가. 기능성 자원 전사체 분석 및 후보유전자군 발굴

- 안토시아닌 관련하여 빨강배추와 일반 녹색 배추와 발현량의 차이가 있는 유전자들에 대해서 변이가 있는지를 조사하여 후보 유전자를 선발하여 4차년도에 마커개발을 한 바 있다. 후보 유전자군 중에 일부 유전자의 염기서열 변이가 빨강색 배추와 녹색 배추를 구분할 수 있음을 확인하였다. 또한 이들 변이가 전사체 데이터 생산에 사용한 RPCC와 GCC 자원에서만 검출 될 수 있는 특이적인 SNP인지, 아니면 보편적으로 시장에서 볼 수 있는 일반적으로 녹색인 배추에서도 구분 가능한 것인지를 다양한 배추 자원을 대상으로 분자마커 분석을 수행 하였고, 실험결과는 빨강 배추 유전자원만을 선발 할 수 있어, 마커의 범용성을 확인하였고, 특허출원을 한 바 있다. 이에 심사가 완료되어 특허등록 (대한민국 특허등록 번호, 제 10-2335126호, ‘빨강색 배추 개체 판별용 SNP 마커 및 이의 용도’)이 되었다.
- 식물에서 꽃이나 열매, 채소작물에서 다양한 색소는 시장에서 구매에 영향을 주는 평가 요인 중에 하나인 안토시아닌색소에 관여하는 유전적 요인으로써 구조유전자들과 MBW 복합체가 잘 연구되어 있어, 다양한 MYB, bHLH, WD40 전사인자가 보고되어 있다. 최근 형질에 관여하는 유전적 요인으로서 구조유전자 뿐 만 아니라 전사인자의 역할에 대한 연구도 활발하게 진행되고 있다. 그 중 하나로, B-box 징크핑거 전사인자는 식물의 성장, 발달, 광형성, 광신호, 개화와 같은 다양한 생리적 과정 뿐만 아니라 여러 생물적 및 비생물적 스트레스 반응에 대해서도 관여한다고 보고되어 있다. 하지만 배추과 작물에서 B-box (이하 BBX로 명명) 연구는 상대적으로 정보가 부족하다. 따라서 본 과제에서 Brassica B-box 유전자 및 그 발현에 대해 조사 하였다. 식물에서 BBX 전사 인자는 1개 또는 2개의 N-말단에 BBX 도메인을 포함한다. C 말단에서는 동물의 경우 BBX와 함께 링 핑거 및 코일 코일 도메인을 포함하는 경우와 달리 CCT 도메인(COL-like/CO 또는 TOC1 motif)을 포함하는 경우도 있고 포함하지 않는 경우도 있다.
- 식물에서 BBX 도메인은 구성하는 씨퀀스의 구조에 따라 두 개의 클래스로 (BBX1, BBX2) 나눌 수 있다. 42개 또는 43개의 아미노산으로 구성된 고도로 보존된 CCT 도메인은 해 단백질 수송 및 전사 조절에 중요하다. 애기장대의 경우 32개의 BBX 유전자를 유전체에 볼 수 있고 이들을 AtBBX1-32로 명명했다. 이들 32 BBX 유전자는 BBX 및 CCT의 수에 따라 다섯 개의 그룹 (I-V)으로 분류할 수 있다.

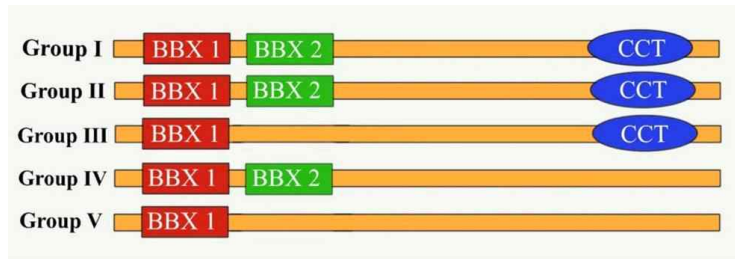


그림 1. 구조 그룹별로 BBX 단백질의 주요 특징을 설명하는 모식도 (Talar et al. 변형)

○ 이 연구에서 배추과 작물이 속한 3종의 유전체 (Brassica rapa, Brassica oleracea, Brassica napus)에서 BBX 종류와 개수를 조사하였다. Brassica rapa (BrBBX 유전자), B. oleracea(BoBBX)에서는 각각 51, 52 의 B-box 단백질을 인코딩하는 유전자를, B. napus (BnBBX 유전자)에서는 101개의 BBX family를 확인하였다.

○ 표 1. 3종류의 유전체에서 BBX 유전자 요약

Species	B-Box					Total
	Group I	Group II	Group III	Group IV	Group V	
<i>A. thaliana</i>	6	7	4	8	7	32
<i>B. rapa</i>	8	11	6	17	9	51
<i>B. oleracea</i>	9	11	7	16	9	52
<i>B. napus</i>	26	13	22	26	14	101

○ 배추과속에서 Brassica BBX 단백질 간의 진화적 관계와 기능적 차이를 설명하기 위해 BBX 유전자간의 계통발생적 관계, 보존영역, 구조, 모티브 분석을 수행하였다. 51개 B. rapa BBX, 52개의 B. oleraces BBX, 101개의 B. napus BBX 단백질 서열 및 32개의 A. thaliana BBX 서열정보를 사용하여 계통분석을 수행하였고, 결과로 5개 그룹으로 나뉘었다 (그림 2).

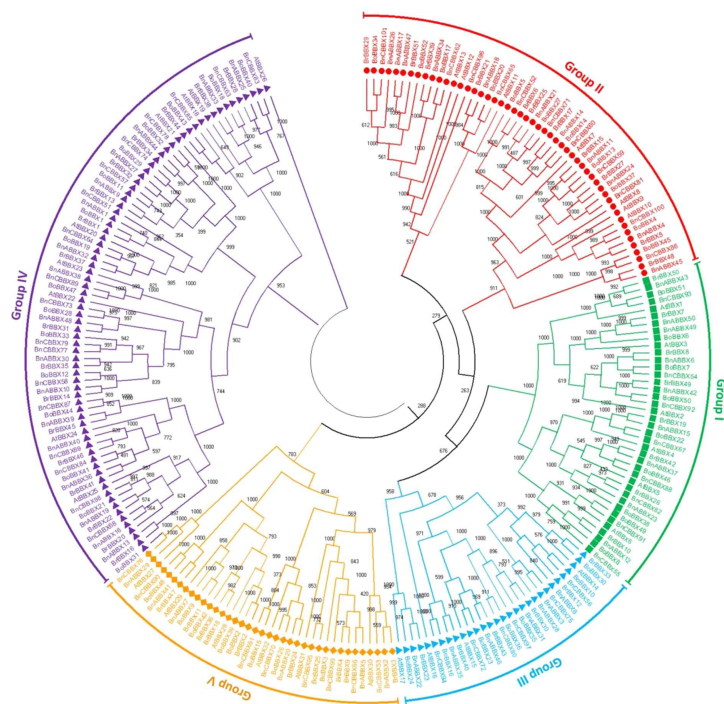


그림 2. B. rapa, B. oleracea 및 B. napus BBX 유전자간의 계통발생적 관계



- *B. rapa*, *B. oleracea* 및 *B. napus* BBX 유전자간의 보존영역, 구조, 모티브 분석을 수행하였다 (그림 3-6). 그림 3의 경우 Brassica BBX에 대해 단백질 로고를 생성하고 보존된 부분을 시각적으로 구별하기 쉽도록 나타냈다.
- 그림 4의 경우 *B. rapa* 종의 BBX 유전자간의 보존영역, 구조, 모티브 분석을 수행한 결과이다.

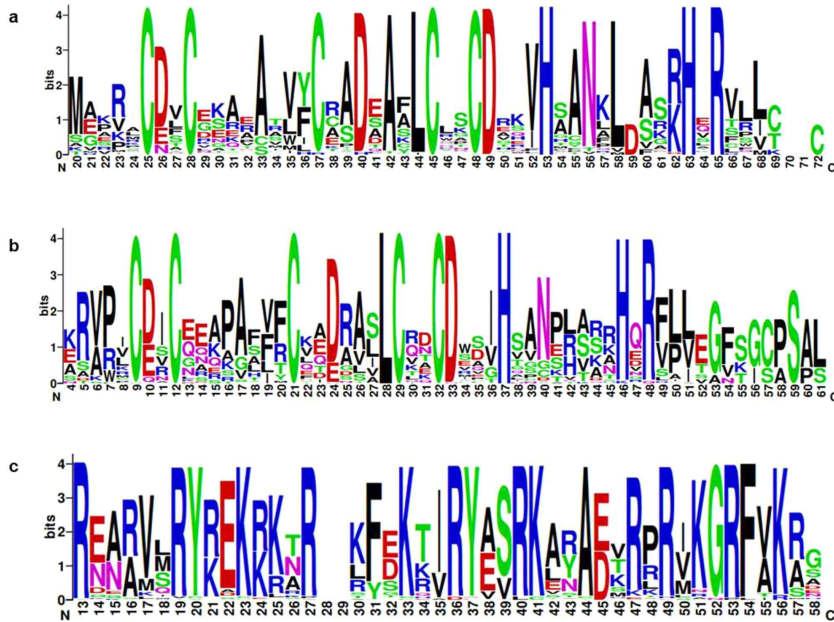


그림 3. *B. rapa* BBX 유전자간의 보존영역

- 그림 4의 경우 *B. rapa* 종의 BBX 유전자간의 보존영역, 구조, 모티브 분석을 수행한 결과이다.

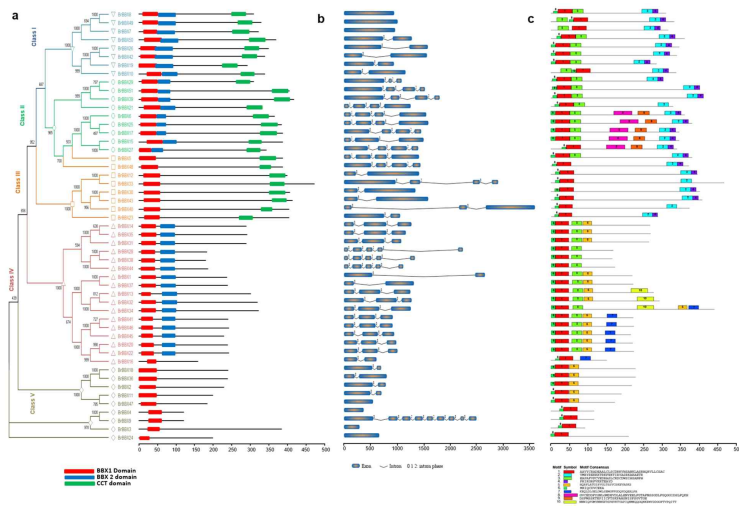


그림 4. *B. rapa* BBX 유전자간의 보존영역, 구조, 모티브 분석

- 그림 5의 경우 *B. oleracea* 종의 BBX 유전자간의 보존영역, 구조, 모티브 분석을 수행한 결과이다.

