

213006-
05-5-
CGG00

보안 과제(), 일반 과제(O) / 공개(O), 비공개() 발간등록번호(O)
Golden Seed 프로젝트 사업 2단계 최종보고서

발간등록번호

11-1543000-003905-01

중
구
형

배
추

품
종
개
발

2022

농림축산식품부
농림식품기술기획평가원

중구형 배추 품종개발

2022.3.25

프로젝트연구개발기관 / 대일국제종묘(주)
세부프로젝트연구개발기관 / (주)농우바이오
한국생명공학연구원

농림축산식품부
(전문기관) 농림식품기술기획평가원

제출문

제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

본 보고서를 "중구형 배추 품종 개발"(개발기간 : 2017. 01. ~ 2021. 12.)과제의 최종보고서로 제출합니다.

2022.3.25

프로젝트연구개발기관명 : 대일국제종묘(주)

이태승 (인)

세부프로젝트연구개발기관명 : (주)농우바이오

(대표) 박동섭 (인)

한국생명공학연구원

(김장성 (인)

위탁프로젝트연구개발기관명: 북경대일한일국제종묘유한공사 (대표자) 이숙순 (인)

한국농업기술진흥원 (대표자) 안호근 (인)

프로젝트연구책임자 : 안춘희

1세부프로젝트연구책임자 : 안춘희

2세부프로젝트연구책임자 : 채원기

3세부프로젝트연구책임자 : 김용민

1세부위탁프로젝트연구책임자 : 이숙순

3세부위탁프로젝트연구책임자 : 정영민

국가연구개발혁신법 시행령 제33조에 따라 보고서 열람에 동의합니다.

보고서 요약서

과제고유번호	213006-05-5-C GG00	해당단계 연구기간	2017.01.01. ~ 2021.12.31	단계구분	(2단계)/ (2단계)
연구사업명	단위사업	Golden Seed 프로젝트사업			
	사업명	GSP채소종자사업단			
프로젝트명	프로젝트명	중구형 배추 품종개발			
	세부프로젝트명	내서성 중구형 배추 품종개발 만추대 중구형 배추 품종개발 종자 순도 대량 검증 시스템 개발 및 구축			
프로젝트책임자		해당단계 참여연구원 수	총: 115명 내부: 115명 외부: 0명	해당단계 연구개발비	정부: 1,578천원 민간: 426.5천원 계: 2,004.5천원
		총 연구기간 참여연구원 수	총: 115명 내부: 115명 외부: 0명	총 연구개발비	정부: 1,578천원 민간: 426.5천원 계: 2,004.5천원
연구기관명 및 소속부서명	농업회사법인 대일국제종묘(주)			농업회사법인 (주)농우바이오 한국생명공학연구원	
국제공동연구	-			-	
위탁연구	북경대일한일국제종묘			연구책임자: 이숙순	
	농업기술실용화재단			연구책임자: 정영민	

※ 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											

국가과학기술종합정보시스템에 등록된 연구시설·장비 현황

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

요약

- 종자수출: 446.7만불
- 국내매출: 3,099백만원
- 논문(SCI): 2건
- 특허출원: 3건
- 생산판매신고: 14건
- 품종보호출원: 14건
- 품종보호등록: 9건
- 기술실시/이전: 5건
- 유전자원등록: 61건

보고서 면수

216 P

<요약문>

<p>연구의 목적 및 내용</p>	<p>■ 연구목적</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 배추가 식품 및 종자시장에서 지금보다 더 높은 국제경쟁력을 갖기 위해서는 우수한 형질을 가진 고품질계 품종들이 지속적으로 개발되어야 함 ○ 배추의 주 수출국인 중국에 1990년대 후반부터 한국 봄배추 종자가 수출되기 시작하였으나 중국인들의 조리용으로는 저작감, 맛, 향 등에서 다소 적합하지 못한 점이 있음 ○ 특히 중국에서 소비가 증가하는 소구형 배추의 저수량성에 대한 수량성 향상과 대구형 배추의 1년 1작 리스크를 줄일 수 있는 중구형 배추의 연구가 필요하여 진행함 ○ 중구형 배추 주재배지에서 요구하는 특성은 내서성에 강하며 고온결구력이 우수하며 뿌리혹병 저항성, 수송성, 내엽 황심, 구형 H형 등 고품질의 품종을 요구하며, 만추대 품종은 추대에 강하며 바이러스, 뿌리혹병 저항성, 내엽 황심, 외엽 진녹색 등을 갖춘 품종을 요구하며, 월동형 배추는 저온신장성, 뿌리혹병 저항성, 무름병, 조·중숙계를 요구함 ○ 전통적인 여교배 육종법의 단점을 극복하고자 시간과 비용을 절감 시킬 수 있는 마커이용여교잡(MAB, Marker-Assisted Backcross)이 새로운 형질 전이를 위한 식물 육종 기술로 대두됨 ○ 특히, 잡종강세 육종으로 얻어진 F1 식물체는 양친과 비교하여 생산량이 높으며, 생산품의 균질성이 매우 우수하여 산업적으로 F1 종자 생산을 선호함 ○ 그러나 F1 종자의 채종은 양친의 순도, 다른 꽃가루로부터의 오염 또는 양친의 자가합성으로 인한 교배의 실패 등과 같은 위험에 노출되어 있으며, 표현형을 관찰하는 퀴리트 체크는 많은 시간과 인력이 필요하여 채현성과 조기 판별에 어려움이 있음 ○ 새로운 배추 분자표지 마커 개발을 통해 계통의 순도를 판별하고 여교배 집단에서의 계통선발을 할 수 있는 종자 순도 대량 검증 시스템 개발이 필요하며 이를 통해 상품의 퀄리티를 제품 생산 및 출하 과정 이전에 미리 파악할 수 있음 <p>■ 연구내용</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 중구형 배추 육종목표에 부합되는 소재 수집, 특성조사 및 분리·고정화 <ul style="list-style-type: none"> - 유용 유전자원 수집, 우수 자원 분리·고정 ○ 내서성, 만추대, 내병성, 고품질 계통 육성 <ul style="list-style-type: none"> - 뿌리혹병 저항성 계통육성을 위한 생물검정, 분자마커 활용 - 소포자 배양을 이용한 단기간 순계육성 ○ 유망 F1 신조합 작성 및 선발 <ul style="list-style-type: none"> - 우수 고정 계통을 이용하여 F1조합 작성, 평가한 후 예비선발 ○ 현지 지역적응성시험에서 선발된 품종을 시범포에 전시 <ul style="list-style-type: none"> - 종자 판매할 지역에서 성능검정후 선발된 품종을 시범포에 전시, 품종홍보 ○ 선발 품종의 시교 대량 생산 및 원종증식 <ul style="list-style-type: none"> - 선발 품종을 대면적으로 재배하여 농민, 배추 전문가, 바이어에게 홍보 및 시교종자 배포 및 원종증식
------------------------	--

	<ul style="list-style-type: none"> ○ 품종보호출원 및 등록 <ul style="list-style-type: none"> - 종자판매할 품종을 국립종자원에 품종보호출원 및 등록 ○ 개발품종의 우수성 홍보 <ul style="list-style-type: none"> - 품평회를 개최하여 신품종의 우수성을 홍보 ○ 종자 수출증대 <ul style="list-style-type: none"> - 수출 현지 지역별 바이어 네트워크를 활용하여 종자수출 ○ 배추 최신 유전체를 이용한 배추 육종 소재 및 육성 품종의 유전체 변이분석 ○ 배추의 엘리트 라인의 유전체 변이 분석을 통한 SNPs & InDels 발굴 ○ 품종 데이터와 유전체 변이의 연관 분석을 통한 품종 연관 마커 개발 ○ 배추 육종 및 육성 품종에서의 MAB 분석을 위한 마커 세트 개발 ○ 발굴 MAB 마커 세트의 검증을 통한 대량 검증 시스템 개발 및 구축 ○ 후보 마커의 실험적 검증 및 테스트 세트를 통한 실용화 플랫폼 구축 ○ 국내 종자기업 보유 배추 육성 계통 및 품종 시료 수집 ○ 배추 순도검정을 위한 고속·대량 DNA 추출법 확립 ○ 배추 유전체 재분석을 위한 유전자 변이 탐색 파이프라인 검증 ○ 배추 품종 유전자 재분석 통해 개발된 SNPs를 고속 분석용 KASP 마커제작 ○ KASP 마커 성능 검증 및 고속 대용량 분석 조건 탐색 ○ 국내 배추 육성계통 및 품종에 KASP 마커 적용을 통한 최적 마커세트 탐색 ○ 품종별 유전자형 분석을 통한 순도검정용 품종 식별 체계 구축
<p style="text-align: center;">연구개발성과</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 본 연구과제에 부합한 수출 맞춤형 중구형 배추 14품종 개발 및 수출 446.7만불, 국내매출 30억 9천만원 달성 ○ 국내외에서 수집한 유용 유전자원 활용 및 61건 기탁으로 기존 품종의 품질을 개선할 수 있는 육종 소재 확보 ○ 분자마커, 생물검정을 활용한 복합내병성 계통육성, 소포자 배양을 이용한 단기간 순계계통 육성 등 육종연한을 대폭 감소시킬 수 있는 육종 체계 구축 ○ 주요 수출지역의 현지 지역적응성시험, 시교사업 확대, 마케팅 활동 등을 통한 신규 시장 개척 및 바이어 확보 ○ 유전체 재분석 데이터를 활용한 계통 특이적 변이 탐색 파이프라인 구축 ○ 배추 156개 핵심집단의 변이 정보 DB 구축 ○ 배추 핵심집단 156계통의 유전체 정보를 활용한 종자순도 검증용 계통 특이적 KASP 마커 개발 ○ 인공지능과 유전체 데이터를 활용한 계통분류 모델 개발 ○ 인공지능을 활용한 표현형 기반 배추 계통 분류 모델 개발 ○ SCI급 논문 2편 출판과 특허 3편을 출원
<p style="text-align: center;">연구개발성과의 활용계획 (기대효과)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 목적시장별 맞춤형 중구형 14품종을 개발하여 수출과 내수로 종자산업육성에 기여하고 시장점유율 확대 ○ 국내외에서 수집한 유용 유전자원 활용으로 기존 품종의 품질을 개선할 수 있는 육종 소재로 활용 ○ 분자마커, 생물검정, 소포자 배양 기술로 획득한 우수 계통을 활용하여 육종기간 단축 ○ 내서성, 만추대, 월동형, 복합내병성, 고품질 품종개발을 통한 고부가 가치 창출로 중국 외 동남아 등 다양한 시장개척 기대

	<ul style="list-style-type: none"> ○ 마케팅 능력강화 및 현지 바이어 확대로 종자수출 증대 ○ 중국시장을 중점 타깃시장으로 현재 거래중인 현지 업체와의 유대관계를 강화하고, 해외 현지적응성시험, 시교사업, 전시포, 주요 종자 박람회 참가 등을 마케팅에 적극 활용하여 수출시장 확대 ○ MAB 마커 세트 개발 및 이를 활용한 종자 순도 대량 검증 시스템 개발 및 구축을 통해 특정 형질에 유리한 품종 개발에 필요한 새로운 마커를 제시 ○ 다양한 외부환경(기후변화, 병충해)에 적용이 가능한 신품종 개발에 원천 데이터 활용이 가능 ○ 종자 순도 대량 검증 시스템을 활용한 종자 순도 검증을 통해, 육종 연한 단축 및 종자 사고 예방 가능 ○ 고속 분석에 적합한 실용적 마커 개발로 조속한 분석 서비스 제공 ○ 고속 대용량 종자 순도 검정 체계 구축으로 국내 종자기업의 수출 기여 ○ 품종 식별 체계 구축으로 종자사고 예방 및 품질관리 용이성 증대 				
국문핵심어 (5개 이내)	중구형 배추	내서성	만추대	종자 수출	대량검증 시스템
영문핵심어 (5개 이내)	Medium chinese cabbage	Heat tolerance	Late bolting	Seed export	Mass checking system

〈 목 차 〉

제 1 장. 연구개발과제의 개요	6
제 1절. 연구개발 목적	6
제 2절. 연구개발의 필요성	6
제 3절. 연구개발 범위	7
제 2 장. 연구수행 내용 및 결과	8
제 1절. 내서성 중구형 배추 품종 개발	8
제 2절. 만추대 중구형 배추 품 종 개발	108
제 3절. 종자 순도 검정을 위한 고속 대용량 유전자형 분석시스템 구축 및 활용	143
제 3 장. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도	195
제 1절. 목표	195
제 2절. 목표 달성여부 및 관련분야 기여도	196
제 3절. 목표 미달성 시 원인 및 차후대책	200
제 4 장. 연구결과의 활용 계획	201

- <별첨 1> 연구개발보고서 초록
- <별첨 2> 자체평가보고서
- <별첨 3> 연구성과 활용계획서

제 1 장. 연구개발과제의 개요

제 1절. 연구개발 목적

1. 본 과제의 목적은 중구형 배추 품종을 개발함으로써 국내종자기업의 점유율을 높이고 시장을 확대하여 한국 종자시장의 발전에 기여하는 것이다. 배추가 식품 및 종자시장에서 현재보다 더 높은 국제경쟁력을 갖기 위해서는 우수한 형질을 가진 고품질계 품종들이 지속적으로 개발되어야 배추 주 수출국인 중국 종자시장에 진출할 수 있다. 중국에서 판매되고 있는 배추 품종은 주로 한국종자회사 및 일본종자회사에서 육성한 품종이 대부분이며, 최근 일본 사카다중묘에서 육성한 품종들이 내엽 황심계의 고품질계로 시장에 진입하여 점유율이 높은 편이다. 일부 중국 현지 연구기관에서도 품종 개발이 진행중이며 가장 앞선 기관은 중국 농업과학연구소이다.

최근 중국에서 소비가 증가하고 있는 중구형 배추의 주재배지에서 요구하는 특성은 내서성에 강하고 고온결구력이 우수하며 뿌리혹병 저항성, 수송성, 구형 H형, 내엽 황심 등 고품질의 품종을 요구하며, 만추대 품종은 추대에 강하며 바이러스, 뿌리혹병 저항성, 내엽 황심, 외엽 진녹색 등을 갖춘 품종을 요구하며, 월동형 배추는 저온신장성, 뿌리혹병 저항성, 무름병, 조·중숙계 품종에 대한 요구도가 증가하고 있다.

배추 또한 판매종자의 퀄리티를 제품 생산 및 출하 과정 이전에 미리 파악하기 위해 종자 순도 대량 검증시스템과 종자수출 시장에 적합한 중구형 고품질을 갖춘 품종을 개발하여 안정된 종자수출 확대에 국익을 창출할 수 있을 것으로 기대된다.

제 2절. 연구개발의 필요성

1. 중구형 배추는 소구형 배추의 저수량성에 대한 수량성 향상의 요구와 대구형 배추의 1년1작 리스크를 줄일 수 있어 최근 개발된 재배 유형으로 재배면적과 수요가 증가하고 있다. 중구형 배추의 주 재배지인 중국에서는 연작으로 인한 뿌리혹병, 무름병 등이 심각하여 병저항성 품종이 요구되고 있으며, 내서성 중구형 주재배 지역에서는 고온결구력, 뿌리혹병 내병계, 고품질계, 수송성에 강한 품종, 만추대 중구형 배추는 만추대, 바이러스, 고품질계 품종을 필요로 하며 월동 중구형 배추는 저온신장성, 뿌리혹병 내병계, 무름병, 고품질계 품종을 요구하고 있다. 또한 고품질 배추종자의 경우 저단가에서 고단가 시장으로 전환하고 있어 중국 등의 시장 요구에 부합하여 고단가 종자수출을 기대할 수 있다. 따라서 고품질계 및 내병성 중구형 배추 품종개발을 통해 중국 및 동남아 등 다양한 시장개척이 가능하다. 중국시장을 중점 타깃시장으로 현지 적응성시험, 시교사업 및 전시포 등을 마케팅에 적극 활용하여 배추 종자 수출을 확대하기 위해 지역별, 재배작형 및 소비자 기호에 적합한 품종개발이 필요하다.

고품질의 품종개발을 위해 목적에 부합한 우수계통을 육성하고 계통간 잡종강세 육종을 주로 활용하고 있다. 특히, 육종으로 얻어진 F1 식물체는 양친과 비교하여 생산량이 높으며, 판매종자의 균일성이 매우 우수하여 산업적으로 F1 종자 생산을 선호하고 있다. 하지만 F1 종자의 채종은 양친의 순도, 다른 꽃가루로부터의 오염 또는 양친의 자가화합성으로 인한 교배의 실패 등

과 같은 위험에 노출되어 있으며, 표현형을 관찰하는 퀄리티 체크는 많은 시간과 인력이 필요하여 재현성과 조기 판별에 어려움이 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 분자마커를 이용하여 계통의 순도를 판별하고 여교배 집단에서의 계통선발을 할 수 있는 종자 순도 대량 검증 시스템 개발이 필요하며 이를 통해 상품의 퀄리티를 제품 생산 및 출하 과정 이전에 미리 파악할 수 있다. 따라서 배추의 엘리트 라인의 유전체 재분석을 통한 품종 및 형질 연관 마커 개발 및 이를 활용한 종자 대량 순도 검증 시스템 개발 및 활용 서비스 지원에 대한 연구가 필요한 실정이다.

제 3절. 연구개발 범위

1. 1세부 및 위탁과제는 수출 현지 맞춤형 내서성 중구형 품종개발 및 종자수출 확대를 위해 국내·외 유용 F1 유전자원 수집 및 평가, 육성 목적에 부합한 계통 선발을 위해 기 보유, 분리·고정계통, 신계통의 특성을 조사하였고, 내서성·뿌리혹병 저항성·고품질 우수계통 등을 이용한 교배조합 작성 및 조합선발은 김제 육종연구소·강원도 고랭지·전남 해남 시험재배 후 원예적 형질·고온결구력·생존율·상품주율 등 특성조사 후 선발조합은 수출 현지의 시험포 운영 및 현지 바이어를 통한 시교 확대, 배추 종자시장의 수요 변화 조사, 주요 종자 박람회, 종자회의 참석, 품종홍보 및 종자 수출 확대를 위한 마케팅 능력강화 등 품종육성부터 판매까지 모든 활동을 연구 범위로 정의 하였다.
2. 2세부과제는 목적시장별 맞춤형 중구형 F1 품종 개발 및 종자 수출을 위해서 유용 유전자원 수집, 기 보유계통과 신계통을 이용한 우수 계통육성, 육성 계통의 내병화를 위한 내병성 형질 도입 및 접종시험, 육성기간 단축을 위한 DH프로그램 운영, 엘리트 계통을 이용한 조합작성 및 조합 선발, 선발 조합의 현지적응성시험, 채종시험 및 현지 시교사업, F1 대량생산을 위한 원종증식, 생산판매신고 및 품종보호출원 등 품종등록, 현지 전시포 및 박람회 참가 등을 통한 평가 및 홍보, 현지 마케팅을 통한 종자수출 등 우수 품종개발 및 개발된 품종의 판매를 위한 모든 활동을 연구개발 범위로 하고 있다.
3. 3세부 및 위탁과제는 배추 엘리트 라인의 유전체 재분석을 통한 육종 품종의 종자 순도 검증에 위한 품종 연관 마커 개발 및 마커이용 여교배를 위한 마커 세트 개발, 배추 유전체 재분석을 위한 핵심 알고리즘 개발, 배추 샘플의 NGS(Next generation Sequencing) 데이터와 공개된 최신 배추 표준유전체의 비교분석을 위하여 표준화된 생명정보 분석 프로그램 구축 및 정형화된 파이프라인 개발, 배추 유전체 변이 데이터와 표현형 통합 분석을 통한 형질 연관 마커 발굴, 대량의 유전체 변이 데이터에서 표현형질 정보와의 연관 분석을 통해 품종에 특이적인 SNPs/InDels을 탐색하고 후보 마커 세트를 개발, 배추 육종 및 육종 품종의 순도 검증을 위한 MAB(Molecular Marker-assisted breeding) 마커 세트 개발, 품종에 특이적인 후보 마커 세트와 알려진 유전자 발현, 기능에 연관된 형질 마커와 통합분석하여 품종 별 종자 순도 검증이 가능한 마커 세트를 선발, 선발된 MAB 마커 세트를 통한 검증 및 대량 검증 시스템 구축, 선발된 후보 마커세트를 실험적으로 검증하고 테스트 세트를 통해 대량 검증 시스템을 개발하여 실용화 플랫폼 서비스 구축이 가능하도록 지원하는 것을 범위로 두고 있다.

제 2 장. 연구수행 내용 및 결과

제 1절. 내서성 중구형 배추 품종 개발(1세부과제)

1. 유전자원 수집, 등록 및 특성조사

가. 본 연구에 부합한 육종소재 개발을 위해 국내, 국외 종묘상에서 F1을 구입하거나, 다른 세부과제와 협력하여 우수 시판종 품종 교류, 계통분양 등을 통해 필요한 유전자원을 수집하였다. 매년 수집된 유전자원은 김제연구소에서 봄, 가을 노지에 특성검정을 실시하였고 우수 육종소재는 계통분리·고정, 소포자 배양을 진행하였다. 또한 유전자원으로부터 얻어진 중간계통이나 수집자원 중 특수하거나 우수한 유전자원은 한국생명공학연구원 미생물자원센터에 기탁하였다.

(1) 1차년도에는 중국 하북성 출장시 종묘상에서 고품질계 F1 품종 7점을 수집하였으며, 수집한 유전자원 7점을 한국생명공학연구원 미생물자원센터에 기탁하였다(그림1). 또한 시판종 F1을 3-1(한국종묘), 7-2(농협종묘) 세부과제에서 분양 받았으며, 4-2(충남대학교) 세부과제에서는 소포자 배양을 통해 육성된 뿌리혹병 저항성계통 9점을 분양 받았다. 노지검정을 통해 특성평가(표1, 2, 그림 2) 후 우수 자원의 성숙모본은 선발하여 계통분리를 진행하였으며 단기간에 우수계통을 육성하고자 소포자 배양을 실시하였다.



한국생명공학연구원 바이오역학연구소사업부 과장부서 생물자원센터 (<http://biom.kribb.co.kr>)
 주소: 전북 정읍시 원서로 191 Tel: 063-570-5602, FAX: 063-570-5600

연구성과물(생물자원) 기탁 필증

기탁번호	BP1347325 ~ BP1347341
연구개발사업명	GoldenSeed프로젝트(생토부)
연구과제명	내서성 중구형 배추 육종개발
연구기관명	대동하이브농원(주)
연구책임자	양승희
기탁명	육자 7점
기탁소재 구분	종자
기탁일자	2017-10-11

※ 기탁대상: 기탁대상 생기 연구성과물(생물자원)을 국가연구개발사업의 연구 결과물 중 연구성과물(특정) 기준(2008.5.27. 문화) 및 농·축·수산부 시행규칙 제2009.7.8. 문화로, 요건상 일치하는 기탁 대상임을 확인합니다.

* 기탁대상과 일치 않는 자료는 불부합함을 확인하시기 바랍니다.

2017년 10월 26일

생물자원 연구성과물 담당기관
 한국생명공학연구원 바이오역학연구소사업부장

<그림 1. 1차년도 유전자원 수집 및 기탁>

표 1. 1차년도 수집 유전자원 정보

품종명	자원구분	취득자원 형태	수집일	수집지	균일성	주요특성
CR만리	품종	종자	2017.07	중국	F1	내한성강, 황심, 내병, 직원통형, 정식후55~60 수확
금패왕	품종	종자	2017.07	중국	F1	고랭지, 황심, 고구형, 정식후55~63 수확
춘명	품종	종자	2017.07	중국	F1	내엽황심, 반포합, 만추대, 연부병강
CR봉녀	품종	종자	2017.07	중국	F1	내한, 내열, 내병, 직원통형, 정식후55~60 수확
천하	품종	종자	2017.07	중국	F1	내병성, 내엽황심, 조숙, 정식후55 수확
금금	품종	종자	2016.12	중국	F1	내한강, 황심, 내서성, 정식후55~60 수확
화내1102	품종	종자	2016.12	중국	F1	조숙성, 외엽진녹색, 내엽황심. 정식후45~50 수확



<그림 2. 1차년도 기 보유 및 수집 유전자원 평가(일부)>

표 2. 1차년도 유전자원 특성조사

BN	전중 (g)	중록길이 (cm)	중록너비 (cm)	중록두께 (cm)	외엽수 (ea)	내엽수 (ea)	구중 (g)	구고 (cm)	구폭 (cm)	구형	내엽색	결구 상태	구치 밀도	고갱이 (cm)	고갱이형
253	1,840	14.5	4.5	0.8	8	41	1,300	25	11.5	달걀	진노랑	중간	중강	3	중간
254	2,120	17	5.5	0.7	9	45	1,400	25	14	장타원	진노랑	중간	중강	3	중간
257	1,900	16	5	0.7	9	38	1,260	23	12	장타원	진노랑	중간	중	3	중간
258	2,200	18	5	0.8	7	44	1,460	27	13	달걀	진노랑	중간	중	3	중간
284	3,100	18.5	4	1	10	39	1,840	27.5	13.5	달걀	노랑	중간	중	3.5	평평
285	3,200	20	4	0.9	9	40	2,220	32	14	장타원	노랑	중간	중약	3.5	평평
286	3,800	18	6	0.8	9	39	2,480	32	15	장타원	연노랑	중간	중강	3	평평
289	3,500	17	6	0.9	10	38	2,280	27	14.5	타원	연노랑	포합	강	3	중간
290	2,720	21	5.5	0.8	14	41	1,640	26	13	역달걀	연노랑	포합	중	3	중간
291	2,880	18	5.5	0.8	8	33	1,940	27	11.5	역달걀	연노랑	포합	중강	2.5	중간

(2) 2차년도에는 중국 호북성 종자상에서 육종소재로 활용가치가 높은 F1 품종 6점을 수집(표3, 그림3)하였고 전년도 수집자원의 원예적 특성을 파악하였다(표4, 그림4). 유전자원 기탁은 분리중인 중간계통 10점을 한국생명공학연구원 미생물자원센터에 기탁하였다.



한국생명공학연구원 바이오의약인프라사업부 전담부서 생물자원센터 (<http://biom.kribb.re.kr>)
 연락처도 정읍시 읍신길 181 Tel: 063-570-5602, FAX: 063-570-5609

연구성과물(생물자원) 기탁 필증

기탁번호	BP1422219 - BP1422228
연구개발사업명	GoldenSeed프로젝트(농림부)
연구과제명	내서성 중구청 배추 육종개발
연구기관명	대일바이오희(주)
연구책임자	안춘희
기탁명	종자 10점
기탁소재 구분	종자
기탁일자	2018-09-27

귀 기관에서 기탁하신 상기 연구성과물(생물자원)을 국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정(대통령령) 개정(2008.5.27 공포) 및 동 규정 시행규칙 개정(2008.7.8 공포)에 따라 상기와 같이 기탁 받았음을 확인합니다.

* 기탁자원에 대한 상세정보는 첨부파일을 확인하시기 바랍니다.

2018년 12월 13일

생물자원 연구성과물 전달기관
 한국생명공학연구원 바이오의약인프라사업부장

<그림 3. 2차년도 유전자원 수집 및 기탁>

표 3. 2차년도 수집 유전자원 정보

품종명	자원구분	취득자원 형태	수집일	수집지	균일성	주요특성
농왕	품종	종자	2018.06	중국	F1	고랭지 황심, 고구형, 외엽농녹색, 정식 후 55~63일 수확
미제012	품종	종자	2018.06	중국	F1	내엽색 황심, 내추대, 정식후45~55 수확
영롱황515	품종	종자	2018.06	중국	F1	소형, 외엽농녹색, 내엽색 황심, 중륙 얇음, 원통형
CR금장군	품종	종자	2018.06	중국	F1	내추대, 저온신장성, 외엽진녹색, 정식 후 55~60일 수확
대지춘효	품종	종자	2018.06	중국	F1	월동형, 내엽색 황심, 항병성, 내한성 강
동휘	품종	종자	2018.06	중국	F1	내한성 강함, 내엽색 황심, 월동, 포탄형

표 4. 2차년도 유전자원 특성조사

BN	전중 (g)	중특길이 (cm)	중특너비 (cm)	중특두께 (cm)	외엽수 (장)	내엽수 (장)	구중 (g)	구고 (cm)	구폭 (cm)	구형	내엽색	결구 상태	구치 밀도	고갱이 (cm)
2088	1,360	16.5	4	0.6	13	34	700	20	11	역달걀	노랑	중간	중약	2
2089	1,000	25	4.5	0.5	7	18	650	27	15	달걀	진노랑	중간	약	3
2090	1,720	17.5	6.5	1	4	42	1,320	24.5	13	장타원	연노랑	중간	강	3.0
2091	1,300	13.5	4.5	0.9	9	32	800	22	11	장타원	노랑	중간	중	2
2092	2,860	21.5	7	0.9	7	38	2,170	27	14	역달걀	연노랑	중간	중	3
167	2,360	15	5	0.8	15	39	1,360	21	12	장타원	노랑	중간	중강	3.5
173	1,820	16.5	4.5	0.7	15	36	960	21	12	타원	노랑	중간	중약	3
178	2,440	19.5	6	0.6	11	41	1,560	26	14	타원	연노랑	중간	중	3.7
181	2,480	16	5	0.9	14	1,300	40	21.5	13	달걀	연노랑	포함	중	6.5
190	2,360	15	5	0.7	13	46	1,400	21	14	장타원	노랑	중간	중	3.5



<그림 4. 2차년도 보유 및 수집 유전자원 평가(일부)>

(3) 3차년도에는 중국 운남성, 하북성 종자상에서 판매중인 고품질계 F1 품종 12점을 수집하였다(그림 5). 수집된 유전자원은 봄, 가을 검정 시 특성평가 후 우수 자원의 성숙 모본을 선발하여 분리·고정 하였으며, 단기간에 우수계통을 육성하고자 소포자 배양을 하였다(표 5, 그림 6). 유전자원 기탁은 분리중인 중간계통 12점을 한국생명공학연구원 미생물자원센터에 기탁하였다(그림 5).





<그림 5. 3차년도 유전자원 수집 및 등록>

표 5. 3차년도 유전자원 특성조사

No	전중 (g)	중륵두께 (cm)	외엽수 (ea)	내엽수 (ea)	구중 (g)	구고 (cm)	구폭 (cm)	구형	내엽색	구 치밀도	고갱이 (cm)	고갱이형
1	2,000	0.8	10	29	1,320	29.0	15.5	타원형	진노랑	강	2.5	등근
2	1,980	0.8	12	29	980	28.0	12.0	장타원	진노랑	중강	1.5	등근
3	1,820	0.8	10	29	1,100	30.0	11.0	장타원	연노랑	매우강	2.0	등근
4	1,800	0.7	5	27	1,460	29.5	14.0	장타원	노랑	중강	2.0	등근
5	1,700	0.8	8	27	1,080	27.5	15.5	장타원	노랑	매우강	2.0	등근
6	1,860	0.6	10	36	1,260	29.5	14.0	타원형	노랑	중강	3.0	등근
7	1,920	0.9	9	37	1,420	28.5	14.5	타원형	노랑	중강	2.0	평평
8	2,300	0.8	12	35	1,520	29.0	15.0	장타원	노랑	중강	2.5	평평
9	2,620	0.8	13	44	1,680	28.5	14.0	장타원	노랑	강	3.0	등근
10	1,360	0.6	13	27	700	25.5	11.5	달걀형	진노랑	중	2.0	평평
11	1,540	0.8	10	20	800	33.0	12.0	장타원	노랑	매우강	2.5	등근
12	1,700	0.6	13	30	820	25.0	11.5	타원형	진노랑	중	2.5	등근
13	1,120	0.6	8	24	600	25.0	10.5	타원형	연노랑	중	2.0	등근
14	1,680	0.8	13	22	840	29.0	11.5	장타원	연노랑	중	1.5	등근
15	2,400	0.8	12	4728	1,640	29.0	13.55	긴장타원	진노랑	중	2.5	등근



<그림 6. 3차년도 기 보유 및 수집 유전자원 평가 (일부)>

(4) 4차년도에는 국내 종자판매상 및 배추 7-1세부 위탁과제와 교류하여 중국에서 육종소재로 활용가치가 높은 고품질계 F1 품종 4점을 수집하였다(그림 7). 가을, 월동 검정 시 특성평가를 실시하여 우수 자원의 성숙모본을 선발하여 계통분리 및 소포자 배양을 의뢰하였다. 중국 및 국내에서 수집된 유전자원으로 계통분리를 진행하여 얻은 중간모본계통 10점은 한국생명공학연구원 미생물자원센터에 기탁하였다(그림 7).



<그림 7. 4차년도 유전자원 수집 및 등록>

(5) 5차년도에는 육종소재로 활용하기 위해 7-2(농우바이오), 2-1(더기반) 세부과제에서 시판 품종 분양 및 중국에서 수집된 고품질계 F1 유전자원의 평가를 실시하였다. 가을, 월동 검정 시 특성평가를 실시하여 우수 자원의 성숙모본을 선발하고 계통분리를 진행하였으며, 중간모본계통 9점은 한국생명공학연구원 미생물자원센터에 기탁하였다(그림 8).



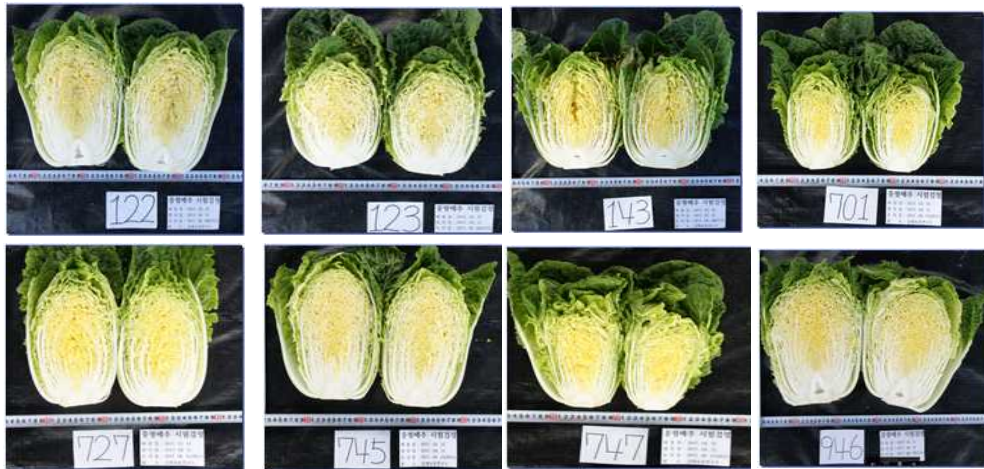
<그림 8. 5차년도 유전자원 평가 및 등록>

2. 계통 성능검정

가. 내서성 중구형 배추 품종 개발을 위해 고품질 기 보유 계통과 유용 자원을 활용하여 연구 목적에 부합한 계통을 육성하였다. 1~5차년도 동안 김제 연구소 노지 및 하우스에서 봄에는 내서성, 내병성, 숙기, 추대성 등의 특성을, 가을에는 내엽색, 구형, 수량성, 내한성 등의 특성을 중점으로 고정계통, 분리계통, 소포자계통의 성능검정을 진행하였다. 조사 후 육성목적에 부합한 중구형, 중소형, 월동 중구형의 우수계통들을 선발하여 교배조합 작성에 활용하였으며, 분리중인 계통은 세대진전을 진행하였다.

(1) 1차년도 봄, 가을 노지 계통 성능검정

(가) 기 보유 고정계통 및 분리중인 계통들의 특성을 조사하였다. 봄은 03월 13일 파종, 04월 12일 정식하여 생육시기별 특성조사를 실시하였고, 가을은 08월 10일 파종, 09월 04일에 정식하여 약 50~55일 후에 조사하였다. 육성목적에 부합되는 우수 고정 50계통을 선발하여 교배조합 작성에 활용하였으며, 분리중인 40계통은 세대진전을 진행하였다(그림 9).



봄 노지 계통성능검정(일부)



가을 노지 계통성능검정(일부)

<그림 9. 1차년도 계통성능검정>

(2) 2차년도 봄, 가을 노지·하우스 계통 성능검정

(가) 고정계통 및 분리·고정중인 봄 계통을 03월 19일 파종, 04월 13일 정식 후 특성조사를 실시하여 육성목적에 부합되는 우수한 중구형, 중소형, 월동형의 우수계통들을 선발하였다(그림 10).

(나) 가을 검정을 위해 고정계통은 노지에 8월 10일 파종 9월 6일 정식하였으며, 분리계통 및 월동계통은 8월 17일 파종, 09월 13일 비닐하우스에 정식하였다. 최종 특성조사 후 육성목적에 부합되는 75계통을 선발하여 교배조합 작성에 활용, 분리중인 159계통은 세대진전 하였다(그림 10).



봄 노지 계통성능검정(일부)



가을 노지 계통성능검정(일부)



하우스 월동계통 성능검정(일부)



하우스 분리계통 선발 및 세대진전(일부)

<그림 10. 2차년도 계통성능검정>

(3) 3차년도 봄, 가을 노지·하우스 계통 성능검정

(가) 기 보유 고정계통 및 분리중인 계통들을 03월 18일 파종, 04월 15일 정식하여 생육시기별 특성조사를 실시하였다. 육성목적에 부합되는 내서성, 내병성, 숙기, 추대성,

내엽색, 중륵, 구 형태 등이 우수한 중구형, 중소형, 월동형의 우수계통을 선발하였다 (그림 11).

- (나) 구형, 내엽색, 숙기, 내병성 등 고품질 계통 선발을 위해 고정계통은 파종 08월 05일, 정식 08월 31일에 노지에 정식하였으며, 분리계통 및 월동계통은 08월 23일 파종, 09월 17일 1중 비닐하우스에 정식하였다. 특성조사 데이터를 바탕으로 육성목적에 부합되는 50계통을 선발하여 교배조합 작성에 활용, 분리중인 우수 40계통은 세대진전을 진행하였다(그림 11).



봄 노지 계통성능검정 (일부)



가을 노지 계통성능검정 및 우수계통 선발 (일부)

<그림 11. 3차년도 계통성능검정>

(4) 4차년도 봄, 가을 노지·하우스 계통 성능검정

- (가) 내서성, 내병성, 숙기, 추대성 등의 특성조사를 위해 기 보유 고정계통 및 분리중인 계통들을 03월 10일 파종, 04월 08일 정식하여 생육시기별 특성조사를 실시하였다. 조사 후 육성목적에 부합되는 우수한 중구형, 중소형의 우수계통을 선발하였다(그림 12).

- (나) 가을작형의 원예적 특성 조사를 위해 기 보유 고정 134계통, 분리 74계통을 노지 및 하우스에 공시하였다. 고정계통은 08월 10일 파종, 08월 31일 노지에 정식하였으며, 분리계통 및 월동계통은 8월 18일 파종, 9월 15일 비닐하우스에 정식하였다. 10월 말 특성조사 후 육성목적에 부합되는 40계통을 선발하여 교배조합 작성에 활용하

고 분리중인 60계통은 세대진전을 진행하였다(그림 12).



봄 노지 계통성능검정 (일부)



가을 노지 계통성능검정 (일부)>

<그림 12. 4차년도 계통성능검정>

(5) 5차년도 봄, 가을 노지·하우스 계통 성능검정

(가) 봄 작형의 원예적 특성조사를 위해 기 보유 고정계통 및 분리중인 계통들을 03월 08일 파종, 04월 07일 정식하여 약 50일~60일 후 특성조사를 실시하였다. 육성목적에 부합되는 내서성, 내병성, 숙기, 추대성, 내엽색, 구 형태 등이 우수한 중구형, 중소형의 우수계통을 선발하였다(그림 13).