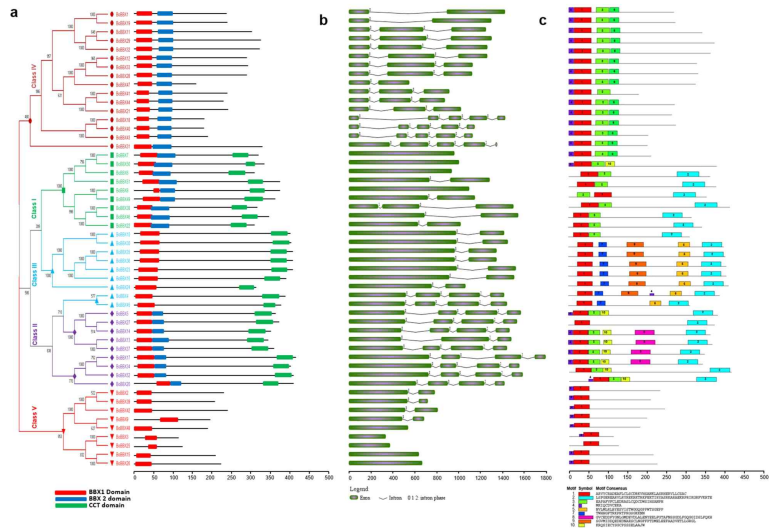


그림 5 *B. oleracea* BBX 유전자간의 보존영역, 구조, 모티브 분석

○ 그림 6의 경우 *B. oleracea* 종의 BBX 유전자간의 보존영역, 구조, 모티브 분석을 수행한 결과이다.

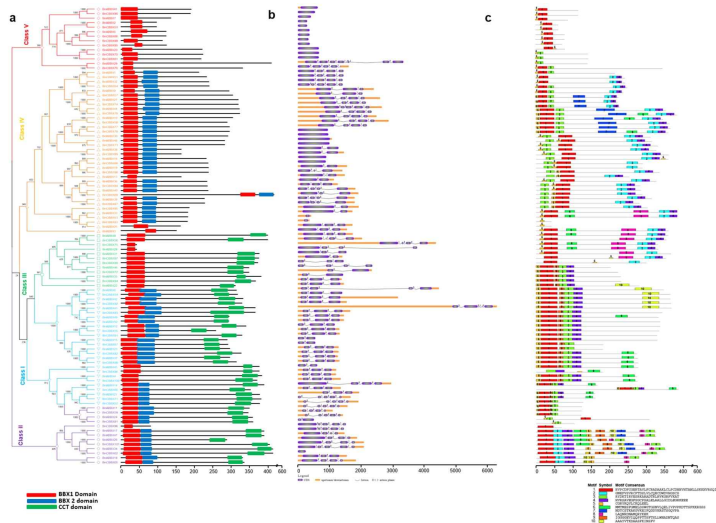


그림 6 *B. napus* BBX 유전자간의 보존영역, 구조, 모티브 분석

○ 배추과 작물에서 B-box 유전자 패밀리의 진화적 분석(syntenicity 및 orthology)은 이배체 (*B. rapa*(A 게놈) 및 *B. oleracea*(C 게놈)보다 동종사배체인 *B. napus* (AC 게놈)에서 Brassica BBX 확장이 된 것을 볼 수 있었고, 확장의 주요 원인은 부분 복제로 보였다.

○ *A.thaliana*, *B. rapa*, *B.oleracea*, *B. napus*, 4종의 BBX의

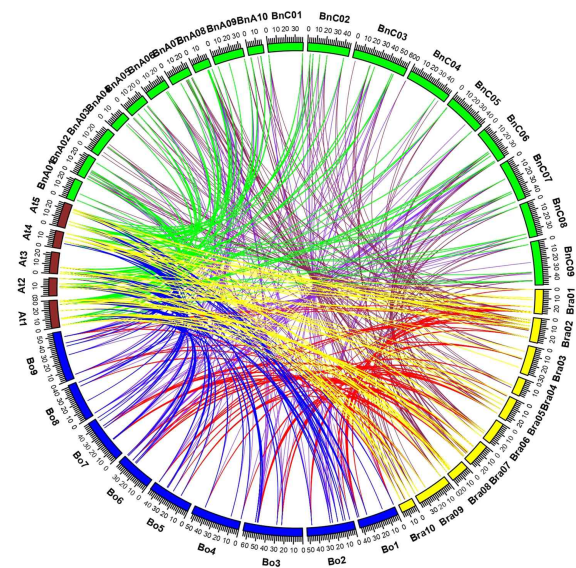


그림 7 B. napus BBX 유전자간의 보존영역, 구조, 모티브 분석

- BBX의 다양한 특성 중에서 식물의 성장, 발달, 광형성, 광신호, 개화와 같은 다양한 생리적 과정 뿐만 아니라 여러 생물적 및 비생물적 스트레스 반응에 대해서도 관여한다고 보고되어 있다. 따라서 BrBBX 발현 프로파일 조사를 조직별 발현반응과 다양한 비생물적 스트레스를 처리하고 이에 대한 반응을 qRT-PCR로 분석했다.
- 결과는 다양한 배추 특이적 BBX 가 식물 발달 및 비생물적 스트레스에 기여할 수 있음을 나타냈다.
- 비생물적 스트레스 내성 등 전반적으로 확인된 BBX 유전자는 다양한 스트레스 반응 및 식물 발달 과정에 대한 기능적 유전적 마커개발에 활용 가능할 수 있다.
- 다양한 전사인자와 결합하기 때문에 해당 유전자의 프로모터 영역의 시스 작용 요소는 유전자 발현을 조절하는데 중요하다. 따라서 유전자의 cis 조절 요소를 확인하였다. 식물의 발달, 호르몬, 스트레스 반응 등에 관여하는 요소가 관련된 것을 확인할 수 있었다.

**나. 배추 구내부색의 기능성 물질 분석 및 카로티노이드 생합성관련 유전자군 조사**

- 한국인의 식문화에서 친숙한 채소 작물 중 하나인 배추는 일반적으로 단단한 흰색 중특을 가지며 외엽은 두꺼우면서 밝은 녹색을 띠고 가장 안쪽의 잎은 밝은 노란색이 특징이다. 녹색엽 채류에 속하는 배추에는 식이섬유 이외에 카로티노이드, 글루코시놀레이트, 칼슘, 비타민C 등 다양한 기능적 성분이 함유되어 있는데, 이 중 카로티노이드가 다량 함유되어 있다.
- 카로티노이드는 대부분의 과일과 채소에 존재하는 색소 성분으로 (Wills and Rangka 1996) 현존하는 자연 발생 색소 중 두 번째로 가장 풍부한 색소로 무색에서 빨간색, 주황색, 노란색 계통의 과일과 채소의 대표적인 식물 색소이다 (Nisar, Li et al. 2015). 현재 카로티노이드는 600여 종에 달하며 Lycopene,  $\alpha$ -carotene,  $\beta$ -carotene, lutein, cryptoxanthin, zeaxanthin 와 같은 성분들이 속한다. 고등식물의 경우 카로티노이드는 엽록체의 틸라코이드 막에 엽록소에 함께 함유되어 있으며 식물이 광합성을 할 때 보조

색소로 빛 에너지를 흡수하고 이것을 엽록소로 옮기는 역할을 한다. 또한 과도한 빛 에너지로부터 세포를 보호하는 광 보호 기능도 한다 (Park 2020). 동물은 카로티노이드를 체내에서 직접 만들 수 없기 때문에 음식을 통해 섭취해야만 하는데, 이러한 카로티노이드는 비타민 A의 전구체로 눈 건강을 유지하고 시각 기능에 도움을 주며 특정 햇빛의 유해한 영향으로부터 눈 세포를 보호하는 역할을 하는 것으로 알려져 있다.

- 배추가 가지고 있는 기능성 성분 중에서 카로티노이드 성분(함량)을 조사하고, 이에 관여하는 유전적 요인을 탐구하고자 하였다.
- 배추유전체에서 카로티노이드 생합성에 관여하는 유전자군을 찾아보고, 각 표현형이 다양한 황심배추에서 이들 유전자군의 발현도를 조사하였다.





Type of color		Tissues
White (CSR39)		Outer leaf Lamina Midrib Core
Yellow (CSR144)		Outer leaf Lamina Midrib Core
Dark yellow-1 (CSR45)		Outer leaf Lamina Midrib Core
○ Dark yellow-2 (L210)		Outer leaf Lamina Midrib Core

그림 8. 구내부색의 다양성을 나타내는 시료

- 배추 내흔계 78종을 노지에 파종 후 70-90일 경과한 수확단계의 결구 배추의 구내부색을 조사하였다. white genotype의 배추 2종, yellow genotype의 배추 50종, dark yellow genotype의 배추 20종 중에 각 유전자형의 대표적인 식물 한 종을 선정하였다. 구내부색의 다양성을 기준으로, 1) white, 2) yellow, 3) dark yellow-1 4) dark yellow-2 인 네 종류로 구분하였고, 이들 시료 CSR39, CSR144, CSR45, L210 계통을 대표시료로 선발하였다.
- 결구배추 시기에 시료를 채취하고 -70 °C에 보관하였다. White genotype은 강한 조생종으로 육종소재로도 많이 사용되는 권심 배추 (cv. Kenshin: *Brassica rapa* ssp. *pekinensis*) 인 CSR39를, yellow genotype과 dark yellow genotype은 형태학적으로 우수한 품종으로 각각 CSR144과 CSR45을 사용하였다. 추가적으로 상용 계통 (주신농씨앗)의 베타카로틴 고함유 품종을 선발하였다. 각 시료는 각 유전자형의 outer leaf, lamina, midrib 그리고 core부분을 사용하여 3번의 생물학적 반복에 의해 수집하였다 (그림 8).
- 각 시료의 성분분석은 UPLC (ultra performance liquid chromatography)를 활용하여 수행하였다. CSR39 (white genotype), CSR144 (yellow genotype), CSR45 (dark

yellow-1 genotype) 의 outer leaf, lamina, midrib과 L210 (dark yellow-2 genotype) 의 outer leaf, lamina, midrib, core 조직인 총 13개의 조직을 가지고 UPLC 분석을 하였다.

- 추출용 cell(22 mL)에 cellulose filter(Thermo)를 장착 후 추출용 cell thimble (ASE-Non-Stick Thimbles for extraction, Whatman)에 동결건조 시료 0.5 g과 규조토 (ASE Prep Diatomaceous Earth, Dionex) 5.5 g을 담아 혼합한 뒤 추출하였다. ASE collection vial 담긴 시료 추출액은 코니칼 튜브에 옮겨 질소 농축기(TurboVap LV-Biotage, Uppsala, Sweden)를 이용해 60°C 온도 수욕상에서 농축을 시행하였다. 농축 후 diethyl ether 20 mL을 첨가해 추출된 분획물에 10% sodium chloride 4 mL을 첨가해 상층액만 분획하였고 이 후 2% sodium sulfate를 2mL을 첨가해 분획하였으며 각각 단계별로 3회이상 진행하였다. 분획이 끝난 색소 추출물은 질소농축기를 이용하여 농축을 시행하였고 LC grade acetone 1 mL을 첨가해 재 용해하여 0.22 µm syringe filter로 여과한 뒤 UPLC 분석용 vial에 넣어 분석을 수행하였다.
- 기기는 Waters ACQUITY UPLC (H-class)를 사용하였다. 오븐 온도는 35 °C로 설정 되었으며 조성은 다음과 같다: 용매A: (acetonitrile/methanol/dichloromethane (65:25:10, v/v/v), B: 여과수. Gradient 조건은 다음과 같다: 0-6.5 min, 30% B; 6.5-7 min, 25% B; 7-11 min, 25% B; 11-11.5 min, 30% B; 11.5-17 min, 30% B; 17-17.5 min 0% B; 17.5-27.5 min 0% B; 27.5-28 min, 30% B; 28-30 min, 30% B

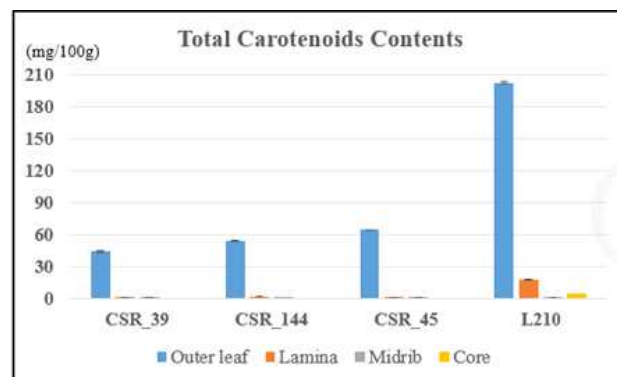


그림 9 CSR39, CSR144, CSR45 및 L210의 조직별 카로티노이드 함량

- 배추에 해당하는 카로티노이드 생합성 유전자를 확인하기 위해 (Li, Zhang et al. 2015) 와 (Tuan, Kim et al. 2012)를 참고하였다. 그 결과 MEP pathway에 해당하는 유전자는 29개, carotene pathway에 해당하는 유전자는 10개, xanthophyll pathway에 해당하는 유전자는 28개로 총 67개의 유전자를 확인하였다.
- 이들 유전자의 염색체 분포와 계통간에서 변이의 위치를 조사하였다.

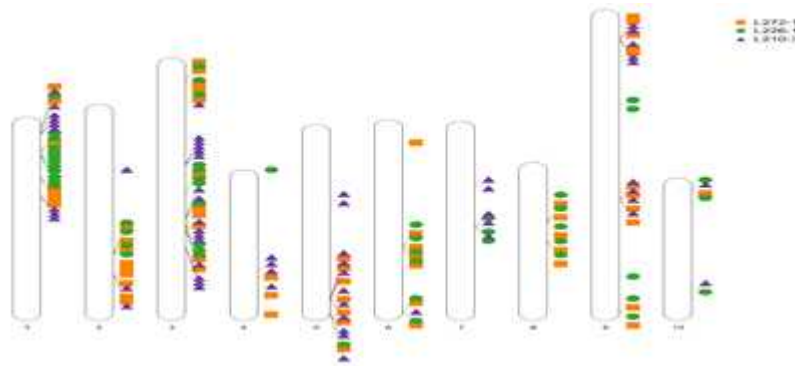


그림 10. 배추 유전체에서 카로티노이드 생합성 관련 유전자 분포

- 4개체간의 조직별 시료를 활용하여 전사체 분석을 수행하였다.

Sample name	CSR-45			L210		
	CSR-45-O.leaf	CSR-45-Lamina	CSR-45-Core	L210-O.leaf	L210-Lamina	L210-Core
TotalReads	28852912	28317439	32325021	27784067	31276296	29142476
TotalBases	4356789712	4275933289	4881078171	4195394117	4722720696	4400513876
TotalBases(Gb)	4.4	4.3	4.9	4.2	4.73	4.41
GC_Count	2065206926	2064547388	2302877872	1985529409	2249953033	2081542705
Q30_More Bases Rate (%)	95.3	94.7	95.2	95.4	95.1	95.5
Q20_More Bases Rate (%)	98.1	97.9	98.1	98.2	98.0	98.2
Mapping rate (%)	92.3	92.4	90.4	92.9	91.4	91.8

- 표현형으로 나눈 그룹의 시료에 대하여 카로티노이드 생합성 관련 유전자군의 유전자형과 발현의 차이를 확인하기 위해 semi-qRT를 수행하였다. 총 67개의 카로티노이드 생합성 유전자 중 White genotype인 CSR39은 MEP pathway에 해당하는 29개의 유전자 중에 11개의 유전자가 발현하였고 carotenoid pathway에 해당하는 10개의 유전자 중에서는 7개가, xanthophyll pathway에 해당하는 28개의 유전자 중에서는 12개가 발현하였다. Yellow genotype인 CSR144은 MEP pathway에 해당하는 유전자가 10개, carotenoid pathway에 해당하는 유전자는 6개 xanthophyll pathway에 해당하는 유전자는 14개가 발현하였다. Dark yellow-1 genotype인 CSR45은 MEP pathway에 해당하는 유전자 13개, carotenoid pathway에 해당하는 유전자 6개 xanthophyll pathway에 해당하는 유전자 16개가 발현하였다. 마지막으로 Dark yellow-2 genotype인 L210 은 MEP pathway에 해당하는 유전자 9개, carotenoid pathway에 해당하는 유전자 6개 xanthophyll pathway에 해당하는 유전자 13개가 발현하였다. 각 유전형별로 특이적인 유전자군을 선발하였다.
- 추가로 전사체 데이터에서 계통간, 조직간의 발현도의 차이가 있는 유전자군 5개를 선발하였다. 이들을 활용하여 카로티노이드 고함유 배추의 특성과 연관한 마커개발이 진행 중이다.

## 제5절. 연구개발성과

### 1. 품종개발

세부적으로 전부(건별료)기록하며, 국외인 경우 반드시 국명을 기록합니다]									
구 분	품종 명칭 (건별 각각 기재)	국 명	출원			등록			기 타
			출원인	출원일	출원번호	등록인	등록일	등록번호	
생판신고	권농빨강5호	대한민국				농업회사법인 권농종묘(주)	2017. 9.27	02-2-2017-35	
생판신고	RCC65	대한민국				농업회사법인 권농종묘(주)	2018. 9.27	02-2-2018-31	
생판신고	RCC31	대한민국				농업회사법인 권농종묘(주)	2019.10.23	02-2-2019-30	
출원	RCC65	대한민국	농업회사법인 권농종묘(주)	2018,9,20	2018-459				
출원	RCC31	대한민국	농업회사법인 권농종묘(주)	2019,10,16	2019-493				
등록	RCC65	대한민국				농업회사법인 권농종묘(주)	2021. 4.23.	제8531호	
등록	RCC31	대한민국				농업회사법인 권농종묘(주)	2021. 7. 5.	제8663호	
등록	하이베타	대한민국				농업회사법인 신농씨앗(주)	2019.3.22.	제7619호	
등록	베타리치	대한민국				농업회사법인 신농씨앗(주)	2019.3.22.	제7620호	
등록	베타그린	대한민국				농업회사법인 신농씨앗(주)	2019.3.22..	제7621호	
출원	신농봄067	대한민국	농업회사법인 신농씨앗(주)	2019.11.1.	2019-546				
출원	신농봄059	대한민국	농업회사법인 신농씨앗(주)	2019.11.1.	2019-547				
생판신고	생생일동	대한민국				농업회사법인 신농씨앗(주)	2019.6.10.	02-0002-2019-11	
생판신고	아이존베타	대한민국				농업회사법인 신농씨앗(주)	2019.6.10.	02-0002-2019-12	
등록	비아베타	대한민국	농업회사법인 신농씨앗(주)	2017.10.23	2017-529	농업회사법인 신농씨앗(주)	2020.6.30.	제8198호	
등록	레오니봄	대한민국	농업회사법인 신농씨앗(주)	2017.10.23	2017-528	농업회사법인 신농씨앗(주)	2020.4.10.	제8107호	
출원	베타932	대한민국	농업회사법인 신농씨앗(주)	2020.2.26.	2020-107				
출원	베타198	대한민국	농업회사법인 신농씨앗(주)	2020.2.26.	2020-108				
출원	베타175	대한민국	농업회사법인 신농씨앗(주)	2020.2.26.	2020-109				
출원	베타168	대한민국	농업회사법인 신농씨앗(주)	2020.2.26.	2020-106				
생판신고	베타940	대한민국				농업회사법인 신농씨앗(주)	2020.3.2.	02-0002-2020-9	
생판신고	베타911	대한민국				농업회사법인 신농씨앗(주)	2020.3.2.	02-0002-2020-7	
생판신고	베타926	대한민국				농업회사법인 신농씨앗(주)	2020.3.2.	02-0002-2020-8	
생판신고	신농가을485	대한민국				농업회사법인 신농씨앗(주)	2020.3.2.	02-0002-2020-4	
등록	베타888	대한민국	농업회사법인 신농씨앗(주)	2018.12.20	2018-689	농업회사법인 신농씨앗(주)	2021.4.13.	제8530호	
등록	베타538	대한민국	농업회사법인 신농씨앗(주)	2018.12.20	2018-690	농업회사법인 신농씨앗(주)	2021.5.7.	제8552호	
등록	신농봄026	대한민국	농업회사법인 신농씨앗(주)	2018.12.20	2018-688	농업회사법인 신농씨앗(주)	2021.5.7..	제8553호	
출원	신농베타134	대한민국	농업회사법인 신농씨앗(주)	2021.12.22	미발급				
출원	신농봄032	대한민국	농업회사법인 신농씨앗(주)	2021.12.22	미발급				
생판신고	신농봄075	대한민국				농업회사법인 신농씨앗(주)	2021.12.22	미발급	