(나) 내병성, 숙기, 내엽색 등 육성목적에 부합한 계통육성을 위해 기 보유 고정 134계통, 분리 74계통을 가을 노지 및 하우스에 공시하였다. 고정계통은 08월 10일 파종, 08월 31일 노지에 정식하였으며, 분리계통 및 월동계통은 8월 18일 파종, 9월 15일 비닐하우스에 정식하였다. 노지는 10월 말, 하우스는 11월초에 특성조사를 실시하였으며 육성목적에 부합되는 20계통을 선발하여 교배조합 작성에 활용하고 분리중인 134계통은 세대진전 진행중이다(그림 13).



봄 노지 계통성능검정 (일부)



가을 노지 계통성능검정 (일부)

<그림 13. 5차년도 계통성능검정>

3. 우수계통 육성

가. 생물검정을 이용한 뿌리혹병 저항성 계통 육성

(1) 뿌리혹병은 국내 및 국외 배추 재배지에서 심각하게 발생하고 있는 주요 병 중 하나이다. 주로 연작지나 고온기에 발생이 심해 내서성을 요구하는 지역에서는 대부분 뿌리혹병 저항성 품종을 요구하고 있다. 따라서 본 연구와 부합하는 내병성계통 육성을 위해 뿌리혹병 생물검정 시험을 고추 8과제(한국화학연구원)와 협력하여 매년 진행하였다. 육성목적에 부합한 보유 재료로 시험을 진행하였으며, 한국화학연구원의 시험 방법은 과종 10일 후 유묘에 뿌리혹병 발생 지역에서 채집한 뿌리혹병균을 $3.5 \sim 6.5 \times 10^8$ spores/pot가 되도록 접종, 20℃ 생육실에서 약 7일간 배양 후 온실에서 재배하여 접종 28~30일 후에 발병도(0-4)를 조사하였다. 저항성 조사 기준은 평균 발병도가 1.0 미만인 경우에는 저항성(R), 1.0 이상에서 2.0 이하는 중도저항성(MR), 2.0 초과는 감수성(S)으로 판정하였다. 검정 결과 각 지역별로 뿌리혹병에 강한 계통은 선발 육성하여 내서성 중구형 배추 품종육성에 활용하였다.

(가) 1차년도에는 기 보유 계통의 뿌리혹병 저항성 정도를 검정하고자 고추 8과제(한국

화학연구원)에 22점의 시료를 의뢰해 연천균주(mutant type 2)와 서산균주(mutant type 3)에 접종하였다. 검정 결과 9번, 10번, 11번 등 10계통이 연천균주에 강하였으며(표 6, 그림 14) 서산균주에 강한 계통은 없었다(표 7, 그림 14). 연천균주에 강하면서 육성목적과 부합되는 분리계통들은 고정하여 품종육성에 활용하였다.

표 6. 1차년도 연천균주에 대한 뿌리혹병 병리검정결과

No.	발병도	반응 ^z	No.	발병도	반응 ^z
1	4.0	S	14	0.0	R
2	4.0	S	15	1.5	MR
3	4.0	S	16	0.0	R
4	4.0	S	17	1.4	MR
5	4.0	S	18	0.9	R
6	4.0	S	19	1.6	MR
7	4.0	S	20	0.0	R
8	4.0	S	21	1.2	MR
9	0.0	R	22	0.0	R
10	0.0	R	대비품종	4.0	S
11	0.0	R	대비품종	4.0	S
12	0.0	R	대비품종	0.0	R
13	0.0	R	대비품종	0.0	R

* S: 감수성, MR: 중도저항성, R: 저항성

표 7. 1차년도 서산균주에 대한 뿌리혹병 병리검정결과

No.	발병도	반응 ^z	No.	발병도	반응 ^z
1	4.0	S	14	2.3	S
2	4.0	S	15	4.0	S
3	4.0	S	16	3.5	S
4	4.0	S	17	4.0	S
5	4.0	S	18	4.0	S
6	4.0	S	19	4.0	S
7	4.0	S	20	3.7	S
8	4.0	S	21	3.9	S
9	3.6	S	22	4.0	S
10	4.0	S	대비품종	4.0	S
11	3.6	S	대비품종	4.0	S
12	4.0	S	대비품종	4.0	S
13	4.0	S	대비품종	4.0	S

* S: 감수성, MR: 중도저항성, R: 저항성





<그림 14. 1차년도 뿌리혹병 생물검정>

(나) 2차년도에는 보유 육성재료 33점을 고추 8과제(한국화학연구원)에 의뢰해 뿌리혹병 저항성 정도를 검정하고자 연천군주(mutant type 2)와 서산군주(mutant type 3)에 접종해 강한 계통을 선발하고자 하였다. 3번, 5번, 12번, 33번 시료가 연천군주에 강하였으며(표 8, 그림 15), 서산군주에 강한 재료는 없었다(표 9, 그림 15). 연천군주에 강한 고품질계는 육성소재로 활용하였다.

표 8. 2차년도 연천군주에 대한 뿌리혹병 병리검정결과

계통											발병도	반응
D01	4	4	4	4	4	4	4	4	4		4.0	S
D02	4	4	4	4	4	4	4	4	4		4.0	S
D03	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	R
D04	4	4	4	4	4	4	4				4.0	S
D05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	R
D06	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3.9	S
D07	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4.0	S
D08	4	4	4	4	4	4	4	4	4		4.0	S
D09	4	4	4	4	4	4	4	4	4		4.0	S
D10	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4.0	S
D11	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3.9	S
D12	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0.0	R
D13	4	4	4	4	4	4	4	4	4		4.0	S
D14	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4.0	S
D15	4	4	4	4	4	4	4	4	4		4.0	S
D16	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4.0	S
D17	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4.0	S
D18	4	4	4	4	4	4	4	4			4.0	S
D19	4	4	4	4	4	4	4				4.0	S
D20	4	4	4	4	4	4	4	4	4		4.0	S
D21	4	4	4	4	4	4	4				4.0	S
D22	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4.0	S

D23	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4.0	S
D24	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3.8	S
D25	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4.0	S
D26	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4.0	S
D27	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4.0	S
D28	4	4	4	4	4	4	4	4	4		4.0	S
D29	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4.0	S
D30	4	4	4	4	4	4	4	4	4		4.0	S
D31	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4.0	S
D32	4	4	4	4	4	4	4	4	4		4.0	S
D33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	R
노랑김장	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4.0	S
겨울진명	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4.0	S
CR117	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	R
천하장군	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.1	R

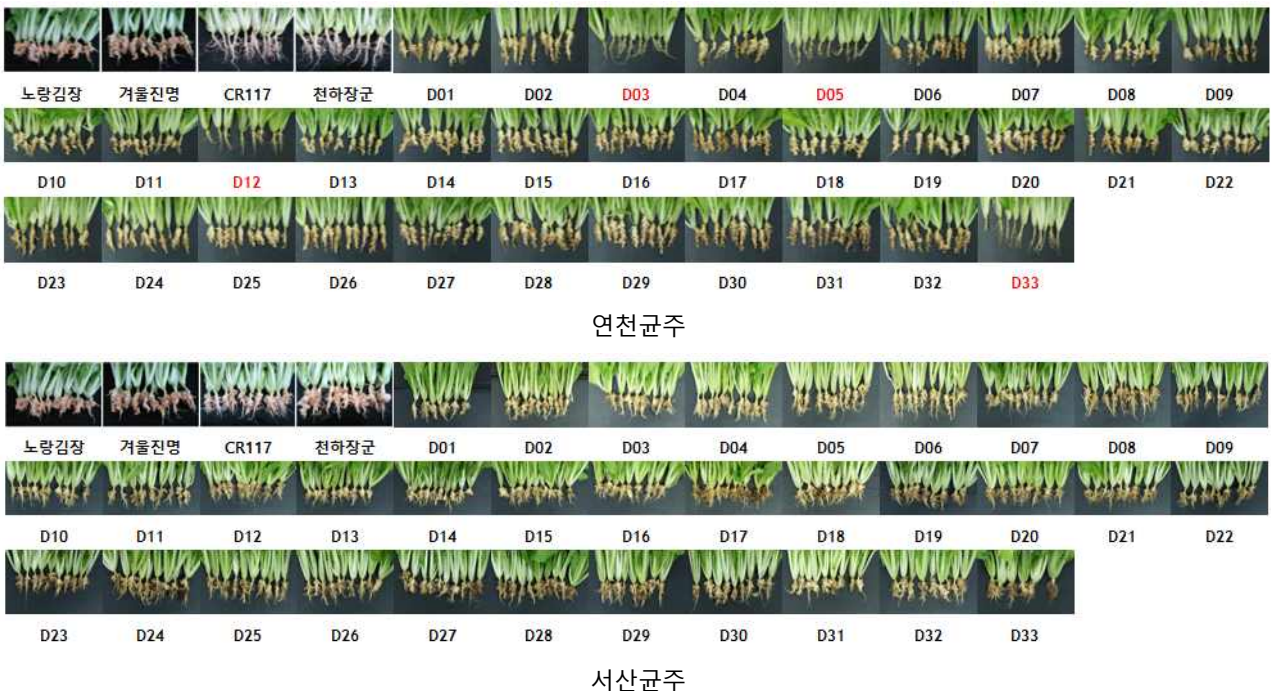
* S: 감수성, MR: 중도저항성, R: 저항성

표 9. 2차년도 서산균주에 대한 뿌리혹병 병리검정결과

계통											발병도	반응
D01	4	4	4	4	4	4	4				4.0	S
D02	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4.0	S
D03	4	4	4	4	4	4	4	4			4.0	S
D04	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4.0	S
D05	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4.0	S
D06	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4.0	S
D07	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4.0	S
D08	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4.0	S
D09	4	4	4	4	4	4	4	4	3	2	3.7	S
D10	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4.0	S
D11	4	4	4	4	4	4	4	4	4		4.0	S
D12	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4.0	S
D13	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4.0	S
D14	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4.0	S
D15	4	4	4	4	4	4	4	4	4		4.0	S
D16	4	4	4	4	4	4	4	4	4		4.0	S
D17	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	3.9	S
D18	4	4	4	4	4	4	4	4			4.0	S
D19	4	4	4	4	4	4	4	4	4		4.0	S
D20	4	4	4	4	4	4	4	4			4.0	S
D21	4	4	4	4	4	4	4	4	1		3.7	S
D22	4	4	4	4	4	4	4	4	4		4.0	S
D23	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4.0	S

D24	4	4	4	4	4	4	4	4	4		4.0	S
D25	4	4	4	4	4	4	4	4	4	0	3.6	S
D26	4	4	4	4	4	4	3	3	3	0	3.3	S
D27	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4.0	S
D28	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4.0	S
D29	4	4	4	4	4	4	4	4			4.0	S
D30	4	4	4	4	4	4	4	4	4		4.0	S
D31	4	4	4	4	4	4	4	4	4		4.0	S
D32	4	4	4	4	4	4	4	4	4		4.0	S
D33	4	4	3	3	4	0					3.0	S
노랑김장	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3.9	S
CR117	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4.0	S
천하장군	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4.0	S
겨울진명	4	4	4	4	4	4	4	4			4.0	S

* S: 감수성, MR: 중도저항성, R: 저항성



<그림 15. 2차년도 뿌리혹병 생물검정>

(다) 3차년도에는 02월 26일 1차로 25점을 각각 연천균주(mutant type 2)와 서산균주(mutant type 3)에 검정 의뢰하였다. 검정 결과 연천균주에 중도저항성인 2계통, 서산균주에 중도저항성인 1계통을 각각 선발하였다(표 10, 11, 그림 16).

2차 검정시에는 강릉 균주와 대전균주를 추가하여 09월 04일에 의뢰하였다. 육성 재료 20점을 각각 강릉(wild type), 대전(mutant type 1), 연천(mutant type 2), 서산(mutant type 3) 균주에 검정하였다. 검정결과 강릉, 대전균주에 각각 11계통이 저항성을, 1계통이 중도저항성을 나타내었으며 연천균주에 1계통이 저항성을, 1계통이

중도저항성을 나타내었고 서산군주에 강한 계통은 없었다(표 12, 13, 14, 15, 그림 17). 20번 계통은 강릉, 대전, 연천군주에 저항성을 보유하고 있어 뿌리혹병 품종개발에 유용하게 이용할 수 있을 것이라 판단된다. 이외 뿌리혹병 저항성 계통은 당해 연도 교배조합 작성시 활용하여 병 저항성 품종 육성에 이용하였다.

표 10. 3차년도 1차 연천군주에 대한 뿌리혹병 병리검정결과

품종											발병도	반응
Y1	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4.0	S
Y2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4.0	S
Y3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4.0	S
Y4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4.0	S
Y5	4	4	4	4	3	3	3	3	4	4	3.6	S
Y6	3	2	4	3	3	4	3	4	3		3.2	S
Y7	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3.4	S
Y8	4	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3.5	S
Y9	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4.0	S
Y10	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4.0	S
Y11	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	3.7	S
Y12	4	4	3	3	4	4	4	4	4	4	3.8	S
Y13	4	4	4	4	2	0	0	0	0	0	1.8	MR
Y14	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4.0	S
Y15	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3.9	S
Y16	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4.0	S
Y17	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4.0	S
Y18	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4.0	S
Y19	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4.0	S
Y20	0	0	0	0	0	0	0	4	4	4	1.2	MR
Y21	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4.0	S
Y22	4	4	4	4	4	4	4	4	4		4.0	S
Y23	3	1	4	4	4	4	4	4	4	4	3.6	S
Y24	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3.8	S
Y25	1	3	2	2	4	4	4	4	4	4	3.2	S
노랑김장	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4.0	S
챔피언	4	4	4	4	4	4	4	4	4		4.0	S
CR117	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0.0	R
천하장군	0	0	0	0	0	0	0	0			0.0	R

* S: 감수성, MR: 중도저항성, R: 저항성

표 11. 3차년도 1차 서산군주에 대한 뿌리혹병 병리검정결과

품종	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	평균	반응
S1	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4.0	S
S2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4.0	S
S3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4.0	S
S4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4.0	S
S5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3.9	S
S6	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3.9	S
S7	4	4	4	4	4	4	4	4	4		4.0	S

S8	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	3.9	S
S9	2	4	3	3	4	3	4	3	4		3.3	S
S10	3	4	3	3	4	4	4	4	4	4	3.7	S
S11	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	3.9	S
S12	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4.0	S
S13	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4.0	S
S14	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4.0	S
S15	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4.0	S
S16	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3.9	S
S17	2	3	3	4	3	4	4	4	4	4	3.5	S
S18	2	4	3	3	4	0	0	0	1	2	1.9	MR
S19	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3.9	S
S20	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4.0	S
S21	3	4	4	3	4	4	4	4	4	4	3.8	S
S22	4	4	4	4	4	4	4	4	4		4.0	S
S23	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4.0	S
S24	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4.0	S
S25	2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3.8	S
노랑김장	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4.0	S
챔피언	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3.9	S
CR117	4	3	3	4	3	4	2	3	4		3.3	S
천하장군	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4.0	S

* S: 감수성, MR: 중도저항성, R: 저항성



<그림 16. 3차년도 1차 뿌리혹병 생물검정>

표 12. 3차년도 2차 강릉군주에 대한 뿌리혹병 병리검정결과

품종											발병도	반응
DS1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	R
DS2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	R
DS3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	R
DS4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	R
DS5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	R
DS6	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.4	R
DS7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	R
DS8	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3.0	S
DS9	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3.4	S
DS10	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3.0	S
DS11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	R
DS12	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3.0	S
DS13	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3.0	S
DS14	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3.0	S
DS15	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3.0	S
DS16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	R
DS17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	R
DS18	0	4	0	3	0	3	0	1.4	MR			
DS19	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4.0	S
DS20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	R
노랑김장(S)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4.0	S
NWCR1(R)	0	0	0	0	0	0	0				0.0	R
CR117(R)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	R
천하장군(R)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	R

* S: 감수성, MR: 중도저항성, R: 저항성

표 13. 3차년도 2차 대전군주에 대한 뿌리혹병 병리검정결과

품종											발병도	반응
DS1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	R
DS2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	R
DS3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	R
DS4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	R
DS5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	R
DS6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	R
DS7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	R
DS8	4	4	4	4	4	3	3.8	S				
DS9	4	4	4	4	4	4	4.0	S				
DS10	4	4	4	2	4	3.6	S					
DS11	0	0	0	0	0	0	0.0	R				
DS12	4	4	4	4	4	4	4.0	S				

DS13	4	4	4	4	4	4	4.0	S				
DS14	4	4	4	4	4	4	4.0	S				
DS15	4	4	4	4	4	4	4.0	S				
DS16	0	0	0	4	4	4	1.6	MR				
DS17	4	0	0	0	0	0	0.8	R				
DS18	3	0	2	0	0	0	1.0	R				
DS19	4	4	4	4	3	3	3.8	S				
DS20	0	0	0	0	0	0	0.0	R				
노랑김장(S)	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	3.8	S
NWCR1(R)	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.2	R
CR117(S)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4.0	S
천하장군(R)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	R

* S: 감수성, MR: 중도저항성, R: 저항성

표 14. 3차년도 2차 연천군주에 대한 뿌리혹병 병리검정결과

품종	1	2	3	4	5	평균	반응				
DS1	3	3	4	4	4	3.6	S				
DS2	3	3	4	4	4	3.6	S				
DS3	0	0	2	4	4	2.0	MR				
DS4	4	4	4	3	3	3.6	S				
DS5	4	4	4	4	4	4.0	S				
DS6	4	4	4	4	3	3.8	S				
DS7	1	3	4	4	4	3.2	S				
DS8	4	4	3	3	3	3.4	S				
DS9	4	4	4	4	3	3.8	S				
DS10	2	4	4	4	4	3.6	S				
DS11	4	4	3	4	1	3.2	S				
DS12	0	3	3	3	2	2.2	S				
DS13	3	3	3	3	3	3.0	S				
DS14	4	4	4	4	4	4.0	S				
DS15	4	4	4	4	4	4.0	S				
DS16	3	4	4	4	4	3.8	S				
DS17	0	0	4	4	3	2.2	S				
DS18	0	2	4	4	4	2.8	S				
DS19	3	4	4	4	4	3.8	S				
DS20	0	0	0	0	0	0.0	R				
노랑김장(S)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4.0	S
NWCR1(S)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4.0	S
CR117(R)	2	1	1	0	0	0	0	1	0	0.5	R
천하장군(R)	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0.2	R

* S: 감수성, MR: 중도저항성, R: 저항성

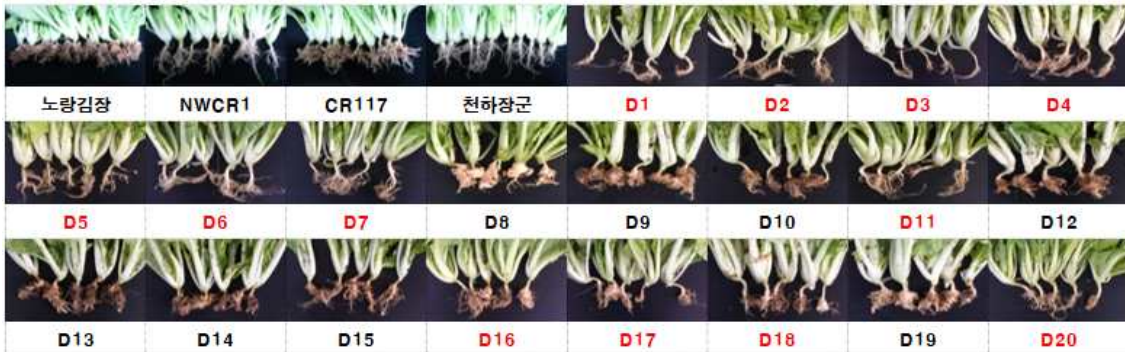
표 15. 3차년도 2차 서산균주에 대한 뿌리혹병 병리검정결과

품종	1	2	3	4	5	평균	반응	
DS1	4	4	3	4		3.8	S	
DS2	3	4	3	3	3	3.2	S	
DS3	3	2	2	2	2	2.2	S	
DS4	4	3	4	4	0	3.0	S	
DS5	4	4	4	4	4	4.0	S	
DS6	3	3	3	3	2	2.8	S	
DS7	3	3	2	3	3	2.8	S	
DS8	4	4	4	2		3.5	S	
DS9	4	4	4	4	3	3.8	S	
DS10	4	4	4	4	2	3.6	S	
DS11	4	4	4	4		4.0	S	
DS12	3	3	3	3	2	2.8	S	
DS13	4	4	4	4	4	4.0	S	
DS14	4	4	4	4	4	4.0	S	
DS15	3	3	2	2	2	2.4	S	
DS16	4	4	4	4	3	3.8	S	
DS17	4	4	4	4	4	4.0	S	
DS18	4	4	4	4	4	4.0	S	
DS19	4	4	4	4	3	3.8	S	
DS20	4	4	4	4	4	4.0	S	
노랑김장(S)	4	4	4	4	4	4	4.0	S
NWCR1(S)	4	4	4	4	4		4.0	S
CR117(S)	2	4	4	4	4	4	3.8	S
천하장군(S)	4	4	4	4	4	4	4.0	S

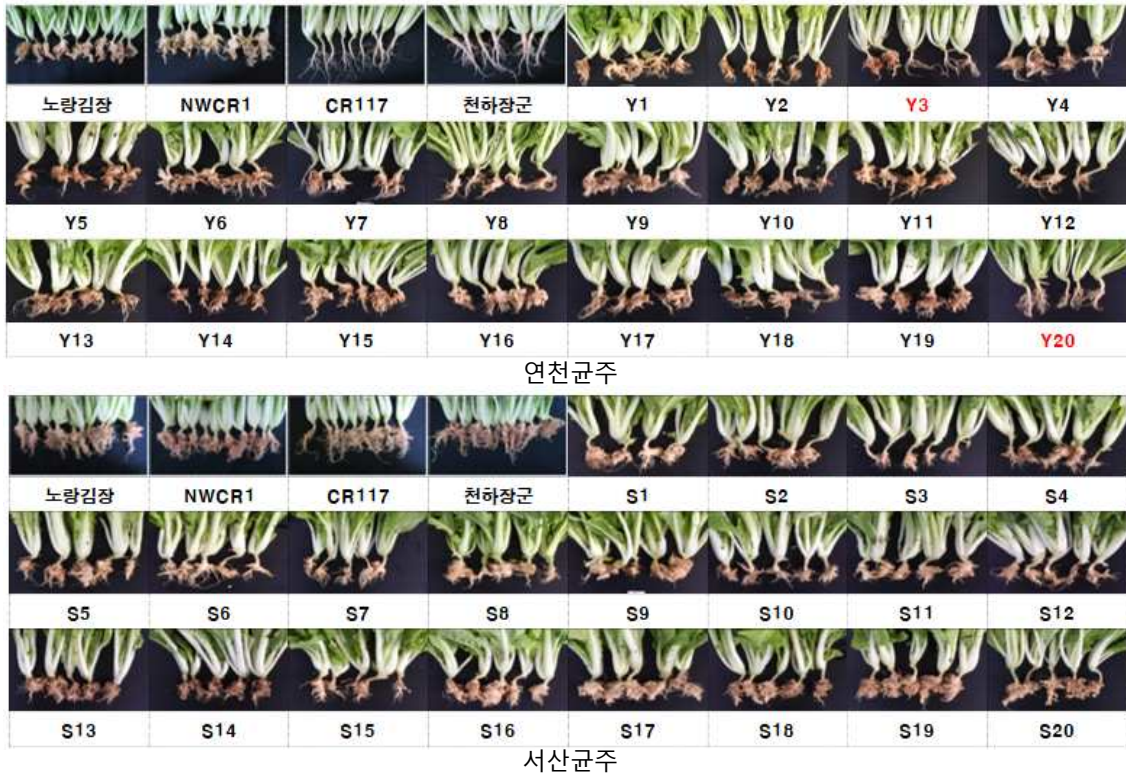
* S: 감수성, MR: 중도저항성, R: 저항성



강릉균주



대전균주



<그림 17. 3차년도 2차 뿌리혹병 생물검정>

(라) 4차년도에는 기 보유 유전자원의 뿌리혹병 저항성 정도를 검정하고자 고추 8-1세 부과제(한국화학연구원)에 25점을 각각 강릉, 대전 연천, 서산군주에 검정 의뢰하였다. 검정결과 대전군주 저항성 22계통, 강릉군주 저항성 23계통, 연천군주 저항성 3계통, 서산군주 중도저항성 1계통이 선발되었다(표 16, 17, 18, 19, 그림 18). 10번, 23번, 24번 재료가 강릉, 대전, 연천군주에 대한 저항성을 가지고 있어 계통육성에 적극 활용 하였다.

표 16. 4차년도 강릉군주에 대한 뿌리혹병 병리검정결과

품종						발병도	반응
K1	0	0	0	0	0	0.0	R
K2	0	0	0	0	0	0.0	R
K3	0	0	0	0	0	0.0	R
K4	0	0	0	0	0	0.0	R
K5	0	0	0	0	0	0.0	R
K6	0	0	0	0	0	0.0	R
K7	0	0	0	0	0	0.0	R
K8	0	0	0	0	0	0.0	R
K9	0	0	0	0	0	0.0	R
K10	0	0	0	0	0	0.0	R
K11	0	0	0	0	0	0.0	R
K12	0	0	0	0	0	0.0	R

K13	0	0	0	0	0	0.0	R
K14	4	4	4	4	4	4.0	S
K15	4	4	4	4	4	4.0	S
K16	0	0	0	0	0	0.0	R
K17	0	0	0	0	4	0.8	R
K18	0	0	0	0	0	0.0	R
K19	0	0	0	0	0	0.0	R
K20	0	0	0	0	4	0.8	R
K21	0	0	0	0	0	0.0	R
K22	0	0	0	0	0	0.0	R
K23	0	0	0	0	4	0.8	R
K24	0	0	0	0	0	0.0	R
K25	0	0	0	0	0	0.0	R
노랑김장	2	4	2	2	4	3.2	S
챔피언	0	0	0	0	0	0.0	R
CR117	0	0	0	0	0	0.2	R
천하장군	0	0	0	0	0	0.0	R

* S: 감수성, MR: 중도저항성, R: 저항성

표 17. 4차년도 대전균주에 대한 뿌리혹병 병리검정결과

품종						발병도	반응
D1	0	0	0	0	0	0.0	R
D2	0	0	0	0	0	0.0	R
D3	0	0	0	0	0	0.0	R
D4	0	0	0	0	0	0.0	R
D5	0	0	0	1	2	0.6	R
D6	0	0	0	0	0	0.0	R
D7	0	0	0	0	0	0.0	R
D8	0	0	0	0	0	0.0	R
D9	0	0	0	0	0	0.0	R
D10	0	0	0	0	0	0.0	R
D11	0	0	0	0	0	0.0	R
D12	0	0	0	0	0	0.0	R
D13	0	0	0	0	0	0.0	R
D14	3	2	1	4	3	2.6	S
D15	2	0	3	3	3	2.2	S
D16	3	4	3	3	4	3.4	S
D17	0	0	0	0	0	0.0	R
D18	0	0	0	0	0	0.0	R
D19	0	0	0	0	0	0.0	R
D20	0	0	0	0	0	0.0	R
D21	0	0	0	0	0	0.0	R

D22	0	0	0	0	0	0.0	R
D23	0	0	0	0	0	0.0	R
D24	0	0	0	0	0	0.0	R
D25	0	0	0	0	2	0.4	R
노랑김장	3	4	4	4	4	3.5	S
챔피언	0	0	0	0	0	0.0	R
CR117	3	2	3	4	4	3.3	S
천하장군	0	0	2	0	0	0.2	R

* S: 감수성, MR: 중도저항성, R: 저항성

표 18. 4차년도 연천군주에 대한 뿌리혹병 병리검정결과

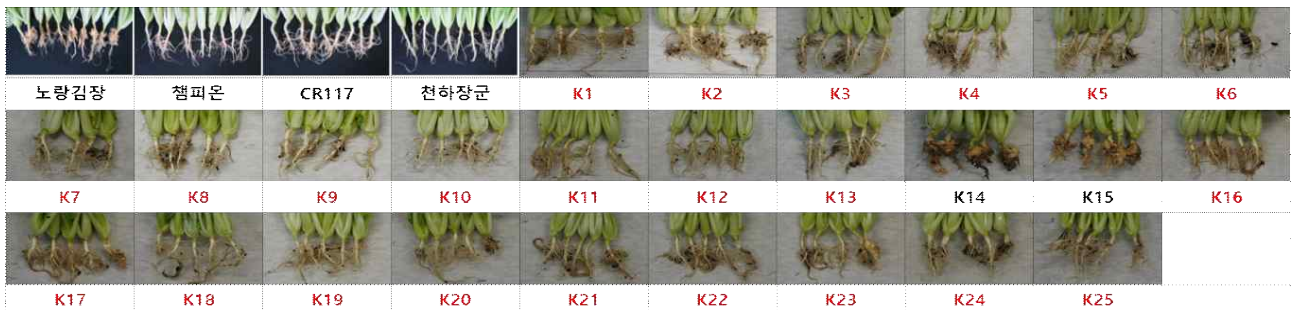
품종						발병도	반응
Y1	3	4	4	4	3	3.6	S
Y2	3	3	3	3	4	3.2	S
Y3	3	3	3	4	4	3.4	S
Y4	4	4	4	4	3	3.8	S
Y5	4	3	4	3	4	3.6	S
Y6	4	4	4	4	4	4.0	S
Y7	4	4	4	4	4	4.0	S
Y8	2	4	3	4	4	3.4	S
Y9	3	4	3	4	4	3.6	S
Y10	0	0	0	0	0	0.0	R
Y11	3	3	3	4	4	3.4	S
Y12	4	3	4	4	3	3.6	S
Y13	4	4	4	3	4	3.8	S
Y14	4	4	4	4	4	4.0	S
Y15	4	4	4	4	4	4.0	S
Y16	4	3	4	4	1	3.2	S
Y17	3	3	3	2	2	2.6	S
Y18	2	1	3	2	2	2.0	MR
Y19	0	0	2	3	3	1.6	MR
Y20	0	1	3	2	3	1.8	MR
Y21	2	1	3	2	1	1.8	MR
Y22	2	2	2	3	2	2.2	S
Y23	0	0	0	0	0	0.0	R
Y24	1	1	1	1	1	1.0	R
Y25	4	4	4	4	4	4.0	S
노랑김장	4	4	4	4	4	3.9	S
챔피언	4	4	3	4	4	3.7	S
CR117	0	0	0	0	0	0.0	R
천하장군	0	0	0	0	0	0.0	R

* S: 감수성, MR: 중도저항성, R: 저항성

표 19. 4차년도 서산균주에 대한 뿌리혹병 병리검정결과

품종						발병도	반응
S1	0	0	2	2	1	1.0	R
S2	3	3	3	3	2	2.8	S
S3	3	3	3	2	3	2.8	S
S4	3	3	3	3	2	2.8	S
S5	3	4	3	4	4	3.6	S
S6	4	4	4	4	4	4.0	S
S7	1	2	2	2	3	2.0	MR
S8	1	1	4	3	3	2.4	S
S9	2	3	2	3	4	2.8	S
S10	3	3	3	3	3	3.0	S
S11	2	3	3	2	3	2.6	S
S12	2	2	2	3	3	2.4	S
S13	3	2	4	3	3	3.0	S
S14	4	4	3	3	3	3.4	S
S15	3	2	3	3	2	2.6	S
S16	4	3	3	4	4	3.6	S
S17	3	3	2	3		2.8	S
S18	3	4	4	3	3	3.4	S
S19	2	2	1	3	3	2.2	S
S20	3	1	3	0	2	1.8	MR
S21	1	1	2	2	2	1.6	MR
S22	2	4	4	3	3	3.2	S
S23	3	3	3	3	3	3.0	S
S24	4	4	4	4	3	3.8	S
S25	4	4	2	2	4	3.2	S
노랑김장	2	4	4	4	4	3.4	S
챔피언	3	4	2	2	2	2.3	S
CR117	4	3	3	3	2	2.8	S
천하장군	3	3	3	4	4	3.5	S

* S: 감수성, MR: 중도저항성, R: 저항성



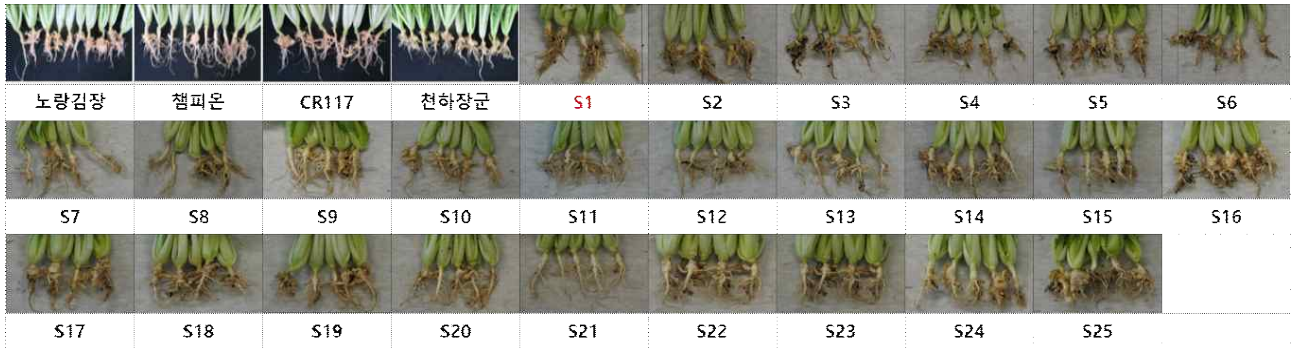
강릉균주



대전군주



연천군주



서산군주

<그림 18. 4차년도 뿌리혹병 생물 검정>

(마) 5차년도에는 기 보유 유전자원의 뿌리혹병 저항성 정도를 검정하고자 고추 8-1세 부프로젝트(한국화학연구원)에 22점을 각각 강릉, 대전, 연천, 서산군주에 검정 의뢰 하였다. 검정결과 연천군주 저항성 6계통, 대전군주 저항성 14계통, 강릉군주 저항성 15계통이 선발되었다(표 20, 21, 22, 23, 그림 19). 반면 서산군주에 저항성을 나타내는 개체는 없었다. 저항성을 다수 보유한 10, 11, 17번 재료는 내병성 품종육성 적극 활용 할 계획이다.

표 20. 5차년도 강릉군주에 대한 뿌리혹병 병리검정결과

품종											발병도	반응
K1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	R
K2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	R
K3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	R
K4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	R

K5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4.0	S
K6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	R
K7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	R
K8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	R
K9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	R
K10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	R
K11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	R
K12	0	4	0	0	0	0	1	0	3	4	1.2	MR
K13	3	4	0	4	2	0	0	3	4	4	2.4	S
K14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	R
K15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	R
K16	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	3.9	S
K17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	R
K18	0	0	0	4	1	0	0	0	0	0	0.5	R
K19	0	0	0	0	4	0	0	0	4	4	1.2	MR
K20	4	4	0	3	4	0	0	0	0	0	1.5	MR
K21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	R
K22	4	4	4	4	4	4	4	4			4.0	S
노랑김장	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4.0	S
챔피온	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	R
CR117	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0.2	R
천하장군	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	R

* S: 감수성, MR: 중도저항성, R: 저항성

표 21. 5차년도 대전균주에 대한 뿌리혹병 병리검정결과

품종											발병도	반응
D1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	R
D2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.1	R
D3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	R
D4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	R
D5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4.0	S
D6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	R
D7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	R
D8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	R
D9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	R
D10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	R
D11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	R
D12	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4.0	S
D13	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4.0	S
D14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	R
D15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	R
D16	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	3.9	S

D17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	R
D18	3	3	4	3	3	3	3	3	3	4	3.2	S
D19	3	3	3	4	4	3	4	3	4	4	3.5	S
D20	3	3	4	4	4	4	3	4	3	4	3.6	S
D21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	R
D22	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4.0	S
노랑김장	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4.0	S
챔피언	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	R
CR117	4	4	3	3	3	4	3	4	4	4	3.6	S
천하장군	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	R

* S: 감수성, MR: 중도저항성, R: 저항성

표 22. 5차년도 연천군주에 대한 뿌리혹병 병리검정결과

품종											발병도	반응
Y1	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4.0	S
Y2	4	4	4	4	4	4	4	4	4		4.0	S
Y3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4.0	S
Y4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4.0	S
Y5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4.0	S
Y6	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4.0	S
Y7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	R
Y8	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	3.9	S
Y9	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4.0	S
Y10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	R
Y11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0.3	R
Y12	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	0.6	R
Y13	0	4	0	3	0	2	3	4	2	3	2.1	S
Y14	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4.0	S
Y15	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4.0	S
Y16	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4.0	S
Y17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	R
Y18	0	0	0	0	0	0	0	4	0	4	0.8	R
Y19	0	0	4	2	4	0	4	0	2	2	1.8	MR
Y20	2	0	4	0	2	4	4	0	0	4	2.0	MR
Y21	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4.0	S
Y22	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4.0	S
노랑김장	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4.0	S
챔피언	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4.0	S
CR117	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0.2	R
천하장군	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	R

* S: 감수성, MR: 중도저항성, R: 저항성

표 23. 5차년도 서산균주에 대한 뿌리혹병 병리검정결과

품종											발병도	반응
S1	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4.0	S
S2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4.0	S
S3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4.0	S
S4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4.0	S
S5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4.0	S
S6	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4.0	S
S7	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4.0	S
S8	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4.0	S
S9	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4.0	S
S10	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4.0	S
S11	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4.0	S
S12	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4.0	S
S13	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4.0	S
S14	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4.0	S
S15	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3.0	S
S16	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4.0	S
S17	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4.0	S
S18	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4.0	S
S19	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4.0	S
S20	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4.0	S
S21	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4.0	S
S22	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4.0	S
노랑김장	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4.0	S
챔피언	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4.0	S
CR117	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4.0	S
천하장군	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4.0	S

* S: 감수성, MR: 중도저항성, R: 저항성



강릉균주



대전군주



연천군주



서산군주

<그림 19. 5차년도 뿌리혹병 생물 검정>

나. 분자마커를 이용한 뿌리혹병 저항성 계통 육성

(1) 뿌리혹병 생물검정은 저항성 계통의 정확한 선발이 가능하다는 장점이 있지만 많은 비용과 시간이 소요 되는 단점을 가지고 있다. 분자마커를 이용하면 저항성 개체의 조기 선발이 가능하며 계통 육성의 세대단축으로 목적에 부합한 내병성계통을 효율적으로 육성할 수 있다. 배추 뿌리혹병 마커개발은 국내·외에서 다수 보고되어 있으며 일부 마커는 생물검정과 대조시 정확도가 매우 높다. 효율적인 배추 뿌리혹병 저항성 계통 육성을 위해 배추 4-2세부과제(충남대학교)와 협력하여 매년 생물검정과 동일한 시료로 마커검정을 진행하였다.

(가) 1차년도에는 생물검정과 동일한 계통 22점의 본엽을 채취해 배추 4-2세부과제(충남대학교)에 의뢰하였다. CRa, CRb, Craki, Crr1, CRc, CRk, Crr3, 9개의 마커를 이용하여 뿌리혹병 저항성 및 이병성 검정을 진행하였다. 분자마커 검정결과 22점의 시료 중 1번 시료가 9개의 마커 중 7개로 가장 많은 저항성을 보유하고 있었다. 선발된 계통은 교배조합 작성시 활용하여 뿌리혹병 저항성 품종 육성에 이용하였다(표 24).

Crr1 분자마커 검정결과 1~8번 계통은 감수성, 9~22번 계통은 저항성을 나타내었다. 이는 당해년도에 진행한 연천군주 생물검정 결과와 유사하였다(표 24). 반면 서산군주는 저항성 품종이 없어 분자마커와 유의성을 찾을 수 없었다.

표 24. 1차년도 분자마커를 이용한 뿌리혹병검정

No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	
<i>CRa</i>	R	R	R	R	R	R				R	R		R		R			R		R	R		
<i>CRak-1</i>	R	R		R		R							R			R					R	R	
<i>CRak-2</i>	R	R	R	R	R	R				R											R	R	
<i>CRb-1</i>	R					R				R											R	R	
<i>CRb-2</i>	R		R	R	R	R			R	R	R	R	R		R				R		R	R	
<i>CRk</i>	R	R				R	R	R	R				R							R			R
<i>Crr1</i>									R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
<i>CRc</i>	R		R	R	R					R						R				R			
<i>Crr3</i>																							
Total	7	4	4	5	4	6	1	1	3	6	3	2	5	1	3	3	1	3	3	6	6	2	

H: Hetero, R: Resistance

(나) 2차년도에는 뿌리혹병 저항성 재료 육성을 위해 유전자원 33품종을 배추 4-2세부과제(충남대학교)에 의뢰하였다. CRa, CRb, CRaki, Crr1, CRc, CRk, Crr3, 9개의 분자마커를 이용하여 뿌리혹병 저항성 및 이병성 검정을 실시하였다. 검정결과 No. 3, 5, 12, 33번이 연천군주에 대한 병리검정 결과와 일치하였다. 하지만 Crr1 분자마커 검정에서 저항성을 나타낸 No. 6, 16, 18, 19 21, 28, 32 시료가 병리검정에서는 모두 감수성을 나타내었다(표 25). 생물검정결과와 일치하지 않는 이유는 연천군주가 단일군주가 복합군주로서 *Crr1*뿐만 아니라 아직 보고되지 않은 다른 유전자가 관여할 가능성이 있을 것으로 추정된다. 연천군주에 저항성을 가지는 뿌리혹병 저항성 유전자를 선발하고자 할 때 마커검정과 병리검정을 병행하여야 할 것으로 판단된다.

뿌리혹병 유전자가 많이 직접된 15번, 18번 시료는 기 보유 재료들을 이용하여 고도 저항성 뿌리혹병 저항성 계통육성에 활용하였다.

표 25. 2차년도 분자마커를 이용한 뿌리혹병검정

No. Loci	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	
<i>CRa</i>	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R			R	R	R	R		R	R	R						R	R	R	R	R	R			
<i>CRak-1</i>		H		H		H	H	H	H	H				H	H				H							H	H	H	H					
<i>CRak-2</i>		R												R	R	R		R									R	R						
<i>CRb-1</i>														H	H			R	H							H								
<i>CRb-2</i>							H	R	R				H	R	R	R		R	H		H					H					H			
<i>CRk</i>	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R		R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
<i>Crr1</i>			R		R	R						R				R		R	R		R								R					
<i>CRc</i>																			R															
<i>Crr3</i>																																		
Total	2	3	3	2	3	3	2	3	3	2	1	2	2	4	4	5	0	6	4	2	2	1	1	1	1	3	3	3	2	2	2	1	1	

H: Hetero, R: Resistance

(다) 3차년도에는 육성목적에 부합한 내병성 계통 육성을 위해 배추4-2세부과제(충남대학교)에 2차 생물검정과 동일한 계통 20점에 대한 분자마커검정 의뢰를 진행하였다. Cra, CRaki-1, CRaki-2, CRb-1, CRb-2, CRd, CRk, CRs-1, CRs-2, Crr1, Crr2, Crr4, CrrA5, PbBa3.1, Rcr1, Rcr9, 총 16개의 마커를 이용하여 뿌리혹병 저항성 및 이병성 검정을 진행하였다.

생물검정결과와 대조하였을 경우 Cra, CRaki-1, CRb-2 Rcr1 마커가 강릉 및 대진균주의 저항성 계통과 유사한 결과를 나타내었다. 반면 연천, 서산균주와 분자마커의 유의성은 찾지 못하였다(표 26).

1, 2번 시료가 16개의 마커 중 11개의 저항성을 가지고 있어 뿌리혹병 유전자의 집적이 가장 잘 되어 있으며, 2개의 시료는 생물검정결과와 대조하여 복합 CR 내병계 계통으로 육성하였다.

표 26. 3차년도 분자마커를 이용한 뿌리혹병검정

No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
<i>Cra</i>	R	R	R	R	R	R	R				R						R	R		R
<i>CRaki-1</i>	R	R	R			R	R											R		R
<i>CRaki-2</i>	R	R	R	R	R	R	R				R					H	H	H		R
<i>CRb-1</i>	R	R	R			R	R													
<i>CRb-2</i>	R	R	R	R	R	R	R	R		R	R					R	R	R	H	
<i>CRd</i>		R										R				R	R		R	R
<i>CRk</i>	R	R	R			R	R			R	R	R				R	R	R	R	
<i>CRs-1</i>			R					R		R										
<i>CRs-2</i>																			R	
<i>Crr1</i>										R		R							R	
<i>Crr2</i>	R	R					H			H			H			H		H		R
<i>Crr4</i>	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R		R	R	R	R	R	R	R		
<i>CrrA5</i>								R	R	R			R	R	R	R	R	R	R	R
<i>PbBa3.1</i>	R								R	R	R									R
<i>Rcr1</i>	R	R	R	R	R	R	R				R							R	R	
<i>Rcr9</i>	R	R	R			R	R													R
total	11	11	10	5	5	9	9	4	3	7	6	4	2	2	2	5	7	7	6	7

H: Hetero, R: Resistance

(라) 4차년도에는 뿌리혹병 내병성 검정을 위해 당해연도에 실시한 생물검정과 동일한 시료 25점을 배추4-2세부과제(충남대학교)에 분자마커검정 의뢰하였다. *Cra*, *CRaki-1*, *CRaki-2*, *CRb-1*, *CRb-2*, *CRc*, *CRd*, *CRk*, *CRs-1*, *CRs-2*, *Crr1*, *Crr2*, *Crr3*, *Crr4*, *CrrA5*, *PbBa3.1*, *PbBa3.3*, *Rcr1*, *Rcr9*, 총 19개의 마커를 이용하여 뿌리혹병 저항성 및 이병성 검정을 진행하였다.

생물검정결과와 대조하였을 경우 *Cra*, *CRaki-2*, *CRb-2* 마커가 강릉 및 대전균주의 저항성 시료와 유사한 결과를 나타내었고. *CRs-2* 마커가 연천균주의 저항성 시료와 유사한 결과를 나타내었다. 반면, 서산균주와 분자마커의 유의성은 찾지 못하였다(표 27).

25개의 시료 중 *CRa*, *CRaki-2*, *CRb* 마커가 23개의 시료에서 저항성을 나타내 가장 많았으며, 반면 *CRs-1*, *Crr3*, *PbBa3.3*, *Rcr9* 마커에서 저항성을 가진 시료는 없었다(표 27). 10번, 21번 시료가 19개의 분자마커 중 각각 12개, 10개의 저항성을 가지고 있어 뿌리혹병 유전자의 집적이 가장 잘 되어 있으며, 선발된 시료는 생물검정 결과와 대조하여 복합 CR 내병계 계통으로 육성 활용하였다.

표 27. 4차년도 분자마커를 이용한 뿌리혹병검정

No. Loci	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	Total	
<i>CRa</i>	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R				R	R	R	R	R	R		R	R	21	
<i>CRak-1</i>	H						H	R	H	H	H	H	H		H		H	H	H	H	H	H			R	2	
<i>CRak-2</i>	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R				R	R	R	R	R	R		R	R	21	
<i>CRb-1</i>												H	H	H				H			H	H	H			0	
<i>CRb-2</i>	H	H	H	H	H	H	H	R	H	H	H	H	H		H	H	H			H	H	H	H	H	H	1	
<i>CRd</i>		H					R		R																	2	
<i>CRk</i>	R	R	R	R	R	R	R		R	R			R		R	R	R			R	R	R	R		R	18	
<i>CRs-1</i>																										0	
<i>CRs-2</i>										R														R		2	
<i>Crr1</i>										R					R	R					R			R		5	
<i>Crr2</i>				R						R				R		R	R	R	R					R	R	9	
<i>Crr4</i>															H												
<i>CrrA5</i>	H	H	H	H	H	H	H	R	H	H	H	H	H	R				H	H	H		H	R		H	2	
<i>PbBa3.1</i>		R	R	R	R	R	R	R	R	R	H	H	R	R	R	R	R	H	R	R	R	R	R	R	R		20
<i>Rcr1</i>	R			R			R	R	R	R					R	R	R				R				R	11	
<i>Rcr9</i>																										0	
<i>CRc</i>										R					R	R	R				R			R		6	
<i>Crr3</i>																										0	
<i>PbBa3.3</i>																										0	
Total	4	4	4	6	4	4	6	7	6	9	2	2	4	3	5	6	7	3	5	4	7	4	3	7	5		

H: Hetero, R: Resistance

(마) 5차년도에는 분자마커를 이용한 뿌리혹병 저항성 계통 육성을 위해 배추4-2세부과체(충남대학교)에 당해연도 진행한 생물검정과 동일한 시료 22점을 의뢰하였다. *CRa*, *Rcr1*, *CRaki-1*, *CRaki-2*, *CRb-1*, *CRb-2*, *CRk*, *CRc*, *CRd*, *CRS-1*, *CRS-2*, *Crr1*, *Crr2*, *Crr3*, *Crr4*, *Crra5*, *PbBa3.1*, *PbBa3.3*, *Rcr9*, 총 19개의 마커를 이용하여 뿌리혹병 저항성 및 이병성 검정을 진행하였다.

생물검정결과와 대조하였을 경우 *CRa*, *CRaki-2* 마커가 강릉 및 대전균주의 저항성 시료와 유사한 결과를 나타내었고. *CRs-2* 마커가 연천균주의 저항성 시료와 유사한 결과를 나타내었지만 정확성은 높지 않은 편이다. 반면, 서산균주와 분자마커의 유의성은 찾지 못하였다(표 28).

22개의 시료중 *CRk*, *PbBa3.1*, *CRa* 마커가 각각 17개, 15개, 4개의 시료에서 저항성을 나타내 가장 많았으며, 반면 *CRb-1*, *CRc*, *CRd*, *PbBa3.3*마커에서 저항성을 가진 시료는 없었다(표 28). 17번시료가 19개의 마커 중 9개의 저항성을 가지고 있어 뿌리혹병 유전자의 집적이 가장 잘 되어 있으며, 이 시료는 생물검정결과와 대조하여 복합 CR 내병계 계통으로 육성 진행중이다.

표 28. 5차년도 분자마커를 이용한 뿌리혹병검정

No. Loci	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	TOTAL	
<i>CRa</i>	R	R	R	R		R	R	R	R	R	R			R	R		R				R			14
<i>Rcr1</i>	R	R	R			R								R			R				R	R		8
<i>Craki-1</i>	R			R	R			R						R	R						R			7
<i>Craki-2</i>	R	R	R	R		R	H	H	H	H	H			R	H		R				R			8
<i>CRb-1</i>																								0
<i>CRb-2</i>			R		R	R		H	R					H	H									4
<i>CRk</i>	R	R	R		R	R	R	R	R	R	R	R	R			R	R			R	R		R	17
<i>CRc</i>																								0
<i>CRd</i>																								0
<i>CRS-1</i>						R	R	R		R	R	R	R				R	R	R	R				11
<i>CRS-2</i>							R	R		R	R							R						5
<i>Crr1</i>					R		R	R		R	R	R	R				R	R	R	R				11
<i>Crr2</i>	R			R	R							R	R				R	R				R		8
<i>Crr3</i>		R	R														R		R	R				5
<i>Crr4</i>			R																R	R				3
<i>Crra5</i>				R					H	H		H	H		H	H		H	R	R				3
<i>PbBa3.1</i>	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R						R	R	R	R	R		R		15
<i>PbBa3.3</i>																								0
<i>Rcr9</i>						R	R	R							R				R	R	R			7
TOTAL	7	6	8	6	6	8	7	8	4	5	5	4	4	4	3	2	9	5	8	8	6	3		

H: Hetero, R: Resistance

다. 소포자 배양을 이용한 우수 신계통육성

(1) 단기간 다량의 우수 순계획득을 목적으로 연구 수행시 수집한 신규 도입 자원, 분리 중인 계통 등을 이용하여 매년 소포자 배양을 진행하였다. 배상체 유기는 배추 8-1세 부과제(국립원예특작과학원)와 협력하여 진행하였으며, 생성된 배상체는 파프리카 6-2세 부과제(유니플랜텍)에 의뢰하여 유식물체 유도를 진행하였다. 순화가 완료된 유식물체는 인수받아 춘화처리 후 3중 가온 교배하우스에 정식하여 인공수분을 진행하였다. 인공 수분시 다배체, 반수체는 제거하고 정상개체는 종자 증식을 하였고, 증식된 종자는 봄, 가을 김제연구소 노지에서 특성검정을 실시하였다. 특성검정 후 육종 목적에 부합한 계통을 선발하여 품종육성에 활용하였다.

(가) 1차년도에는 신규 도입된 자원 중 10점을 배추 8-1세부프로젝트(국립원예특작과학원)에 배상체 유기 목적으로 의뢰하여 9점에서 총 3,022개 배상체를 인수받았다(표 29, 그림 20). 인수받은 배상체의 유식물체 유도를 위하여 파프리카 6-2세부프로젝트(유니플랜텍)에 의뢰하였으나 인수받을 때 배상체의 상태가 좋지 않아 재분화단계에서 일부 고사하였다. 604점 유식물체를 인수받아 춘화처리, 순화가 끝난 후 3중 가온 교배하우스에 정식하여 인공수분하였다.

표 29. 1차년도 소포자 배양을 통한 획득 식물체

계통명	배상체수	재분화단계	인수개체	
			계통수	식물체수
17-MK-10	129	25	9	9
17-MK-11	617	33	164	164
17-MK-12	810	126	97	97
17-MK-13	424	234	76	76
17-MK-14	4	3	3	7
17-MK-15	-	-	-	-
17-MK-16	4	-	-	-
17-MK-17	200	121	6	6
17-MK-18	300	82	112	112
17-MK-19	534	158	133	133
합계	3,022	779	600	604



배상체 발생



식물체 유기 및 순화

<그림 20. 1차년도 소포자배양>

(나) 2차년도에는 전년도 파프리카 6-2세부프로젝트(유니플랜텍)에서 인수받은 604점의 유식물체를 반수체, 다배체 제거 후 인공교배하여 300계통에서 종자를 증식하였다. 그 중 243계통이 가을 노지에서 성능검정을 완료하였고 육성목적에 부합되는 계통들을 선발하여 교배조합에 이용하였다(그림 21, 22). 종자량이 부족한 57계통은 추가 증식 후 성능검정을 진행하였다.

신규 도입된 유용 유전자원 중 육성목적에 부합한 특성을 지닌 10점의 소포자배양을 1차 의뢰하였다. 배상체 유기를 위해 배추 8-1세부프로젝트(국립원예특작과학원)에 의뢰하여 2018년 08월 09일 206개의 배상체를 인수받아 파프리카 6-2세부프로젝트(유니플랜텍)에 의뢰하여 유식물체 107점을 인수 받았다. 08월 22일 15점을 배추 8-1세부프로젝트(국립특작과학원)에 추가로 2차 의뢰하였다.



유식물체 정식



종자 증식



노지 정식

<그림 21. 2차년도 소포자 배양 DH line>



<그림 22. 2차년도 노지 소포자 계통 성능검정(일부)>

(다) 3차년도에는 2018년도에 6-2세부프로젝트(유니플랜텍)에서 인수받은 107점의 유식물체를 춘화처리 후 인공교배하여 42 개체에서 종자를 증식하였다. 가을 노지에서 성능검정을 완료하였고 육성목적에 부합되는 계통들을 선발하여 교배조합에 이용하였다(표30, 그림 23, 24).

단기간 고정계통 육성을 위해 신규 유용 유전자원 중 16점을 배추 8-1세부프로젝트(국립원예특작과학원)에 의뢰하였다. 2019년 05월 16일, 06월 12일 2회에 걸쳐 12점에서 342개의 배상체를 인수받았으며, 발생된 배상체는 파프리카 6-2세부프로젝트(유니플랜텍)에 의뢰하여 유식물체 229점을 인수받았다. 춘화처리 후 3중 가온 교배하우스에 정식하여 인공수분 하였다.

표 30. 3차년도 소포자 배양을 통한 획득 식물체

번호	배상체수	인수개체	
		계통수	식물체수
1	10	-	-
2	5	-	-
3	7	11	2
4	3	-	-
5	1	-	-
6	45	10	30
7	29	13	46
8	7	2	3
9	35	7	30
10	10	3	16
11	101	15	73
12	27	1	3
14	5	1	12
15	7	1	4
16	50	2	10
합계	342	66	229



배상체

순화 및 저온처리

정식

인공교배

<그림 23. 3차년도 소포자 계통 육성 과정>



<그림 24. 3차년도 소포자 계통 성능검정 (일부)>

(라) 4차년도에는 전년도 파프리카 6-2세부과제(유니플랜텍)에서 인수받은 229점의 유식물체를 저온, 순화처리 후 반수체 및 다배체 개체를 제거하고 인공교배 하여 158 점에서 종자를 증식하였다. 증식된 계통은 가을 노지 및 하우스에서 성능검정을 진행하였으며 육성목적에 부합되는 계통들을 선발하여 교배조합에 이용하였다(그림 25).

목적에 부합한 고정계통을 단기간에 육성하기 위해 신규 유용 유전자원 중 10점을 배추 8-1세부프로젝트(국립원예특작과학원)에 소포자배양 의뢰하였다. 10점중 5점에서 배상체를 획득하였고, 유식물체 유도를 위해 파프리카 6-2세부과제(유니플랜텍)에 의뢰하여 유식물체 447점을 인수하여 종자 증식을 진행하였고, 일부는 차년도에 증식을 진행하였다(표 31).

표 31. 4차년도 소포자 배양을 통한 획득 식물체

No.	품종명	인수개체	
		계통수(ea)	식물체수(ea)
1	20-KD1	24	125
2	20-KD5	6	15
3	20-KD6	24	104
4	20-KD7	40	191
5	20-KD8	3	12
Total	5	97	447



<그림 25. 4차년도 소포자 계통 성능검정(일부)>

(5) 5차년도

(가) 파프리카 6-2세부프로젝트(유니플랜텍)에서 인수받은 337점의 유식물체를 저온, 순화처리 후 반수체 및 다배체 개체를 제거하고 인공교배해 177점에서 종자를 증식하였다. 증식된 계통은 가을 노지에서 성능검정을 진행하였으며 육성목적에 부합되는 계통들을 선발하여 교배조합에 이용하였다(표 32, 그림 26).

2021년 신규 유용 유전자원 중에서 9점의 배상체 유기를 위해 배추 8-1세부프로젝트(국립원예특작과학원)에 의뢰하여 7점에서 배상체를 획득하였다. 유식물체 유도를 위해 획득한 배상체는 6-2세부프로젝트(유니플랜텍)에 의뢰하여 배양이 진행중이며, 순화가 완료된 일부는 인수하여 종자 증식을 위해 순화처리 중이다(표 33).

표 32. 5차년도 소포자 배양을 통한 획득 식물체(2020년 의뢰)

No.	품종명	인수개체	
		계통수(ea)	식물체수(ea)
1	20-KD1	17	86
2	20-KD3	6	19
3	20-KD5	3	8
4	20-KD6	8	42
5	20-KD7	37	180
6	20-KD8	2	2
Total	6	73	337

표 33. 5차년도 소포자 배양을 통한 획득 식물체(2021년 의뢰)

No.	품종명	인수개체	
		계통수(ea)	식물체수(ea)
1	21-KK35	2	9
2	21-KK37	3	24
3	21-KK38	1	3
4	21-KK39	5	44
5	21-KK40	17	179
6	21-KK41	7	48
7	21-KK42	3	32
Total	7	38	339



<그림 26. 5차년도 소포자 계통 성능검정(일부)>

4. 교배조합 작성

가. 내서성, 월동형 중구형 배추 품종 개발을 위해 육성목적에 부합한 우수 계통간 교배조합을 작성하였다. 특성조사 후 선발된 우수한 계통의 성숙모본을 매년 11월 초에 선발하여 3중 가온 하우스에 화분 정식하였다. 정식한 모본들은 02월초까지 야간 최저온도 7℃로 저온감응시키며 관리하였다. 인공교배를 실시하기 위해 02월초부터 야간최저온도를 13℃, 백열등을 오후 23시 ~ 오전 1시까지 2시간 동안 장일처리하여 개화를 유도하였다. 03월초부터 06월초까지 인공교배를 실시하였으며, 07월 중순까지 종자 탈종 및 조제를 완료하여 봄, 가을, 월동 시험재배에 공시하였다(그림 27).

- (1) 1차년도에는 2016년 가을 작형에 공시한 143계통에서 육성목적에 부합되는 내서성, 내한성, 내병성 등 고품질계 계통을 선발하여 중구형 120조합, 월동형 62조합을 작성하였다.
- (2) 2차년도에는 2017년 봄, 가을 특성조사 데이터를 종합하여 의 234계통들을 선발하였고 우수 계통간의 교배로 중구형 154조합, 월동형 50조합을 작성하였다.
- (3) 3차년도에는 2018년 가을 작형에 공시한 120계통에서 육성목적에 부합되는 계통의 성숙모본을 선발하여 중구형 172조합, 월동형 72조합을 작성하였다.
- (4) 4차년도에는 2019년 가을 작형에 공시한 277계통에서 성숙모본을 선발하여 육성목적에 부합되는 중구형 154조합, 월동형 35조합을 작성하였다.
- (5) 5차년도에는 육성목적에 부합되는 조합을 작성하고자 2020년 가을 작형에 공시한 계통의 성숙모본을 선발하여 중구형 252조합, 월동형 33조합을 작성하였다.

나. 김제 연구소, 강원도 고랭지, 해남 노지등 국내 시험포 및 중국 북경, 감숙성, 하북성, 운남성, 호북성 등 국외시험포에서 선발된 조합들의 2차 성능검정시 필요한 소량의 종자증식을 위해 매년 06월초에 미숙모본을 파종하였다. 3주간 육묘 후 춘화처리를 진행하여 완료된 모본은 3중 육성하우스에 화분에 정식하였으며 09월초부터 11월초까지 인공교배를 실시하였다. 교배가 완료된 종자는 예취 탈종, 조제를 완료하여 각 해외 시험포에 공시하였다(그림 27).



성숙모본 관리



인공교배



종자예취



1차년도 교배하우스



2차년도 교배하우스



3차년도 교배하우스



4차년도 교배하우스



5차년도 교배하우스

<그림 27. 교배조합 작성>

5. 국내 선발조합 성능검정

가. 육성 목적에 부합하게 육성된 우수 계통간의 조합을 통해 국내 김제연구소 봄·가을 노지, 강원도 고랭지, 해남 노지 월동작형에서 성능검정 시험을 매년 진행하였다. 내서성, 내병성, 내한성, 내엽색, 구형, 숙기, 수량성 등 시장에서 요구하는 특성을 중점으로 조사를 진행하였으며 연구 목적에 부합한 우수 조합을 예비 선발하였다. 예비 선발된 조합은 중국 각 지역에서 적응성시험을 진행하였다.

(1) 김제 연구소 노지 성능검정

(가) 1차년도

- ① 봄 작형 성능검정을 위해 김제연구소에서 파종 03월 13일, 정식 04월 12일하여 정식 후 50일째 내병성, 숙기, 추대성, 내엽색, 중륵, 구형대, 내엽수 등을 고려하여 특성조사를 실시하였다. 조사 결과 중구형 대비 품종인 영롱황 012 대비 우수한 중구형 조합 BN211번을 선발하였다(표 34, 그림 28).
- ② 가을 작형 성능검정을 위해 파종 08월 10일, 정식 09월 04일하여 정식 후 45일째 김제연구소 노지에서 특성조사를 실시하였다. 중형 대비품종인 춘광과 비교하여 BN92번이 내엽색은 비슷하나 구고가 높고 수량성, 치밀도, 구형, 숙기가 우수하여 선발하였다. 중소형 조합에서는 소형 대비품종인 춘옥황에 비해 BN 75, BN613이 구폭이 넓고 내엽색, 포피성이 우수하였다(표 35, 그림 29). 최근 중국 하북성, 감숙성 등에서 기존 소형 품종보다 구가 크고 중형품종보다는 작은 중소형 품종 요구도가 증가하고 있고 BN75, 613은 중소형 2품종은 현지에 적합할 것으로 판단되어 선발하였다. 선발된 조합은 중국 현지에서 지역적응성시험을 실시하였다.

표 34. 1차년도 봄 노지 선발조합의 특성

BN	전체중 (g)	중륵길이 (cm)	중륵폭 (cm)	외엽수 (ea)	내엽수 (ea)	구 중 (g)	구 고 (cm)	구 폭 (cm)	구형
대비종 (영롱황012)	2,440	14.5	6.0	9	43	1460	22.0	12.5	타원형
211	2,120	14.5	6.0	10	47	1380	21.5	19.0	H형



시험포 전경

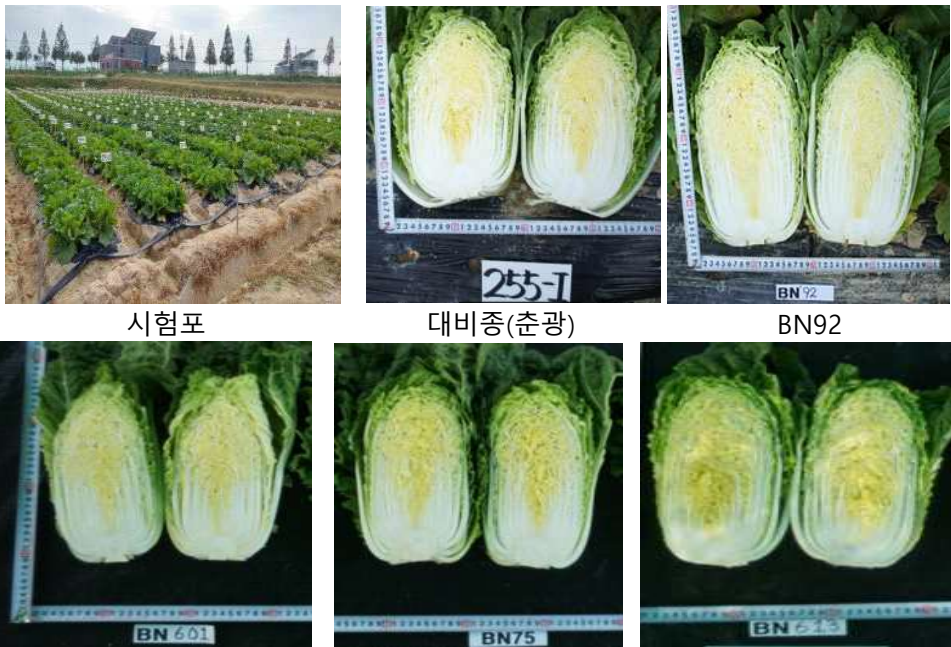
대비종(영롱황012)

BN211

<그림 28. 1차년도 봄 노지 선발조합>

표 35. 1차년도 가을 노지 선발조합의 특성

BN	전체중 (g)	중륵길이 (cm)	중륵폭 (cm)	외엽수 (ea)	내엽수 (ea)	구 중 (g)	구 고 (cm)	구 폭 (cm)	고갱이 (cm)
대비종(춘광)	2,890	18	5.5	12	44	2160	28	13.5	4.0
92	3,350	17	5.5	9	45	2580	30	15	3.5
대비종(춘옥황)	1,400	17	6.5	4	34	1060	24.5	13	2.5
75	1,740	16	6.0	8	38	1380	26	12.5	3.8
613	1,320	18	5.5	8	37	920	25	12	3.0



시험포

대비종(춘광)

BN92

대비종(춘옥황)

BN75

BN613

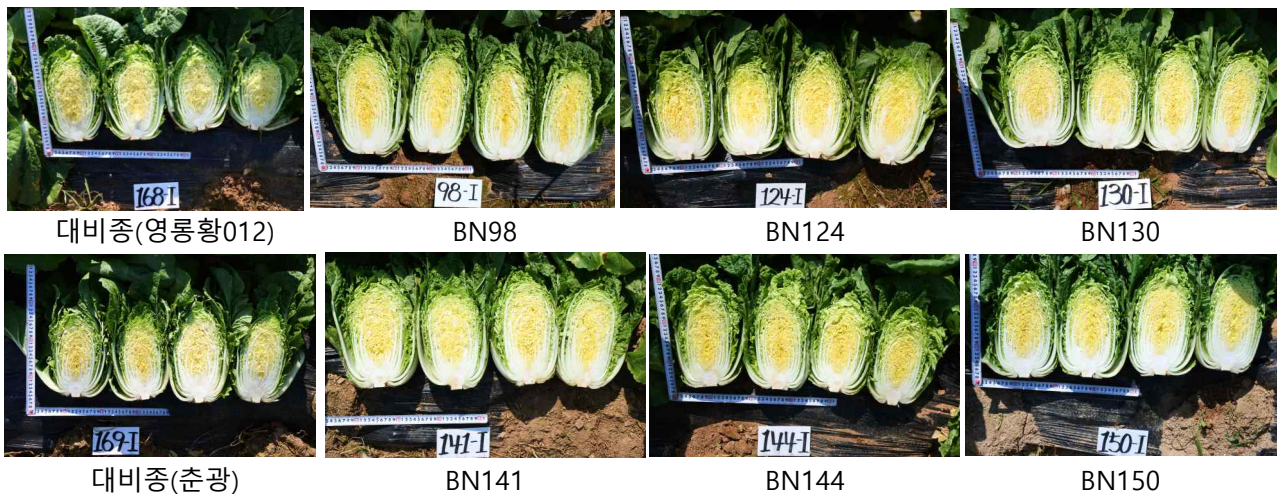
<그림 29. 1차년도 가을 노지 선발조합>

(나) 2차년도

- ① 봄 조합의 성능검정을 위해 김제연구소에서 파종 03월 19일, 정식 04월 13일부터 특성을 조사하여 내병성, 추대성, 내엽색, 구형 등이 우수한 중구형 BN98, 124, 130, 141, 144, 150번 선발, 중소형 BN2018, 2078, 2086, 2104, 2107, 2144번을 선발하였다(표 36, 37, 그림 30, 31).
- ② 가을 조합의 성능검정을 위해 김제 육종연구소에서 08월 10일 파종, 09월 06일 정식하여 중소형 조합은 정식 후 50일, 중구형 조합은 정식 후 55일에 조사를 실시하였다. 대비종 대비 구형, 숙기, 내엽색, 외엽형태, 내병성등이 우수한 중구형 5(BN1093, 1109, 1152, 1255, 1263), 중소형 6조합(BN3055, 3057, 3097, 3100, 3117, 3128)을 선발하였다(표 38, 39, 그림 32, 33).

표 36. 2차년도 봄 노지 중구형 선발조합의 특성

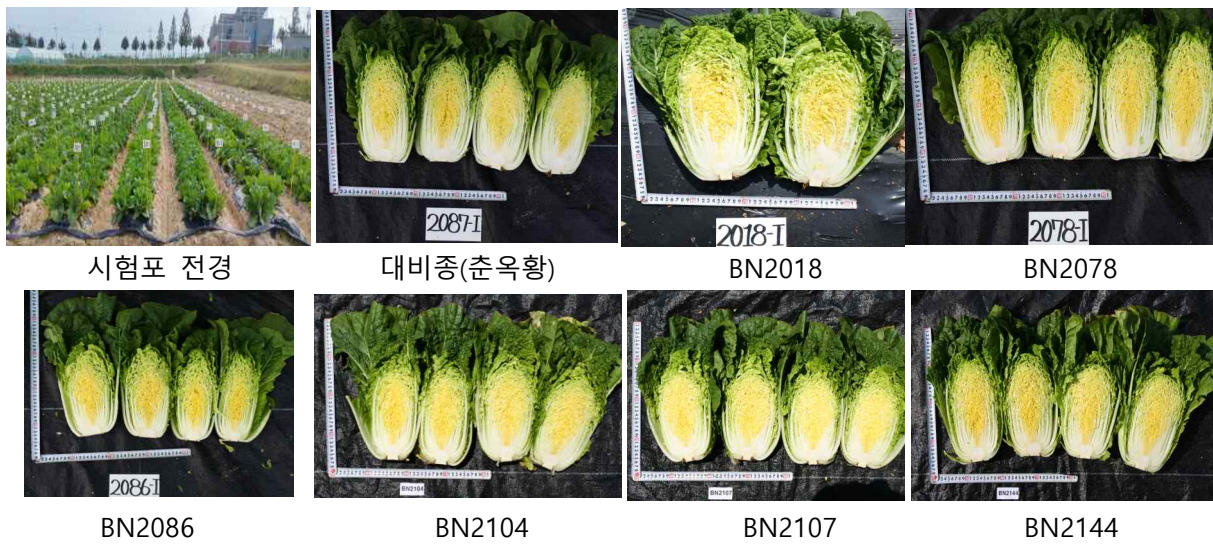
BN	전중 (g)	내엽수 (ea)	구 중 (g)	구 고 (cm)	구 폭 (cm)	고갱이 (cm)
대비품종 (영롱황012)	1,600	47	900	21.5	13.5	3.5
대비품종 (춘광)	1,800	48	1,300	23.0	14.0	3.5
98	2,120	41	1,380	25.5	13.5	3.0
124	3,380	64	2,020	23.5	13.0	2.0
130	2,560	49	1,700	23.0	12.5	3.0
141	2,200	40	1,300	23.0	13.0	3.0
144	1,880	37	1,120	22.0	11.0	3.0
150	2,040	37	1,180	23.5	13.5	4.0



<그림 30. 2차년도 봄 노지 중구형 선발조합>

표 37. 2차년도 봄 노지 중소형 선발조합의 특성

BN	구 고 (cm)	구 폭 (cm)	고갱이 (cm)
대비종(춘옥황)	22.0	12.0	3.0
2018	23.0	12.5	3.0
2078	22.5	13.0	2.5
2086	20.5	10.5	3.0
2104	22.0	11.5	2.0
2107	20.0	11.5	2.0
2144	23.0	13.5	3.0



<그림 31. 2차년도 봄 노지 중소형 선발조합>

표 38. 2차년도 가을 노지 중구형 배추 선발조합

BN	내엽수 (ea)	구형	내엽색	구 고 (cm)	구 폭 (cm)	숙기
대비종 (영룡황012)	45	장타원형	중상	24	14	중숙
1093	48	장타원형	중	23.5	16	조숙
1109	39	타원형	상	24	13.5	조숙
1152	38	장타원형	중	22.5	13.5	중숙
1255	42	장타원형	중	25	13	중숙
1263	41	장타원형	중	23	13	조숙

표 39. 2차년도 가을 노지 중소형 배추 선발조합

BN	전체중 (g)	내엽수 (ea)	구 중 (g)	구 고 (cm)	구 폭 (cm)	고갱이 (cm)
대비종(춘옥황)	1630	36	1100	19.5	10.5	1.5
대비종(소황봉)	2050	44	1400	22.5	12.5	2.0
3055	1600	49	1200	21.5	11.0	2.0
3057	1950	32	1400	22.0	11.0	2.5
3097	1800	42	1260	21.0	11.0	2.5
3100	1620	44	1300	22.5	11.5	2.5
3117	1830	39	1300	21.0	13.0	2.5
3128	1700	46	1180	23.5	12.0	2.0



<그림 32. 2차년도 가을 노지 중구형 선발조합>



<그림 33. 2차년도 가을 노지 중소형 선발조합>

(다) 3차년도

- ① 봄 작형 성능검정을 위해 김제연구소에서 파종 03월 18일, 정식 04월 15일, 정식 후 50일째 최종 특성조사를 실시하였다. 재배기간 중 평년보다 추운날씨가 지속되어 전체적으로 구고가 낮으며 포피성이 약하고 추대가 빨랐다. 중소형 대비품종인 영롱황 515와 비교하여 구형, 숙기, 포피성이 상대적으로 양호한 BN4063번을 선발하였다(표 40, 그림 34).
- ② 가을 노지 성능검정을 위해 김제 육종연구소에서 08월 05일 파종, 08월 31일에 정식 하여 중소형조합은 50일, 중구형 조합은 55일 후에 조사를 실시하였다. 재배 기간 중 잦은 강수와 태풍으로 인해 무름병, 뿌리혹병 등 병 발생이 심각하여 생육이 부진하였다. 대비품종과 비교하여 내병성 위주로 특성조사를 진행하였다. 중구형 대비품종인 영롱황012 대비 숙기, 구형, 내병성이 우수한 조숙 중구형 조합 BN1002, BN1029, 내엽색이 우수한 황심 중구형 조합 BN1133을 선발하였다. 중소형 조합에서는 내한금 황후 대비 조숙형이며 외형이 우수한 BN5052, BN5097, 내엽색이 우수한 황심계 BN5053번을 선발하였다(표 41, 42, 그림 35, 36).

표 40. 3차년도 봄 노지 선발조합의 특성

BN	구중 (g)	구고 (cm)	구폭 (cm)	내엽수 (ea)	내엽색	구형	고갱이 (cm)
대비품종(영롱황515)	1260	20.0	14.0	51	노랑	원형	2.0
BN4063	1180	20.0	14.0	55	노랑	타원형	2.5



시험포 전경



대비품종-영롱황515

선발조합-BN4063

<그림 34. 3차년도 봄 노지 성능검정>

표 41. 3차년도 가을 노지 중구형 선발조합의 특성

BN	구중 (g)	구고 (cm)	구폭 (cm)	내엽수 (ea)	내엽색	구형	구치밀도	고갱이 (cm)
대비품종(영롱황012)	1120	24.0	13.0	42	노랑	장타원형	2.7	3.0
1002	1260	26.5	12.5	41	연노랑	장타원형	3.8	3.0
1029	1140	24.5	13.0	37	노랑	장타원형	3.2	3.0
1133	1520	26.5	15.0	40	노랑	장타원형	3.0	4.0



대비품종-영룡황012



선발조합-BN1002



선발조합-BN1029



선발조합-BN1133

<그림 35. 3차년도 가을 노지 중구형 선발조합>

표 42. 3차년도 가을 노지 중소형 선발조합의 특성

BN	구중 (g)	구고 (cm)	구폭 (cm)	내엽수 (ea)	내엽색	구형	구치밀도	고갱이 (cm)
대비품종(내한금황후)	740	20.5	10.5	30	노랑	장타원형	3.2	1.5
5052	700	22.0	10.0	34	연노랑	장타원형	3.3	1.5
5053	680	22.5	10.0	34	노랑	타원형	3.0	1.5
5097	720	24.5	9.0	33	노랑	장타원형	3.5	2.0



대비품종-내한금황후



선발조합-BN5052



선발조합-BN5053



선발조합-BN5097

<그림 36. 3차년도 가을 노지 중소형 선발조합>

(라) 4차년도

- ① 2019년에 작성된 중형 154조합을 김제 육종연구소 노지에 공시하였다. 파종 03월 18일, 정식 04월 15일, 정식 후 55일째 최종 특성조사를 실시하여 내병성, 숙기, 추대성, 내엽색, 구형태, 내엽수 등을 고려하여 중소형 3조합, 중구형 7조합을 선발하였다(표 43, 44, 그림 37, 38). 선발된 조합은 현지 지역적응성 시험을 통해 재성능검정 하였다.
- ② 가을노지 성능검정을 위해 김제 육종연구소에서 08월 10일 파종, 08월 31일에 정식하여 중소형조합은 약 50일, 중구형 조합은 55일 후에 특성조사 하였다. 대비품종 대비 황심, 숙기, 구형, 내병성 등을 고려하여 중구형 우수 3조합, 중소형 4조합을 선발하였다(표 45, 46, 그림 39, 40).