## 2. 특허

지식재산권[발명특허, 실용신안, 의장, 상표, 규격] 등으로 구분하고, 세부적으로 전부(건별로)기록하며, 국외인 경우 반드시 국명을 기록합니다

구분	지식재산권 등 명칭 (건별 각각 기재)	국명	출원			등록			기타
			출원인	출원일	출원번호	등록인	등록일	등록번호	
발명특허등록	배추 뿌리혹병 저항성 품종을 특이적으로 판별하기 위한 프라이머 세트 및 이의 용도	대한민국	임용표, 최수련, 오상현.	2015.11.06	10-2015-0155782	임용표, 최수련, 오상현.	2017.02.02	10-1704382	
발명특허출원	순도검정 및 여교배 집단에서 계통선발 (Marker-Assisted Backcross, MABC)용 SNP 마커개발	대한민국	임용표, 최수련, 오상현.	2018.10.05	10-2018-0118926				
발명특허등록	배추의 순도 검정 및 조기 고정 계통 선별을 위한 단일염기다형성 마커 세트 및 이의 용도	대한민국	임용표, 최수련, 오상현.	2018.10.05.	10-2018-0118926	임용표, 최수련, 오상현.	2020.03.04.	10-2087024	
발명특허출원	빨강색 배추 품종 판별용 SNP 마커 및 이의 용도	대한민국	임용표 권오하 최수련	2020.08.31	10-2020-0110475				
발명특허출원	배추 뿌리혹병 저항성 또는 감수성 배추 품종을 판별하기 위한 마커 조성물 및 이의 용도	대한민국	임용표 이수성 최수련 오상현	2021.05.13	10-2021-0061729				
발명특허출원	배추 뿌리혹병 저항성 또는 감수성 배추 품종을 판별하기 위한 마커 조성물 및 이의 용도 (분할출원)	대한민국	임용표 이수성 최수련 오상현	2021.09.09	10-2021-0120357				
발명특허등록	배추 뿌리혹병 저항성 또는 감수성 배추 품종을 판별하기 위한 마커 조성물 및 이의 용도	대한민국	임용표 이수성 최수련 오상현	2021.05.13	10-2021-0061729	임용표 이수성 최수련 오상현	2021.12.06.	10-2337345	
발명특허등록	빨강색 배추 품종 판별용 SNP 마커 및 이의 용도	대한민국	임용표 권오하 최수련	2020.08.31	10-2020-0110475	임용표 권오하 최수련	2021.11.30	10-2335126	

## 3. 논문

논문(국내외 전문학술지) 게재								
번호	논문명	학술지명	주저자명	호	국명	발행기관	SCI여부 (SCI/비SCI)	
1	F-box genes in Brassica rapa: Genome-wide identification, structural characterization, expressional validation and comparative analysis.	Plant Molecular Biology Reporter	Jana Jeevan Rameneni	36(3)	미국	Springer	SCI	
2	Development of SNP markers for marker-assisted breeding in Chinese cabbage using Fluidigm genotyping assays	Horticulture, Environment, and Biotechnology	최수련, 오상현	61(2), 327-338	대한민국	원예학회	SCI	
3	Red Chinese Cabbage Transcriptome Analysis Reveals Structural Genes and Multiple Transcription Factors Regulating Reddish Purple Color.	International Journal of Molecular Science	자나지반, 최수련, 수실	21(8), 2901	Switzerland	MDPI	SCI	
4	Mir1885 regulates disease tolerance genes in Brassica rapa during early infection with Plasmodiophora brassicae	International Journal of Molecular Science	Parameswari Paul, Sushil Satish Chhapekar	22, 9433	Switzerland	MDPI	SCI	
5	Genome-Wide Identification, Evolution, and Comparative Analysis of B-Box Genes in Brassica rapa, B. oleracea, and B. napus and Their Expression Profiling in B. rapa in Response to Multiple Hormones and Abiotic Stresses	International Journal of Molecular Science	Sonam Singh	22, 10367	Switzerland	MDPI	SCI	



#### 4. 분자마커

분자마커 개발				
번호	특성	보유건수	주요내용	활용년도
1	빨강배추와 녹색배추 구분	1	빨강배추와 녹색배추의 전사체(안토시아닌생합성)에서 발현양 차이있음 있고, 구조적으로 염기서열 변이가 있음.	3차년도 (2019)
2	방림균주 뿌리혹병 저항성 개체 선발	2	뿌리혹병 유발하는 방림균주 특이적 저항성 개체 선발 SNP, InDel 마커	5차년도 (2021)

#### 5. 유전자원

세부적으로 전부(건별로)기록						
번호	특성	수집	등록			기 타
			등록인	등록일	등록번호	
1	라이코펜고함유배추	중국	권농종묘(주)	2017-09-22	BP1347276	
2	베타카로틴고함유배추	중국	권농종묘(주)	2017-09-22	BP1347277	
3	안토시아닌함유케일	미국	권농종묘(주)	2017-09-22	BP1347278	
4	점무늬병내병성배추	미국	권농종묘(주)	2017-09-22	BP1347279	

#### 6. 국내매출액

2017년 국내 종자 판매 실적(1차년도)			
번호	일자	판매처	매출액
1	2017.3.7.	SK	11,435,550
2	2017.5.15.	SK	900,000
3	2017.5.31.	DO	4,815,000
4	2017.6.29.	FHN	60,900,000
5	2017.07.11.	KN	3,400,000
6	2017.07.13.	FHN	84,150,000
7	2017.07.24.	FHN	68,750,000
8	2017.07.31.	DO	62,500,000
9	2017.08.31.	SLDN	8,250,000
10	2017.09.19.	LS	10,000,000
11	2017.09.19.	ZN	1,800,000
12	2017.10.10.	SK	2,000,000
13	2017.10.25.	IDNS	34,960,000
계			353,860,550

2018년 국내 종자 판매 실적(2차년도)			
번호	일자	판매처	매출액
1	2018.01.08	DN	2,500,000
2	2018.01.09	SK	8,386,070
3	2018.02.13	DO	7,500,000
4	2018.03.12	SK	3,811,850
5	2018.03.22	SK	21,000,000
6	2018.50.02	JNS	8,000,000
7	2018.05.11	DO	25,000,000
8	2018.06.11	FHN	122,500,000
9	2018.06.15	KN	5,100,000
10	2018.06.21	SN	6,000,000
11	2018.06.29	KN	3,400,000
12	2018.06.29	JN	3,200,000
13	2018.07.23	SKRS	2,400,000
14	2018.07.30	FHN	73,380,000
15	2018.07.30	IDNS	57,450,000
16	2018.07.30	NWS	42,725,000
17	2018.07.30	SDB	42,425,000
18	2018.07.30	SP	139,350,000
19	2018.07.31	LS	3,750,000
20	2018.08.22	JNS	760,000
21	2018.10.30	S	13,500,000
22	2018.11.19	D2	15,000,000
23	2018.12.07	D	14,250,000
계			621,387,920

2019년 국내 종자 판매 실적(3차년도)			
번호	일자	판매처	매출액
1	2019.01.14	S사	7,623,700
2	2019.04.03	S사	8,004,885
3	2019.04.08	S사	17,152,500
4	2019.04.23	F사	18,000,000
5	2019.05.03	S2사	7,148,000
6	2019.05.09	D사	20,000,000
7	2019.05.21	K사	7,600,000
8	2019.05.22	N사	22,540,000
9	2019.06.20	D사	5,000,000
10	2019.07.02	O사	5,000,000
11	2019.07.08	F사	300,000,000
12	2019.07.09	S3사	8,000,000
13	2019.07.09	S2사	10,611,900
14	2019.07.10	D사	20,000,000
15	2019.07.10	F사	55,000,000
16	2019.07.23	S사	4,000,000
17	2019.07.25	N2사	200,000,000
18	2019.10.08	S3사	37,452,000
19	2019.10.09	N사	58,051,000
20	2019.10.10	I사	44,173,000
21	2019.10.28	DN사	59,336,000
22	2019.10.31	SP사	37,676,000
23	2019.10.31	S4사	100,019,000
계			1,052,387,985
2020년 국내 종자 판매 실적(4차년도)			
1	2020.01.23	D사	7,500,000
2	2020.02.06	S사	13,500,000
3	2020.02.13	I사	22,750,000
4	2020.02.15	B사	7,500,000
5	2020.05.04	K사	7,600,000
6	2020.06.09	SAE사	10,000,000
7	2020.06.22	D사	28,000,000
8	2020.06.30	D사	19,000,000
9	2020.07.06	I사	86,300,000
10	2020.07.09	F사	50,000,000
11	2020.07.10	H사	40,000,000
12	2020.07.10	W사	30,000,000
13	2020.07.10	P사	60,000,000
14	2020.07.10	Z사	150,000,000
15	2020.08.20	I사	137,800,000
계			669,950,000

국내 종자 판매 실적(5차년도)			
번호	일자	판매처	매출액
1	2021.01.10	ZN사	25,000,000
2	2021.01.18	IR사	7,000,000
3	2021.02.09	DO사	7,500,000
4	2021.02.03	IR사	8,000,000
5	2021.03.11	BR사	11,250,000
6	2021.03.12	DN사	7,500,000
7	2021.03.18	IR사	8,000,000
8	2021.04.26	IR사	8,000,000
9	2021.05.14	FH사	107,600,000
10	2021.05.21	IR사	4,000,000
11	2021.05.31	OR사	7,500,000
12	2021.05.31	KN사	7,600,000
13	2021.06.21	IR사	19,000,000
14	2021.06.21	SN사	8,000,000
15	2021.06.21	DO사	10,000,000
16	2021.06.21	PS사	20,000,000
17	2021.06.28	IR사	4,000,000
18	2021.07.01	DO사	50,000,000
19	2021.07.01	HD사	80,000,000
20	2021.07.05	DN사	30,000,000
21	2021.07.05	IR사	6,400,000
22	2021.07.12	DN사	7,000,000
23	2021.09.10	FH사	5,000,000
24	2021.11.29	FH사	11,400,000
계			459,750,000