표 43. 4차년도 봄 노지 중소형 선발조합의 특성

BN	구고 (cm)	구폭 (cm)	고갱이 (cm)	내엽색	구형	숙기	추대
대비품종(영롱황515)	23.0	17.0	3.5	진노랑	타원형	조숙	중추대
BN169	21.5	12.5	3.0	노랑	달걀형	중숙	중추대
BN205	23.0	15.0	3.5	진노랑	타원형	조숙	중추대
BN231	23.5	15.0	3.5	연노랑	장타원형	조숙	조추대



봄 노지 시험포 전경



대비품종-영롱황515

선발조합-BN169

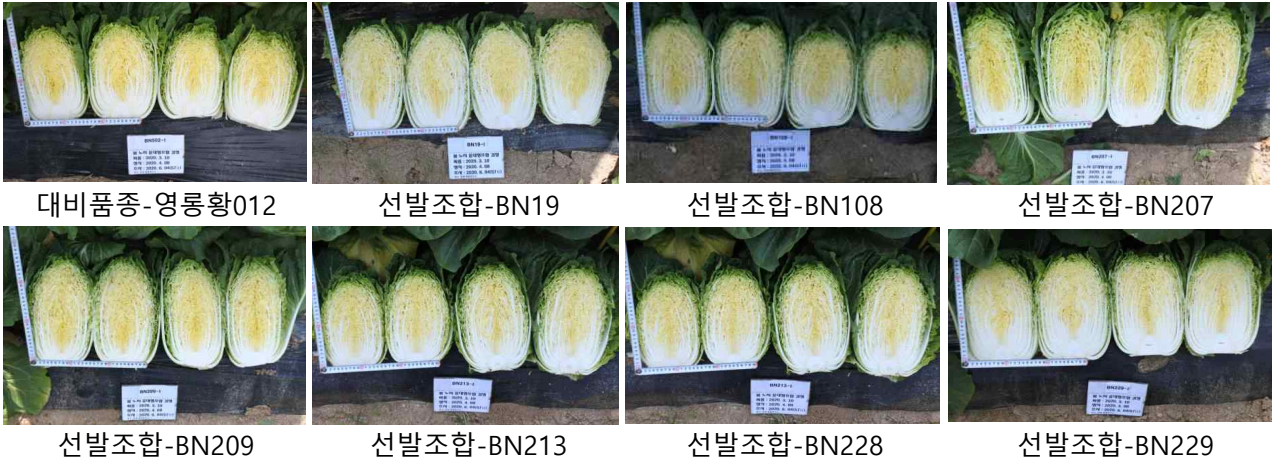
선발조합-BN205

선발조합-BN231

<그림 37. 4차년도 봄 노지 중소형 선발조합>

표 44. 4차년도 봄 노지 중구형 선발조합의 특성

BN	구고 (cm)	구폭 (cm)	고갱이 (cm)	내엽색	구형	숙기	추대
대비품종(영롱황012)	24.0	17.0	4.0	진노랑	장타원형	중숙	중추대
BN19	26.5	16.5	3.5	연노랑	타원형	중숙	중추대
BN108	24.0	15.0	3.5	연노랑	타원형	중숙	중추대
BN207	26.5	14.0	4.0	진노랑	장타원형	중만숙	조추대
BN209	26.0	14.5	2.5	노랑	달걀형	중만숙	조추대
BN213	24.5	14.0	3.0	노랑	타원형	조숙	조추대
BN228	24.5	15.0	4.5	연노랑	장타원형	조숙	조추대
BN229	24.5	15.5	4.0	노랑	장타원형	조숙	조추대



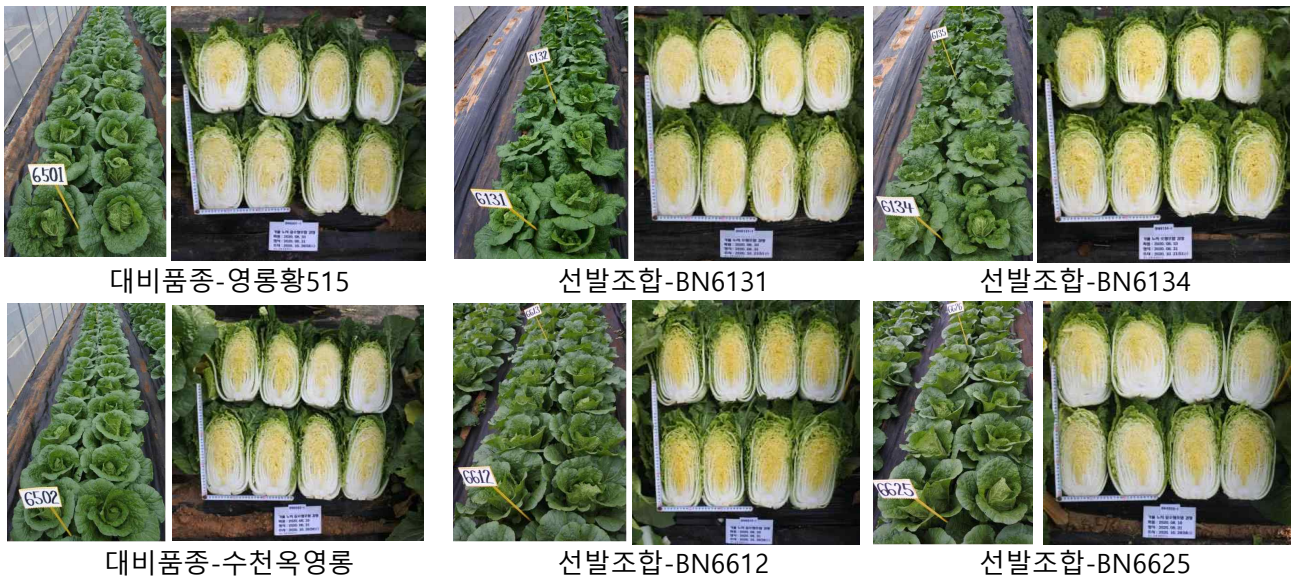
<그림 38. 4차년도 봄 노지 중구형 선발조합>

표 45. 4차년도 가을 노지 중소형 선발조합의 특성

BN	구고 (cm)	구폭 (cm)	고갱이 (cm)	내엽색	구형	숙기	추대
대비품종(영롱황515)	23.0	12.0	2.5	노랑	타원형	조숙	만추대
대비품종(수천옥영롱)	23.5	11.0	2.0	진노랑	달걀형	중만숙	만추대
BN6131	23.0	11.0	3.0	진노랑	장타원형	중숙	중추대
BN6134	22.5	12.0	2.5	진노랑	타원형	중숙	중추대
BN6612	22.0	10.5	3.0	진노랑	장타원형	중만숙	중추대
BN6625	22.0	12.5	3.0	노랑	타원형	조숙	중추대



4차년도 가을 노지 시험포 전경



<그림 39 . 4차년도 가을 노지 중소형 선발조합>

표 46. 4차년도 가을 노지 중구형 선발조합의 특성

BN	구고 (cm)	구폭 (cm)	고갱이 (cm)	내엽색	구형	숙기	추대
대비품종(영롱황012)	26.5	14.0	2.5	노랑	장타원형	중숙	만추대
BN6603	24.0	12.5	3.0	진노랑	장타원형	중만숙	만추대
BN6630	26.5	12.5	2.5	진노랑	장타원형	조중숙	중추대
BN7185	25.0	14.5	3.0	노랑	타원형	조숙	중추대



<그림 40. 4차년도 가을 노지 중구형 선발조합>

(마) 5차년도

- ① 봄 노지 특성 검정을 위해 2020년에 작성된 중형 252조합을 김제 육종연구소 노지에 공시하였다. 파종 03월 08일, 정식 04월 07일, 정식 후 50~55일째 최종 특성조사를 실시하였고 내병성, 숙기, 추대성, 내엽색, 구형태, 내엽수 등을 고려하여 중구형 8조합, 중소형 11조합을 선발하였다(표 47, 48, 그림 41, 42). 선발된 조합은 현지 지역적응성 시험을 통해 재성능검정 중이다.
- ② 가을노지 성능검정을 위해 김제 육종연구소에서 08월 09일 파종, 08월 31일에 정식하여 중소형조합은 49일, 중구형 조합은 62일 후에 특성조사 하였다(그림 43). 재배기간 중 잦은 강우와 결구기간 늦더위로 인해 세균성흑반병, 무름병, 뿌리혹병 등 병발생이 심하였으며 대비품종 및 조합이 생육이 불량하였다. 따라서 내병성을 위주로 특성조사를 진행한 결과 중구형 조합 중 BN3114, BN3137, BN3149번이 대비품종 영롱황 012보다 내병성이 우수하고 품질도 우수하여 선발하였다. 중소형 대비품종인 영롱황515는 이번 가을 작형에서는 병으로 생육이 불량하여 정상적인 조사가 불가능하였다. 반면 선발조합인 BN1636번은 약간의 칼슘결핍증상이 나타났으나 내병성에 강하였으며 품질도 우수하였다. 이외 품질이 양호한 5조합을 예비 선발하였다(표 49, 50, 그림 43, 44)

표 47. 5차년도 봄 노지 중구형 선발조합의 특성

BN	구고 (cm)	구폭 (cm)	고갱이 (cm)	내엽색	구형	숙기	추대
대비품종(영롱황012)	24.0	17.0	5.0	진노랑	장타원	중숙	조추대
BN4601	24.0	13.0	3.0	진노랑	장타원	중만숙	중추대
BN4725	27.0	14.0	3.0	노랑	장타원	조숙	중추대
BN5105	27.0	14.0	6.0	진노랑	장타원	조중숙	조추대
BN5219	27.5	17.0	5.0	진노랑	장타원	조중숙	중추대
BN5229	26.0	15.5	6.0	진노랑	장타원	조중숙	중추대
BN5237	25.5	18.0	5.0	노랑	장타원	조숙	중추대
BN5271	26.0	17.0	6.5	노랑	장타원	조숙	조추대
BN5272	27.0	16.0	6.0	진노랑	장타원	조숙	조추대



봄 노지 시험포 전경



대비품종-영롱황012



선발조합-BN4601



선발조합-BN4725



선발조합-BN5105



선발조합-BN5219



선발조합-BN5229



선발조합-BN5237



선발조합-BN5271

<그림 41. 5차년도 봄 노지 중형 선발조합>

표 48. 5차년도 봄 노지 중소형 선발조합의 특성

BN	구고 (cm)	구폭 (cm)	고갱이 (cm)	내엽색	구형	숙기	추대
대비품종(영롱황515)	20.0	14.5	3.5	진노랑	역달걀	중숙	중추대
BN4109	23.0	13.0	3.0	노랑	타원	조숙	중추대
BN4115	23.0	11.5	3.0	노랑	장타원	조숙	중추대
BN4125	23.0	1.0	3.0	노랑	장타원	조숙	중추대
BN4151	21.5	13.0	3.5	진노랑	타원	중숙	중추대
BN4711	22.5	13.5	3.0	노랑	장타원	중숙	만추대
BN4719	22.5	13.0	3.5	노랑	장타원	조숙	중추대
BN4731	23.0	13.0	4.0	진노랑	타원	중숙	중추대
BN4735	23.5	13.5	6.0	노랑	장타원	조숙	조추대
BN4738	22.5	13.0	4.0	노랑	타원	중숙	중추대
BN4741	24.0	12.5	4.0	진노랑	장타원	중숙	중추대
BN4763	23.0	13.5	4.5	진노랑	장타원	중숙	조추대
BN5119	25.0	16.5	5.5	진노랑	장타원	중숙	중추대



대비품종-영롱황515



선발조합-BN4109



선발조합-BN4115



선발조합-BN4125



선발조합-BN4151



선발조합-BN4711



선발조합-BN4719



선발조합-BN4731



선발조합-BN4735



선발조합-BN4738



선발조합-BN4741



선발조합-BN4763

<그림 42. 5차년도 봄 노지 중소형 선발조합>

표 49. 5차년도 가을 노지 중구형 선발조합의 특성

BN	구고 (cm)	구폭 (cm)	고갱이 (cm)	내엽색	구형	숙기	내병성
대비품종(영롱황012)	27.0	14.0	2.5	진노랑	장타원	중숙	중약
BN3114	25.0	13.5	2.5	노랑	장타원	조중숙	강
BN3137	28.0	14.5	3.0	진노랑	장타원	조중숙	강
BN3149	28.0	15.0	2.5	진노랑	타원	중만숙	중



5차년도 가을 노지 시험포 전경



대비품종-영롱황012



선발조합-BN3114



선발조합-BN3137



선발조합-BN3149

<그림 43. 5차년도 가을 노지 중구형 선발조합>

표 50. 5차년도 가을 노지 중소형 선발조합의 특성

BN	구고 (cm)	구폭 (cm)	고갱이 (cm)	내엽색	구형	숙기	내병성
대비품종(영롱황515)	25.0	12.0	3.0	노랑	장타원	중숙	약
BN1627	23.0	11.5	2.0	진노랑	장타원	중숙	중
BN1633	26.0	12.5	2.0	노랑	타원	중숙	중약
BN1634	22.0	11.5	3.5	노랑	장타원	조중숙	중
BN1636	22.0	12.5	3.0	진노랑	장타원	중숙	강
BN1637	24.0	12.5	2.0	진노랑	타원	중숙	중
BN1675	26.0	12.5	2.5	진노랑	타원	중만숙	중



<그림 44. 5차년도 가을 노지 중소형 선발조합>

(2) 강원도 고랭지 성능검정

(가) 1차년도에는 김제연구소 선발조합과 대비품종을 강원도 횡성군 둔내면에서 성능검정하였다. 04월 05일 파종, 05월 04일 정식, 48일후 6월 21일에 1차 조사를 하였고, 2차 특성조사는 정식 57일째 최종 조사하여 중구형 BN 206, 219, 중소형 BN12, 13번을 선발하였다(표 51, 그림 45).

표 51. 1차년도 고랭지 선발조합의 특성

BN	전체중 (g)	중특길이 (cm)	중특폭 (cm)	외엽수 (ea)	내엽수 (ea)	구 중 (g)	구 고 (cm)	구 폭 (cm)	고갱이 (cm)
대비종(춘옥황)	2440	14.5	6.0	9	43	1460	22.0	12.5	3.0
대비종(영롱황009)	3140	12.5	6.0	14	63	1720	23.0	14.0	2.5
12	2120	14.5	6.0	10	47	1380	21.5	19.0	3.0
13	2320	16	4.5	15	23	1080	20.0	12.0	1.3
206	2820	17.0	5.0	15	53	1680	24.0	17.5	3.5
219	2240	11.5	5.5	13	52	1220	22.0	14.5	3.0

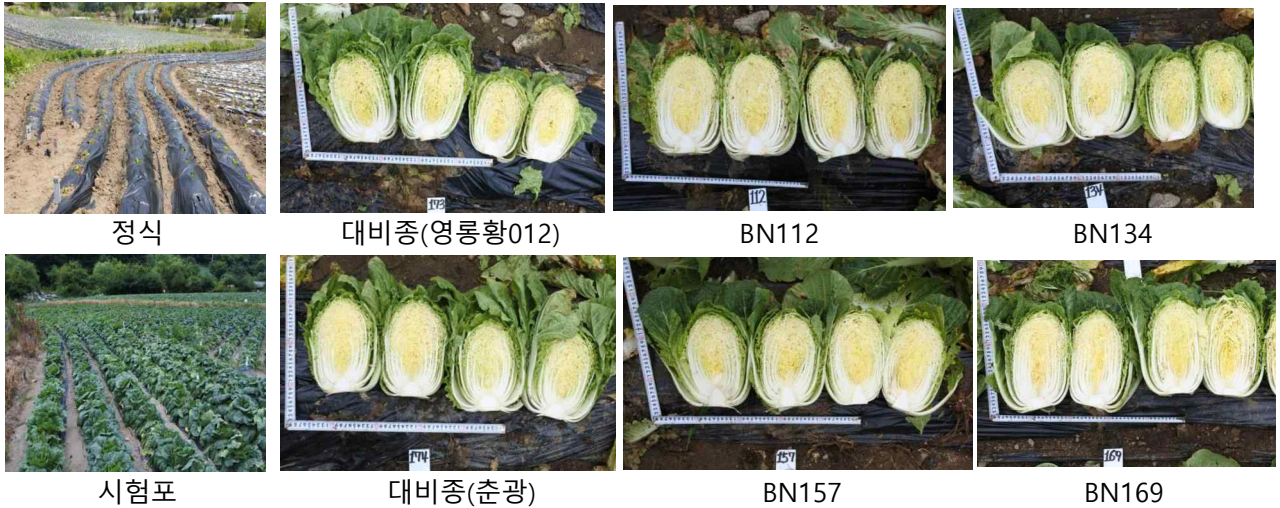


<그림 45. 1차년도 고랭지 선발조합>

(나) 2차년도에는 강원도 횡성군 둔내면에 04월 04일 파종, 05월 09일 정식 후 1차 06월 21일, 2차 06월 28일 3차 07월 09일에 특성조사를 진행하였다. 재배포장의 뿌리혹병 발생이 심하였고, 가뭄으로 결구기때 관수가 불량하여 생육이 전체적으로 늦었다. 포장상태를 고려하여 대비품종과 대비시 내서성, 내병성, 숙기, 황심, 추대성이 양호한 중구형 BN 112, 134, 157, 169번 선발, 중소형 BN49, 50, 52, 70번을 선발하였다(표 52, 53. 그림 46, 47).

표 52. 2차년도 고랭지 중구형 선발조합의 특성

BN	품종명	내엽수 (ea)	구고 (cm)	구폭 (cm)	구형	내엽색	구치 밀도	추대성
173	영롱황012(대비종)	48	22	12	장타원형	노랑	중	중
174	춘광(대비종)	50	22	12	장타원형	노랑	중	중
112	육성조합	50	25.5	14.5	장타원형	노랑	중강	중
134	육성조합	54	21	14	타원형	진노랑	중강	중
157	육성조합	48	22	13.5	타원형	노랑	중약	약
169	육성조합	42	23	13.5	장타원형	연노랑	중	중



<그림 46. 2차년도 고랭지 중구형 선발조합>

표 53. 2차년도 고랭지 중소형 선발조합의 특성

No	계통명	내엽수 (ea)	구고 (cm)	구폭 (cm)	구형	내엽색	구치 밀도	추대성
71	춘옥황(대비종)	39	20	11.5	장타원형	노랑	중	중
18	육성조합	38	19	13.5	장타원형	노랑	중	중
49	육성조합	44	20	13	역달갈형	노랑	강	증강
50	육성조합	32	19	11	장타원형	진노랑	중	강
52	육성조합	36	21	12	장타원형	진노랑	중	강
70	육성조합	41	22.5	13	역달갈형	노랑	중강	강



<그림 47. 2차년도 고랭지 중소형 선발조합>

(다) 3차년도에는 김제연구소 선발조합과 대비품종을 강원도 횡성군 둔내면에서 성능검정을 실시하였다. 포장은 작년대비 병 발생이 적고 전체적으로 양호하였으나 평년보다 기온이 낮아 구가 작고 넓은 경향을 나타내었다. 04월 04일 파종, 04월 29일 정식. 07월 02일 특성 조사하여 내서성, 내병성, 숙기, 황심, 추대성등을 고려하여 표현이 우수한 중구형 조합 BN105, BN109를 선발하였다(표 54, 그림 48). BN105번은 영롱황012보다 숙기는 늦으나 구형이 H형으로 우수하고 내병성이 강하며 재배 균일성이 우수하였다. BN109는 전체적으로 영롱황012와 유사하나 숙기가 빠르고 내병성이

종아 선발하였다. 선발된 2조합은 중국 북경, 감숙성, 하북성, 운남성에 현지적응성시험을 하였다.

표 54. 선발조합의 특성

BN	구중 (g)	구고 (cm)	구폭 (cm)	내엽수 (ea)	내엽 색	구형	구치밀도	고갱이 (cm)
대비품종(영롱황012)	2,900	22.5	20.0	74	노랑	원형	조속	5.0
105	2,520	29.0	17.5	66	노랑	장타원형	중속	4.5
109	2,580	26.0	18.0	81	노랑	타원형	조속	5.0



시험포 전경



대비품종-영롱황012



선발조합-BN105



선발조합-BN109

<그림 48. 3차년도 고랭지 성능검정>

(라) 4차년도에는 김제연구소 선발된 조합과 대비품종을 강원도 횡성군 둔내면에서 04월 07일 파종, 05월 07일 정식. 07월 09일 내서성검정을 실시하였다. 포장상태는 가뭄이 심해 전체적으로 결구형성이 늦고 구가 작으며 칼슘결핍현상이 심하여 정상적인 형질발현이 나타나지 않았다. 전체적으로 반복간의 차이가 심하여 선발에 어려움이 있었다. 포장 조건을 고려하여 대비품종 춘광보다 내서성, 내병성이 양호한 중구형 조합 BN627를 선발하였다(표 55, 그림 49).

표 55. 4차년도 고랭지 선발조합의 특성

BN	구고 (cm)	구폭 (cm)	내병성	내엽색	구형	숙기	추대
대비품종(춘광)	20.0	14.0	약	진노랑	타원형	중숙	중추대
BN627	24.0	13.0	강	진노랑	타원형	중숙	중추대



시험포 전경



대비품종-춘광



선발조합-BN627

<그림 49. 4차년도 고랭지 성능검정>

(마) 5차년도에는 김제연구소 선발된 조합과 대비품종을 강원도 횡성군 둔내면에서 내서성검정을 실시하였다. 재배 중 적절한 강우와 좋은 기상조건으로 작황은 전체적으로 우수하였다. 04월 07일 파종, 05월 09일 정식. 07월 05일 특성 조사하여 대비품종 춘광보다 내서성, 내병성이 우수한 중구형 조합 BN361, 중소형 BN370 조합을 선발하였다(표 56 , 그림 50). 선발조합은 중국 감숙성, 하북성에 현지적응성시험 할 예정이다.

표 56. 5차년도 고랭지 선발조합의 특성

BN	구고 (cm)	구폭 (cm)	내병성	내엽색	구형	숙기	추대
대비품종(영롱황012)	25.0	15.0	중약	진노랑	타원	중숙	중추대
BN361	27.0	16.5	강	진노랑	타원	중만숙	중추대
대비품종(영롱황515)	24.5	14.5	강	진노랑	타원	중숙	중추대
BN370	25.0	14.0	강	진노랑	장타원	조중숙	중추대



<그림 50. 5차년도 고랭지 성능검정>

(3) 해남 월동 노지 성능검정

(가) 1차년도에는 해남면 황산면에 2017년 08월 21일 파종, 09월 14일 정식하였다(그림 51). 정식기에 잦은 비로 인해 시험포장의 배수가 원활하지 않아 생육차이가 있었다. 대비품종 4품종, 64교배조합의 1차 특성조사는 11월 23일, 2차 조사는 폭설로 인하여 2018년 02월 14일 실시하여 저온신장성, 내병성, 황심이 우수한 BN09, 10번을 선발하였다. 선발된 조합은 현지 지역적응성시험을 진행하였다.



<그림 51. 1차년도 월동형 선발조합>

(나) 2차년도에는 해남군 황산면에 2018년 08월 21일 파종, 9월 18일 정식하였다. 월동 50조합 및 대비 4품종의 1차 특성조사는 11월 20일 완료 하였으며 2차 조사는 2019년 01월 24일 특성조사를 실시하였다. 평년보다 따뜻한 기후가 지속되어 내한성 검정을 어려웠으나, 전체적으로 생육이 우수하였다. 내한성, 저온신장성, 숙기, 내병성 등을 고려하여 조숙형인 BN02, 중숙형 BN08, 만숙형 BN36번을 선발하였다(표 57, 그림 52). BN02번은 남도장군과 숙기가 비슷한 조숙형으로 구가 크고 구형이 H형으로 우수하였다. BN08번은 중숙형으로 내추대성에 강하고, BN36번은 만숙형으로 숙기는 늦으나 구가 크고 황심이 우수하여 선발하였다. 선발된 조합은 호북성 월동작형에 현지 지역적응성시험을 하였다.

표 57. 2차년도 선발조합의 특성

BN	구중 (g)	구고 (cm)	구폭 (cm)	내엽수 (ea)	내엽색	구형	숙기	내추대성
대비품종(남도장군)	3000	29.0	17.5	64	노랑	장타원형	조숙	중
BN02	4800	34.0	20.0	67	노랑	장타원형	조숙	중약
BN08	2700	31.0	16.5	50	노랑	장타원형	중숙	중
BN36	4340	34.5	20.0	63	진노랑	장타원형	만숙	약



대비품종-남도장군

선발조합-BN02

선발조합-BN08

선발조합-BN36

<그림 52. 2차년도 월동형 선발조합>

(다) 3차년도에는 월동작형 조합의 내한성 검정을 위해 전라남도 해남군에 위치한 시험포에 72조합 및 대비 11품종을 공시하였다. 2019년 08월 21일 파종, 9월 17일 정식하였고. 2019년 11월 28일 1차 특성조사, 2020년 02월 04일 2차 특성조사를 실시하였다. 평년보다 따뜻한 기후가 유지되어 작황이 좋아 전반적으로 생육이 우수하였으나, 내한성 검정에는 어려움이 있었다. 대비종 대비 구형, 내엽색, 수량성, 내한성 등을 고려하여 조숙형 2품종, 중숙형 2품종을 선발하였다(표 58, 그림 53). 조숙형 대비품종인 남도장군과 대비하여 BN22번은 구고가 높으며 내한성이 우수하였다. 또한 BN71번은 대구형으로 수량성이 우수하고 만추대형이다. 중만숙형 품종인 청남과 대비하여 BN52번은 숙기가 빠르고 수량성이 우수하다. BN59번은 중륙이 다소 두껍지만 황심, 수량성이 우수하며 숙기가 빠르다. 선발된 조합들은 중국 호북성 월동시험포에서 지역적응성시험을 진행하였다.

표 58. 3차년도 선발조합의 특성

BN	구중 (g)	구고 (cm)	구폭 (cm)	내엽수 (ea)	내엽색	구형	숙기	내한성
대비품종(남도장군)	3800	32	19	74	노랑	장타원	조숙	약
대비품종(청남)	4100	36	20	77	진노랑	장타원	만숙	강
BN22	4100	35	17	75	노랑	긴장타원	조숙	강
BN52	4600	32	19	78	노랑	장타원	조중숙	중
BN59	4800	34	19	74	진노랑	장타원	조중숙	강
BN71	5400	35	20	73	노랑	타원	조숙	중



대비품종-남도장군



선발조합-BN22



선발조합-BN71



대비품종-청남



선발조합-BN52



선발조합-BN59

<그림 53. 3차년도 월동형 선발조합>

(라) 4차년도에는 월동작형 조합의 내한성 검정을 위해 전라남도 해남군에 위치한 시험포에 35조합 및 대비 9품종을 공시하였다. 포장상태는 평균기온이 평년보다 낮아 춥고 강추위가 지속되어 전체적으로 생육이 부진하였다. 2020년 08월 21일 파종, 9월 23일 정식하였고. 2020년 12월 03일 1차 특성조사, 월동 후 2021년 02월 03일 최종 조사를 실시하였다. 조숙형 대비품종은 남도장군 대비 BN11번이 구중이 적어 수량성은 다소 떨어지나 내한성, 황심, 구형, 추대성이 우수하였으며, 중륵이 얇고 황심분포도가 우수하여 내부 형질이 전반적으로 우수하였다. BN06번은 중숙형 대비품종인 대지춘효에 비해 숙기가 빠르고 구 크기가 크고 안정적이며 내한성이 우수하고, BN20번은 내한성은 비슷하나 구가 크고 포피성, 구형이 우수하며, 내엽색 황심 및 황심 분포도가 우수하여 선발하였다. 선발된 월동 조숙형 1조합, 중숙형 2조합은 2021년 중국 호북성에서 지역적응성시험을 진행하였다(표 59, 그림 54).

표 59. 4차년도 선발조합의 특성

BN	구중 (g)	구고 (cm)	구폭 (cm)	내엽색	구형	숙기	내한성
대비품종(남도장군)	2,900	26.5	17.5	노랑	장타원	조숙	약
대비품종(대지춘효)	2,700	27.0	17.0	노랑	장타원	중숙	강
BN06	2,700	29.0	15.0	노랑	장타원	조중숙	강
BN11	2,500	26.0	15.5	진노랑	장타원	조숙	중
BN20	2,700	29.5	16.0	진노랑	장타원	중숙	중



시험포 전경



대비품종-남도장군



선발조합-BN11



대비품종-대지춘효



선발조합-BN06



선발조합-BN20

<그림 54. 4차년도 월동형 선발조합>

(마) 5차년도에는 월동작형 조합의 내한성 검정을 위해 전라남도 해남군에 위치한 시험포에 33조합 및 대비 10품종을 공시하였다. 해당 지역의 정식시기에 많은 비로 인해 침수피해를 받아 생육이 전반적으로 고르지 못하였다. 2021년 08월 18일 파종, 9월 13일 정식하였고, 2021년 12월 02일 특성 조사하여 구형, 숙기, 내부 품질이 우수한 조숙형 BN103, BN104번을 선발하였다(그림 55).



시험포 전경



대비품종-남도장군



선발조합-BN103



선발조합-BN104

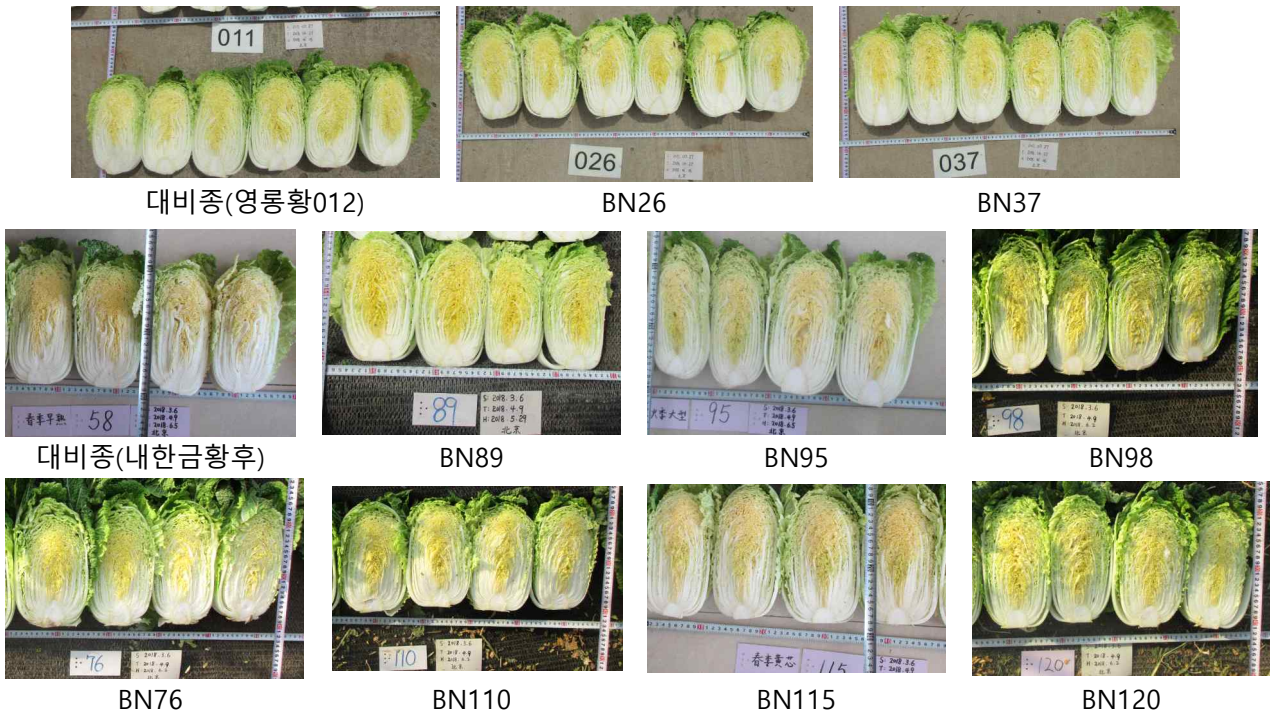
<그림 55. 5차년도 월동형 선발조합>

6. 해외 현지 지역적응성시험

가. 1차년도부터 5차년도까지 김제 육종연구소 및 국내 연락시험포 성능검정을 바탕으로 중국 현지에 적합한 우수조합을 선발하였다. 국내에서 예비 선발된 조합은 무 8프로젝트(국립종자원)에서 실시하는 GSP시험포 사업, 자체 시험포 및 위탁과제 시험포 사업과 연계하여 중국 북경, 감숙성, 하북성, 운남성, 호북성, 요녕성 등에서 적응성 시험을 진행하였다. 각 목표 지역에 적합한 우수조합을 선발하였으며, 선발된 조합은 시교확대 및 품종 홍보를 진행하였다

(1) 중국 북경 봄 검정

(가) 2차년도에는 봄 선발조합의 현지 적응성시험을 위해 북경 시험포장에 04월 27일 정식, 05월29부터 06월 06일까지 특성조사를 실시하였다. 영롱황 012대비 구형과 포피성, 숙기가 우수한 중구형 조합 BN26, BN37번을 선발하였다. 소형 대비종인 내한금황후 보다 구폭이 넓고 중형 대비품종인 영롱황 012보다 숙기가 빠르며 황심, 포피성 등이 우수한 중소형 BN76, 89, 95, 98, 110, 115, 120번을 선발하였다(그림 56). 선발된 조합은 주 재배 지역에 재시험을 진행하였다.



<그림 56. 2차년도 북경 봄 지역적응성시험>

(2) 중국 감숙성

(가) 1차년도에는 무 8프로젝트(국립중자원)에서 실시하는 GSP시범포 사업에 참가하여 국내 선발조합의 지역적응성시험을 진행하였다. 감숙성 난주시 임조현 시험포장에 파종 04월 10일, 정식 05월 10일하여 07월 06일 특성조사를 실시하여 중구형 BN106번과 중소형 BN03번을 선발하였다(표 60, 그림 57). 중구형 조합 BN106번은 영롱황 012보다 만숙형이나 중륙이 얇고 내부엽색 황심 등 내부 형질이 우수하였다. 중소형 조합인 BN03번은 춘옥황 보다 구폭이 넓고 내부엽색 황심 분포도가 우수하며 수량성이 우수하여 중소형 시장에 적합할 것으로 판단되어 선발하였다.

표 60. 1차년도 감숙성 선발조합의 특성

BN	품종명	구고(cm)	구폭(cm)	내엽색	중륙
114	대비종(영롱황012)	24.0	17.0	중상	중
6	대비종(춘옥황)	21.0	12.0	상	상
106	육성조합	25.0	25.0	상	상
3	육성조합	22.0	13.0	중상	상



시험포 전경

영롱황012

BN106

춘옥황

BN03

<그림 57. 1차년도 감숙성 선발조합>

(나) 2차년도에는 김제 육종연구소에서 선발된 우수조합을 2018년 04월 03일 직파하여 06월 12일 특성 조사하였다(표 61, 그림 58). BN1849번이 대비종 대비 구형이 우수하고 내부엽 황심도가 좋았고, BN1859번은 만숙형으로 포피성 및 내부품질이 우수하여 선발하였다. 선발된 조합은 주 재배 지역에 재검정을 진행하였다.

표 61. 2차년도 감숙성 선발조합의 특성

BN	내엽색	중륵	특성
대비종 (영롱황009)	중상	중	구가 작음, 균일도 좋음
BN1849	상	얇음	H형 과형 우수
BN1859	중상	중	만숙, 우수, 포피형



대비종(영롱황009)

BN1849

BN1859

<그림 58. 2차년도 감숙성 선발조합>

(다) 3차년도에는 중구형 3, 중소형 8조합을 난주시 임조현 GSP 시범포장에 출품하여 2019년 04월 10일 파종, 05월 05일 정식하여 06월 27일에 특성조사를 실시하였다(표 62, 63, 그림 59, 60). 11조합 중 구형, 구중, 추대, 외엽, 숙기, 내엽색이 양호한 중구형 BN1195, 중소형 BN2085 조합이 우수하였다.

표 62. 3차년도 감숙성 GSP 시범포 중구형 선발조합의 특성

BN	구고 (cm)	구폭 (cm)	내엽색	구형	추대	고갱이 (cm)
대비품종(영롱황012)	24.0	15.0	노랑	장타원형	조추대	4.0
BN1195	23.0	13.0	노랑	장타원형	중추대	3.0



시범포장 전경



대비품종-영롱황012



선발조합-BN1195

<그림 59. 3차년도 감숙성 GSP 시범포(중구형)>

표 63. 3차년도 감숙성 GSP 시범포 중소형 선발조합의 특성

BN	구고 (cm)	구폭 (cm)	내엽색	구형	추대	고갱이 (cm)
대비품종(화내롱수B1102)	19.0	9.0	연노랑	장타원형	중추대	2.0
대비품종(내한금황후)	20.0	10.0	노랑	장타원형	중추대	2.0
BN2085	21.0	11.0	노랑	장타원형	중추대	3.0



<대비품종-화내롱수B1102>



<대비품종-내한금황후>



<선발조합-BN2085>

<그림 60. 3차년도 중국 감숙성 GSP 시범포(중소형)>

(라) 4차년도에는 난주시 임조현 GSP 시범포에 중구형 3, 중소형 5조합을 출품하였다. 중소형 조합은 2020년 04월 10일 파종, 05월 05일 정식, 중구형 조합은 04월 05일 파종, 04월 30일 정식하여 06월 29일에 특성조사를 실시하였다. 출품한 8조합 중 BN2181 조합이 대비품종과 비교시 내엽색, 구형, 구고, 구폭 등 내형은 비슷하였으나 구가 더 크고 조숙이며 외형, 내병성이 우수하여 선발하였다(그림 61). 선발된 조합은 다른 지역에서도 선발되어 중소형 시장에서 개발가치가 있을 것이라고 사료된다.



시범포장 전경



대비품종-내한금황후



선발조합-BN2181

<그림 61. 4차년도 중국 감숙성 GSP 시범포>

(3) 중국 하북성

(가) 1차년도에는 하북성 자체 시험포장에 선발조합을 2017년 06월 20일 파종, 7월 14일 정식하여 09월 06일 조사하였다. 내서성, 내병성, 숙기, 구형, 중륙, 내엽색, 외엽형태 등이 우수한 중구형 BN 106, 108번, 중소형 BN 13, 15번을 선발하였다(그림 62).



BN106



BN108



BN13



BN15

<그림 62. 1차년도 중국 하북성 시험포 중구, 중소형 선발조합>

(나) 2차년도에는 자체 시험포장에 국내에서 선발된 중구형, 중소형 조합을 각각 2018년 06월 10일, 15일 정식하여 08월 02일 특성 조사하였다. H형이며 내엽색이 황심인 중구형 BN1859을 선발하였다(그림 63).

무 8프로젝트(국립종자원)에서 실시하는 GSP 시범포장에는 전년도(2017년)에 선발한 BN102(73), 74(105)번을 재출품하여 성능검정을 하였으며 2 품종은 해외바이어 요청으로 8월 20일 시교를 분양하였고, 2019년에 확대하고자 하여 가을에 소량의 종자를 생산하였다(표 64, 그림 64).