7. 종자수출액/수입대체 효과

2017-2018년 종자수출액(USD)					
년도	번호	수출품목	수출액		
			수출일	수출국	수출금액
1차년도 (2017)	1	빨강배추2호	2017-01-11	네덜란드	12,500
	2	빨강배추2호	2017-03-27	네덜란드	12,500
	3	빨강배추2호	2017-04-17	일본	8,000
	4	빨강배추2호	2017-04-27	네덜란드	24,000
	5	빨강배추2호	2017-05-16	일본	6,000
	6	빨강배추2호	2017-06-01	네덜란드	12,500
	7	빨강배추2호	2017-08-11	미국	1,500
	8	빨강배추3호	2017-02-15	미국	6,000
	9	빨강배추3호	2017-04-17	일본	1,000
	10	빨강봄배추	2017-07-27	미국	9,000
	11	배추종자	2017-04-17	China	1,200
	12	배추종자	2017-06-25	China	25,000
	13	배추종자	2017-07-20	China	1,000
	14	배추종자	2017-08-02	China	6,000
	15	배추종자	2017-08-22	Thailand	6,250
	16	배추종자	2017-08-31	Philippines	6,250
	17	배추종자	2017-09-20	Thailand	200
	18	배추종자	2017-09-20	Thailand	1,800
	19	배추종자	2017-10-18	Indonesia	25,000
	20	배추종자	2017-11-30	China	5,000
2차년도 (2018)	21	권농빨강2호	2018-01-02	네델란드	24,000
	22	권농빨강3호	2018-01-15	남아공	3,000
	23	권농빨강2호	2018-01-31	네델란드	25,000
	24	권농빨강2호	2018-03-05	미국	8,100
	25	권농빨강2,3호	2018-04-12	일본	10,600
	26	권농빨강3호	2018-05-02	베트남	2,485
	27	권농빨강2,3호	2018-05-16	미국	2,100
	28	권농빨강2호	2018-06-28	네델란드	25,000
	29	권농빨강2호	2018-08-31	네델란드	20,600
	30	권농빨강2호	2018-10-02	미국	9,000
	31	권농빨강3호	2018-10-04	말레이시아	5,000
	32	권농빨강봄	2018-10-23	네델란드	12,500
	33	권농빨강2호	2018-10-29	미국	12,000
	34	배추종자	2018-01-12	Indonesia	37,500
	35	배추종자	2018-03-07	China	52,500
	36	배추종자	2018-03-14	China	5,000
	37	배추종자	2018-03-22	China	19,550
	38	배추종자	2018-07-16	Indonesia	62,500
	39	배추종자	2018-07-19	China	7,200
	40	배추종자	2018-10-17	China	44,850
	41	배추종자	2018-10-17	Indonesia	62,500
	42	배추종자	2018-11-19	China	2,700
	43	배추종자	2018-11-20	China	6,500
	44	배추종자	2018-12-18	China	1,600

2019-2020년 종자수출액(USD)					
	번호	수출품목	수출액		
			수출일	수출국	수출금액
3차년도 (2019)	1	RCC9	2019-01-16	대만	2,500
	2	RCC65	2019-02-05	네델란드	5,000
	3	RCC65	2019-03-05	중국	25,000
	4	RCC9	2019-03-05	중국	49,600
	5	RCC3	2019-03-21	일본	8,000
	6	RCC9	2019-03-21	일본	1,000
	7	RCC9	2019-04-11	대만	3,000
	8	RCC5047	2019-05-14	네델란드	5,000
	9	RCC3	2019-05-17	일본	3,000
	10	RCC9	2019-06-21	캐나다	500
	11	RCC3	2019-07-05	영국	9,000
	12	KN9042	2019-07-15	호주	2,600
	13	KN9040	2019-08-01	뉴질랜드	6,500
	14	RCC3	2019-08-12	대만	2,500
	15	RCC9	2019-08-12	대만	2,500
	16	KN16069	2019-08-19	미국	6,500
	17	KN9040	2019-09-19	미국	3,250
	18	KN9040	2019-09-20	미국	9,750
	19	KN6229	2019-09-23	영국	58,375
	20	RCC65	2019-09-24	네델란드	4,000
	21	RCC3	2019-09-30	미국	501
	22	RCC9	2019-09-30	미국	399
	23	RCC3	2019-10-11	미국	3,000
	24	RCC5047	2019-11-12	미국	2,500
	25	RCC3	2019-11-20	미국	1,250
	26	RCC5047	2019-12-12	미국	8,000
	27	배추종자	2019-02-25	미국	260
	28	배추종자	2019-04-09	호주	5,850
	29	배추종자	2019-04-09	China	52,500
	30	배추종자	2019-05-08	China	4,500
	31	배추종자	2019-06-27	China	9,000
	32	배추종자	2019-07-03	Thailand	3,750
	33	배추종자	2019-07-18	China	1,800
	34	배추종자	2019-07-31	China	4,000
	35	배추종자	2019-08-05	China	89,250
	36	배추종자	2019-09-03	China	33,100
	37	배추종자	2019-08-05	Philippines	8,750
	38	배추종자	2019-09-03	China	16,000
4차년도 (2020)	39	KN9040	2020-01-13	미국	260
	40	KN13076	2020-01-14	호주	5,850
	41	RCC3	2020-02-04	네델란드	10,000
	42	RCC9	2020-02-04	네델란드	4,000
	43	RCC65	2020-02-04	네델란드	6,000
	44	RCC65	2020-02-07	네델란드	6,000
	45	RCC9	2020-02-07	남아공	2,500
	46	RCC65	2020-03-03	네델란드	6,000
	47	RCC9	2020-03-10	미국	1,000
	48	RCC3	2019-03-18	일본	8,000
	49	RCC9	2019-03-18	일본	1,000
	50	RCC5047	2020-04-03	미국	2,500
	51	RCC65	2020-07-08	네델란드	4,000
	52	RCC3	2020-07-08	네델란드	2,000
	53	RCC5047	2020-08-10	미국	14,000
	54	RCC85031	2020-08-20	중국	2,002
	55	RCC9	2020-08-20	중국	30,000
	56	RCC3	2020-09-23	네델란드	10,000
	57	KN9040	2020-09-28	미국	13,650
	58	배추종자	2020-02-20	Myanmar	18,750
	59	배추종자	2020-04-16	China	9,000
	60	배추종자	2020-05-14	Myanmar	10,090
	61	배추종자	2020-05-14	China	3,480
	62	배추종자	2020-07-09	China	28,988
	63	배추종자	2020-07-09	China	6,000
	64	배추종자	2020-07-13	China	9,980
	65	배추종자	2020-08-21	Philippines	14,990
	66	배추종자	2020-09-09	Indonesia	100,000
	67	배추종자	2020-10-28	China	120,735
	68	배추종자	2020-11-23	China	4,000
	69	배추종자	2020-12-03	Myanmar	31,250

2021년 종자수출액(USD)					
년도	번호	수출품목	수출액		
			수출일	수출국	수출금액
5차년도 (2021)	1	RCC3	2021-01-04	네델란드	6,000
	2	RCC9	2021-01-04	네델란드	6,000
	3	RCC65	2021-01-04	네델란드	6,000
	4	KN9040	2021-01-04	미국	20,150
	5	RCC65	2021-01-25	네델란드	10,000
	6	RCC107	2021-02-08	일본	1,500
	7	RCC3	2021-02-15	미국	1,250
	8	RCC5047	2021-03-02	미국	8,000
	9	RCC107	2021-03-04	일본	8,000
	10	KN9040	2021-03-15	일본	1,200
	11	KN9040	2021-04-01	영국	6,500
	12	RCC5047	2021-04-07	미국	8,000
	13	RCC3	2021-04-12	네델란드	20,000
	14	RCC9	2021-04-12	네델란드	14,000
	15	RCC9	2021-04-29	대만	2,500
	16	KN19005	2021-06-21	영국	14,850
	17	RCC5047	2021-06-29	미국	24,000
	18	RCC3	2021-07-26	네델란드	2,000
	19	RCC3	2021-07-27	영국	12,000
	20	RCC9	2021-09-07	호주	2,500
	21	KN9040	2021-09-14	일본	2,400
	22	KN9040	2021-09-14	영국	3,250
	23	RCC65	2021-10-29	네델란드	6,000
	24	RCC85031	2021-10-29	네델란드	1,000
	25	KN9040	2021-11-01	미국	9,750
	26	KN16069	2021-11-01	미국	4,875
	27	KN9040	2021-11-05	프랑스	3,250
	28	RCC9	2021-11-23	중국	20,000
	29	배추종자	2021-04-12	필리핀	12,500
	30	배추종자	2021-04-23	중국	12,000
	31	배추종자	2021-07-02	미얀마	22,500
	32	배추종자	2021-08-24	필리핀	10,625
	33	배추종자	2021-10-13	인도네시아	125,000
	34	배추종자	2021-11-29	중국	14,600
	35	배추종자	2021-12-09	중국	27,000
	36	배추종자	2021-12-09	중국	4,000
	37	배추종자	2021-12-18	중국	18,800

## 8. 기술이전

기술이전					
번호	기술이전 유형	기술실시계약명	기술실시 대상기관	기술실시 발생일자	기술료 (당해연도 발생액)
1	자체사업화	배추품종	농업회사법인 권농종묘(주)		65,000,000원 (0원)

## 9. 인력양성

연구인력 활용/양성 성과													
번호	분류	기준년도	인력양성 현황										
			학위별				성별		지역별				
1		2021	박사	석사	학사	기타	남	여	수도권	충청권	영남권	호남권	기타
			1										

## 10. 사업화성과 및 매출실적

### (1) 사업화 성과

항목	세부항목			성 과
사업화 성과	매출액	개발제품	개발후 현재까지	55억원
			향후 3년간 매출	60억원
		관련제품	개발후 현재까지	10억원
			향후 3년간 매출	40억원
	시장 점유율	개발제품	개발후 현재까지	국내 : 2.0% 국외 : 0.1%
			향후 3년간 매출	국내 : 3.0% 국외 : 0.3%
		관련제품	개발후 현재까지	국내 : % 국외 : %
			향후 3년간 매출	국내 : % 국외 : %
	세계시장 경쟁력 순위	현재 제품 세계시장 경쟁력 순위		1위
		3년 후 제품 세계 시장경쟁력 순위		1위

### (2) 사업화 계획 및 매출 실적

항 목	세부 항목		성 과		
사업화 계획	사업화 소요기간(년)		1		
	소요예산(백만원)		1,000		
	예상 매출규모 (억원)		현재까지	3년후	5년후
			55	115	200
	시장 점유율	단위(%)	현재까지	3년후	5년후
		국내	2.0	3.0	5.0
		국외	0.1	0.3	1.0
향후 관련기술, 제품을 응용한 타 모델, 제품 개발계획		색소체 고탍유 기능성 품종을 지역, 기후의 다양성에 맞게 추가로 품종을 개발.			
무역 수지 개선 효과	(단위: 억원)		현재	3년후	5년후
	수입대체(내수)		32	50	70
	수 출		23	40	60



### 제3장. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도

#### 제1절. 목표

1. 본 연구는 배추종자 수출시장을 아시아권에서 벗어나 유럽 등 글로벌 시장으로 확대하고 동시에 고부가 가치의 종자를 수출하여 수출증대에 기여하고자 김치뿐만 아니라 중국요리, 생식용으로 색소체가 고 함유된 기능성 배추품종의 개발과 수출시장 개척을 위해 수행되었으며,

그 목표는 수출용 색소체 고함유 생식용 배추 8품종 이상을 개발하여 2021년 500 만불 이상의 종자 수출이다. 구체적인 품종개발의 목표는 ① 안토시아닌 고함유 생식용 배추류 3품종 개발. ② 베타카로틴 고함유 배추류 3품종 개발. ③ 색소체(안토시아닌, 베타카로틴) 2종류 이상 다중 집적 고품질 배추 품종 2품종. ④ 색소체(안토시아닌, 베타카로틴), 비타민 생산관련 유전자탐색 및 분자마커 개발 등이다.

연구의 결과로 개발이 된 품종은 중국, 유럽 등 전세계 수출시장의 확대와 고부가 가치의 기능성 품종으로 수출 확대에 크게 기여할 것이다. 아울러 기반 기술의 연구로 색소체 관련 마커 연구는 향후 기능성 품종개발의 효율성을 증대시킬 것이다.

#### 제2절. 목표 달성여부

본 연구의 목표인 8품종 개발과 500만불 수출을 위해 연구기간동안 품종개발을 위한 연구 지표의 착안점으로 유전자원수집 13점, 판매국가 34개국 및 판매업체 46개 업체, 해외시험포 9건 및 전시험포 14건, 원종증식 15점 등의 연구성으로 연구수행이 적극적으로 추진되어 목표를 초과 달성하였으며, 또한 육종 효율성을 높이기 위한 마커 개발등의 기반기술 개발도 적극적으로 수행되어 기능성 물질 중 안토시아닌 및 카로티노이드 생산관련 유전자탐색과 빨강배추의 특성인 안토시아닌 특성 관여하는 후보유전자군 발굴 및 분자마커 개발, 배추의 황심특성 동정 및 카로티노이드 고함유 계통 구분 유전자군 발굴, 및 5개 후보유전자를 선발하여 분자마커 개발이 진행중이다. 그 연구 결과로 특허 5건 출원 및 4건 등록으로 목표를 달성함과 동시에 연구 결과를 SCI논문 5편을 발표하였다.

이러한 연구 수행 결과 품종개발 결과도 생산판매신고 14품종, 품종보호출원 15품종 및 품종보호등록 17품종을 완료하여 목표를 달성하였으나, 최종목표인 종자 수출액은 215만불에 그쳐 목표인 935만불의 23.1% 정도에 그쳐 목표 달성을 하지 못하였다.

<표. 연구개발 성과목표 대비 실적>

(단위 : 건수)

구분	개발		특허		논문		DH 계통 개발	생 산 관 매 신 고	유전자원		국내매출 액(백만)	종자 수출액 (만불)	판매 국가	판매 업체	해외 시험 포	전 시 포	기 술 이 전	원종 증식
	출 원	등 록	출 원	등 록	SCI	비SCI			수 집	등 록								
최종목표	8	8	2	2	3			8	10	10	200	500	15	20	5	5		1
1차년도	목표	2	2		1			2	2	2	200	25	3	4	1	1		1
	실적	2	3		1			2	3	4	352	17.3	3	4	1	4		4
2차년도	목표	1		1				2	2	2	200	50	3	4	1	1		1

	실적	4	3	1		1			4	2	0	621	45.0	8	9	2	2	4
3차년도	목표	2	3			1			2	2	2	200	110	3	4	1	1	1
	실적	3	3			1			3	2	0	1,052	44.6	9	11	2	5	3
4차년도	목표	1			1	1			1	2	2	200	250	3	4	1	1	1
	실적	4	2	1	1	1			4	2	0	670	61.0	6	10	3	2	2
5차년도	목표	2	3	1		1			1	2	2	500	500	3	4	1	1	1
	실적	2	5	3	2	2			1	2	0	460	47.2	8	12	1	1	2
소 계	목표	8	8	2	2	3			8	10	10	1,300	935	15	20	5	5	5
	실적	15	16	5	4	5			14	11	4	3,155	215.1	34	46	9	14	15

### 제3절. 목표 미달성 시 원인(사유) 및 차후대책(후속연구의 필요성 등)

연구 결과 유일하게 목표 달성을 못한 수출액이 부진한 원인은 크게 3가지로 볼 수 있다. 첫째는 개발 품종 수준의 미흡과 부족이며, 둘째는 개발된 품종의 채종 효율성의 저하로 인한 채종 실패로 종자 확보의 실패이며, 셋째는 홍보 및 마케팅의 부진이다. 이러한 원인을 해결하기 위해서는 첫째 향후 지속적인 연구를 통한 다양하고 지역 적응성이 높은 다수의 품종을 추가적인 개발이 필요하며, 둘째는 채종 효율성을 높이기 위한 방법으로 소포자배양이나 새로운 선발 기술의 개발을 통한 중간 교잡의 채종 비효율성을 해결하는 방안이며, 셋째는 본 연구 기간동안 확보하였거나 추가 발굴한 에이전트를 통한 마케팅 활동과 해외시험포 및 전시회 등을 활용한 적극적인 기능성 품종에 대한 홍보를 강화할 필요가 있다. 향후 적극적인 대책을 통해 시장 매출 규모를 연구종료 후 5년까지 현재의 2배인 500만불을 달성할 것으로 예상합니다.

## 제4장. 연구결과의 활용 계획 등

육성된 품종은 기술실시를 2021년 완료하고 자체 사업화를 통해 육성된 품종은 전 세계에 확보된 에이전트를 활용, 성과 품종의 홍보 및 공급을 적극적으로 추진하여 수출 확대에 적극적인 활용을 할 예정이며, 한편 안토시아닌 및 베타카로틴 색소체 고 함유 배추품종의 수출을 위한 홍보 및 해외 지역 적응연락시험을 통한 향후 지속적인 시장기호도 조사와 홍보 및 바이어 발굴을 위해 APSA, Fruit Logistica in Berlin, 등 세계적인 종자 박람회 및 전시회에 참여하여 홍보 및 수출의 증대에 주력할 계획입니다. 또한 본 연구에서 수집한 유전자원, 육성한 계통 및 시장정보를 활용하여 향후 보다 우수하고 더 많은 품종 개발을 위한 자료로 활용하며 연구성과로 육성된 품종은 품종보호 출원, 등록과 CMS(웅성불임)를 이용한 품종으로 고순도 배추종자 생산 및 핵심 유전자원의 보호에 활용할 계획이다.

한편 개발된 분자 마커를 활용하여 육종의 효율적인 선발체계를 구축할 것이며, 수집된 유전자원과 중간 교잡을 통한 품종 육종 기술 등은 향후 기능성 고품질 채소 품종 육성을 위한 강력한 도구가 될 뿐만 아니라 육종에 효율적으로 이용할 계획이다.

## 제5장. 참고문헌

1. Arapitsas, P., P. J. Sjöberg, & C. Turner. (2008). Characterisation of anthocyanins in red cabbage using high resolution liquid chromatography coupled with photodiode array detection and electrospray ionization-linear ion trap mass spectrometry. *Food Chemistry*, 109(1), 219-226.
2. Bang, S. W., D. Lida, Y. Kaneko, & Y. Matsuzawa. (1997). Production of new intergeneric hybrids between *Raphanus sativus* and *Brassica* wild species. *Japanese Journal of Breeding*, 47(3), 222-228.
3. Bridle, P., & C. F. Timberlake. (1997). Anthocyanins as natural food colours—selected aspects. *Food Chemistry*, 58(1), 103-109.
4. Chen, X., Z. Zhu, J. Gerendás, & N. Zimmermann. (2008). Glucosinolates in Chinese *Brassica campestris* vegetables: Chinese cabbage, purple cai-tai, choysum, pakchoi, and turnip. *Hortscience*, 43(2), 571-574.
5. Eum, H. L., S. J. Bae, B. S. Kim, J. Yoon, J. Kim, & S. J. Hong. (2013). Postharvest quality changes of kimchi cabbage 'Choongwang' cultivar as influenced by postharvest treatments. *Korean Journal of Horticultural Science and Technology*, 31(4), 429-436.
6. Fiorini, M. (1995). Preparative high-performance liquid chromatography for the purification of natural anthocyanins. *Journal of Chromatography A*, 692(1), 213-219.
7. Ha, J. O., T. M. Ha, J. J. Lee, A. R. Kim, & M. Y. Lee. (2009). Chemical components and physiological functionalities of *Brassica campestris* ssp *rapa* sprouts. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*, 38(10), 1302-1309.
8. Ham, S. S., D. H. Oh, J. K. Hong, & J. H. Lee. (1997). Antimutagenic effects of juices from edible Korean wild herbs. *Preventive Nutrition and Food Science*, 2(2), 155-161.
9. Heng, S., C. Wei, B. Jing, Z. Wan, J. Wen, B. Yi, ... & J. Shen. (2014). Comparative analysis of mitochondrial genomes between the hau cytoplasmic male sterility (CMS) line and its iso-nuclear maintainer line in *Brassica juncea* to reveal the origin of the CMS-associated gene orf288. *BMC genomics*, 15(1), 1.
10. Heo, H. J., & C. Y. Lee. (2006). Phenolic phytochemicals in cabbage inhibit amyloid  $\beta$  protein-induced neurotoxicity. *LWT-Food Science and Technology*, 39(4), 331-337.
11. Jo, M. H., I. K. Ham, M. Y. Park, T. I. Kim, Y. P. Lee, & E. M. Lee. (2012). Seed