BN1859



BN113



BN115



BN117

<그림 63. 2차년도 중국 하북성 시험포 선발조합>



대비종(내한금황후)

BN102(73)

BN105(74)

<그림 64. 2차년도 중국 하북성 GSP 시범포 선발조합>

표 64. 2차년도 중국 하북성 GSP 시범포 선발조합의 특성

BN	특성
대비종(내한금황후)	조숙~중숙, H형-모양우수, 황심 중상, 내추대, 중륙 두꺼움->내엽수 적음
113	타원형, 황심 중, 내병성 강, 대구형
115	조숙~중숙, H형-모양우수, 내엽수 多, 황심 중상, 병에 약함, 중륙 얇음
117	조숙~중숙, 황심 중, 외엽 진녹, 내병성 강

(다) 3차년도에는 중형 4조합을 하북성 GSP 시범포장에 과중 2019년 05월 21일, 정식 06월 16일하여 08월 08일에 특성조사를 실시하였다. 출품 조합 중에서 구형, 내병성, 숙기, 내엽색이 양호한 BN6 조합이 우수하여 2020년에 재성능검정 하였다(표 65, 그림 65).

표 65. 3차년도 중국 하북성 GSP 시범포 선발조합의 특성

BN	구고(cm)	구폭(cm)	내엽색	구형	내병성	고갱이(cm)
대비품종	24.0	15.0	노랑	장타원형	중	4.0
대비품종	22.5	13.0	노랑	장타원형	강	4.0
BN6	25.0	14.0	노랑	장타원형	중강	3.0



시범포장 전경



선발조합-BN6

<그림 65. 3차년도 중국 하북성 GSP 시범포 선발조합>

(라) 4차년도에는 중구형 1조합, 중소형 4조합을 하북성 GSP 시범포장에 출품하였다. 중소형 조합은 2020년 05월 25일 파종, 06월 27일 정식하였고, 중구형 조합은 05월 20일 파종, 06월 22일에 정식하여 08월 08일에 특성조사를 실시하였다(표 66, 그림 66). 중소형 대비품종 대비 18S2171 조합이 조숙 중소형 구형 및 내엽색 황심이 우수하여 재성능검정 하였다.

표 66. 4차년도 하북성 GSP 시범포 선발조합의 특성

BN	구고 (cm)	구폭 (cm)	내병성	내엽색	구형	숙기
수천옥영롱(대비품종)	21.0	11.0	중강	진노랑	타원형	중만숙
18S2171	22.0	11.5	중	진노랑	장타원형	조숙



시범포장 전경



대비품종-수천옥영롱



선발조합-18S2171

<그림 66. 4차년도 중국 하북성 GSP 시범포 선발조합>

(3) 중국 운남성

(가) 1차년도에는 자체적으로 실시한 운남성 시험포장에 2017년 09월 25일 파종, 10월 23일 정식, 12월 20일 특성 조사하였다. 대비종에 비해 BN8은 엽폭이 넓은편이나 현재 우점 품종과 비교하여 내엽색, 숙기, 내병성 등이 우수하여 개발가치가 있으며, BN9도 중륵이 두꺼운 편이나 형태가 H형으로 우수한 편으로 선발하였다(표 67, 그림 67).



대비품종(내한금황후)



BN08



BN09

<그림 67. 1차년도 중국 운남성 중소형 선발조합>

표 67. 1차년도 중국 운남성 시험포 중소형 선발조합의 특성

BN	품종명	내병성	구고 (cm)	구폭 (cm)	내엽색	숙기	중특
BN03	대비종(내한금황후)	중상	20	10	진노랑	중	중
BN08	육성조합	상	18	11	진노랑	중상	중
BN09	육성조합	상	18	10	노랑	중	중

(나) 2차년도에는 운남성 자체 시험포에서 2번의 시험을 진행하였다. 1차 시험은 전년도에 선발한 BN08, 09의 내서성검정을 위해 운남성 시험포장에 중소형 조합을 2018년 05월 16일 파종, 06월 07일 정식하여 조사시기 보다 조금 이른 07월 20일(43일째) 특성 조사하였다(표 68, 그림 68).

2차 시험은 중형 20, 중소형 13조합을 2018년 9월 15일 파종, 10월 11일 정식하여 12월 06일 특성 조사하였다. 숙기, 내엽색, 구형등이 우수한 중형 1(BN30), 중소형 1 조합(BN16)을 선발하였다(표 69, 그림 69).

표 68. 2차년도 중국 운남성 1차 시험 중소형 선발조합의 특성

BN	품종명	내병성	구고 (cm)	구폭 (cm)	내엽색	숙기	중특
BN08	대비종(내한금황후)	중상	16	7	진노랑	중	중
BN03	육성조합	상	20	8	진노랑	중상	중
BN16	육성조합	상	16	8	노랑	중	중



<시험포>

대비종(내한금황후)

BN03

BN16

<그림 68. 2차년도 중국 운남성 1차 시험 중소형 선발조합>

표 69. 2차년도 중국 운남성 2차 시험 중형 선발조합의 특성

BN	품종명	구고 (cm)	구폭 (cm)	내엽색	숙기	구형
26	대비종(영롱황012)	21	11	중상	중	장타원형
30	육성조합	20	11	중	중상	장타원형
4	대비종(녹하금)	19.5	10.5	중	상	장타원형
16	육성조합	18.5	9.5	중상	중상	장타원형



<그림 69. 2차년도 중국 운남성 2차 중소형 선발조합>

(다) 3차년도에는 운남성 GSP 시범포장에 중구형 3, 중소형 10조합을 출품하였다. 중형, 중소형조합을 각각 2019년 09월 03일, 09월 08 파종, 10월 03일, 10월 08일 정식하여 12월 17일에 특성조사를 실시하였다. 대비품종과 비교하여 구형, 내병성, 내엽색이 양호한 중소형 BN2085, BN2181 조합이 우수하여 주 재배 지역에서 재성능 검정하였다(표 70, 그림 70).

표 70. 3차년도 중국 운남성 GSP 시범포 선발조합의 특성

BN	구고(cm)	구폭(cm)	내엽색	구형	내병성	숙기
대비품종(녹하금)	20.0	10.0	노랑	장타원	중강	조숙
BN2085	19.0	10.0	진노랑	장타원	중	조숙~중숙
BN2181	19.0	9.5	진노랑	장타원	중	조숙~중숙



<그림 70. 3차년도 중국 운남성 GSP 시범포>

(라) 4차년도에는 운남성 GSP 시범포장에 중구형 6, 중소형 5조합을 출품하였다. 중구형, 중소형 조합을 각각 2020년 09월 03일, 09월 08 파종하였으며 10월 03일, 10월 8 일에 정식, 12월 18일에 특성조사를 실시하였다. 중형 배추 KB05번이 내병성, 구형, 황심이 우수하여 현지 바이어에게 좋은 평가를 받았다(그림 71). 선발된 조합은 시 교확대 사업이 진행중이다.



<시범포 전경>



<대비품종-영롱황012>



<우수조합-KB05>

<그림 71. 4차년도 중국 운남성 GSP 시범포>

(4) 중국 요녕성

(가) 2차년도에는 전년도(2017년) 요녕성 대련시 여순구 수사영 배추연구소의 시교요청으로 지역적응성 시험을 위해 중형 5, 중소형 4조합을 현지에서 재배하였다. 2018년 8월 10일에 파종하여 9월 2일 정식하였고 10월 26일에 조사하였다. 특성조사 결과 중형에서는 BN42번 조합이 내엽색이 우수하고 뿌리혹병에 강하였으며, 중소형은 308번 조합이 대비종보다 내엽색이 우수하였다(표 71, 그림 72). 선발된 2조합은 주재배 지역에 재성능검정을 실시하였다.

표 71. 2차년도 중국 요녕성 선발조합의 특성

BN	품종명	구고 (cm)	구폭 (cm)	내엽색	숙기	구형	비고
대비종	춘추58	24	12	중	중상	장타원형	
42	육성조합	23	12	중상	중	장타원형	CR 내병
대비종	춘옥황	21	10.5	중	상	장타원형	
308	육성조합	19	11.5	상	중상	장타원형	중특 얇음



시험포장



대비종(춘추98)

BN 42



대비종(춘옥황)

BN 308

<그림 72. 2차년도 요녕성 시험포 선발조합>

(5) 중국 호북성

(가) 1차년도에는 국내 해남에서 선발된 월동형 선발조합의 지역적응성시험을 위해 중국 호북성 GSP 시범포에서 성능검정을 실시하였다. 월동형 22조합을 2016년 09월 09 파종, 09월 27일 정식하여 2017년 01월 19일 특성조사를 실시하였다. 저온신장성, 내엽색, 구형 등이 우수한 BN40을 선발하였다(표 72, 그림 73). 2차년도 시험에 필요한 종자를 소량 생산하였다.

표 72. 1차년도 중국 호북성 선발조합의 특성

BN	품종명	구고(cm)	구폭(cm)	내엽색	중륵	고갱이(cm)
40	육성조합	27	15	상	중	4

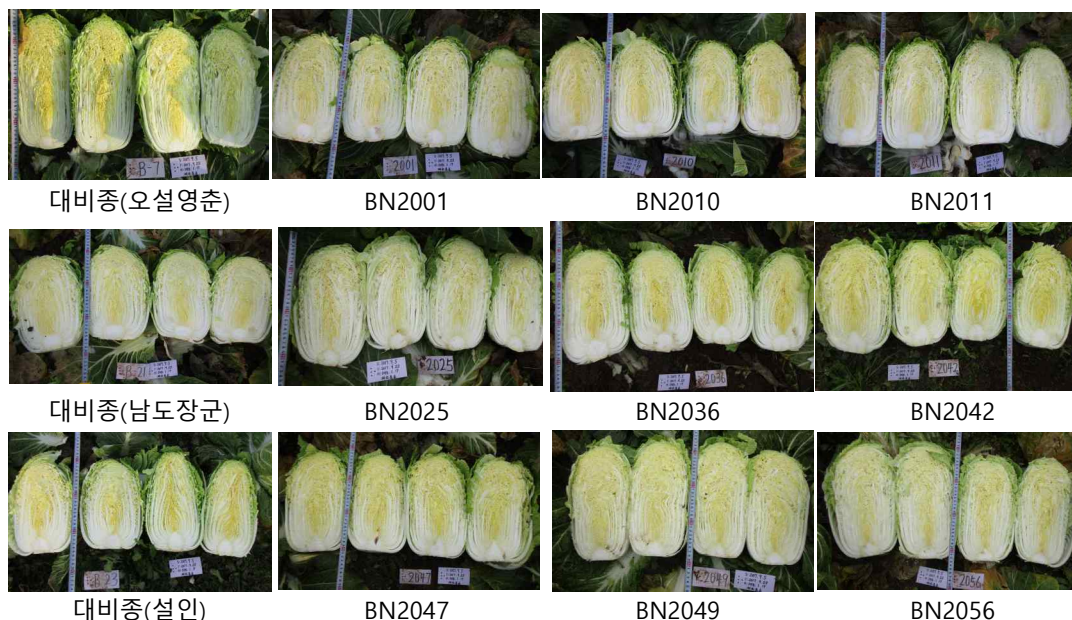


<그림 73. 1차년도 중국 호북성 월동형 선발조합>

(나) 2차년도에는 선발된 월동형 20조합을 중국 호북성 GSP 시범포장에 2017년 09월 09 파종, 09월 27일 정식하여 2018년 01월 17일 성능검정을 실시하였다. 형태와 품질이 우수하여 선발한 조숙조합은 BN2001, 2010, 2011, 2036, 2047, 내한성이 좋으며 구형이 우수하여 선발한 중숙조합은 BN2025, 2042, 2049, 2056번(표 73, 그림 74)이며 선발된 9조합은 재성능검정을 위해 09월 25일에 파종하였다. 또한 2018년 새로 작성된 월동 26조합의 성능검정을 위해 동일한 날짜에 파종하였다.

표 73. 2차년도 중국 호북성 선발조합의 특성

No.	전중(g)	내한성	구고(cm)	구폭(cm)	황심
대비종(오설영춘)	3,220	4.0	33.0	16.0	3.8
대비종(남도장군)	3,100	3.8	29.0	16.0	4.0
대비종(설인)	3,170	4.0	29.0	16.0	4.0
2001	3,580	3.0	29.0	17.0	3.8
2010	3,460	3.4	28.0	16.0	3.8
2011	3,600	3.4	28.0	18.0	3.6
2025	3,330	3.8	30.0	16.0	3.5
2036	3,800	2.2	29.0	18.0	3.8
2042	2,850	3.8	28.0	18.0	3.8
2047	2,670	3.0	28.0	17.0	3.8
2049	2,840	3.8	31.0	16.0	3.7
2056	2,740	3.8	32.0	17.0	3.8



<그림 74. 2차년도 중국 호북성 선발조합>

7. 원종증식

가. 해외 시험포 및 전시포에서 선발된 우수조합의 양친 종자 확보를 위해 매년 원종 증식을 실시하였다. 증식 방법은 12월 중순에 파종하여 월동 육묘 후 다음 연도 3월 초에 1중 하우스에 정식하였다. 추대 후 4월 중순부터 벌을 투입하였고 자가불화합 타파를 위해 약 40일 동안 CO₂처리를 실시하였다. 6월말~7월초에 예취하여 탈종을 진행하였고 당해연도 가을작형에 파종하여 순도검정을 완료하였다.

- (1) 1차년도에는 우수조합의 양친 13계통을 2016년 12월5일 파종하여 2017년 3월 2일 정식하여 CO₂처리와 별도로 원종을 증식하였다(그림 75). 하반기 해외 현지적응성시험 결과 하반기에 선발된 F1조합 생산에 필요한 2계통의 원종량이 부족하여 2차로 7월 8일 파종, 춘화처리 40일후 고온장일처리하여 10월1일 CO₂처리와 별도로 증식하여 12월 말에 탈종하였다(그림 76).
- (2) 2차년도에는 6계통을 2017년 12월2일 파종하여 2018년 3월 20일 정식하여 CO₂처리와 별도로 원종을 증식하였다(그림 77). 하반기 해외 현지적응성시험에서 선발된 우수조합의 3계통 원종량이 부족하여 2018년 6월 6일에 파종하여 50일 춘화처리 후, 8월 17일에 정식하여 CO₂처리와 별도로 3계통을 추가 증식하였다(그림 78).
- (3) 3차년도에는 우수조합의 양친 12계통을 2018년 12월 05일 파종하여 월동육묘 후 2019년 3월 05일 정식하여 CO₂처리와 별도로 원종을 증식하였다(그림 79).
- (4) 4차년도에는 기 선발된 우수조합의 10계통의 원종 증식을 위해 2019년 12월 15일 파종하여 2중 비닐 하우스에서 월동 육묘 후 2020년 3월 05일 정식하였다. CO₂처리와 별도로 인공수분하여 07월 09일 채종을 완료하였다(그림 80).
- (5) 5차년도에는 19계통의 원종 증식을 위해 2020년 12월 20일 파종하여 2중 비닐 하우스에서 월동육묘 후 2021년 03월 06일 정식하였다. CO₂처리와 별도로 인공수분하여 07월

06일 채종을 완료하였다(그림 81).



<그림 75. 1차년도 상반기 원종 증식>



<그림 76. 1차년도 하반기 원종 증식>



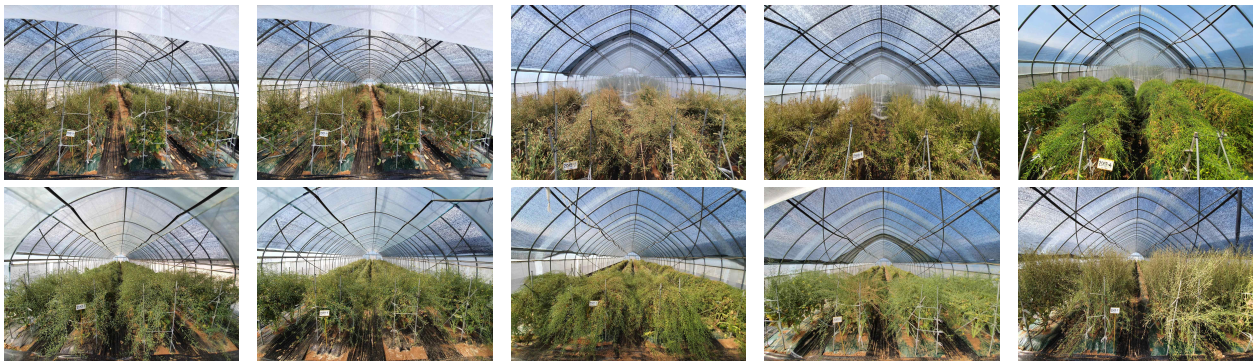
<그림 77. 2차년도 상반기 원종 증식>



<그림 78. 2차년도 하반기 원종 증식>



<그림 79. 3차년도 원종 증식>



<그림 80. 4차년도 원종 증식>



<그림 81. 5차년도 원종 증식>

8. F1 시교생산

가. 현지 지역적응성시험 결과를 통해 선발된 우수 조합의 생산성 시험 및 시교확대 사업을 위해 각 년차별로 F1시교 생산을 실시하였다. 생산방법은 12월 중순에 파종하여 월동 육묘 후 다음 연도 3월 중순에 노지 망실에 정식하였다. 추대 후 4월 중순부터 벌을 투입하여 약 30~40일간 교배를 진행하였다. 교배 완료 후 후숙과정을 거쳐 6월말에서 7월초 사이에 탈중하여 채종하였다. 당해연도 가을에 파종하여 밭아울, 자식주, 타식주 등 순도검정을 완료하였다.

- (1) 1차년도에는 현지 지역적응성시험 결과 선발된 F1 6조합의 종자를 생산하기 위해 2016년 12월 10일 파종하여 월동육묘 후 2017년 03월 02일 정식하였다. 노지 망실내에서 벌을 이용하여 교잡을 실시하였으며 초색, 엽색, 엽형, 화색, 협상태 등 원예적 특성을 조사하여 이형주는 제거하였다(그림 82).
- (2) 2차년도에는 현지 지역적응성시험 결과 선발된 F1 2조합의 종자를 생산하기 위해 2017년 12월 20일 파종하여 월동육묘 후 2018년 03월 29일 정식하여 F1을 생산하였다(그림 83). 상반기에 생산된 F1 종자량이 부족하여 2차로 2018년 6월 6일에 파종하여 40일 저온처리 후, 8월 17일에 정식하였고 벌을 이용하여 채종하였다.
- (3) 3차년도에는 현지 지역적응성시험 결과 선발된 F1 15조합의 종자를 생산하기 위해 2018년 12월 05일 파종하여 월동육묘 후 2019년 03월 15일 정식하여 F1을 생산하였다(그림 84).
- (4) 4차년도에는 우수조합으로 선발된 F1 10조합의 채종시험을 실시하였다. 2019년 12월 15일 파종하여 월동육묘 후 2020년 03월 15일 정식하여 07월 09일 채종을 완료하였다(그림 85).
- (5) 5차년도에는 우수조합으로 선발된 F1 21조합의 채종시험을 실시하였다. 2020년 12월 20일 파종하여 월동육묘 후 2021년 03월 17일 정식하여 07월 08일 채종을 완료하였다(그림 86).



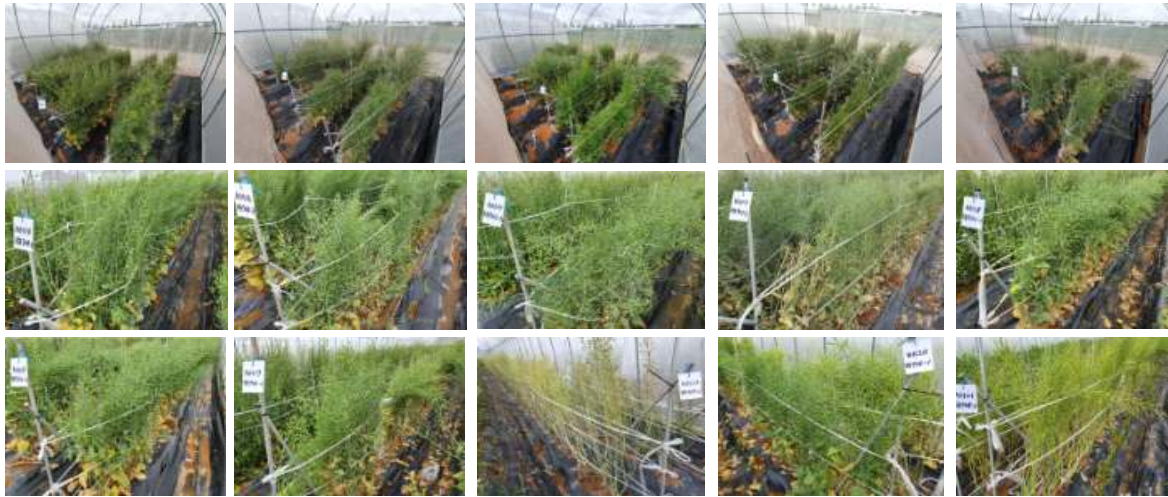
<그림 82. 1차년도 채종시험>



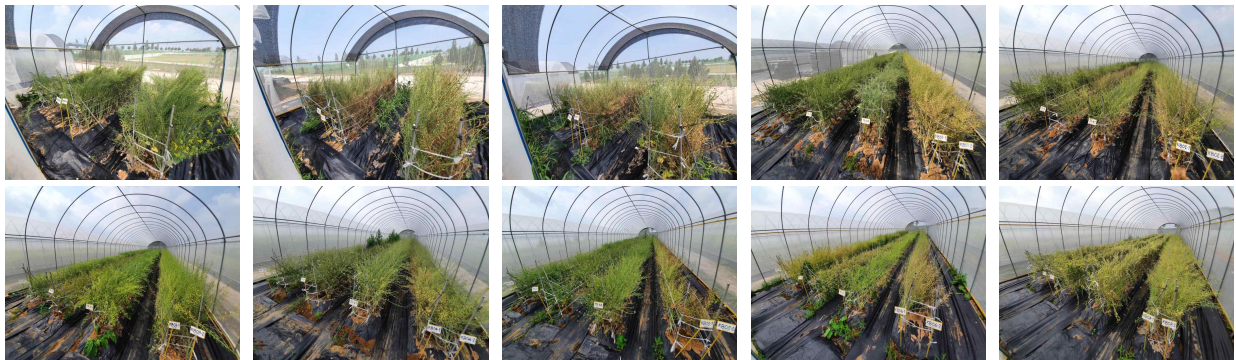
상반기

하반기

<그림 83. 2차년도 채종시험>



<그림 84. 3차년도 채종시험>



<그림 85. 4차년도 채종시험>



<그림 86. 5차년도 채종시험(일부)>

9. 품종보호출원·등록 및 생산판매신고

가. 해외 현지 지역적응성시험 결과를 통해 주 재배 지역에서의 우수한 조합을 선발하였고 그 중 시장성이 높은 조합은 품종보호출원 및 생산판매신고를 진행하였다.

- (1) 2차년도에는 감숙성, 하북성에서 선발된 중소형 1조합을 ‘대황봉’이라 명명하고 품종보호출원 및 생산판매신고를 실시하였다(그림 87).
- (2) 3차년도에는 현지 지역적응성시험에서 우수한 중구형 1조합, 중소형1조합을 각각 ‘금룡황26’, ‘금설황’이라 명명하고 품종보호출원 및 생산판매신고를 실시하였다(그림 88).
- (3) 4차년도에는 중국 감숙성, 하북성, 운남성 등 우수한 평가를 받은 BN2181조합을 ‘금황봉’이라 명명하고 품종보호출원 및 생산판매신고를 실시하였다(그림 89).
- (4) 5차년도에는 현지 지역적응성시험에서 우수한 중구형 3조합, 월동형 1조합을 각각 ‘금미황’, ‘금귀황’, ‘금룡황205’, ‘설금황’이라 명명하고 품종보호출원을 실시하였다(그림 90). 또한 2018년에 품종보호출원한 ‘대황봉’, 2019년에 품종보호출원한 ‘금설황’, ‘금룡황26’ 품종보호등록이 완료되었다(그림 91).



대황봉



대황봉 품종보호출원 통지서

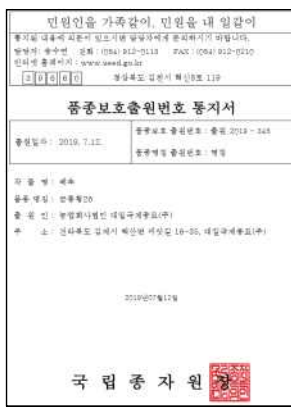


대황봉 생산판매신고 증명서

<그림 87. 2차년도 품종보호출원 및 생산판매신고>



금룡황26



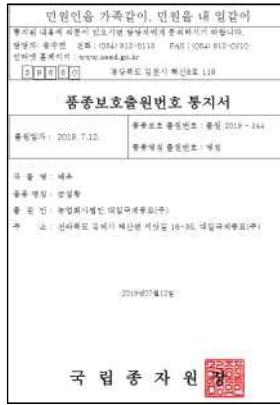
금룡황 26 품종보호출원 통지서



금룡황 26 생산판매신고 증명서



금설향



금설향 품종보호출원 통지서



금설향 생산판매신고 증명서

<그림 88. 3차년도 품종보호출원 및 생산판매신고>



금황봉



품종보호출원 통지서



생산판매신고 증명서

<그림 89. 4차년도 품종보호출원 및 생산판매신고>



금미향



금귀향



금룡황205



설금향



<그림 90. 5차년도 품종보호출원>



<그림 91. 5차년도 품종보호등록>

10. 품종 홍보 및 시장개발

가. 내서성, 월동형 중구형 배추 품종의 시장개발 및 판매를 위해 매년 개최되는 국내, 국외의 주요 종자박람회, 전시포 등 국제 행사에 적극적으로 참여하여 신품종 홍보를 진행하였고 APSA (Asia Pacific Seed Association), ISF (International Seed Federation) 등 각종 종자 교역회에 참가하여 종자 수출에 기여하였다. 4차년도부터는 코로나19바이러스가 국제적으로 발병하여 홍보에 어려움이 있었으나, 배추7-1세부 위탁과제(북경대 일한일국제종묘)와 연계하여 중국 현지 직원을 통한 종자박람회 참가 및 적극적인 영업 활동을 진행하였으며 국내에서는 박람회 온라인참가, 화상회의 등 비대면 홍보를 진행하여 종자 수출 확대에 기여하였다.

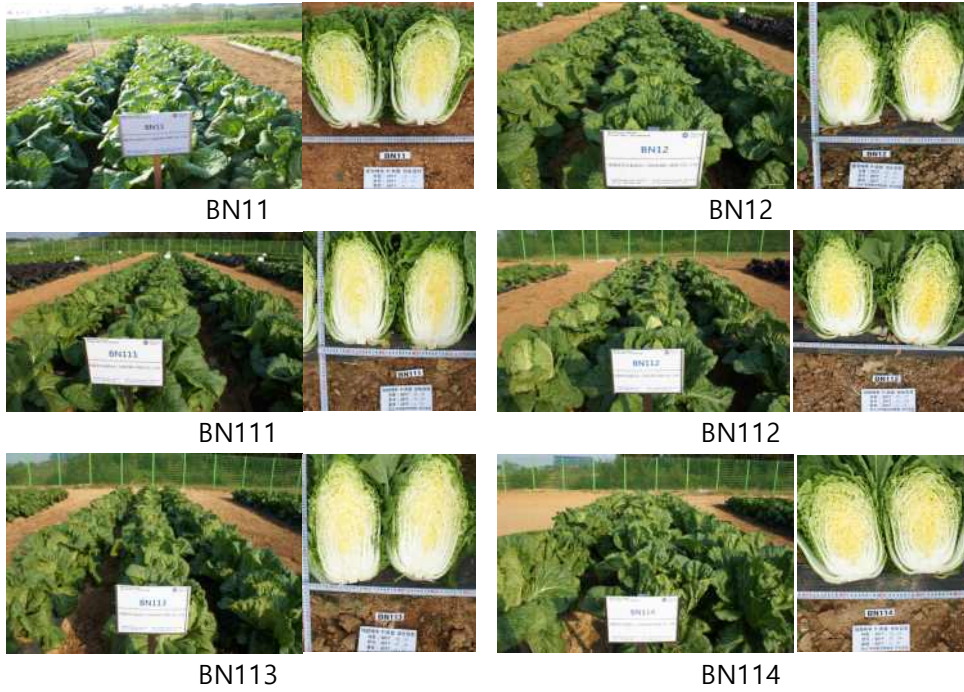
(1) 1차년도에는 신규 해외 시장 개척을 위해 해외영업부에서 APSA (Asia Pacific Seed Association), ISF (International Seed Federation), 중국 각성의 주요 종자박람회 등의 국제 행사에 참여하였다. 국내에서는 김제 제1회 국제종자박람회 전시포에 품종 전시 및 부스를 통해 품종홍보를 진행하였다(그림 92).

국내 연구소에서는 김제국제종자박람회 조직위원이자 채소종자사업단장 소개로 중국 바이어(중국 심양농대 교수, 요녕성 대련시 여순구 수사영 배추연구소 연구원, 하남성 농업과학원 원예연구소 배추담당 연구원, 호북성 농업과학연구원경제작물연구소 연구원)를 초청하여 시험포장 안내와 품종설명, 평가 등의 상담을 진행하였고, 그 결과 소형 1품종, 중구형 1품종, 대형 3품종, 월동중구형 1품종을 시교사업 하기로 결정하였다 (그림 93).



BN01

BN02



<그림 92. 1차년도 김제 국제종자박람회 전시품종>



Asia & Pacific Seed Association 인천 송도(2016년 11월): 해외 영업부 바이어 상담



제1회 김제 국제종자박람회 참가: 전시포장(2017년 10월27일)



김제 육종연구소 방문: 해외바이어 품종 설명
<그림 93. 1차년도 품종 홍보 및 시장개발>

(2) 2차년도에는 동남아시아 및 신규 시장개발을 위해 해외영업부가 2018년 11월 필리핀에서 개최된 APSA에 참석하여 바이어와 상담을 진행하였고, 2품종의 시교종자를 분양하였다. 육종연구소에서는 김제 제2회 국제종자박람회 참가하여 배추 신품종 7점을 출품 및 홍보하였다(그림 94).



Asia & Pacific Seed Association 필리핀(2018년 11월): 해외 영업부 바이어 상담



제 2회 김제 국제 종자박람회 참가



대항봉 BN701 BN615 BN617 BN42 BN92 BN190

김제 국제 종자박람회 전시품종

<그림 94. 2차년도 품종 홍보 및 시장개발>

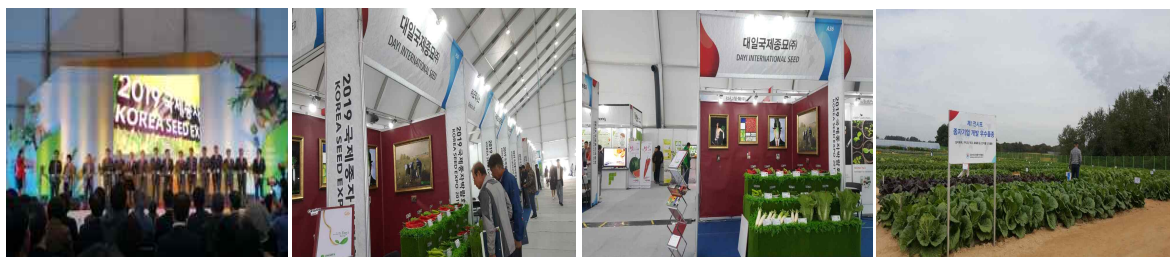
(3) 3차년도에는 2019년 말레이시아에서 개최된 APSA에 참가하여 품종홍보를 진행하였다. 또한 수출 현지 시험포, 시범포 품평회를 통한 육성 품종홍보와 시교사업을 확대하였고, 제 3회 김제국제종자박람회에 참가하여 8품종을 출품하였다(그림 95).



제 3회 김제 국제종자박람회 전시포 출품 품종



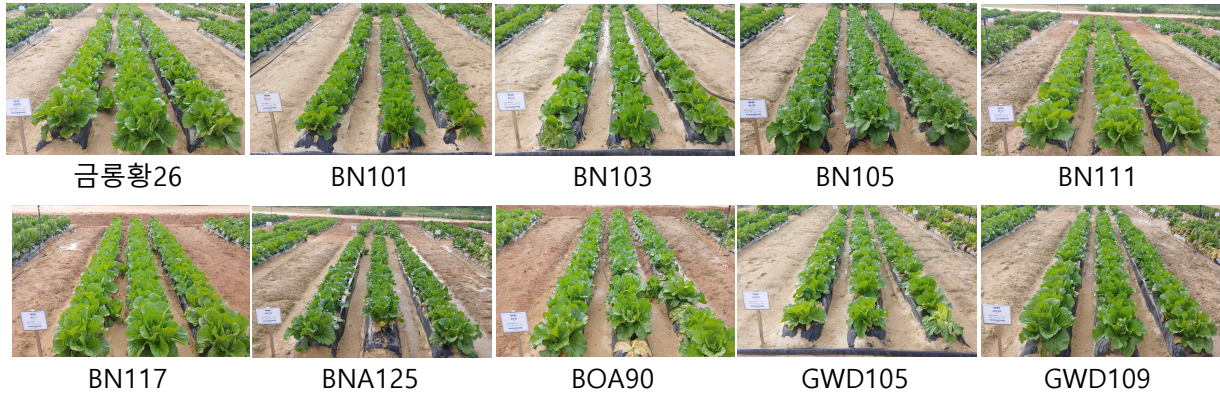
Asia & Pacific Seed Association 말레이시아(2019년 11월): 해외 영업부 바이어 상담



김제 국제 종자박람회 참가

<그림 95. 3차년도 품종 홍보 및 시장개발>

(4) 4차년도에는 코로나 19로 인해 각종 국제 행사가 취소되어 마케팅 활동에 어려움이 있었다. 또한 제 4회 김제 국제종자박람회는 온라인으로 개최되어 전시포를 통해 품종 홍보를 진행하지 못하였지만 10품종을 출품하여 온라인을 통해 간접적으로 홍보를 진행하였다(그림 96).



<그림 96. 4차년도 제 4회 김제 국제종자박람회 전시포 출품 품종>

(5) 5차년도에는 코로나 19로 인해 대부분의 국제행사가 취소되었지만 실시간 스트리밍, 화상회의, 박람회 온라인 참여등 비대면으로 품종 홍보, 정보교류, 거래처 상담 등을 진행하였다(그림 97). 품종홍보를 위해 제 5회 김제 국제종자박람회에 온라인으로 참여하여 배추 15품종을 출품하였다(그림 98).



화상 회의

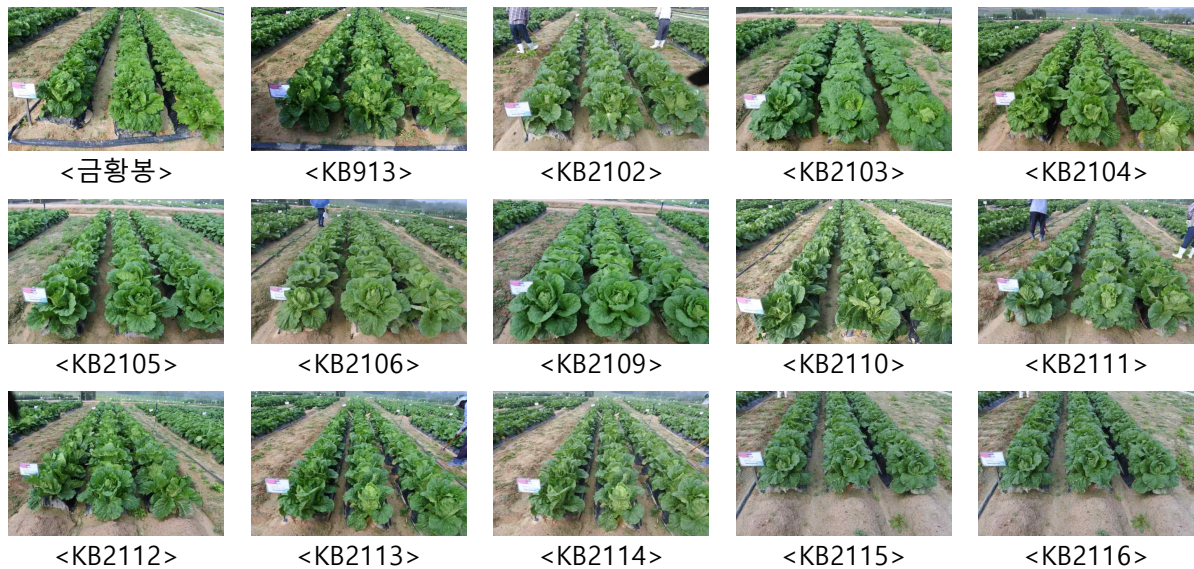


박람회 온라인참가



실시간 스트리밍

<그림 97. 5차년도 비대면 품종홍보>



<그림 98. 5차년도 제 5회 김제 국제종자박람회 전시포 출품 품종>

11. 중구형 배추 시교사업 및 마케팅 연구결과 (1세부 위탁과제 수행기간 3~5차년도)

가. 유전자원 수집 및 시장조사

(1) 매년 중국 현지 종자판매상을 방문하여 우수 리딩 품종등 다양한 유전자원을 수집하였다. 또한 배추 주산지의 선호하는 타입의 품종들을 조사하고 주요 재배 작형, 시장 규모, 리딩 품종, 종자 단가 등을 조사하기 위해 농민, 거래처와의 상담, 재래시장 및 도매시장 등을 방문하였다. 수집된 유전자원과 시장 정보는 1세부과제와 교류하였다.

나. 선발조합 현지적응성시험

(1) 중국 북경

(가) 3차년도에는 현지 지역적응성시험을 위해 1세부과제에서 예비 선발된 중형 4, 소형 7조합을 북경 연구소에서 2019년 03월 10일에 파종, 04월 10일 정식하여 05월 30일 특성조사를 하였다(그림 99). 대비 품종 영롱황 012, 515와 비교하여 개발 가능성이 우수한 BN39 선발하였다.



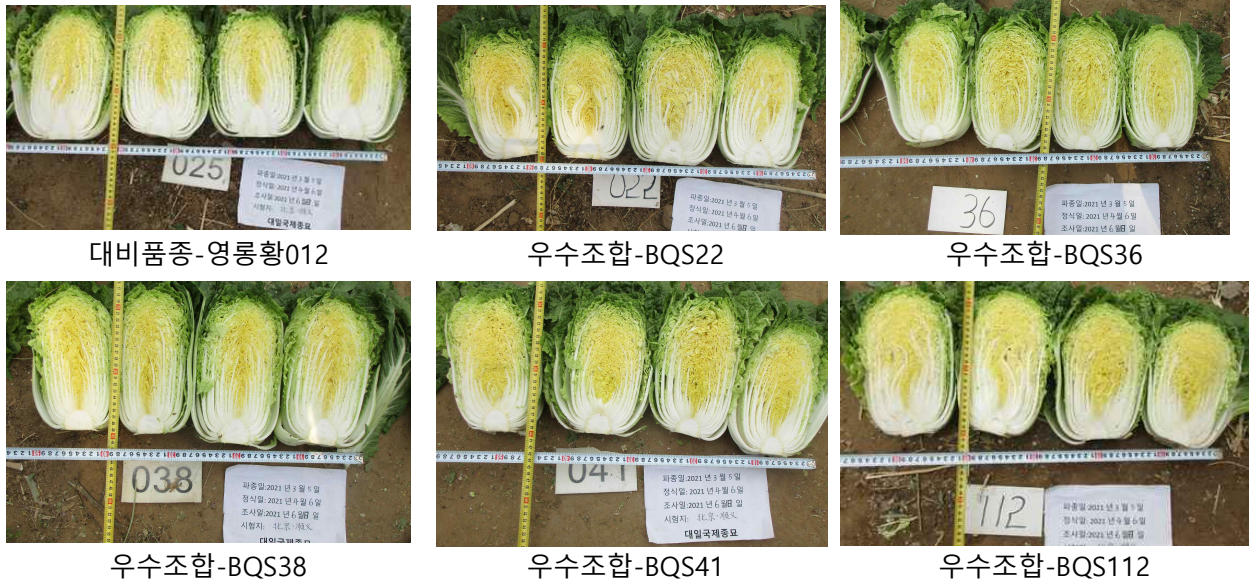
<그림 99. 3차년도 북경 봄 지역적응성시험>

(나) 4차년도에는 현지 지역적응성시험을 위해 중구형 6, 중소형 3조합을 2020년 03월 10일에 파종, 04월 07일 정식하여 06월 01일 특성조사를 실시하였다. 대비 품종 영롱황012와 비교하여 개발 가능성이 있는 중구형 조합 BPS 28번을 선발하였다(그림 100). 선발된 조합은 2021년 중국 하북성, 감숙성, 운남성 시험포에서 지역적응성시험을 진행하였다.



<그림 100. 4차년도 북경 봄 지역적응성시험>

(다) 5차년도에는 현지 지역적응성 시험을 위해 중구형 10조합을 2021년 03월 10일에 파종, 04월 07일 정식하여 06월 01일 특성조사를 실시하였다. 대비 품종 영롱황012와 비교하여 개발 가능성이 있는 중구형 5조합을 선발하였다. 선발된 조합은 2021년 중국 하북성, 감숙성, 운남성 시험포에서 지역적응성시험을 진행하였다(그림 101).



<그림 101. 5차년도 북경 봄 지역적응성시험>

(2) 중국 하북성

(가) 3차년도에는 세부과제에서 예비 선발된 우수조합의 특성검정을 위해 중국 하북성에서 지역적응성시험을 실시하였다. 2019년 05월 26 파종, 06월 20일 정식하여 08월 08일 특성조사를 실시하였으며 현지 바이어를 초청해 공동선발을 진행하였다. 조사 결과 BN09번이 내엽색, 구형 등이 우수하였다(표 74, 그림 102). 품종특성과 현지 반응 등을 조사하여 선발된 조합은 시교사업 중이다.



현지 바이어 초청



선발조합 - BN09 대비품종 - 소황봉
<그림 102. 3차년도 하북성 시험포 선발조합>

표 74. 3차년도 하북성 시험포 선발조합의 특성

품종명	종합 평가	외엽 자세	구고 (cm)	구폭 (cm)	구형	내엽색	황심 분포도	숙기	내병성
		1.수평 2.중간 3.곧추				1. 흰색 ~ 4. 진노랑	1. 좁음 ~ 5. 넓음		
대비품종(소황봉)	A	2	21	10	H형	3.2	3.3	3.4	3.5
BN09	A	2	22	10.5	H형	3.3	3.5	3.1	3.8

(나) 4차년도에는 배추 7-1세부과제를 통해 선발된 조합을 중국 하북성에서 지역적응성 시험을 실시하였다. 중형배추 13조합을 2020년 05월 20 과중, 06월 20일 정식하여 08월 08일 특성조사를 실시하였고 3조합을 선발하였다. 대비 품종과 비교시 BN06번이 구형, 황심이 우수하고 성능이 안정적이었고, BNA125번은 황심, 내병성이 우수하였다. 또한 19UN118번은 구 크기가 크고 내병성이 좋아 만숙형으로 개발가능성이 있어 선발하였다(표 75, 그림 103). 현지에서 선발된 2조합은 다른 지역에서의 재성능 검정을 실시하였으며 1조합은 시교확대 사업을 추진하였다.



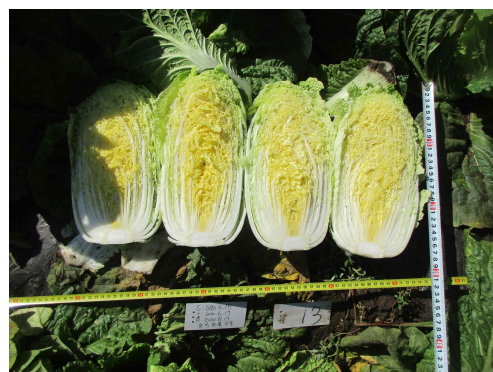
대비품종 - 영릉황012



선발조합 - BN06



선발조합 - BNA125



선발조합 - 19UN118

<그림 103. 4차년도 하북성 위탁시험포 선발조합>

표 75. 4차년도 중국 하북성 위탁시험포 선발조합의 특성

품종명	종합 평가	구고 (cm)	구폭 (cm)	구형	내엽색	황심 분포도	숙기	내병성
					1. 흰색 ~ 4. 진노랑	1. 좁음 ~ 5. 넓음	1. 만숙 ~ 5. 조숙	1. 약 ~ 5. 강
대비품종(영롱황012)	B+	23.0	12.0	H형	3.3	3.3	3.0	3.0
BN06	A	24.0	12.0	H형	3.3	3.0	3.3	3.2
BNA125	A	21.0	11.0	H형	3.5	3.5	3.0	4.0
19UN118	B+	25.0	13.0	타원형	3.3	3.3	2.5	4.0

(다) 5차년도에는 배추 7-1세부과제에서 선발된 우수조합을 중국 하북성에 지역적응성 시험을 진행하였다. 중형배추 13조합을 2021년 05월 15일 파종, 06월 17일 정식하여 08월 12일 특성조사를 실시하였고 1조합을 선발하였다. 대비 품종과 비교시 BN22번이 구형, 내병성이 우수하며, 숙기가 빨라 조숙 내병형으로 개발가능성이 있어 선발하였다(그림 104). 현지에서 선발된 조합은 다른 지역에서의 재성능검정 진행중이다.



대비품종 - 영롱황012

선발조합 - BN22

<그림 104. 5차년도 중국 하북성 위탁시험포 선발조합>

(3) 중국 운남성

(가) 3차년도에는 중국 운남성 지역적응성 시험을 위해 배추 7-1세부과제에서 선발된 중구형 조합을 2019년 09월 03일, 10월 03일 정식, 중소형 조합을 09월 08일 파종, 10월 08일 정식하여 12월 16일 특성조사를 실시하였다. 중구형 대비품종인 영롱황 012 품종은 조~중숙형의 중형 배추로 황심이 우수하지만 단점으로 내병성이 약하다는 특성을 가지고 있다. 중형 조합 중 BN101, 103, 107번은 구고가 낮고 내병성이 우수한 중대형 조합으로 운남 지역에 적합할 것으로 사료된다. BN105, 108, 109, 110은 구고가 다소 높고 내병성이 우수하여 운남 지역보다는 감숙, 동북지역에 적합할 것으로 판단된다. 이외 BN111, 117, 119번은 구형, 황심 등 내부 품질이 우수하지만 내병성이 약하여 감숙, 하북지역에서의 재검정이 필요하다(표 76, 그림 105). 중소형 조합에서는 BN9, 21, 29, 30번이 대비품종과 대비하여 내병성이 우수하여 선발하였다. 또한 BN18, 27번은 내병성은 조금 약하지만 품질이 우수하여 재성능검정이 필요하다(표 77, 그림 106). 선발된 중구형 11조합 및 중소형 6조합은 재성능검정 및 시교확대 중이다.



대비품종-영롱항012



선발조합-BN101



선발조합-BN103



선발조합-BN105



<선발조합-BN107>



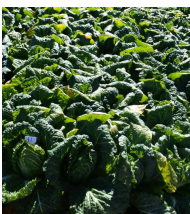
선발조합-BN108



선발조합-BN109



선발조합-BN110



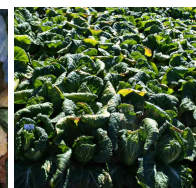
선발조합-BN111



선발조합-BN117



선발조합-BN118



선발조합-BN119

<그림 105. 3차년도 중국 윤남성 위탁시험포 - 중구형 선발조합>

표 76. 중구형 선발조합의 특성

품종명	종합 평가	외엽 자세 1.수평 2.중간 3.곧추	구고 (cm)	구폭 (cm)	구형	내엽색	황심 분포도	숙기	내병성
						1. 흰색 4. 진노랑	1. 좁음 5. 넓음	1. 만숙 5. 조숙	1.약 5.강
영롱황012 (대비품종)	B	2	24	15	H형	3.2	3.2	3.5	2.5
101	B+	2	26	13	달걀형	3.4	3.7	3	4.0
103	B	2	24	13	달걀형	3.2	3.5	3.2	4.0
105	B+	2	27	13	H형	3.2	3.6	3.2	3.5
107	B	2	23	13	H형	3.0	3.0	3.4	4.0
108	B+	2	24	13.5	달걀형	3.0	3.4	3.2	4.0
109	B+	2	24	13.5	달걀형	3.2	3.4	3.0	4.0
110	B	2	28.5	14	H형	3.2	3.4	3.0	4.0
111	A	2	24	14	H형	3.2	3.7	3.3	3.0
117	B+	2	23	13	H형	3.4	3.5	3.2	2.5
118	B	2	24	12	달걀형	3.0	2.7	3.5	3.5
119	B+	2	24	13.5	달걀형	3.3	3.5	3.2	3.0



시험포 전경



대비품종-전와



선발조합-BN09



선발조합-BN18



선발조합-BN21



선발조합-BN27



선발조합-BN29



선발조합-BN30

<그림 106. 3차년도 중국 운남성 위탁시험포 - 중소형 선발조합>

표 77. 중소형 선발조합의 특성

품종명	종합 평가	외엽 자세	구고 (cm)	구폭 (cm)	구형	내엽색	항심 분포도	숙기	내병성
		1.수평 2.중간 3.곧추				1. 흰색 ~ 4. 진노랑	1. 좁음 ~ 5. 넓음	1. 만숙 ~ 5. 조숙	1.약 ~ 5.강
전와 (대비품종)	B+	2	21	10	H형	3.2	3.3	3.4	3.5
9	B+	3	18.5	10.5	달걀형	3.4	3.7	3.5	3.5
18	B+	3	18	11	H형	3.0	3.2	3.2	2.5
21	B+	2	20	11	타원	3.5	3.2	3.0	3.5
27	A	2	18	10.5	달걀형	3.2	3.3	3.2	3.5
29	B+	3	20	10.5	H형	3.4	3.5	3.2	4.0
30	A	3	18.5	10	H형	3.3	3.7	3.2	3.5

(나) 4차년도에는 배추 7-1세부 과제에서 선발된 중구형 10조합을 중국 운남성에서 2020년 09월 03일 파종, 10월 03일 정식하였고, 중소형 7조합 09월 08일 파종, 10월 08일 정식하여 12월 18일에 특성조사를 실시하였다. 대비 품종과 비교시 20s205 조합이 구 크기는 조금 작으나 숙기, 구형이 우수하며 성능이 안정적이었고, 내병성이 우수하여 선발하였다.(그림 107).



대비품종 - 영롱황012

선발조합 - 20s205

<그림 107. 4차년도 중국 운남성 위탁시험포 선발조합>

(다) 5차년도에는 배추 7-1세부과제에서 선발된 중구형 14조합을 중국 운남성에서 2020년 09월 03일 파종, 10월 03일 정식하였고 12월에 특성조사를 실시하였다. 평년보다 생육이 늦어 조사시기에 결구가 제대로 이루어지지 않았다. 추후 2차 조사를 통해 재조사를 실시할 예정이다(그림 108).



<그림 108. 5차년도 중국 운남성 위탁시험포 1차 조사>

(4) 중국 호북성

(가) 3차년도에는 배추 7-1세부과제에서 선발한 월동배추의 현지 지역적응성시험을 위해 호북성 가어현에 월동형 41품종을 2019년 9월 파종, 정식하였지만 조사기간 중인 2020년 1월 20일경 코로나19로 인한 현지 봉쇄정책으로 조사가 불가능하였다. 특성 조사가 실시되지 않은 조합들은 2020년 9월 파종, 정식하여 재성능검정 하였다.

(나) 4차년도에는 전년도 진행하지 못한 조합과 배추 7-1세부과제에서 선발한 월동형 20조합을 중국 호북성 노지에서 지역적응성 시험을 진행하였다. 2020년 9월 11일 파종, 10월 09일 정식, 월동 후 2021년 03월 03일 특성조사를 실시하였다. 02월 조사를 목표로 하였으나 중국 명절 및 코로나19의 영향으로 조사가 약 1달 미루어졌다. 조사 결과 20조합 중 3개의 조합이 내한, 내병성이 우수하였으며 그 중 13번 조합의 표현이 양호하여 선발하였다(그림 109).



대비품종 - 대지춘효

선발조합 - BN13

<그림 109. 4차년도 중국 호북성 위탁시험포 선발조합>

(다) 5차년도에는 배추 7-1세부과제에서 선발한 월동형 조합들의 내한성, 내병성 등 현지 지역에서의 특성을 조사하기 위해 13조합을 호북성 위탁시험포 노지에 공시하였다. 2021년 09월에 파종, 10월에 정식하여 12월에 1차 조사를 진행하였다. 1차 조사 시기에는 결구가 완벽히 이루어지지 않았고 내한성검정이 되지 않아 추후 월동 후 2차조사를 진행하여 우수조합을 선발할 예정이다(그림 110).



<그림 110. 5차년도 중국 호북성 위탁시험포 전경>

다. 품종홍보 및 시장개발

(1) 3차년도

(가) 해외영업부

- ① 시험포, 시범포장에 배추개발전문가, 종자상인, 재배농민등 현지바이어를 초청하여 배추 선호도 조사 및 시교 사업을 확대하였다.

(나) 품종홍보

- ① 주요 국제 종자박람회, 종자회의에 참석하여 정보교류, 거래처 상담 및 품종홍보 하였다(그림 111, 112, 113).
- ② 18회 중국 광동종자박람회에 3품종을 출품하여 지상부 조사를 하였다(그림 113).

(다) 영업팀 활동강화

- ① 영업1팀(동북3성), 영업2팀(산동성), 영업3팀(북경), 영업4팀(사천성)을 활용한 종자 판매 확대하였다.



그림 111. 무한 종자박람회



그림 112. 수광 종자박람회



중국 광동종자박람회 전시포 출품품종



전시포



박람회장



<광동성 주변 슈퍼마켓 판매

광동성 주변 전통시장 판매

<그림 113. 중국 광동종자박람회 참가>

(2) 4차년도

(가) 해외영업부

- ① 시험재배포장, 시범포장에 다수의 현지 배추개발전문가, 종자상인, 재배농민등 현지 바이어를 초청하여 배추 선호도 조사 및 시교 사업을 확대하였다.

(나) 품종홍보

- ① 코로나 19로 인해 대부분의 국제 행사가 취소되었다. 하지만 중국 하북형태 십자화 과박람회는 정상적으로 진행하였으며, 위탁과제를 통해 품종 홍보, 정보교류, 거래처 상담 등을 진행하였다(그림 114).

(다) 영업팀 1동강화

- ① 영업1팀(동북3성), 영업2팀(산동성), 영업3팀(북경), 영업4팀(사천성)을 활용한 종자 판매 확대를 위해 노력하였다.



전시포 출품품종



전시포



<그림 114. 중국 하북형태 십자화과박람회>

(3) 5차년도

(가) 해외영업부

- ① 시험재배포장, 시범포장에 다수의 현지 배추개발전문가, 종자상인, 재배농민을 초청하여 배추 선호도 조사 및 시교 사업을 확대하였다.

(나) 품종홍보

- ① 중국 현지 직원을 통해 각 지역 종자박람회에 참가하여 품종 홍보, 정보교류, 거래처 상담 등을 진행하였다(그림 115).

(다) 영업팀 1동 강화

- ① 영업1팀(동북3성), 영업2팀(산동성), 영업3팀(북경), 영업4팀(사천성)을 활용한 종자 판매 확대할 계획이다.



중국 절강박람회



중국 남경박람회



중국 우한박람회

<그림 115. 중국 국제종자박람회 참가>

12. 추진전략 및 추진체계

가. 추진전략 및 방법

- (1) 육종목표에 부합되는 국내·외 유용 F1 품종 수집, 원예적 형질 조사 후 목적 형질에 부합되는 소재는 계통으로 육성
- (2) 기 분리중인 계통, 소포자 배양 등을 이용한 우수계통 육성
- (3) 육종목표에 부합한 우수계통간 교배조합 작성 및 내서성, 내병성, 월동형, 고품질계 등 원예적 형질이 우수한 조합선발
- (4) 내병성 검정
 - (가) 분자마커(충남대학교)를 이용한 뿌리혹병 저항성 계통육성은 육종기반 기술개발 프로젝트에 의뢰하여 체계적인 저항성 개체 선발을 지원 받음
 - (나) 한국화학연구원에 생물검정을 통한 병저항성 검정을 의뢰하여 저항성 정도 판별
- (5) 육종연구소 시험포장, 비닐하우스, 강원도 고랭지 시험포장, 수출 현지 시험재배를 통해 내서성 검정
- (6) 7-1세부 위탁과제를 통한 수출지역 현지 지역적응성 시험 및 현지 바이어를 통한 우수조합 선발
- (7) 현지 지역적응성 시험을 거쳐 최종 선발된 조합의 품종보호출원 및 등록
- (8) 개발품종 홍보 및 시장개발
 - (가) APSA 및 종자관련 박람회 참가를 통한 개발품종의 홍보활동 및 판매루트 개척
 - (나) 목표시장에 대한 생산, 육종수준, 종자수준, 재배방식 등 관련 정보 수집 후 집중적인 연구 및 검토를 거쳐 목표시장의 다양화
 - (다) 7-1세부 위탁과제와 연계하여 수출목표 달성

나. 추진체계



<그림 116. 추진체계>

13. 연구개발성과

가. 품종개발

(1) 현지 지역적응성시험을 통해 연구목적에 부합한 우수 조합을 선발하였으며 개발가치가 높은 조합은 품종보호출원, 생산판매신고를 진행하였다. 1~5차년도 동안 총 목표치는 품종보호출원 2건, 등록2건이었으며 연구결과 8품종이 품종보호출원 되었으며 3품종은 품종보호등록이 완료되었고 나머지 5품종은 등록 진행중이다. 또한 4품종의 생산판매 신고를 완료하였다(표 78).

표 78. 품종개발

구 분	품종 명칭	국 명	출원			등 록			기 타
			출원인	출원일	출원번호	등록인	등록일	등록번호	
품종보호출원, 등록	대황봉	대한민국	농업회사법인 대일국제종묘(주)	18.03.23	2018-216	농업회사법인 대일국제종묘(주)	21.04.30	제8540호	
품종보호출원, 등록	금설황	대한민국	농업회사법인 대일국제종묘(주)	19.07.12	2019-344	농업회사법인 대일국제종묘(주)	21.07.27	제8687호	
품종보호출원, 등록	금룡황26	대한민국	농업회사법인 대일국제종묘(주)	19.07.12	2019-345	농업회사법인 대일국제종묘(주)	21.07.27	제8686호	
품종보호출원	금황봉	대한민국	농업회사법인 대일국제종묘(주)	20.07.29	2020-368				
품종보호출원	설금황	대한민국	농업회사법인 대일국제종묘(주)	21.05.18	2021-275				
품종보호출원	금룡황205	대한민국	농업회사법인 대일국제종묘(주)	21.11.17	2021-492				
품종보호출원	금귀황	대한민국	농업회사법인 대일국제종묘(주)	21.11.17	2021-493				
품종보호출원	금미황	대한민국	농업회사법인 대일국제종묘(주)	21.11.17	2021-494				
생산판매신고	대황봉	대한민국	농업회사법인 대일국제종묘(주)	18.07.10	018-2102-002-2				
생산판매신고	비더블유9100	대한민국	농업회사법인 대일국제종묘(주)	18.12.28	02-0002-2018-39				
생산판매신고	금룡황26	대한민국	농업회사법인 대일국제종묘(주)	19.07.18	02-0002-2019-23				
생산판매신고	금설황	대한민국	농업회사법인 대일국제종묘(주)	19.07.18	02-0002-2019-24				
생산판매신고	금황봉	대한민국	농업회사법인 대일국제종묘(주)	20.08.12	02-0002-2020-31				

나. 유전자원

(1) 국내·외 다양한 지역에서 연구목적에 부합한 우수 유전자원을 수집하였고, 기 보유 자원을 활용하여 육성목적에 맞는 계통을 육성하였다. 수집자원 중 우수하거나 특수성을 가진 수집자원, 육성된 중간계통은 한국생명공학연구원에 기탁 하였다. 1차년도부터 5차년도 동안 총 25건의 목표 중 48건을 기탁·등록하였다(표 79).

표 79. 유전자원 기탁

번호	특성	수집	등록			기타
			등록인	등록일	등록번호	
1	내한성강, 황심, 내병, 직원통형, 정식후55~60 수확	중국	대일바이오종묘(주)	17.10.11	BP1347335	
2	고랭지, 황심, 고구형, 정식후55~63 수확	중국	대일바이오종묘(주)	17.10.11	BP1347336	
3	내엽황심, 반포합, 만추대, 연부병강	중국	대일바이오종묘(주)	17.10.11	BP1347337	
4	내한, 내열, 내병, 직원통형, 정식후55~60 수확	중국	대일바이오종묘(주)	17.10.11	BP1347338	
5	내병성, 내엽황심, 조숙, 정식후55 수확	중국	대일바이오종묘(주)	17.10.11	BP1347339	
6	내한강, 황심, 내서성, 정식후55~60 수확	중국	대일바이오종묘(주)	17.10.11	BP1347340	
7	조숙성, 외엽진녹색, 내엽황심. 정식후45~50 수확	중국	대일바이오종묘(주)	17.10.11	BP1347341	
8	대형, 만추대, 타원형	대한민국	대일바이오종묘(주)	18.9.27	BP1422219	
9	대형, 뿌리혹병 강함, 타원형	대한민국	대일바이오종묘(주)	18.9.27	BP1422220	
10	소형, 만추대, 달갈형	대한민국	대일바이오종묘(주)	18.9.27	BP1422221	
11	중형, 만추대, 타원형	대한민국	대일바이오종묘(주)	18.9.27	BP1422222	
12	월동형, 중숙, 타원형	대한민국	대일바이오종묘(주)	18.9.27	BP1422223	
13	중형, 뿌리혹병 강함, 내엽색 연노랑	대한민국	대일바이오종묘(주)	18.9.27	BP1422224	
14	중대형, 만추대, 타원형	대한민국	대일바이오종묘(주)	18.9.27	BP1422225	
15	소형, 뿌리혹병 강함, 타원형	대한민국	대일바이오종묘(주)	18.9.27	BP1422226	
16	소형, 만추대, 타원형	대한민국	대일바이오종묘(주)	18.9.27	BP1422227	
17	소형, 만추대, 역달갈형	대한민국	대일바이오종묘(주)	18.9.27	BP1422228	
18	대형, 타원형, 조숙	대한민국	대일국제종묘(주)	19.07.01	BP1808500	
19	중형, 타원형, 중추대	대한민국	대일국제종묘(주)	19.07.01	BP1808501	
20	소형, 타원형, 속노랑, 조숙	대한민국	대일국제종묘(주)	19.07.01	BP1808502	
21	중형, 타원형, 속노랑	대한민국	대일국제종묘(주)	19.07.01	BP1808503	

22	소형, 타원형, 속노랑, 조숙	대한민국	대일국제종묘(주)	19.07.01	BP1808504	
23	대형, 장타원형, 속노랑	대한민국	대일국제종묘(주)	19.07.01	BP1808505	
24	중형, 장타원형, 조숙	대한민국	대일국제종묘(주)	19.07.01	BP1808506	
25	중형, 타원형, 중추대	대한민국	대일국제종묘(주)	19.07.01	BP1808507	
26	중형, 타원형, 조숙	대한민국	대일국제종묘(주)	19.07.01	BP1808508	
27	대형, 내한성, 만추대	대한민국	대일국제종묘(주)	19.07.01	BP1808509	
28	대형, 내한성, 속노랑, 만추대	대한민국	대일국제종묘(주)	19.07.01	BP1808510	
29	대형, 속노랑, 조숙	대한민국	대일국제종묘(주)	19.07.01	BP1808511	
30	대형, 타원형, 조숙	대한민국	대일국제종묘(주)	20.07.20	BP1885028	
31	대형, 장타원형, 속노랑	대한민국	대일국제종묘(주)	20.07.20	BP1885029	
32	대형, 장타원형, 속노랑	대한민국	대일국제종묘(주)	20.07.20	BP1885030	
33	중형, 타원형, 조숙	대한민국	대일국제종묘(주)	20.07.20	BP1885031	
34	중형, 타원형, 중추대	대한민국	대일국제종묘(주)	20.07.20	BP1885032	
35	대형, 속노랑, 조숙	대한민국	대일국제종묘(주)	20.07.20	BP1885033	
36	중형, 타원형, 중추대	대한민국	대일국제종묘(주)	20.07.20	BP1885034	
37	중형, 장타원형, 조숙	대한민국	대일국제종묘(주)	20.07.20	BP1885035	
38	소형, 타원형, 속노랑, 조숙	대한민국	대일국제종묘(주)	20.07.20	BP1885036	
39	대형, 타원형, 조숙	대한민국	대일국제종묘(주)	20.07.20	BP1885037	
40	대형, 타원형, 중추대	대한민국	대일국제종묘(주)	21.07.21	BP1910978	
41	소형, 타원형, 조숙	대한민국	대일국제종묘(주)	21.07.21	BP1910979	
43	소형, 장타원형, 속노랑	대한민국	대일국제종묘(주)	21.07.21	BP1910980	
43	중형, 타원형, 속노랑, 만추대	대한민국	대일국제종묘(주)	21.07.21	BP1910981	
44	중형, 타원형, 속노랑, 만추대	대한민국	대일국제종묘(주)	21.07.21	BP1910982	
45	중형, 장타원형, 만숙	대한민국	대일국제종묘(주)	21.07.21	BP1910983	
46	중형, 타원형, 속노랑, 내서성	대한민국	대일국제종묘(주)	21.07.21	BP1910984	
47	대형, 타원형, 중추대	대한민국	대일국제종묘(주)	21.07.21	BP1910985	
48	소형, 타원형, 속노랑, 조숙	대한민국	대일국제종묘(주)	21.07.21	BP1910986	

다. 종자수출액/수입대체 효과

(1) GSP 2단계 연구수행 기간 중국을 중점으로 마케팅, 영업활동을 실시하였으며, 그 결과 5년동안 총 목표액인 395만불 중 약 394.5만불을 수출하였다(표 80).

표 80. 종자 수출

종자수출액(USD)				
번호	수출품목	수출액		
		수출일	수출국	수출금액(USD)
1	배추종자	17. 09. 14	중국	128,703
2	배추종자	18. 08. 23	중국	210,000
3	배추종자	18. 11. 06	중국	64,340
4	배추종자	19.01.01~19.01.31	중국	148,879
5	배추종자	19.02.01~19.02.28	중국	28,095
6	배추종자	19.03.01~19.03.31	중국	16,249
7	배추종자	19.04.01~19.04.30	중국	71,666
8	배추종자	19.05.01~19.05.31	중국	58,393
9	배추종자	19.06.01~19.06.30	중국	126,512
10	배추종자	19.07.01~19.07.31	중국	225,586
11	배추종자	19.08.01~19.08.31	중국	96,348
12	배추종자	19.09.01~19.09.30	중국	156,731
13	배추종자	19.10.01~19.10.31	중국	76,980
14	배추종자	19.11.01~19.11.30	중국	157,584
15	배추종자	19.12.01~19.12.31	중국	39,810
16	배추종자	20.01.01~20.01.31	중국	274,458
17	배추종자	20.02.01~20.02.28	중국	4,998
18	배추종자	20.03.01~20.03.31	중국	17,057
19	배추종자	20.04.01~20.04.30	중국	86,372
20	배추종자	20.05.01~20.05.31	중국	104,469
21	배추종자	20.06.01~20.06.30	중국	128,943
22	배추종자	20.07.01~20.07.31	중국	160,049
23	배추종자	20.08.01~20.08.31	중국	50,412
24	배추종자	20.09.01~20.09.30	중국	131,638
25	배추종자	20.10.01~20.10.31	중국	8,746
26	배추종자	20.11.01~20.11.30	중국	116,370
27	배추종자	20.12.01~20.12.31	중국	203,133
28	배추종자	21.01.01~20.01.31	중국	37,766
29	배추종자	21.02.01~21.02.28	중국	113,791
30	배추종자	21.03.01~21.03.31	중국	165,135
31	배추종자	21.04.01~21.04.30	중국	71,944
32	배추종자	21.05.01~21.05.31	중국	25,730
33	배추종자	21.06.01~21.06.30	중국	114,973
34	배추종자	21.07.01~21.07.31	중국	172,615
35	배추종자	21.08.01~21.08.31	중국	128,674
36	배추종자	21.09.01~21.09.30	중국	224,350
합계				3,947,499

라. 기술이전

(1) 기 품종보호출원 및 생산판매신고의 기술을 기술이전을 진행하여 1~5차년도 동안 총 2건의 목표 중 2건을 달성하였다(표 81).

표 81. 기술이전

기술이전					
번호	기술이전 유형	기술실시계약명	기술실시 대상기관	기술실시 발생일자	기술료 (당해연도 발생액)
1	품종보호출원 및 생산판매신고	배추 품종 개발 및 판매	대일국제종묘(주)	2019.07.12	-
2	품종보호출원 및 생산판매신고	배추 품종 개발 및 판매	대일국제종묘(주)	2020.10.23	-

마. 사업화 성과 및 매출실적

(1) 사업화 성과

항목	세부항목			성 과	
사업화 성과	매출액	개발제품	개발후 현재까지	39.5억원	
			향후 3년간 매출	68억원	
		관련제품	개발후 현재까지	억원	
			향후 3년간 매출	억원	
	시장 점유율	개발제품	개발후 현재까지	국내 : 0% 국외 : 8%	
			향후 3년간 매출	국내 : 0% 국외 : 12%	
		관련제품	개발후 현재까지	국내 : % 국외 : %	
			향후 3년간 매출	국내 : % 국외 : %	
	세계시장 경쟁력 순위	현재 제품 세계시장 경쟁력 순위			7 위
		3년 후 제품 세계 시장경쟁력 순위			5 위

(2) 사업화 계획 및 매출 실적

항 목	세부 항목		성 과		
사업화 계획	사업화 소요기간(년)		즉시		
	소요예산(백만원)		650		
	예상 매출규모 (억원)		현재까지	3년후	5년후
			39.5	69.5	76.5
	시장 점유율	단위(%)	현재까지	3년후	5년후
			국내	0	0
			국외	8	12
향후 관련기술, 제품을 응용한 타 모델, 제품 개발계획					
무역 수지 개선 효과	(단위: 억원)		현재	3년후	5년후
	수입대체(내수)		0	0	0
	수 출			69.5	76.5

제 2절. 만추대 중구형 배추 품종개발(2세부과제)

* 1차년도~3차년도까지 농협종묘에서 연구수행

1. 유전자원 수집 및 등록

- 가. 중구형 및 만추내한성계 등 41점(1차년 16점, 2차년 19점, 3차년 9점)의 유전자원을 수집하였다. 국내의 배추재배 주산지에서 많이 재배되고 있는 품종 및 중국 현지에서 공급되고 있는 품종 그리고 중국에서 뿌리혹병에 저항성을 갖는 분리계통 등을 수집하여 육성소재 및 대비종 등으로 활용하였다. 농협종묘센터 봄 온실 및 노지와 가을 재배포장에서 특성조사 실시 및 실시 중에 있으며 병저항성 등 다양한 계통육성에 활용하고 있으며 수집한 내병성 계통들은 분리 육성 및 다양한 보유 계통과 조합을 작성하여 그중 8조합(2차년도 6조합, 3차년도 2조합)을 소포자배양 모본으로 활용하여 배양하고 있다(표 1, 그림 1).
- 나. 유전자원 등록은 과제를 추진하면서 분리 육성된 계통 및 소포자배양을 통하여 육성하여 탄산가스를 처리하여 증식한 계통 중 유용할 것으로 판단되는 고정계통 13점(1차년 5점, 2차년 5점, 3차년 3점)을 한국생명공학연구원에 기탁하였다(표 2).

표 1. 각 연차별 수집 및 등록된 유전자원

구분	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도
유전자원 수집 수	16	19	9	-	-
소포자배양 모본 활용	-	6	2	-	-

표 2. 각 연차별 수집 및 등록된 유전자원

연차	기탁번호	생물자원명	분리번호	연구과제명	비 고
1년차	BP1345758	<i>Brassica rapa</i> L. ssp. <i>pekinensis</i>	NH1601	만추대 중구형 배추 품종개발	종자
	BP1345759	<i>Brassica rapa</i> L. ssp. <i>pekinensis</i>	NH1602	만추대 중구형 배추 품종개발	종자
	BP1345760	<i>Brassica rapa</i> L. ssp. <i>pekinensis</i>	NH1603	만추대 중구형 배추 품종개발	종자
	BP1345761	<i>Brassica rapa</i> L. ssp. <i>pekinensis</i>	NH1604	만추대 중구형 배추 품종개발	종자
	BP1345762	<i>Brassica rapa</i> L. ssp. <i>pekinensis</i>	NH1605	만추대 중구형 배추 품종개발	종자
2년차	BP1422431	<i>Brassica rapa</i> L. ssp. <i>pekinensis</i>	NH17017	만추대 중구형 배추 품종개발	종자
	BP1422432	<i>Brassica rapa</i> L. ssp. <i>pekinensis</i>	NH11015	만추대 중구형 배추 품종개발	종자
	BP1422433	<i>Brassica rapa</i> L. ssp. <i>pekinensis</i>	NH17016	만추대 중구형 배추 품종개발	종자
	BP1422434	<i>Brassica rapa</i> L. ssp. <i>pekinensis</i>	NH16024	만추대 중구형 배추 품종개발	종자
	BP1422435	<i>Brassica rapa</i> L. ssp. <i>pekinensis</i>	NH16027	만추대 중구형 배추 품종개발	종자
3년차	BP1880668	<i>Brassica rapa</i> L. ssp. <i>pekinensis</i>	NH2019-1	만추대 중구형 배추 품종개발	종자
	BP1880669	<i>Brassica rapa</i> L. ssp. <i>pekinensis</i>	NH2019-2	만추대 중구형 배추 품종개발	종자

BP1880670	Brassica rapa L. ssp. pekinensis	NH2019-3	만추대 중구형 배추 품종개발	종자
-----------	----------------------------------	----------	-----------------	----



그림 1. 수집유전자원 특성조사 및 교배

2. 기 보유 계통 및 수집유전자원을 활용한 계통 육성

가. 온실 성능검정

- (1) 1년차는 기 육성계통 789점과 수집재료 등을 농협종묘센터 온실에 공시하여 원예적 특성조사를 실시하여 특성이 우수한 286계통을 선발하였다.
- (2) 2년차는 557점을 공시하여 162점을 선발하였다.
- (3) 3년차는 기 육성계통 245점과 수집재료 등을 농협종묘센터 온실에 공시하여 원예적 특성(추대성, 구형, 구크기, 외엽색, 내엽색, 내병성 등)조사를 실시하여 만추대성 이면서 결구형태가 양호하고 내엽색 등이 양호한 계통을 선발하여 교배조합을 작성하는데 참고자료로 활용하였다.

나. 봄 노지 성능검정

- (1) 1년차는 봄 노지재배에 소포자배양 계통 등 684계통 공시하여 추대성 검정 등을 실시하여 만추대이면서 결구형태가 양호한 379계통 선발하였다.
- (2) 2년차는 315점을 공시하여 다양한 특성(추대성, 구형, 구크기, 외엽색, 내엽색, 내병성 등)을 조사하여 만추대성 이면서 결구형태가 양호하고 내엽색 등이 양호한 61점을 선발하였으며, 선발한 계통들은 2019년 온실 봄재배를 통하여 성적이 우수한 계통을 선발함과 동시에 교배모본의 활용하여 교배조합을 작성하는 등 품종육성에 활용할 계획이다.

다. 뿌리혹병 내병성 검정

- (1) 1년차 뿌리혹병은 검정을 통해 저항성 계통을 선발하기 위해 채소병리검정지원사업단에

- 172점을 의뢰하여 저항성 65점을 선발하였다.
- (2) 2년차는 197점을 의뢰하여 저항성 계통 73점을 선발하여 저항성 F1 조합 및 계통 육성용 조합 등을 작성하여 활용하고 있다. 검정 방법은 1. 파종 10일 후 유묘에 피산에서 채집하여 증식한 뿌리혹병균(GS, wild type), 연천에서 채집하여 증식한 뿌리혹병균(YC, mutant type 2), 그리고 서산에서 채집하여 증식한 뿌리혹병균(SS, mutant type 3)을 각각 7.5×10^7 spores/pot, 1.3×10^8 spores/pot, 8.0×10^7 spores/pot 되도록 접종하였으며, 20°C에서 생육실에서 1주일간 배양한 후 온실에서 재배하였다. 접종 33일 후에 발병도를 조사하였다. 2. 대조품종으로 사용한 노랑김장, CR하계, DaegaoCR117, 천하장군은 세 균주에 대하여 기대한 감수성 및 저항성 반응을 보여 내병성 검정이 성공적으로 수행되었음을 알 수 있었다.
- (3) 3년차는 채소병리검정지원사업단에 358점을 의뢰하여 저항성 98점을 선발하였으며, 저항성 F1 조합 및 계통 육성용 조합 등을 작성하여 활용하고 있다. 검정 방법은 1. 파종 10일 후 유묘에 피산에서 채집하여 증식한 뿌리혹병균(GS, wild type), 연천에서 채집하여 증식한 뿌리혹병균(YC, mutant type 2), 그리고 서산에서 채집하여 증식한 뿌리혹병균(SS, mutant type 3)을 각각 7.5×10^7 spores/pot, 1.3×10^8 spores/pot, 8.0×10^7 spores/pot 되도록 접종하였으며, 20°C에서 생육실에서 1주일간 배양한 후 온실에서 재배하였다. DJ균주, YC균주 및 SS균주는 접종 31일 후에 그리고 GS균주는 접종 35일 후에 발병도(0-4)를 조사하였다. 대조품종으로 사용한 노랑김장, 챔피언, DaegaoCR117, 천하장군은 세 균주에 대하여 기대한 감수성 및 저항성 반응을 보여 내병성 검정이 성공적으로 수행되었음을 알 수 있었다. Wild type, mutant type 1, mutant type 2, mutant type 3 뿌리혹병균에 대한 의뢰 시료의 저항성은 표 3~6과 같았다.