- production ability of doubled haploid plants through microspore culture in Chinese cabbage (*Brassica rapa* L. ssp. *pekinensis*) introduced from China. *Korean Journal of Horticultural Science & Technology*, 30(5), 573-578.
12. Jung, H. J., N. U. Ahmed, J. I. Park, M. Y. Chung, Y. G. Cho, & I. S. Nou. (2013). Molecular Genetic Aspects of Self-incompatibility in *Brassicaceae*. *Plant Breeding and Biotechnology*, 1(3), 205-217.
13. Jung, Y. J. (2013). Transcriptional Profiling of Soft-rot Resistant Transgenic Chinese Cabbage (*Brassica rapa* L.) Constitutively Overexpressing a Human Cathelicidin Antimicrobial Peptide (hCAP18/LL-37). *Plant Breeding and Biotechnology*, 1(1), 80-90.
14. Kim, J. Y., E. J. Lee, S. K. Park, & G. W. Choi. (2000). Physicochemical quality characteristics of several Chinese cabbage (*Brassica pekinensis* RuPR) cultivars. *Korean Journal of Horticultural Science & Technology*, 18(3), 348-352.
15. Kim, K. S., Y. H. Lee, H. J. Choi, Y. S. Jang, & K. G. Park. (2012). Effects of culture condition on embryogenesis in microspore culture of *Brassica napus* L. domestic cultivar 'Tammiyuchae'. *Korean Journal of Crop Science/Hanguk Jakmul Hakhoe Chi*, 57(4), 317-323.
16. Kim, K. S., Y. H. Lee, Y. S. Jang, & I. H. Choi. (2015). The Cross Ability and the Phenotypic Characteristics of F<sub>1</sub>HybridintheInterspecificCrossesbetween*Brassica napus* and *B. campestris*, *B. rapa*. *Korean Journal of Plant Resources*, 28(1), 119-125.
17. Kim, M. K., E. Y. Hong, & G. H. Kim. (2010). Change of total glucosinolates level according to processing treatments in Chinese cabbage (*Brassica campestris* L. ssp. *pekinensis*) from different harvest seasons. *Korean Journal of Horticultural Science and Technology*, 28(4), 593-599.
18. Komatsu, W., Y. Miura, & K. Yagasaki. (1998). Suppression of hypercholesterolemia in hepatoma-bearing rats by cabbage extract and its component, S-methyl-L-cysteine sulfoxide. *Lipids*, 33(5), 499-503.
19. Kong, J. M., L. S. Chia, N. K. Goh, T. F. Chia, & R. Brouillard. (2003). Analysis and biological activities of anthocyanins. *Phytochemistry*, 64(5), 923-933.
20. Korea Institute of Planning & Evaluation for Technology in Food, Agriculture Forestry & Fisheries(IPET). (2012). Strategic plan for the 'Golden Seed Project' through analysis of the seed industry. 68-329.
21. Korea Seed Association(KOSA). (2016). 2015년도 채소종자 수출실적.

22. Kwak, J. H., M. Park, J. G. Lee, S. Park, D. Y. Kim, S. R. Jeong, ... & M. K. Yoon. (2012). Development of new broccoli varieties from elite lines obtained by microspore cultivation method. *CNU Journal of Agricultural Science*, 39(4), 497-502.
23. Kwon, O. H., & J. C. Lee. (2012). 빨간 브라시카 라파 식물 및 이의 육종 방법 (KR-10-2012-0085308).
24. Kwon, W. S., J. H. Lee, & M. G. Lee. (2001). Optimum Chilling Terms for Germination of the Dehisced Ginseng (*Panax ginseng* C. A. Meyer) Seed. *Journal of the Korean Society of Ginseng*, 25(4), 167-170.
25. Lee, B. K., H. H. Shin, J. H. Jung, K. T. Hwang, Y. S. Lee, & T. Y. Kim. (2009). Anthocyanins, polyphenols and antioxidant activities of black raspberry exudates. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*, 38(2), 125-130.
26. Lee, J. Y. (2004). A simplified method to evaluate major quality factors and its application to determine inheritability of tissue firmness and total soluble solids in Chinese cabbage. *Master's Degree Thesis, Chung-Ang University, Korea*.
27. Lee, Kwan-ho (1998). New type of Diploids derived from Hybrids of *Brassica campestris* and *B. oleracea*. *KOR. J. HORT. SCI. & Tech.* 16(3), 395
28. Lee, S. S., Y. H. Kim, & M. K. Yoon. (1997). Inheritance of lateral bud development and leaf color in the cross combination between *Brassica campestris* ssp. *pekinensis* and ssp. *rapa*. *Journal of the Korean Society for Horticultural Science (Korea Republic)*.
29. Liang, F. Q., L. Green, C. Wang, R. Alssadi, & B. F. Godley. (2004). Melatonin protects human retinal pigment epithelial (RPE) cells against oxidative stress. *Experimental eye research*, 78(6), 1069-1075.
30. Liu, L., Y. D. Jo, W. H. Kang, D. Kim, & B. C. Kang. (2013). Mitochondrial-targeted expression of orf456 causes male sterility in Chinese cabbage (*Brassica rapa* L.). *Plant Breeding and Biotechnology*, 1(2), 196-204.
31. Lowe, A. J., A. E. Jones, A. F. Raybould, M. Trick, C. L. Moule, & K. J. Edwards. (2002). Transferability and genome specificity of a new set of microsatellite primers among *Brassica* species of the U triangle. *Molecular Ecology Notes*, 2(1), 7-11.
32. Mattila, P., & J. Hellström. (2007). Phenolic acids in potatoes, vegetables, and some of their products. *Journal of Food Composition and Analysis*, 20(3), 152-160.

33. Morinaga, T. (1934). Interspecific hybridization in *Brassica*. *Cytologia*, 6(1), 62-67.
34. Park, J. I., I. H. Lee, M. Watanabe, & I. S. Nou. (2010). Expression and regulation of self-incompatible genes in *Brassica*. *Journal of Plant Biotechnology*, 37(2), 186-195.
35. Park, S., M. V. Arasu, N. Jiang, S. H. Choi, Y. P. Lim, J. T. Park, ... & S. J. Kim. (2014). Metabolite profiling of phenolics, anthocyanins and flavonols in cabbage (*Brassica oleracea* var. *capitata*). *Industrial Crops and Products*, 60, 8-14.
36. Prior, R. L., X. Wu, & K. Schaich. (2005). Standardized methods for the determination of antioxidant capacity and phenolics in foods and dietary supplements. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(10), 4290-4302.
37. Quattrocchio, F., J. F. Wing, H. T. Leppen, J. N. Mol, & R. E. Koes. (1993). Regulatory genes controlling anthocyanin pigmentation are functionally conserved among plant species and have distinct sets of target genes. *The Plant Cell*, 5(11), 1497-1512.
38. Rabino, I., & A. L. Mancinelli. (1986). Light, temperature, and anthocyanin production. *Plant Physiology*, 81(3), 922-924.
39. Rural Development Administration(RDA). (2012). 농사로 양배추 영농순기표.
40. Ryu, S. N. (2000). Recent process and future of research on anthocyanin in crops ( I. Rice, Barley, Wheat, Maize and Legumes). *Korean Journal International Agriculture*, 12, 41-53.
41. Schnable, P. S., & R. P. Wise. (1998). The molecular basis of cytoplasmic male sterility and fertility restoration. *Trends in Plant Science*, 3(5), 175-180.
42. Seo, M. S., S. H. Sohn, B. S. Park, H. C. Ko, & M. Jin. (2014). Efficiency of microspore embryogenesis in *Brassica rapa* using different genotypes and culture conditions. *Journal of Plant Biotechnology*, 41(3), 116-122.
43. Seong, K. C., J. R. Cho, J. H. Moon, K. Y. Kim, & H. D. Suh. (2003). Effect of triazole chemicals on bolting retardation of Chinese cabbage (*Brassica pekinensis*) in spring cultivation. *Journal-Korean society for Horticultural Science*, 44(4), 434-437.
44. Takayama, S., H. Shiba, M. Iwano, K. Asano, M. Hara, F. S. Che, ... & A. Isogai. (2000). Isolation and characterization of pollen coat proteins of *Brassica campestris* that interact with S locus-related glycoprotein 1 involved in pollen - stigma adhesion. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 97(7), 3765-3770.

45. Takayama, S., H. Shiba, M. Iwano, H. Shimosato, F. S. Che, N. Kai, ... & A. Isogai. (2000). The pollen determinant of self-incompatibility in *Brassica campestris*. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 97(4), 1920-1925.
46. Wang, S. Y., & H. S. Lin. (2000). Antioxidant activity in fruits and leaves of blackberry, raspberry, and strawberry varies with cultivar and developmental stage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48(2), 140-146.
47. Yoon, J. Y., S. S. Lee, D. G. Oh, & H. K. Pyo. (1982). Genetic analysis on heat tolerance, bolting and quantitative characters in Chinese cabbage, *Brassica campestris* ssp. *pekinensis*. *Journal of the Korean Society for Horticultural Science (Korea R.)*.



## 연구개발보고서 초록

프로젝트명	(국문) 색소체 고탍유 기능성 배추 품종개발				
	(영문) Developing of Functional Chinese cabbage Varieties with high plastid contents.				
프로젝트 연구기관	농업회사법인 권농종묘(주)		프로젝트연구 책임자	(소속)농업회사법인권농종묘(주)	
참 여 기 업	농업회사법인 권농종묘(주) 농업회사법인 신농씨앗(주)			(성명)권오하	
총연구개발비  (2,219,500천원)	계	2,219,500,000	총 연구 기간	2017.1.1. ~ 2021.12.31. (5년 월)	
	정부출연 연구개발비	1,900,000,000	총 참 여 연구 인원 수	총 인원	86명
	기업부담금	319,500,000		내부인원	86명
	연구기관부담금			외부인원	
<p>○ 연구개발 목표 및 성과</p> <p>본 연구는 배추종자 수출시장을 아시아권에서 벗어나 유럽 등 글로벌 시장으로 확대하고 동시에 고부가 가치의 종자를 수출하여 수출증대에 기여하고자 김치뿐만 아니라 중국요리, 생식용으로 색소체가 고 함유된 기능성 배추품종의 개발과 수출시장 개척을 위해 수행되었으며, 그 목표는 수출용 색소체 고탍유 생식용 배추 8품종 이상을 개발하여 2021년 500 만불 이상의 종자 수출이다.</p> <p>성과는 기능성 품종개발로 생산판매신고 14품종, 품종보호출원 15품종 및 품종보호등록 17품종을 완료하여 최종목표인 종자 수출액은 215만불을 달성하였으며 색소체 관련 유전자 탐색 및 분자마커 개발과 관련 특허등록 4건과 SCI 논문 5편을 발표하였다.</p> <p>○ 연구내용 및 결과</p> <p>본 연구는 안토시아닌 고탍유 생식용 배추류 3품종 개발, 베타카로틴 고탍유 배추류 3품종 개발, 색소체(안토시아닌, 베타카로틴) 2종류 이상 다중 집적 고품질 배추 2품종 육성 및 색소체(안토시아닌, 베타카로틴), 비타민 생산관련 유전자탐색 및 분자마커 개발을 위해 수행되었으며 그 결과 유전자원수집 11집, 판매국가 34개국 및 판매업체 46개업체, 해외시험포 9건 및 전시포 13건 등의 연구성과, 또한 육종 효율성을 높이기 위한 분자마커 개발을 달성하여 특허 5건 출원 및 4건 등록으로 목표를 달성함과 동시에 연구 결과로 SCI 논문 5편을 발표하였으며 이러한 연구수행 결과 품종개발로 생산판매신고 14품종, 품종보호출원 15품종 및 품종보호등록 17품종을 완료하고 종자 수출은 215만불을 달성하였다.</p> <p>○ 연구성과 활용실적 및 계획</p> <p>육성된 품종은 기술실시를 2021년 완료하였으며 자체 사업화를 통해 종자 수출 215만불을 달성하였다. 향후 육성된 품종은 전 세계에 확보된 에이전트를 활용, 성과 품종의 홍보 및 공급을 적극적으로 추진하여 수출 확대에 적극적인 활용을 할 예정이며, 또한 본 연구에서 수집한 유전자원, 육성한 계통 및 시장정보를 활용하여 향후 우수한 품종개발을 위한 자료로 활용하며 연구성과로 육성된 품종은 품종보호 출원, 등록과 CMS(웅성불임)를 이용한 품종으로 고순도 배추종자 생산 및 핵심 유전자원의 보호에 활용할 계획이다.</p> <p>한편 개발된 마커를 활용하여 육종의 효율적인 선발과 색소체 관련 품종보호를 위한 기술로 활용할 계획이며, 수집된 유전자원과 중간 교잡을 통한 품종 육종 기술 등은 향후 기능성 고품질 채소 품종 육성을 위한 강력한 도구가 될 뿐만 아니라 신품종 육종에 효율적으로 이용할 계획이다.</p>					