표 3. 뿌리혹병균 GS(wild type) 균주에 대한 저항성

품종	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	평균	반응
G1	4	4	0	4	4						3.2	S
G2	0	0	0	0							0.0	R
G3	0	0	0	1	0						0.2	R
G4	0	0	0	0							0.0	R
G5	0	0	0	0	0						0.0	R
G6	2	2	2	0							1.5	MR
G7	0	0	0	0	0						0.0	R
G8	4	4	4	4	4						4.0	S
G9	4	0	0	0	0						0.8	R
G10	4	0	0	0	4						1.6	MR
G11	4	4	4	4	4						4.0	S
G12	4	4	4	4	4						4.0	S
G13	4	4	4	4	4						4.0	S
G14	0	0	0	0							0.0	R
G15	0	0	0	0	0						0.0	R
G16	0	0	0	0	0						0.0	R
G17	4	4	4	4	4						4.0	S
G18	4	4	4	4	4						4.0	S
G19	4	0									2.0	MR
G20	0	0	0	0							0.0	R
G21	4	4	4	4	4						4.0	S
G22	0	0	0	0	0						0.0	R
G23	0	0	0	0	0						0.0	R
G24	0	0	0	0							0.0	R
G25	4	4	4	4	4						4.0	S
G26	4	3	2	4	4						3.4	S
G27	0	0	0	0	0						0.0	R
G28	0	0	0	0	0						0.0	R

G29	3	0	0	0	0						0.6	R
G30	0	0	4	0	0						0.8	R
G31	0	0	0	1							0.3	R
G32	4	4	4	4	4						4.0	S
G33	4	4	3								3.7	S
G34	0	0	0	0	0						0.0	R
G35	0	0	4	2	0						1.2	MR
G36	0	0	0	0	0						0.0	R
G37	0	0	0	0	0						0.0	R
G38	3	0	0	0	0						0.6	R
G39	0	0	0	0	0						0.0	R
G40	0	0	0	0	0						0.0	R
G41	0	4	0	4	2						2.0	MR
G42	0	0	0	0	0						0.0	R
G43	4	1	3	4	4						3.2	S
G44	0	0	0	0	0						0.0	R
G45	0	0	3	0	0						0.6	R
G46	0	0	1	0	0						0.2	R
G47	3	0	3	4	4						2.8	S
G48	4	0	0	0	0						0.8	R
G49	0	0	0	0	0						0.0	R
G50	4	4	0	4	0						2.4	S
G51	0	0	0	0	0						0.0	R
G52	0	0	0	0	0						0.0	R
G53	0	0	0	0	0						0.0	R
G54	0	0	0	0	0						0.0	R
G183	0	0	0	0							0.0	R
G184	0	0	0	0	0						0.0	R
G185	0	0	0	0	0						0.0	R
G186	0	0	0	0	0						0.0	R
G187	0	0	0	0	0						0.0	R
G188	0	0	0	0	0						0.0	R
G189	0	0	0	0	0						0.0	R
G190	0	0	0	0	0						0.0	R
G191	4	4	4	4	4						4.0	S
G192	4	4	4	4	4						4.0	S
G193	4	4	4	4	4						4.0	S
G194	4	4	4	4	4						4.0	S
G195	4	4	4	4	4						4.0	S
G196	4	4	4	4							4.0	S
G197	4	4	4	4	4						4.0	S
G198	4	4	4	4	4						4.0	S
G199	4	4	4	4	3						3.8	S
G200	0	0	0	0	0						0.0	R
G201	0	0	0	0	0						0.0	R
G202	0	0	0	0	0						0.0	R
G203	0	0	0	0	0						0.0	R
G204	4	4	4	4	3						3.8	S
G205	4	4	4	4							4.0	S
G206	4	4	4	4	4						4.0	S
G207	4	4	4	4	4						4.0	S
G208	4	4	4	4	4						4.0	S
노랑김장	0	4	3	4	3	3	3	4	2	2	2.8	S
챔피언	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	R
CR117	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	R
천하장군	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	R



노랑김장



챔피언



CR117



천하장군

표 4. 뿌리혹병균 DJ(mutant type 1) 균주에 대한 저항성

품종	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	평균	반응
D1	3	4	3	0	3						2.6	S
D2	4	3	4	4	4						3.8	S
D3	4	3	4	4	4						3.8	S
D4	2	3	4	4	3						3.2	S
D5	4	4	3	2	4						3.4	S
D6	4	4	4	4	4						4.0	S
D7	4	4	4	4	4						4.0	S
D8	3	3	3	3	3						3.0	S
D9	3	2	2	2							2.3	S
D10	4	4	4	4							4.0	S
D11	4	4	4	4	4						4.0	S
D12	3	4	4	4	4						3.8	S
D13	4	4	4	4	4						4.0	S
D14	4	4	4	4	4						4.0	S
D15	3	4	4	4	4						3.8	S
D16	4	4	4	4	4						4.0	S
D17	4	4	4	4	4						4.0	S
D18	4	4	4	4	4						4.0	S
D19	4	4									4.0	S
D20	4	4	4	4							4.0	S
D21	4	3	4	4							3.8	S
D22	4	4	4	4	4						4.0	S
D23	2	4	4	4	4						3.6	S
D24	4	4	4	4	4						4.0	S
D25	4	4	4	4	4						4.0	S
D26	4	4	4	4	4						4.0	S
D27	3	2	3	4	3						3.0	S
D28	4	0	0	3							1.8	MR
D29	2	4	3	3	4						3.2	S
D30	4	4	4	4	4						4.0	S
D31	4	2	3	4	4						3.4	S
D32	4	4	4	4	3						3.8	S
D33	4	3	3	2							3.0	S
D34	0	0	0	0	3						0.6	R
D35	4	4	4	4	4						4.0	S
D36	4	4	2	4	0						2.8	S
D37	4	2	4	4	4						3.6	S
D38	4	3	2	4	3						3.2	S
D39	4	4	4	4	3						3.8	S
D40	2	0	0	4	4						2.0	MR
D41	4	4	4	4	3						3.8	S
D42	4	4	4	4	4						4.0	S
D43	4	4	4	4	4						4.0	S
D44	0	0	0	0	0						0.0	R
D45	4	4	4	4	2						3.6	S
D46	4	4	4	4							4.0	S
D47	3	4	4	4	4						3.8	S
D48	3	2	0	0	4						1.8	MR
D49	0	0	0	4	3						1.4	MR
D50	3	4	4	4	4						3.8	S

D51	4	0	3	0	0						1.4	MR
D52	4	4	3	4	4						3.8	S
D53	4	4	4	4							4.0	S
D54	4	4	4	4	4						4.0	S
D55	2	4	4	4	3						3.4	S
D56	4	4	4	4	4						4.0	S
D57	3	4	3	4	4						3.6	S
D58	3	4	4	4	2						3.4	S
D59	4	4	4	4	4						4.0	S
D60	4	3	4	4	4						3.8	S
D61	4	4	3	4	4						3.8	S
D62	4	4	4	4	4						4.0	S
D63	4	4	4	4	2						3.6	S
D64	4	4	4	4	4						4.0	S
D65	4	4	4	4	4						4.0	S
D66	4	4	3	4	4						3.8	S
D67	4	4	4	4	4						4.0	S
D68	4	4	4	4	4						4.0	S
D69	4	4	4	4	4						4.0	S
D70	4	4	4	4	4						4.0	S
D71	4	4	3	4	4						3.8	S
노랑김장	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4.0	S
챔피언	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	R
CR117	4	4	4	4	4	4	4	4			4.0	S
천하장군	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0.0	R



노랑김장



챔피언



CR117



천하장군

표 5. 뿌리혹병균 YC(mutant type 2) 균주에 대한 저항성

품종	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	평균	반응
Y1	4	4	4	4	4						4.0	S
Y2	4	4	4	4	4						4.0	S
Y3	4	4	4	4	4						4.0	S
Y4	4	4	4	4	4						4.0	S
Y5	4	4	4	4	4						4.0	S
Y6	4	4	4	4	4						4.0	S
Y7	4	4	4	4	4						4.0	S
Y8	4	4	4	4	4						4.0	S
Y9	3	4	4	3	4						3.6	S
Y10	4	4	4	4	4						4.0	S
Y11	4	4	4	4	4						4.0	S
Y12	4	4	4	4	4						4.0	S
Y13	4	4	4	4	4						4.0	S
Y14	4	4	4	4	4						4.0	S
Y15	4	4	4	4	4						4.0	S
Y16	4	4	4	4	4						4.0	S
Y17	4	4	4	4	4						4.0	S
Y18	4	4	4	4	4						4.0	S
Y19	1	4									2.5	S
Y20	4	4	4	4	4						4.0	S
Y21	4	4	3	4	4						3.8	S
Y22	4	4	3	4	4						3.8	S
Y23	4	4	3	4	4						3.8	S
Y24	0	0	0	0	0						0.0	R
Y25	4	4	4	4	4						4.0	S

Y26	4	4	4	4	4						4.0	S
Y27	0	0	0	0	0						0.0	R
Y28	0	0	0	0	0						0.0	R
Y29	0	0	0	1							0.3	R
Y30	4	0	0	0							1.0	R
Y31	4	4	4	4							4.0	S
Y32	4	4	4	4	4						4.0	S
Y33	4	4	4	0	4						3.2	S
Y34	1	4	1	4	0						2.0	MR
Y35	2	0	4	0	0						1.2	MR
Y36	4	0	0	0	0						0.8	R
Y37	0	0	0	0	0						0.0	R
Y38	0	0	0	0	4						0.8	R
Y39	2	4	2	4	4						3.2	S
Y40	4	4	3	2	0						2.6	S
Y41	4	0	0	0	0						0.8	R
Y42	4	4	1	0	2						2.2	S
Y43	4	4	4	0							3.0	S
Y44	2	0	4	4	4						2.8	S
Y45	0	0	0	0	0						0.0	R
Y46	4	0	0	0	0						0.8	R
Y47	4	4	4	4	4						4.0	S
Y48	4	4	2	3	4						3.4	S
Y49	4	0	4	0	0						1.6	MR
Y50	3	4	4	4	0						3.0	S
Y51	0	0	0	4	4						1.6	MR
Y52	4	4	1	0	0						1.8	MR
Y53	4	0	0	0	1						1.0	R
Y54	4	4	0	0	0						1.6	MR
Y55	0	0	0	0	2						0.4	R
Y56	0	0	4	4	3						2.2	S
Y57	1	1	1	1	4						1.6	MR
Y58	4	4	4	4							4.0	S
Y59	4	4	4	4							4.0	S
Y60	4	4	4	4	4						4.0	S
Y61	4	4	4	4	3						3.8	S
Y62	4	4	4	4							4.0	S
Y63	4	4	4	4	4						4.0	S
Y64	4	4	4	4	4						4.0	S
Y65	4	4	3	4	4						3.8	S
Y66	4	4	4	4	4						4.0	S
Y67	4	4	4	4	4						4.0	S
Y68	4	4	4	4	4						4.0	S
Y69	4	4	3	4	4						3.8	S
Y70	0	0	0	0	0						0.0	R
Y71	4	4	4	4	4						4.0	S
노랑김장	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4.0	S
챔피언	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4.0	S
CR117	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	R
천하장군	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	R



노랑김장



챔피언



CR117



천하장군

표 6. 뿌리혹병균 SS(mutant type 3) 균주에 대한 저항성

품종	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	평균	반응
S1	0	4	0	3							1.8	MR
S2	4	4	3	4	4						3.8	S
S3	0	0	0	3	3						1.2	MR
S4	3	2	3	2	3						2.6	S
S5	2	4	3	2	4						3.0	S
S6	3	4	4	4	4						3.8	S
S7	3	3	3	4	4						3.4	S
S8	3	3	3	2	3						2.8	S
노랑김장	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4.0	S
챔피언	4	4	3	4	4	4	4	4			3.8	S
CR117	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	3.8	S
천하장군	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	3.6	S



노랑김장



챔피언



CR117



천하장군

라. 가을 성능검정

- (1) 1년차 가을 노지포장 재배시험은 육성 계통 중 특성이 우수하고 품종육성에 필요한 474 계통에 대한 특성 파악으로 우수계통으로 172점을 선발하여 성숙모본으로 온실에 이식하여 계통육성 및 조합작성 등 품종육성에 활용하였다.
- (2) 2년차는 1,371계통을 공시하여 재배관리하고 있으며, 특성을 파악하여 우수계통을 선발할 것이며, 성숙모본 및 미숙모본으로 활용하여 계통육성 및 조합작성 등 품종육성에 활용할 것이다.

3. 소포자 배양을 통한 계통육성

가. 소포자 배양을 통한 계통육성

- (1) 1년차는 기 배양한 식물체 중 종자량이 충분하고 추대가 늦을 것으로 예상되는 계통을 봄 노지재배를 통해 만추대이면서 결구형태가 양호한 379계통을 선발하였으며, 2018년 하우스에 재공시하여 특성을 조사하여 우수계통은 품종육성에 활용하고자 한다. 새로 배양하여 획득한 380점은 가을 노지포장에 정식하여 특성조사 하여 62계통을 선발하여 조합작성에 활용할 하였다.
- (2) 2년차는 316점을 봄 노지재배에 공시하여 결구형태가 양호하고 추대가 늦으며 특성이 양호한 계통으로 61점을 선발하였다. 2019년 하우스에 재공시하여 특성을 조사하여 우수계통은 품종육성에 활용하고자 한다. 새로 배양하여 획득한 238점은 가을 노지포장에 정식하여 재배관리하여 특성조사 중에 있으며 특성이 우수한 계통을 선발하여 조합작성에 활용할 것이다. 2017년 새로 작성한 모본 8점을 배양하여 저온처리 중에 있다.
- (3) 3년차는 기 배양한 식물체 108점을 채종하여 가을 노지포장에 정식하여 특성검정 중이다. 만추대 계통은 선발하여 차년도 온실재배를 통하여 추대성 등을 검정할 계획이다. 만추대성 및 뿌리혹병 내병계 등의 특성을 조합하여 8조합을 작성하였으며 미숙모본과 같은 시기인 3월에 정식하여 배양하였으며, 식물체 400개체를 획득하여 순화 및 저온처리를 거쳐 333개체를 정식하여 교배중이다. 채종 후 특성검정을 실시할 계획이다.

표 7. 유전자원 평가 재배시기

년차	구분	파종	정식	수확
1년차	온실재배	2017.01.23	2017.02.21	2017.05.02
	노지재배(봄)	2017.03.03	2017.04.05	2017.06.09
	노지재배(가을)	2017.08.05	2017.08.28	2017.11.10
2년차	온실재배(봄)	2018.01.17	2018.02.19	2018.05.03
	노지재배(봄)	2018.03.02	2018.04.11	2018.06.19
	노지재배(가을)	2018.08.06	2018.09.03	2018.11.10
3년차	온실재배	2019.01.06	2019.02.14	2019.04.30
	노지재배(가을)	2019.08.05	2019.08.28	2019.11.중



그림 2. 봄 온실재배 특성조사



그림 3. 만추대성 등 우수 선발 계통



그림 4 . 뿌리혹병균 접종 후 관리 및 검정결과



그림 5 . 뿌리혹병균 접종 후 관리

표 8. 가을포장 유전자원 선발내역(월동계)

BN	품종명	계통명	추대	CR	교배번호	조제번호	임성	비고
301			22	50	302-2	5215	3.23	월동계
302					304-1	5217	3.64	월동계
303					309-1	5223	10.00	월동계
304					311-1	5232	3.57	월동계
305					312-1	5236	6.78	월동계
306					313-1	5240	1.48	월동계
308				05	323-1	5248	4.08	월동계
309				05	324-1	5255	0.95	월동계
310				05	326-1	5260	0.75	월동계
311				05	327-2	5273	1.78	월동계
315				50	344-1	5290	1.47	월동계
316				50	344A-1	5296	3.44	월동계
317				05	345-1	5300	2.31	월동계
318				5	346-1	5309	1.67	월동계

319				5	347-1	5313	8.33	월동계
320				5	348-1	5317	0.71	월동계
321				05	349-2	5324	0.42	월동계
323				05	355-1	5330	1.52	월동계
324				05	355A-1	5340	2.20	월동계
327				05	367-1	5367	5.00	월동계
328				05	370-1	5371	3.13	월동계
331				00	373-2	5390	1.72	월동계
334				00	389-1	5403	1.49	월동계
338					401-1	5426	5.32	월동계
339					401-2	5428	5.08	월동계
341					402-2	5432	1.27	월동계
343					405-2	5436	0.74	월동계
344					405-51	334	0.67	월동계
345					405-52	336	0.98	월동계
346					405-53	338	0.88	월동계
349					415-1	5448	6.67	월동계
350					416-1	5458	3.23	월동계
351					423-1	5462	2.63	월동계
353					425-1	5470	3.77	월동계
355					428-2	5476	2.35	월동계
356					429-1	5478	2.63	월동계
357					429-2	5480	2.00	월동계
358					433-1	5482	7.32	월동계
361				50	3101-1	6846	2.22	월동계
362				50	3108-2	6852	3.75	월동계
366				50	3125-2	6876	0.89	월동계
367				50	3128-1	6879	3.36	월동계
370				50	3177-1	6897	2.33	월동계
371				50	3186-2	6908	2.04	월동계
374				50	3205-1	6920	0.40	월동계
375				05	3266-1	6924	3.29	월동계
376				05	3275-1	6928	5.41	월동계
380				5	3299-1	6956	11.63	월동계
384				50	A26-61	7303	0.83	월동계
385					A27-61	7307	2.27	월동계
386					A28-61	7311	2.63	월동계
389					A34-61	7339	4.05	월동계
390					043-61	1309	1.88	월동계

표 9. 가을포장 유전자원 선발내역(만추계)

BN	품종명	계통명	추대	CR	교배번호	조제번호	임성	비고
402			24		1-1	2002	2.70	만추계
403			30	50	2-1	2015	2.04	만추계
404			30	50	3-1	2026	3.27	만추계
406			29	50	5-1	2041	2.83	만추계
407			29	50	6-1	2054	3.71	만추계
408			29	50	7-2	2066	2.50	만추계
410			28		9-2	2080	4.76	만추계
411			23		10-2	2091	1.85	만추계
412			23	14	11-2	2099	5.17	만추계
413			x	05	12-1	2102	3.46	만추계
415			26		14-1	2119	3.81	만추계

416			23		15-2	2134	2.22	만추계
417			23		16-2	2142	3.49	만추계
419			23	5	18-2	2164	4.70	만추계
420			28	5	19-2	2178	3.39	만추계
422			26	5	21-1	2195	3.70	만추계
423			23		22-2	2214	6.73	만추계
424					23-1	2219	0.50	만추계
425					24-1	2231	8.70	만추계
426			21	05	25-1	2242	2.78	만추계
428			x		27-1	2261	3.11	만추계
429			28		`16년573-51	`16년487		만추계
430			1	M0 4	29-2	2285	5.45	만추계
431			1	05	30-1	2289	4.00	만추계
432			1	05	31-2	2305	4.17	만추계
433				14	32-2	2315	2.89	만추계
434				05	33-1	2319	4.00	만추계
440			28	04	39-1	2377	2.91	만추계
441			28	04	40-1	2389	4.11	만추계
442			25	00	41-2	2403	3.85	만추계
445			27	04	44-1	2415	4.11	만추계
451			26	04	50-2	2472	1.89	만추계
454			32	M0	53-2	2500	0.46	만추계
455			23	05	54-2	2512	3.40	만추계
456			23	32	601-1	5822	1.74	만추계
457			28	32	`16년1069-2	`16년4396		만추계
460			24		59-1	2560	1.02	만추계
461			22		60-1	2568	1.69	만추계
462			28		61-1	2577	6.38	만추계
463			30	05	62-1	2588	4.84	만추계
465			22	5	64-1	2604	11.11	만추계
466			28	5	65-1	2611	7.14	만추계
467			23		`14년67-53	`14년65		만추계
468			x	14	67-2	2645	3.26	만추계
471			39	22	70-2	2668	2.44	만추계
477			30		76-1	2718	2.27	만추계
478			26		77-2	2737	4.17	만추계
480			24	14	79-1	2755	3.59	만추계
482			22		82-1	2793	0.96	만추계
485			21		85-2	2824	10.00	만추계
487			21	14	87-1	2839	12.50	만추계
494			22		94-1	2900	2.87	만추계
504			26	05	104-1	2976	1.85	만추계
506			20		106-3	2993	5.29	만추계
508			28		108-2	3018	1.85	만추계
509			29	14	109-2	3028	2.83	만추계
511			28	00	111-1	3044	2.17	만추계
512			32	00	112-2	3062	3.66	만추계
518			20		2096-2	6786	3.02	만추계
522					3010-13	152		만추계
524					3010-16	155		만추계
529					3010-26	165		만추계

533					7038-9	188		만추계
537					7038-23	202		만추계
546					A12-1	483		만추계
574					A49-1	1276		만추계
577			x	13 6	510-2	5535	4.41	만추계
582					527B-2	5607	11.11	만추계
587			2	0	536A-1	5648	4.81	만추계
590			29	50	559-1	5708	3.66	만추계
591			27	04	567-2	5724	2.00	만추계
602				04	623-57	594	5.77	만추계
603				04	623-58	596	1.22	만추계
617					738-2	6110	5.21	만추계
618					739-1	6114	9.09	만추계
620					740-1	6123	0.69	만추계
622				7	802-1	6135	4.54	만추계
623			x	23	808-1	6158	6.67	만추계
624			x	23	810-1	6163	3.74	만추계
626				13 6	906-1	6180	2.04	만추계
627			39		909-2	6192	2.00	만추계
630			24	13	926-2	6234	2.44	만추계
632					940-1	6254	2.04	만추계
635			22	00	1057-1	6342	8.44	만추계
637			26	00	1065-2	6363	3.49	만추계
639					1120-1	6525	7.83	만추계
641					1154-1	6545	7.55	만추계
642					1154-2	6547	16.00	만추계
650			29		2081-2	6746	4.16	만추계
657					04-1	7082	4.44	만추계
658			27	04	C1-1	7113	5.10	만추계
659			27	04	C1-2	7115	4.72	만추계
662			27	04	C3-2	7123	1.98	만추계
668				14	C6-2	7135	4.08	만추계
669				14	C7-1	7137	3.67	만추계
670				14	C7-2	7139	4.18	만추계
671				14	C8-1	7141	2.50	만추계
685				14	A16-62	7265	4.00	만추계
687				05	A17-62	7269	4.69	만추계
694			25	13	A21-61	7283	2.56	만추계
699				14	A23-62	7293	1.25	만추계
700				14	A24-61	7295	2.21	만추계
701			27	04	A30-61	7319	5.66	만추계
702				R2 -0 5	A31-61	7323	5.00	만추계
703				R2 -0 5	A32-61	7327	2.17	만추계
704				R2 -0 5	(A32-1) -61	7331	4.44	만추계
707			30	00	A37-61	7351	5.00	만추계
711			21		A41-61	7367	5.77	만추계
712			21	14	A42-61	7371	5.17	만추계
713			7	13	A43-61	7375	4.28	만추계

718					014-61	1307	0.88	만추계
721					85-63	1323	0.80	만추계
744			1	05	A4-62	7195	4.44	만추계
745			28	5	A5-1	7197	2.11	만추계
758			25	05	A8-62	7223	4.44	만추계
778				05	RA302-1	7407	0.45	만추계
779			39	22	RA307-1	7409	0.21	만추계
780			37		RA312-1	7411	0.33	만추계
781			37		RA312-2	7413	0.34	만추계



그림 6 . 유전자원 포장평가 전경

4. 조합작성 및 조합선발

가. 조합작성 및 조합선발

- (1) 1년차는 기 작성된 만추대성 중구형 등 2016년 작성하여 가을 노지포장에서 예비선발한 조합 중 우수한 183조합을 2017년 봄 온실재배를 통하여 성적인 양호한 6조합을 선발하였다. 선발조합은 2018년 원종 증식 및 망실 채종시험을 실시할 계획이다. 2017년 성숙모본과 미숙모본을 이용하여 작성한 만추대계통 574조합을 가을 노지포장에 정식하여 특성조사 중이며 10월 하순경 예비선발을 통해 2018년 봄 온실, 중국 현지 연락시험, 고랭지, 남해안 월동작형 등을 통하여 적지 및 적기에 적합하고 성적이 양호한 조합을 선발하였다.
- (2) 2년차는 만추대성 중구형 등 2017년 작성하여 가을 노지포장에서 예비선발한 조합 중 우수한 165조합을 2018년 봄 온실재배를 통하여 조합 특성이 양호한 5조합을 선발하였다. 선발조합은 2018년 가을 일부(5계통)는 원종증식 중이며, 나머지는 2019년 원종 증식 및 망실 채종시험을 실시할 계획이다. 2018년 성숙모본과 미숙모본을 이용하여 작성한 만추대 계통 211조합을 가을 노지포장에 정식하여 특성조사 하여 11월 11일 예비선발하였으며 2019년 봄 온실, 고랭지, 중국 현지 연락시험, 월동작형 등을 통하여 적지 및 적기에 적합하고 성적이 양호한 조합을 선발할 예정이다.
- (3) 3년차는 만추대성 중구형 등 2018년 작성하여 가을 노지포장에서 예비선발한 조합 중 우수한 119조합을 2019년 봄 온실재배를 통하여 조합 특성이 양호한 2조합을 선발하였다. 2019년 성숙모본과 미숙모본을 이용하여 작성한 만추대 계통 280조합을 가을 노지포장에 정식하여 특성조사 중이며, 우수조합 및 예상 조합은 2020년 봄 온실, 고랭지, 중국 현지 연락시험, 월동작형 등을 통하여 적지 및 적기에 적합하고 성적이 양호한 조합을 선발할 예정이다.



그림 7. 교배조합 작성



그림 8. 온실 조합선발 재배

표 10. 조합선발 재배시기 및 특성

1년차 구분		파종		정식		수확	
온실재배		2017.01.23		2017.02.21		2017.05.03	
BN	구중(g)	구고(cm)	구폭(cm)	엽수(매)	내엽색(1~5)	내병성	비고
1(춘광)	2,450	21.6	16.4	83	5	-	중소형
13	3,250	23.3	19.5	80	5	CR계	중대형
20	3,300	24.5	18.7	73	5	CR계	중형
22	2,500	22.0	16.6	72	5	CR계	중형
23	3,050	23.5	17.0	70	5	CR계	중대형
3(진청)	2,650	22.5	16.9	81	5	CR계	중대형
5	2,750	22.3	16.8	82	5	-	중대형
61	2,850	22.3	17.5	75	5	CR계	중대형
2년차 구분		파종		정식		수확	
온실재배		2018.01.17		2018.02.19		2018.04.30	
BN	구중(g)	구고(cm)	구폭(cm)	엽수(매)	내엽색(1~5)	내병성	비고
1(춘옥황)	2,100	23.0	15.0	50	5	-	소형
9	2,250	22.7	16.8	65	5	CR계	중소형
52	2,220	23.7	16.0	72	5	CR계	중소형
11(영룡황)	2,300	22.5	16.5	74	5	-	중형
17	2,320	23.3	17.0	76	5	CR계	중형
64(진청)	2,900	25.5	17.2	73	5	CR계	대형
91	3,200	25.6	18.8	82	5	CR계	대형
92	2,320	26.2	19.2	76	5	CR계	대형
3년차 구분		파종		정식		수확	
온실재배		2019.01.06		2019.02.14		2019.04.30	

BN	구중(g)	구고(cm)	구폭(cm)	엽수(매)	내엽색(1~5)	내병성	비고
10(춘옥황)	2,100	22.0	15.0	52	5	-	소형
36	2,210	22.7	16.8	65	5	CR계	중소형
5(춘광)	2,320	22.5	17.0	76	5	-	중형
50	2,350	23.3	17.5	79	5	CR계	중형



그림 9. 온실 선발조합(1년차)



그림 10. 온실 선발조합(2년차)



그림 11. 온실 선발조합(3년차)

5. 현지 연락시험 통한 조합선발 및 성능검정

가. 국내

- (1) 1년차 강원도 고랭지 연락시험은 만추대이면서 내서성이 강할 것으로 판단되는 64조합을 공시하여 성적이 우수한 2조합을 선발하였으며 2018년 채종시험을 실시할 것이다. 월동작형은 내한성으로 석회결핍 등 생리장해에 강할 것으로 예상되는 60조합을 전남 해남에 현지농가의 포장을 임대하여 재배관리하고 있으며, 11월 중순경 결속하기 전에 1차 특성조사하고 12월 2차조사 및 2018년 2월 중순 월동 후 특성 조사하여 최종 2조합을 선발하였다.
- (2) 2년차 강원도 고랭지 연락시험은 만추대이면서 내서성이 강할 것으로 판단되는 64조합 및 대비종을 공시하여 대비종에 비해 구형이 포피형으로 내역색도 진한 1조합을 선발하였으며 선발조합 BN9는 2017년 1차 선발했던 BN17로 원종증식과 망실채종을 실시한 조합임. 2019년 외부 채종시험을 실시하여 성적을 종합하여 시교로 공립할 계획이다. 월동작형은 내한성으로 석회결핍 등 생리장해에 강할 것으로 예상되는 64조합 및 대비종을 전남 해남에 현지농가의 포장을 임대하여 9월 13일 정식하여 재배관리하고 있으며, 11월 중순경 결속하기 전에 1차 특성조사 하였으며 2019년 2월 중순경 월동 후 특성 조사하여 최종 선발할 예정이다.
- (3) 3년차는 강원도 고랭지 연락시험은 만추대이면서 내서성이 강할 것으로 판단되는 60조합 및 대비종을 공시하여 대비종에 비해 내엽이 직립으로 우수하고 숙기가 빠른 2조합을 선발하였다. 월동작형은 내한성으로 석회결핍 등 생리장해에 강할 것으로 예상되는 64조합 및 대비종을 전남 해남에 현지농가의 포장을 임대하여 실시하였으며 2018년 8월 20일 파종, 9월 12일 정식하여 최종 수확은 2019년 1월 24일에 실시하였으며 최종 1조합을 선발하였다. 2019 월동배추 연락시험은 60조합 및 대비종을 전남 해남에 현지농가의 포장을 임대하여 9월 10일 정식하여 재배관리하고 있으며, 11월 중순경 결속하기 전에 1차 특성조사 예정이다.

나. 국외

- (1) 1년차 중국 하북성 장북에 현지 업체를 통하여 연락시험을 실시하였다. 가을 노지 예비

선발 등에서 예비선발한 81조합과 현지의 우점종 등을 대비하여 선발시험을 하였다. 현지 업체, 재배농민, 현지 종자상 등이 참여하여 성적이 우수한 5조합을 선발하였으며, 기 선발하여 채종한 조합은 시교 요청이 있어 시교 공급하였고 우수조합은 2017년 가을에 원종증식 등을 통하여 2018년 채종시험을 실시하여 시교로 공급할 계획이다.

- (2) 2년차 중국 하북성 장북현에 현지 업체를 통하여 지역 연락시험을 실시하였다. 가을 노지 예비선발 등에서 예비선발한 69조합과 현지의 대비종 등을 공시하여 선발시험을 실시하였다. 현지 업체, 재배농민, 현지 종자상 등이 참여하여 함께 조사하여 성적이 우수한 3조합을 선발하였다, 기 선발하여 채종한 2조합에 대해서는 시교 요청이 있어 시교종자를 직접 전달하여 공급하였다. 우수조합은 2018년 가을 원종증식을 실시하여 2019년 채종시험을 실시할 것이며 채종시험 결과 채종시험 결과를 종합하여 시교를 공급할 계획이다.
- (3) 3년차는 중국 하북성 장북현 및 강보현에 현지 업체를 통하여 지역 연락시험을 실시하였다. 가을 노지 예비선발 등에서 예비선발한 74조합과 현지의 대비종 등을 공시하여 선발시험을 실시하였다. 현지 업체, 재배농민, 현지 종자상 등이 참여하여 함께 조사하여 성적이 우수한 2조합을 선발하였다, 기 선발하여 채종한 2조합에 대해서는 시교 요청이 있어 시교종자를 공급하였다. 우수조합은 채종시험을 실시할 것이며 채종시험 등 결과를 종합하여 시교를 공급할 계획이다.



그림 12. 중국 하북성 장북현(좌), 강보현(우)연락시험 포장전경

표 11. 중국 조합선발 재배시기 및 특성

1년차 구분		파종		정식		수확
중국 하북성(노지)		2017.04.17		2017.05.16		2017.07.13
BN	구분	구형	외엽색	내엽색(1~5)	내병성	비고
33(영롱황)	중형	반포합	녹	5	-	중형 대비종
15	중대형	반포피	농녹	5	CR계	숙기 다소 늦음
41	중형	반포합	농녹	5+	CR계	외형 및 내외엽색 우수
42	중형	반포피	농녹	5+	CR계	외형 및 내외엽색 우수
48	중형	반포피	녹	5	-	외형 우수
52	중형	반포피	농록	5+	CR계	외형 및 내외엽색 우수
2년차 구분		파종		정식		수확
중국 하북성(노지)		2018.05.10		2018.06.02		2018.07.31

BN	구분	구형	외엽색	내엽색(1~5)	내병성	비고
14(영롱황)	중형	반포합	녹	5	-	대비종
9	중소형	반포피	농록	5	CR계	내병성 양호
57	장원통형	반포합	농록	5+	CR계	내엽색 진함 구형 양호
38	대형	반포합	농록	5	CR계	만추대 속기 빠름
구분		파종		정식		수확
중국 하북성(노지)		2019.04.16		2019.05.17		2019.07.17
BN	구분	구형	외엽색	내엽색(1~5)	내병성	비고
62(영롱황)	중형	반포합	녹	5	-	대비종
15	중소형	반포피	농록	5	CR계	내병성 양호
18	중대형	반포피	녹	5	CR계	내서성 내엽 양호



그림 13. 중국 하북성 연락시험 선발조합(1년차)



그림 14. 중국 하북성 연락시험 선발조합(2년차)



그림 15. 중국 하북성 연락시험 선발조합(3년차)

표 12. 조합선발 재배시기 및 특성

1년차 구분		파종		정식		수확
강원도 정선(고랭지)		2017.05.23		2017.06.26		2017.08.25
BN	구분	구형	외엽색	내엽색(1~5)	내병성	비고
1(춘광)	중소형	반포합	녹	5	-	중소형 대비종
19	중형	포피	농녹	5+	CR계	구형과 내엽색 우수
44(수호)	중대형	반포합	녹	5	CR계	중대형 대비종
17	중대형	반포피	농록	5	CR계	구형 및 구크기 우수
2년차 구분		파종		정식		수확
강원도 횡성(고랭지)		2018.04.04		2018.05.09		2018.06.28
BN	구분	구형	외엽색	내엽색(1~5)	내병성	비고
111(춘광)	중대형	반포합	녹	5	-	대비종
150	중대형	포피	농녹	5+	CR계	구형과 내엽색 우수
3년차 구분		파종		정식		수확
강원도 횡성(고랭지)		2019.04.04		2019.04.29		2019.06.17
BN	구분	구형	외엽색	내엽색(1~5)	내병성	비고
1(춘옥황)	소형	반포합	녹	5	-	대비종
5	소형	반포합	녹	5	CR계	내엽직립
7	소형	포합	농록	5	CR계	내엽직립 숙기조



그림 16. 고랭지 연락시험 전경 및 선발조합(1년차)



그림 17. 고랭지 연락시험 전경 및 선발조합(2년차)



그림 18. 고랭지 연락시험 전경 및 선발조합(3년차)

표 13. 조합선발 재배시기 및 특성

1년차 구분		파종		정식		수확
전남 해남(원동)		2017.08.20		2017.09.15		2018.02.08
BN	구분	구형	외엽색	내엽색(1~5)	내병성	비고
22(WC)	중만생종	반포피	회록	5	CR계	대비종
27	중만생종	반포피	회록	5	CR계	구형 내외엽색 우수
44	중만생종	반포피	농녹	5	CR계	수량성 맛 우수
3년차 구분		파종		정식		수확
전남 해남(일동)		2018.08.20		2018.09.12		2019.01.24
BN	구분	구형	외엽색	내엽색(1~5)	내병성	비고
4(청남)	중만생종	포피	회록	5+	CR계	대비종
6	중만생종	포피	회록	5	CR계	외엽 회록색, 숙기조



그림 19. 월동작형(해남) 연락시험 전경 및 선발조합
(상 : 1년차, 하 : 2년차)



그림 20. 월동작형(해남) 연락시험 선발조합(3년차)

6. 원종증식 및 종자 생산성시험

가. 원종증식 및 종자 생산성시험

- (1) 1년차 기 선발 및 새로 선발한 조합에 대하여 원종증식 및 F1채종시험을 통하여 얻어진 종자에 대한 순도검정 등을 실시하고자 하였다. 기 선발된 만추대 중구형 조합 등 5조합에 대해서는 농가 위탁채종을 통하여 채종시험을 실시하였다. 기 육성 품종 및 새로 선발된 우수조합 등 20계통에 대해서는 원종증식을, F1조합에 대해서는 20조합을 농협종묘센터내 망실에서 채종시험을 실시하였고 순도 검정을 실시하였다. 성적이 양호한 조합에 대해서는 시교종자로 활용할 계획이다(그림 21).
- (2) 2년차 기 선발된 만추대 중소형 조합 등 4조합에 대해서는 농가 위탁채종을 통하여 채종시험을 실시하였다. 기 육성 품종 및 새로 선발된 우수조합 등 21계통에 대해서는 원종증식을, F1 조합에 대해서는 17조합을 농협종묘센터내 망실에서 채종시험을 실시하였고 순도 검정 및 차대검정을 위해 재배관리 중에 있다. 검정 후순도 및 특성이 우수한 조합

에 대해서는 시교종자로 활용하여 공급여부를 결정할 계획이다(그림 22).

- (3) 기 선발된 월동 조합 등 3조합에 대해서는 농가 위탁채종을 통하여 채종시험을 실시하였다. 기 육성 품종 및 새로 선발된 우수조합 등 25계통에 대해서는 원종증식을, F1 조합에 대해서는 16조합을 농협종묘센터 내 망실에서 채종시험을 실시하였고 순도 검정 및 차대검정을 위해 재배관리 중에 있다. 검정 후 순도 및 특성이 우수한 조합에 대해서는 시교종자로 활용하여 공급여부를 결정할 계획이다.



그림 21. 농가위탁 채종시험



그림 22. 망실 채종시험

7. 해외시범포 출품, 시교공급 및 품종등록

가. 해외시범포 출품 및 시교공급

- (1) 1년차 기 육성한 만추대성 중형 조합과 기 육성한 만추대성 품종 등 3품종 5조합을 국립종자원 과제로 중국 하북성에서 실시한 시범포에 지역 적응성 및 우수성을 확인하고 홍보, 시교공급 등을 목적으로 출품하였다. 평가결과 성적이 우수한 1조합(AN731)에 대해서는 현지 종묘사로부터 시교공급 요청이 있어서 채종시험을 통해 채종한 종자를 시교로 공급하였다. 호북성 시범포에서는 1조합(AN782)가 선발되어 시교 공급하였으며 또한 기 거래 및 거래를 위한 중국 현지 3사에 대해서는 9조합을 시교로 공급하였다.
- (2) 2년차 기 육성한 만추대성 중형 조합과 기 육성한 만추대성 품종 등 1품종 9조합을 국립종자원 과제로 중국 하북성에서 실시한 시범포에 출품하여 지역 적응성 및 우수성 등을 확인하고, 홍보 및 시교공급 등을 추진하였다. 평가결과 AN832 조합이 비교적 좋은 평가를 받았다. AN832는 2017년에 시범포 성적이 우수하여 현지 종묘사로부터 시교공급 요청이 있어서 채종시험을 통해 채종한 종자를 시교로 공급했던 조합(AN731)으로 시교공급 결과와 추가 시교를 공급하여 수출 가능성을 재확인하고 수출을 추진할 계획이다. 기 거래 및 거래를 위한 중국 현지 4사에 대해서는 3품종 6조합을 시교로 공급하여 평가 중이다.
- (3) 기 육성한 만추대성 중형 조합과 기 육성한 만추대성 품종 등 2품종 5조합을 국립종자

원 과제로 중국 하북성에서 실시한 시범포에 출품하여 지역 적응성 및 우수성 등을 확인하고, 홍보 및 시교공급 등을 추진하였다. 평가결과 AN922 조합이 비교적 좋은 평가를 받았다. AN932는 2017년에 시범포 성적이 우수하여 현지 종묘사로부터 시교공급 요청이 있어서 채종시험을 통해 채종한 종자를 시교로 공급했던 조합(AN731)으로 시교공급 결과 내병성 및 버팀성이 우수하여 수출하고 있으며, 추가 요청 등 수출증가가 기대되는 조합이다.