# 자체평가보고서

사업단명	GSP 채소종자사업단	과제번호	213006-05-5-CGD00		
프로젝트명	색소체 고함유 기능성 배추 품종개발				
프로젝트연구기관	농업회사법인 권농종묘(주)				
연구담당자	프로젝트 연구책임자	권 오 하			
	세부프로젝트 연구책임자	기관(부서)	농업회사법인 권농종묘(주)	성 명	권오하
		기관(부서)	농업회사법인 신농씨앗(주)	성 명	김도현
		기관(부서)	충남대학교	성 명	최수련
		기관(부서)		성 명	
연구기간	총 기 간	2017.1.1.-2021.12.31	당해 연도 기간	2021.1.1.- 2021.12.31	
연구비(천원)	총 규 모	2,219,500	당해 연도 규모	442,500	

1. 연구는 당초계획대로 진행되었는가?

당초계획 이상으로 진행       계획대로 진행       계획대로 진행되지 못함

○ 계획대로 수행되지 않은 원인은?

2. 당초 예상했던 성과는 얻었는가?

예상외 성과 얻음       어느 정도 얻음       얻지 못함

구분	품종개발		특허		논문		생산 판매 신고	유전자원		국내 매출액 (백만원)	종자 수출액 (만불)	기술 이전	마케팅 전략 수립 보고서	인력 양성
	출 원	등 록	출 원	등 록	SCI	비SCI		수 집	등 록					
최종목표	8	8	2	2	3		8	10	10	1,300	930			
연구기간 내 달성실적	15	16	5	4	5		14	11	4	3,155	215	1		1
달성율(%)	188	213	200	200	167		175	110	40	315	23.1	100		

3. 연구개발 성과 세부 내용

3-1 기술적 성과

품종개발성파로 품종출원 15품종, 품종등록 16품종, 생산판매신고 14품종 완료.

3-2 과학적 성과

연구결과로 특허 4건 출원 및 4건 등록, SCI 논문 5편 발표.

3-3 경제적 성과

연구기간 동안 수입대체로 국내매출 31억5천5백만원, 수출 215만불 달성.

3-4 사회적 성과

인력양성 1건

3-5 인프라 성과

연구기간 동안 34개국 46업체에 시험 및 수출로 수출 협력업체 구축 완료.

4. 연구과정 및 성과가 농림어업기술의 발전·진보에 공헌했다고 보는가?

공헌했음                       현재로서 불투명함                       그렇지 않음

5. 경제적인 측면에서 종자산업의 수출증대와 수입대체에 공헌했다고 보는가?

공헌했음                       현재로서 불투명함                       그렇지 않음

6. 얻어진 성과와 발표상황

6-1 경제적 효과

기술료 등 수익                      수 익 :

기업 등에의 기술이전                      기업명 : 농업회사법인 권농종묘(주), 농업회사법인 신농씨앗(주)

기술지도 등                      기업명 :

6-2 산업·지식재산권 등

국내출원/등록                      품종보호출원 15 건, 등록 16 건, 특허 출원 4건, 등록 4건, 분자마커 1건.

해외출원/등록                      출원    건,                      등록    건

6-3 논문게재·발표 등

국내 학술지 게재                      건

해외 학술지 게재                      2                      건

국내 학·협회 발표                      건

국내 세미나 발표                      건

기 타                      건

6-4 인력양성효과



만족                       보통                       미흡

(근거 : 품종개발 성과는 달성하였으나 수출액 증가는 미흡함 )

2. 참여기업 입장에서 본 본과제의 기술성, 시장성, 경제성에 대한 의견

가. 연구 성과가 참여기업의 기술력 향상에 도움이 되었는가?

충분                       보통                       불충분

나. 연구 성과가 기업의 시장성 및 경제성에 도움이 되었는가?

충분                       보통                       불충분

3. 연구개발 계속참여여부 및 향후 추진계획은?

가. 연구수행과정은 기업의 요청을 충분히 반영하였는가?

충분                       보통                       불충분

나. 향후 계속 참여 의사는? (※중간·단계평가에 한함)

충분                       고려 중                       중단


다. 계속 참여 혹은 고려중인 경우 연구개발비의 투자규모(전년도 대비)는? (※중간·단계평가에 한함)

확대                       동일                       축소

4. 연구개발결과의 상품화(기업화) 여부는?

즉시 기업화 가능     수년 내 기업화 가능     기업화 불가능

5. 기업화가 불가능한 경우 그 이유는?

구 분	소 속 기 관	직 위	성 명
프로젝트 책임자	농업회사법인 권농종묘(주)	대표이사	권오하 



#### 4. 연구목표 대비 성과

구분	개발		특허		논문		DH 계통 개발	생 산 관 대 신 고	유전자원		국내매 출액(백 만)	중자 수출액 (만불)	판매 국가	판매 업체	해외 시험 포	전 시 포	기 술 이 전	원중 증식
	출 원	등 록	출 원	등 록	SCI	비SC I			수 집	등 록								
최종목표	8	8	2	2	3			8	10	10	1,300	930	15	20	5	5		5
최종실적	15	17	5	4	5			14	11	4	3,155	215.1	34	46	9	14	1	15
달성율(%)	188	213	250	200	167			175	110	40	315	23.1	227	230	180	260	100	300
1차년도	목표	2	2		1			2	2	2	200	25	3	4	1	1		1
	실적	2	3		1		3	2	3	4	352	17.3	3	4	1	4		4
	달성율 (%)	100	150		100		300	100	150	200	176	69.2	100	100	100	400		400
2차년도	목표	1		1				2	2	2	200	50	3	4	1	1		1
	실적	4	3	1		1		4	2	0	621	45.0	8	9	2	2		4
	달성율 (%)	400	300	100		100		200	100	0	311	90	267	225	200	200		400
3차년도	목표	2	3			1		2	2	2	200	110	3	4	1	1		1
	실적	3	4			1		3	2	0	1,052	44.6	9	11	2	5		3
	달성율 (%)	150	133			100		150	100	0	526	40.5	300	275	200	500		300
4차년도	목표	1			1	1		1	2	2	200	250	3	4	1	1		1
	실적	4	2	1	1	1		4	2	0	670	61.0	6	10	3	2		2
	달성율 (%)	400	200	100	100	100		400	100	0	335	24.4	200	250	300	200		200
5차년도	목표	2	3	1		1		1	2	2	500	500	3	4	1	1		1
	실적	2	5	3	2	2		1	2	0	460	47.2	8	12	1	1		2
	달성율 (%)	100	167	300	추 가	200		1	100	0	92	9.4	267	300	100	100	추 기	200

#### 5. 핵심기술

구분	핵심기술 명
①	안토시아닌 색소체 고함유 배추 3품종
②	베타카로틴 색소체 고함유 배추 14품종
③	색소체 관련 마커2

#### 6. 연구결과별 기술적 수준

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

#### 7. 각 연구결과별 구체적 활용계획

핵심기술 명	핵심기술별 연구결과활용계획 및 기대효과
①의 기술	육성된 2품종(RCC65, RCC31)은 전 세계에 확보된 에이전트를 통한 홍보 및 수출을 적극적으로 추진하여 배추 종자의 수출 대상국가의 확대와 수출 증가가 기대된다.
②의 기술	육성된 15품종은 중국 등 전 세계에 확보된 에이전트와 전시회를 통한 홍보 및 수출을 적극적으로 추진하여 배추 종자의 수출 대상 국가의 확대와 수출 증가가 기대된다.
③의 기술	형질에 영향을 주는 유전자를 기반으로 마커개발을 하여 지속적인 품종개발에서 선발의 효율성을 높이고, 자원의 특성을 판별함으로써 자원보호에 기여하고자 함.

### 8. 연구종료 후 성과창출 계획

구분	품종개발		특허		논문		생산 판 매 신 고	유전자원		국내 매출액 (백만)	종자 수출액 (만불)	기술 이전	마케팅 전략 작성 보고서	인력 양성
	출 원	등 록	출 원	등 록	SCI	비SCI		수 집	등 록					
최종목표	8	8	2	2	3		8	10	10	1,000	930			
연구기간 내 달성실적	15	17	5	4	5		14	11	4	3,155	215	1		
연구종료 후 성과창출 계획	1	1					2			3,000	500			

### 9. 연구결과의 기술이전조건(산업체이전 및 상품화연구결과에 한함)

핵심기술 명	안토시아닌 색소체 고함유 배추 품종		
이전형태	<input type="checkbox"/> 무상 <input checked="" type="checkbox"/> 유상	기술료 예정액	65,000 천원
이전방식	<input checked="" type="checkbox"/> 소유권이전 <input type="checkbox"/> 전용실시권 <input type="checkbox"/> 통상실시권 <input type="checkbox"/> 협의결정 <input type="checkbox"/> 기타( )		
이전소요기간	즉시	실용화예상시기	2022.1
기술이전 시 선행조건	종자업등록업체		





### 주 의

1. 이 보고서는 농림축산식품부에서 시행한 Golden Seed 프로젝트 사업 “색소체 고함유 기능성 배추 품종개발” 연구개발과제 최종보고서이다.
2. 이 연구개발내용을 대외적으로 발표할 때에는 반드시 농림축산식품부(농림식품기술기획평가원)에서 시행한 Golden Seed 프로젝트 사업의 결과임을 밝혀야 한다.
3. 국가과학기술 기밀 유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안된다.