나. 품종등록

- (1) 기 육성 중이던 성적이 우수한 2조합에 대해서는 품종 생산판매신고 및 품종보호출원을 실시하였으며(CR강청, 황금찬), 기 품종보호출원 하였던 1품종은 품종보호등록(기운찬)을 마무리 하였다.
- (2) 기 육성 중이던 성적이 우수한 2조합에 대해서는 품종 생산판매신고 및 품종보호출원을 실시하였으며(황금88, 진대박), 기 품종보호출원 하였던 3품종은 품종보호등록(지키미, 황금복쌈, 씨알청담엇갈이)을 마무리 하였다.
- (3) 기 육성 중이던 성적이 우수한 1조합에 대해서는 품종생산판매신고 및 품종보호출원(AD040) 하였고, 4조합에 대해서는 품종생산판매신고(AD020, AD030, WD215, 춘복엇갈이)를 실시하였다. 기 품종보호출원 하였던 1품종은 품종보호등록(황금찬)을 마무리 하였다.



그림 23. 143:CR강청, 12:황금찬, 14:황금88, 041:진대박(1~2년차)

표 14. 조합선발 재배시기 및 특성

1년차 구분	파종	정식	수확
중국 호북성 시범포	2017.09.05	2017.09.23	2018.01.17
AN782 (B-16)	특성		
	만추대성 내한성 우수, 숙기 빠른 중 조생종, 결구력이 강함, 내엽 가지런하며 색이 진하여 양호, 맛이 우수		
1년차 구분	파종	정식	수확
중국 하북성 시범포	2017.05.25	2017.06.20	2017.08.09
AN731	특성		
	외엽 비교적 크고 내병성 우수, 포합성 강, 과형 중등, 숙성 좀 늦다. 내추대, 황심도가 높고, 잎사기 비례가 크다.		
2년차 구분	파종	정식	수확
중국 하북성 시범포	2018.05.03	2018.06.06	2018.08.02
AN832	특성		
	외엽색이 농록으로 내병성이 비교적 강하여 견딤성이 우수함 내엽은 가지런하여 꼬임이 적고 노랑색 강도가 강하여 품질이 좋음 중소형 시교로 확대 공급하여 시장성을 평가하고자 함		



그림 24. 중국 하북성 해외시범포 전경 및 시교공급 조합(AN731, 1년차)



그림 25. 중국 호북성 선발 및 시교공급 조합(AN782, 1년차)




그림 26. 중국 하북성 해외시범포 전경 및 시교공급 조합(AN832, 2년차)




그림 27. 중국 하북성 해외시범포 전경 및 선발조합(AN922)(3년차)

[별지 제23호 서식]

품종 생산·수입판매 신고증명서 신고번호: 02-0002-2017-12 품종명칭 등록출원번호: 40-2017-000398		
신청인	성명 (대표자) 이상욱	생년월일 1958년 02월 10일 (외국인은 국적)
	주소 서울특별시 중구 새문안로 16 농협경제저주 주식회사 (우)100-707	
	법인명칭 농협경제저주 주식회사	전화번호 02-2080-5114
육성자	성명 양만성	생년월일 1965년 04월 30일 (외국인은 국적)
	주소 경기 안성시 공도읍 정봉길 164 농협종묘센터	전화번호 031-852-5526
품종이 속하는 작물의학명 및 일반명 Brassica rapa subsp. pekinensis (Lour.) Hanelt 배추		
품종의 명칭 새알강청 (CR-Gangcheong)		
「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 03월 23일		
국 립 종 자 원 		

2017-451


[별지 제23호 서식]

품종 생산·수입판매 신고증명서 신고번호: 02-0002-2017-16 품종명칭 등록출원번호: 40-2017-000583		
신청인	성명 (대표자) 이상욱	생년월일 1958년 02월 10일 (외국인은 국적)
	주소 서울특별시 중구 새문안로 16 농협경제저주 주식회사 (우)100-707	
	법인명칭 농협경제저주 주식회사	전화번호 02-2080-5114
육성자	성명 양만성	생년월일 1965년 04월 30일 (외국인은 국적)
	주소 경기 안성시 공도읍 정봉길 164 농협종묘센터	전화번호 031-852-5526
품종이 속하는 작물의학명 및 일반명 Brassica rapa subsp. pekinensis (Lour.) Hanelt 배추		
품종의 명칭 황금찬 (Hwangseumchan)		
「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 05월 23일		
국 립 종 자 원 		

2017-618


그림 28. 품종 생산 수입판매 신고증명서(1년차)

[별지 제23호 서식]

품종 생산·수입판매 신고증명서 신고번호: 02-0002-2018-13 품종명칭 등록출원번호: 40-2018-000639		
신청인	성명 (대표자) 이상욱	생년월일 1958년 02월 10일 (외국인은 국적)
	주소 서울특별시 중구 새문안로 16 농협경제저주 주식회사 (우)100-707	
	법인명칭 농협경제저주 주식회사	전화번호 02-2080-5114
육성자	성명 양만성	생년월일 1965년 04월 30일 (외국인은 국적)
	주소 경기 안성시 공도읍 정봉길 164 농협종묘센터	전화번호 031-852-5526
품종이 속하는 작물의학명 및 일반명 Brassica rapa subsp. pekinensis (Lour.) Hanelt 배추		
품종의 명칭 황금88 (Hwang Geum 88)		
「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.)		
2018년 05월 25일		
국 립 종 자 원 		

2018-735

[별지 제23호 서식]

품종 생산·수입판매 신고증명서 신고번호: 02-0002-2018-14 품종명칭 등록출원번호: 40-2018-000640		
신청인	성명 (대표자) 이상욱	생년월일 1958년 02월 10일 (외국인은 국적)
	주소 서울특별시 중구 새문안로 16 농협경제저주 주식회사 (우)100-707	
	법인명칭 농협경제저주 주식회사	전화번호 02-2080-5114
육성자	성명 양만성	생년월일 1965년 04월 30일 (외국인은 국적)
	주소 경기 안성시 공도읍 정봉길 164 농협종묘센터	전화번호 031-852-5526
품종이 속하는 작물의학명 및 일반명 Brassica rapa subsp. pekinensis (Lour.) Hanelt 배추		
품종의 명칭 진대박 (Jindabak)		
「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.)		
2018년 05월 25일		
국 립 종 자 원 		

2018-736

그림 29. 품종 생산 수입판매 신고증명서(2년차)

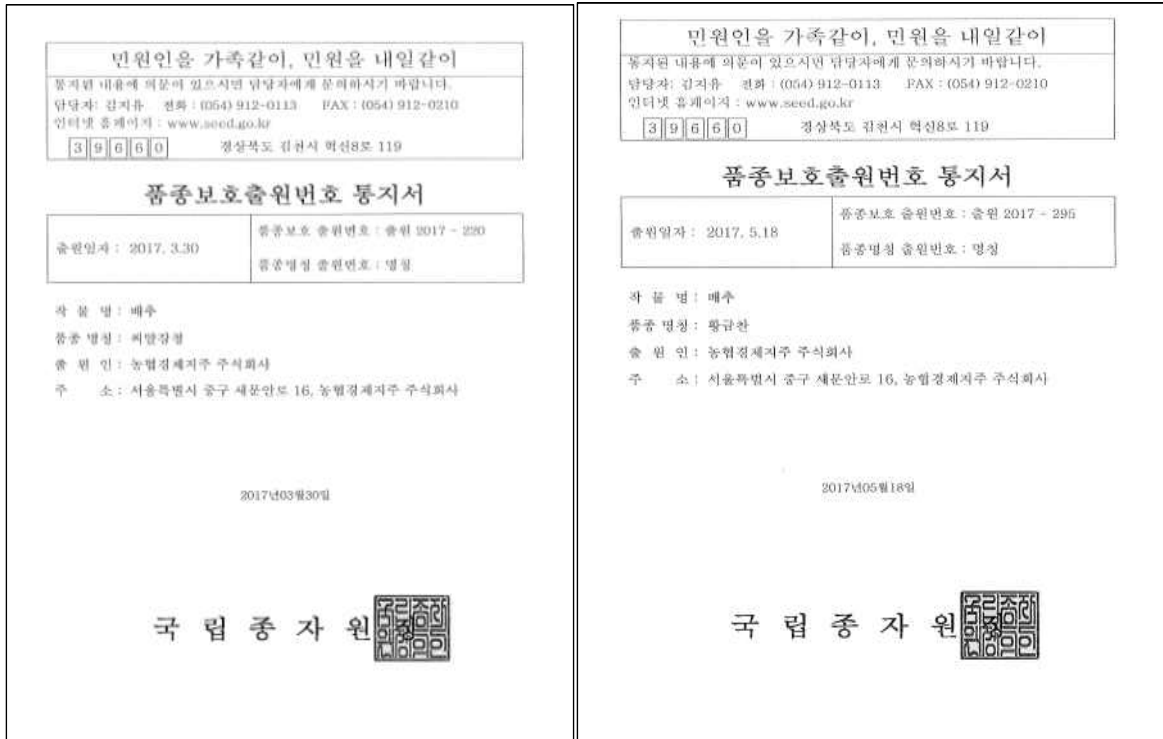


그림 30. 품종보호출원 통지서(1년차)

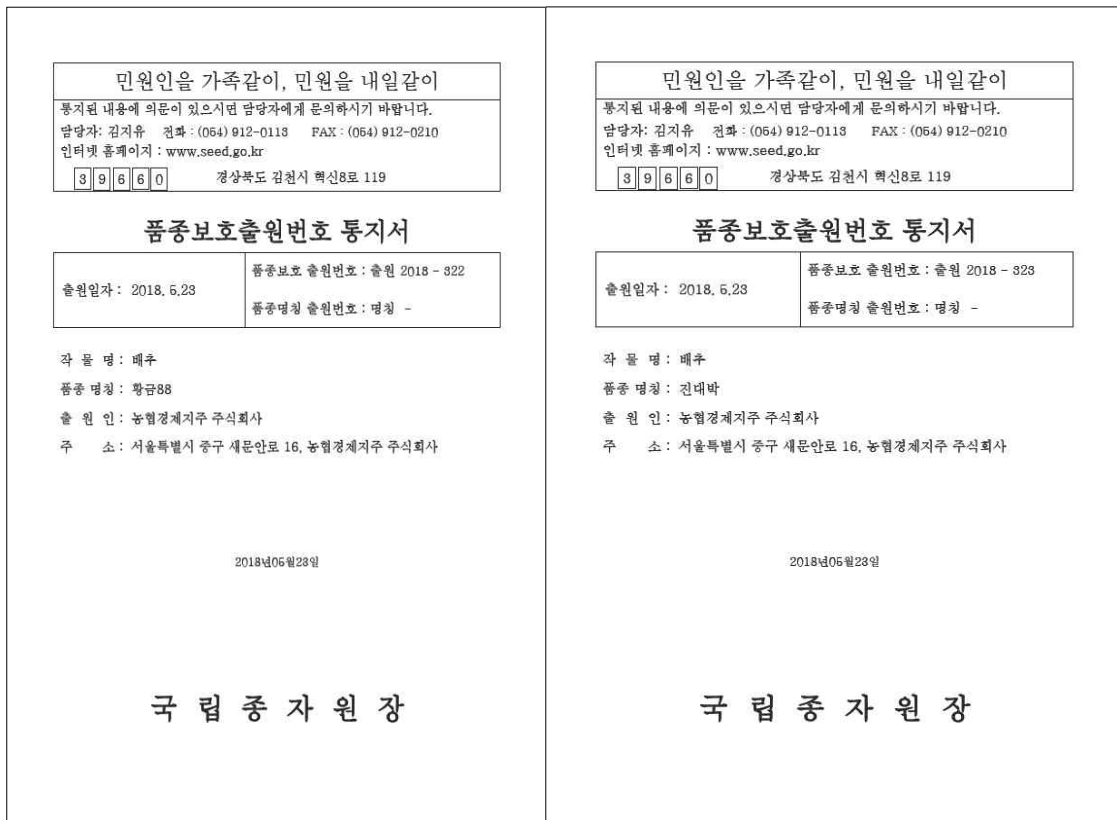


그림 31. 품종보호권등록증(2년차)



그림 32. 품종보호권등록증(1년차)



그림 33. 품종보호권등록증(2년차)



그림 34. 품종보호등록 품종(12 : 황금찬)(3년차)

8. 추진체계 및 추진전략

가. 추진체계 및 추진전략

- (1) 기 육성 만추계통과 중구형 등과 수집재료를 활용하여 분리 및 소포자배양을 통한 신속 계통육성
- (2) 마커 및 접종시험을 통한 내병성 등 우량계통 선발육성 → 목표 우량계통을 통한 조합작성
- (3) 국내 및 현지 연락시험 통한 조합선발(거래처 관계자 및 농가 참여 선발 평가)
- (4) 현지 시교공급 및 전시포 등을 통한 평가 및 홍보 → 기존 거래처와 새로운 해외마케팅 팀 추가
- (5) 만추계 중구형 등 다양한 품종육성 공급으로 종자수출 목표달성



그림 35. 추진계획 전략도

9. 종자 국내매출 및 수출

가. 국내매출

- (1) 613 백만원의 국내매출이 있다.

나. 수출

- (1) 11.2 만불의 수출을 하였으며, 39만불의 추가 수출 주문이 있어 수출준비 중이다.

*** 4차년도- 5차년도 농우바이오에서 연구수행**

1. 재료 수집 및 계통육성

가. 재료수집

(1) 중국세농종묘, 해외사업부 직원을 통한 령룡황, 준명, 금봉3호, 덕고117 등 F1 품종 12점 수집, 재배시험을 통해 특성평가를 실시하여 육성소재 및 대조품종 등으로 활용.

나. 계통육성

(1) 성숙모본 및 미숙모본, 가을세대진전으로 계통육성 진행(표 15).

다. 육성연한 단축

(1) 소포자배양으로 유전적으로 고정된 계통 확보
 (2) 20년 재분화 배양체 200여 점을 인수하여, 이중 130여 점 생육 중.

표 15. 계통육성 세부 내역

작형	2020			2021		
	시험계통	선발계통	선발개채	시험계통	선발계통	선발개채
월동배추 (전년시험, 당년선발)	64	43	87	(58)	43	-
월동배추 (당년시험, 후년선발)	58	(43)	-			
미숙모본	195	125	233	202	196	
하우스봄 성숙모본	90	62	131	116	86	
가을세대단축	215	213	437	213	211	
가을조기배추	117	47	98	94	53	
가을배추	71	23	45	62	37	
중국가을배추	43	18	32	39	32	
중국봄,여름배추	91	33	68	100	61	

2. 내병성 도입 및 검정(생물접종 및 분자마커)

가. 방법

(1) 뿌리혹병, 바이러스병 등 주요 병의 내병성 검정을 자사 생명공학연구소 병리연구팀에서 연 1회 실시하고 분자마커팀에서 마커검정을 병행하여 내병성 모본 선발

나. 실시내용

(1) 4년차

(가) 접종시험 - 231계통 및 품종, 4,975점 진행(표 16).
 (나) 분자마커검정 - 1,605점 분석
 (다) 분자마커를 이용한 Marker Assisted Selection (MAS) 시행
 (라) 선발된 모본은 춘화처리(춘계 : 저온처리, 추계 : 월동)하여 채종

(1) 5년차

(가) 접종시험 - 4,571점 진행(표 17).
 (나) 분자마커검정 - 1,132점 분석
 (다) 분자마커를 이용한 Marker Assisted Selection (MAS) 시행
 (라) 선발된 모본은 춘화처리(춘계 : 저온처리, 추계 : 월동)하여 채종 중

표 16. 내병성 접종시험

접종균주	접종주수	
	2020	2021
뿌리혹병 (race11)	1,850	1,482
뿌리혹병 (race4)	1,475	1338
바이러스 (TuMV-C4)	875	863
바이러스 (TuMV-C9)	775	888
계	4,975	4571

표 17. 내병성 마커분석

마커		분석량(점)	
		2020	2021
뿌리혹병 (race11)	CR11	208	123
	ECR11	316	246
뿌리혹병 (race4)	Y06	213	171
	Crr1	432	304
TuMV(C4)	C4V	141	142
TuMV(C9)	C9V	155	83
노균병	DM	140	63
계		1,605	1132

3. 조합작성 및 성능검정

가. 조합작성

- (1) 선행연구에서 선발된 모본으로부터 국내 판매용 배추 및 중국 수출용 배추 등 조합을 작성하여 작 작형별 성능검정을 진행하였음.

나. 국내배추 조합 성능검정

(1) 봄노지배추

- (가) 4년차는 춘광 등 대비종 포함 20여개의 품종 및 조합을 공시하여 2개 조합(17CC8926, 18CC9653)을 선발 함(그림 36).
- (나) 5년차는 오대 등 대비종 포함 23여개의 품종 및 조합을 공시하여 2개 조합(18CC9653, 20CC2117)을 선발 함

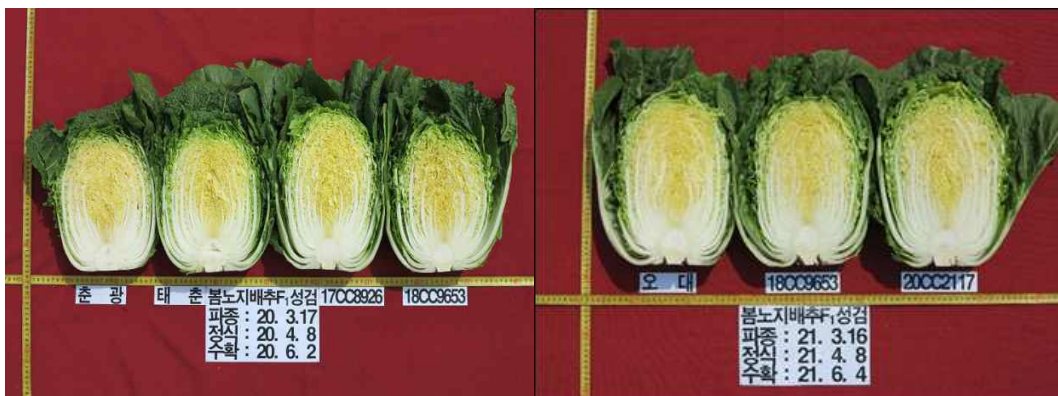


그림 36. 봄노지배추 선발조합

(2) 가을조기 배추

- (가) 4년차는 추광, 청명가을 등 50여개 품종 및 조합을 공시하여 1개 조합(19CC1109)을 선발함(그림 37).
- (나) 5년차는 추광, 청명가을 등 53여개 품종 및 조합을 공시하였고 선발 조합은 없음



그림 37. 가을조기배추 시험 포장 전경 및 선발조합

(3) 가을배추

- (가) 4년차는 휘파람, 가을동화 등 40여개 품종 및 조합을 공시하여 재배 시험하였으며 선발 조합은 없음
- (나) 5년차는 휘파람, 가을동화 등 35여개 품종 및 조합을 공시하여 재배 시험하였으며 1개 조합(21CC2599)을 선발 함(그림 38).



그림 38. 가을배추 시험 포장 전경

4. 국내외 지역연락시험

가. 국내 지역연락시험

- (1) 4년차는 강원도 평창군(대관령, 방림면) 지역에 대비종 및 조합을 공시하여 지역연락시험을 진행함. 평창군 대관령면 시험은 6월 1일 파종하여 6월 26일 정식하고 8월 26일 성능검정 하였고 평창군 방림면 시험은 7월 2일 파종하여 7월 27일 정식하고 현재 생육 중에 있음(표 18). 평창군 대관령면 시험에서 대비 3조합(17CC8926, 18CC9653, 19CC1261)을 선발 함(그림 39).

4년차 월동배추는 (19년 정식, 20년 조사) 남도장군, 겨울왕국 등 대비종 포함 40여개의 품종 및 조합을 2019년 공시 재배 시험하여 2020년 1개 조합(17CC8592)을 선발 함(그림 40).

- (2) 5년차는 강원도 평창군 방림면 지역에 대비종 및 조합을 공시하여 지역연락시험을 진행 함(표 18). 시험에서 춘광 대비 1조합(17CC8926)과 오대 대비 1조합(18CC9653)을 선발 함(그림 41).

5년차 월동배추는 (20년 정식, 21년 조사) 남도장군, 겨울왕국 등 대비종 포함 44여개의 품종 및 조합을 2020년 공시 재배 시험하였고 2021년 선발 조합은 없음

표 18. 2020년, 2021년 고랭지 지역연락시험 경종개요

장소	2020년		2021년
	강릉시 왕산면(안반데기)	평창군 방림면	
파종	20.06.01	20.07.02	21.04.07
정식	20.06.26	20.07.27	21.05.03
수확	20.08.26	20.10.12	21.07.02



그림 39. 강릉시 왕산면(안반데기) 포장 전경 및 선발조합



그림 40. 월동배추 선발조합



그림 41. 강원도 평창시 방림면 포장 선발조합

나. 국외 지역연락시험

- (1) 4년차는 중국 하북성 장가구 지역에 대비종 및 조합을 공시하여 지역연락시험을 진행함. 5월 25일 파종하고 7월 1일에 정식하여 9월 2일 평가를 진행하여 령룡황 대비 3조합 (17CC8518, 16CC7981, 17CC8495)을 선발함(그림 42).



그림 42. 하북성 장가구 포장전경 및 선발조합

5. 선발조합 채종시험

가. 채종시험

- (1) 17CC8926 외 6 조합에 대한 채종시험 진행. 19년 12월 10일 파종하여 월동, 20년 3월 19일 정식, 동년 6월 10일에 예취하였으며 채종 특성은 표 19와 같다.
- (2) 5년차는 4 조합에 대한 채종시험을 진행하였다(그림 43).

표 19. 2019년 채종시험 조합별 양친 특성

BN	조합명	호친	개화시	개화종	채종량(Kg)	정선량(Kg)
1	17CC8926	1	3/31	5/17	3.98	3.59
		2	3/28	5/15	3.55	3.41
2	18CC9653	1	3/27	5/16	4.43	4.33
		2	3/29	5/19	4.32	4.00
3	18CC9497	1	3/29	5/16	2.39	2.25
		2	3/31	5/17	2.27	2.03
4	17CC9004	1	3/30	5/16	2.07	2.00
		2	3/27	5/18	2.07	1.85
5	18CC9562	1	3/25	5/20	2.76	2.46
		2	4/1	5/22	1.96	1.86
6	18CC9590	1	3/30	5/19	2.69	2.52
		2	4/3	5/19	3.11	2.43
7	18CC9271	1	4/1	5/18	1.29	1.02
		2	3/22	5/15	1.38	1.34



그림 43. 채종시험포

6. 종자 국내매출 및 수출

가. 국내매출

(1) 796 백만원의 국내매출이 있다.

나. 수출

(1) 10.93 만불의 수출이 있다.

제 3절. 종자 순도 검정을 위한 고속 대용량 유전자형 분석시스템 구축 및 활용(3세부과제)

1. 연구개발의 추진전략·방법

가. 배추의 육종 품종에서 대량의 엘리트 라인의 유전체 재분석을 통한 유전자 변이와 품종 및 형질 간의 연관 분석을 통한 마커 개발을 하고 이를 활용한 종자 대량 순도 검증 시스템 개발과 활용 서비스 지원을 수행하고자 함(그림 1).

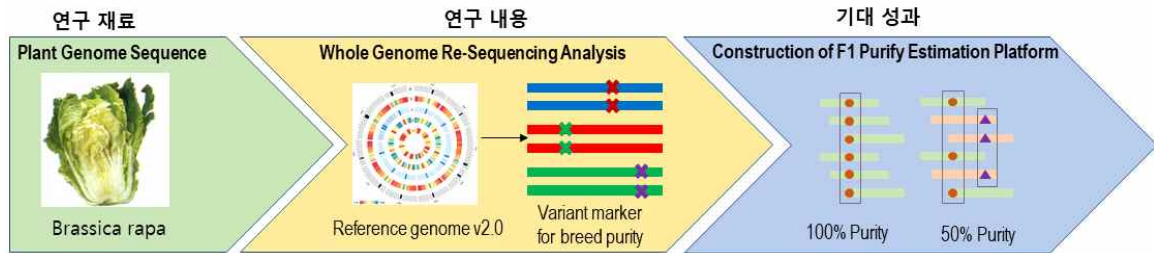


그림 1. 연구개발 추진전략

나. 배추 식물의 표준 유전체는 중국 연구팀에서 고도화된 *Brassica rapa* draft reference genome (Wang et al., 2017)의 2.0 버전을 발표하였으며 다른 배추과 식물인 유채(*Brassica oleracea*, Liu et al., 2014), 양배추(*Brassica napus*, Chalhoub et al., 2014), 흑겨자와 갯(*Brassica nigra* and *Brassica juncea*, Yang et al., 2016)의 draft genome 데이터가 공개되어 있음

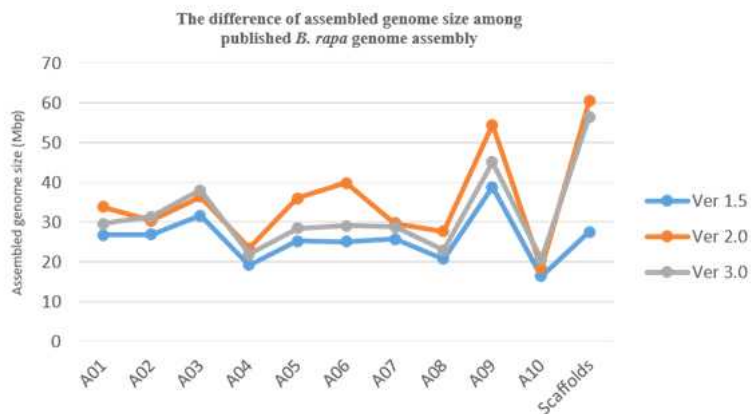
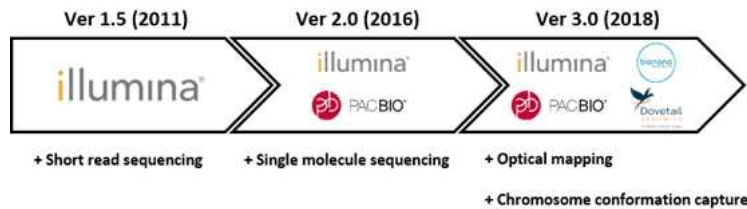


그림 2. 배추 표준유전체의 개선

- 다. 이 중 배추의 경우, 기존 2.0 버전에서 여러 문제점이 발견되어, 최근 PacBio의 long-read sequencing 기술과 Hi-C 기술을 적용하여 phasing 분석을 수행한 고도화 된 표준 유전체가 보고되었다 (Zhang et al. 2018). 다양한 품종의 표준유전체를 바탕으로 대량의 배추 품종에서 계통을 검증하기 위해서는 형질에 관련된 유전체 분석이 필수적임
- 라. 과제에서는 NGS 기술로 생산된 배추 샘플의 Whole genome re-sequencing 데이터에서 유전체 분석을 수행하여 품종과 형질에 관련된 유전자 변이를 동정하고, 계통 검증이 가능한 후보 마커를 개발하여 배추 종자의 대량 순도 검증 시스템을 확립하고자 함

2. 연구개발의 추진체계

가. 배추 유전체 재분석을 위한 파이프라인 구축 및 변이 발굴

- (1) 다양한 배추 종에 대한 공개된 표준 유전체 데이터 및 SNP/InDels 데이터를 확보하고 생산된 배추 WGS 데이터와 비교분석이 가능한 유전체 변이 발굴 파이프라인을 구축
- (2) 배추 표준유전체의 최신 버전 genome 서열과 genome annotation 정보를 The *Brassica* database(BRAD, <http://brassicadb.org>)에서 데이터 확보
- (3) Whole genome re-sequencing 기술로 생산된 raw 데이터의 read들을 reference 기반으로 BWA, Bowtie2와 같은 alignment 프로그램을 사용하여 배추 표준 유전체에 mapping함. Mapped read들의 정보를 담고 있는 BAM 파일에서 필수적인 전처리 과정들(중복 서열 제거, 서열 염기 품질점수 재계산등)을 수행
- (4) 처리된 파일들을 GATK의 HaplotypeCaller의 기능을 이용하여 단일 샘플 또는 다중 샘플에서 변이들(SNPs/InDels)을 탐색. 발굴된 raw 변이들에서 신뢰성이 높고 허위로 판단된 변이들을 제거하는 필터링 단계를 거침
- (5) 위에서 언급된 여러과정들을 가장 널리 쓰이고 있는 방법들을 참고하여 표준화된 파이프라인을 구축하고 이를 바탕으로 대량의 배추 샘플에서 유전체 재분석을 수행하고 유전체 서열 변이인 SNPs와 InDels을 탐색(그림 3).

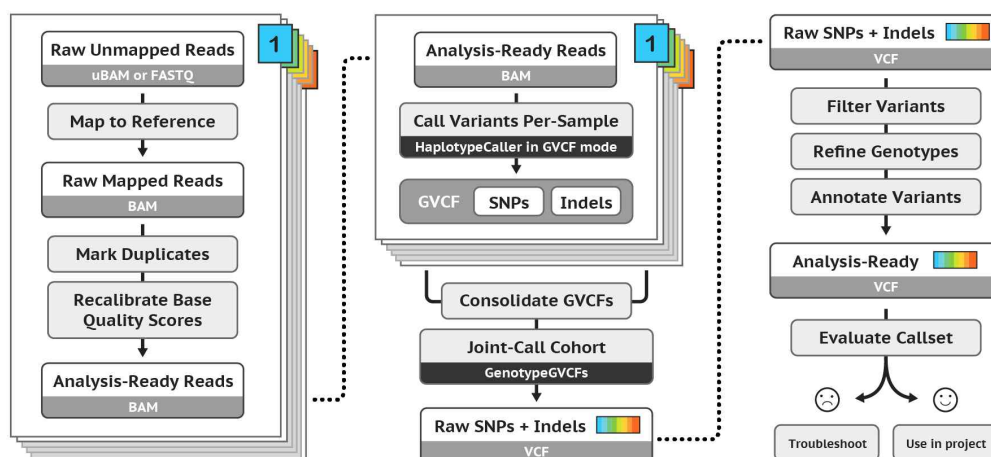


그림 3. 마커 개발 파이프라인

나. 품종 및 형질 연관 마커 개발을 통한 MAB 마커 세트 검증

- (1) 대량의 유전체 변이 데이터에서 품종 및 형질에 연관된 유전자 변이를 탐색하기 위해서 GWAS(Genome Wide Association Study) 기법을 진행
- (2) 배추 샘플에서 정의된 표현형, 형질 그리고 품종을 바탕으로 샘플 세트를 나누고 각 단일 샘플 또는 다중 샘플의 SNPs/InDels을 분리하여 특정집단의 genome-wide한 genotype을 위해서 SNPs/InDels과 형질 간의 연관 분석을 통계적인 방법인 GWAS 테스트를 수행
- (3) 통계적 모델을 통해 예측된 품종 및 형질에 특이적인 SNPs/InDels 후보 세트를 발굴하고 LD(Linkage Disequilibrium)와 QTL(Quantitative trait locus) 분석을 이용하여 특정 형질을 나타내는 유전자와 함께 움직이는 SNPs/InDels 후보들을 MAB 마커 세트 후보로 결정
- (4) 결정된 후보 마커 세트들이 유전자 발현에 영향을 미치는지 품종별로 종자 순도 검증이 가능한 MAB 마커세트를 실험적으로 검증

다. 대량 순도 검증 시스템 개발 및 활용 서비스 지원

- (1) 실험적으로 검증된 마커세트를 바탕으로 테스트 세트에서 검증이 가능한 종자 순도 검증 시스템을 개발하고 실용화 플랫폼 서비스를 구축
- (2) Phylogeny, kinship 분석 등을 통해 유전적 다양성 정도 혹은 유전적 고정 정도, 혼입여부를 평가할 수 있는 프로그램을 개발
- (3) 개발된 프로그램을 바탕으로 마커 세트를 지표로 생산된 유전체 변이 데이터에서 샘플의 purity를 측정하여 종자의 순도를 평가하는 시스템을 개발
- (4) 검증 시스템으로 축적된 데이터를 수집하여 다양한 품종의 종자 순도를 측정하는 플랫폼에서 품질검사에 활용할 수 있도록 지원(그림 4)

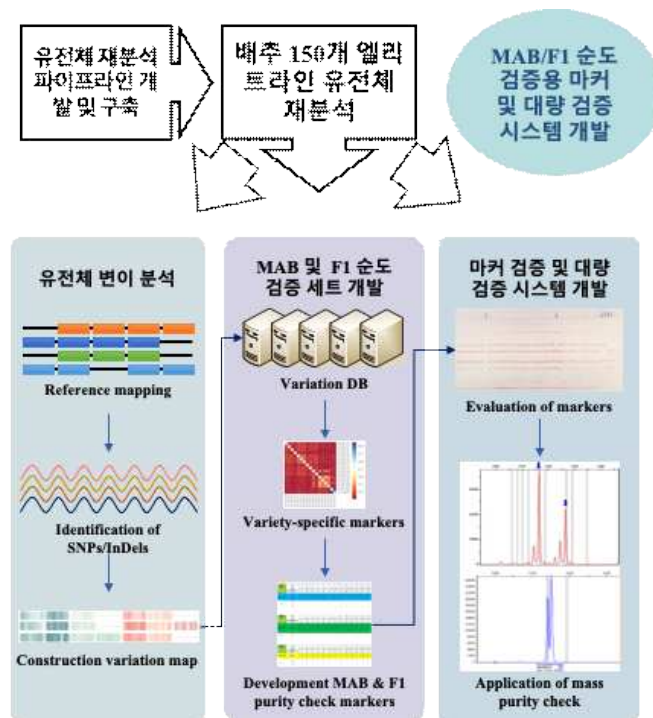


그림 4. 연구개발 추진체계

3. 연구 결과

가. 핵심 집단 기원지 조사

- (1) 동아시아 지역에서 수집된 현대 배추 육종에서 활용되는 계통 및 유전자원 156점을 활용하여 배추의 핵심 집단을 구성하였음
- (2) 본 집단에 대하여 다년간의 형질조사가 이루어졌으며 3차에 거친 resequencing project로 Illumina short read 기반의 총 3.13 Tbp 수준의 NGS 데이터의 활용이 가능함
- (3) 핵심 집단내의 계통의 분류 및 조성에 대한 고찰이 이루어지지 않아 품종 특이적 SNP의 식별에 앞서 문헌조사 및 개별적인 설문을 통해 핵심 집단내 계통의 기원지 정보를 조사하였음
- (4) 조사결과, 핵심 집단은 크게 국내 (76개 계통), 중국계 (58개 계통), 비 배추형 (16개 계통), 및 일본계 (6개 계통) 배추의 순으로 이루어져있으며 국내 육성 집단 및 중국계 유전자원이 핵심 집단 내에서 큰 비중을 차지하고 있었음(그림 5).



그림 5. 배추 핵심 집단의 기원 및 아종에 따른 5개 분류

- (5) 국내 육종가들로부터 공유받은 품종에 대한 구체화 및 개별적인 설문 조사를 진행하여, 일부 유전자원들에 대한 부모본 품종 정보, 기원지, 도입 및 개발 시기 정보를 확보함
- (6) 배추에 있어서 중요한 형질 중 하나인 작형을 조사하였을 때, 국내 육성 품종에서는 봄과 가을작형의 배추가 많은 것을 확인하였음(그림 6).

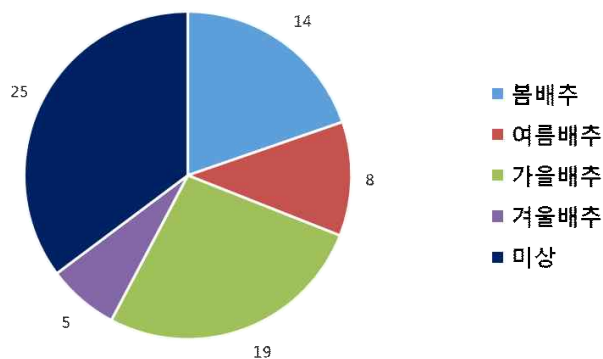


그림 6. 국내 유래 계통의 계절별 작형 분류

- (7) 중국계 배추는 한국에서 육성되고 있는 배추의 기원에 해당하며, 문헌조사를 통해 이를 북방계, 산동계, 남방계로 구분이 가능함을 확인하였음.
- (8) 품종명으로 기원을 파악 가능한 경우도 있었으나 사진 자료 및 표현형 조사 결과로 분류를 수행하여 보유한 중국계 배추를 분류하였다. 그 결과 북방계 (10개 계통), 남방계 (5개 계통), 산동계 (1개 계통) 순으로 중국계 유전자원을 분류할 수 있었다(그림 7).

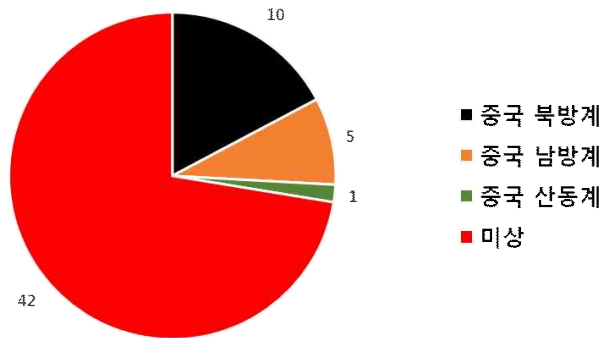


그림 7. 중국계 배추의 기원지 분류

- (9) 핵심 집단은 배추의 상업적인 육종이 시작된 19세기말 이후 육성된 품종, 동아시아 전역의 지역 재래종, 그리고 현행 국내 육종자원들을 하나로 통합한 유전자원이라는 것에 큰 의미가 있음.
- (10) 문헌조사 결과, 중국의 지역 재래종들은 다양한 경로를 거쳐 한국 및 일본으로 유입이 되었고 1920년대에 결구 형질이 고정된 품종군이 일본에서 출현하였음.
- (11) 수량 및 수송성이 우수한 일본 품종은 1950년 이후 F1 hybrid를 활용한 식량 증산에 초점이 맞춰진 한국의 육종 프로그램에서 부모본으로서 적극적으로 활용되었음.
- (12) 이후 봄여름 작기에서의 추대 억제, 여름 작기에서의 생산을 위한 내서성, 배추 생산에 큰 저해 요인으로 알려진 뿌리혹병 저항성 도입 등과 같이 재배 가능 환경의 확대와 수량 증대를 위해 시기별로 새로운 해외 유전자원을 도입하거나 분리계를 선발하여 현재의 한국 배추 품종군이 구성되었음(그림 8).

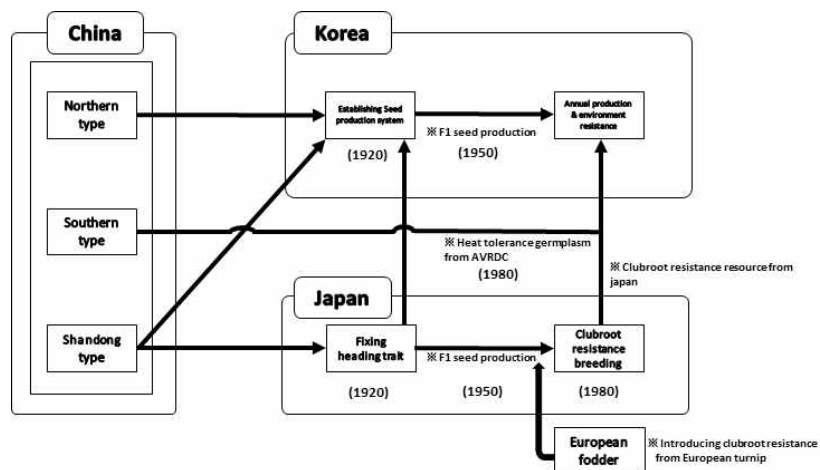


그림 8. 20세기 이후 동아시아의 배추 육종 흐름의 모식도

나. 핵심집단의 유전체 재분석을 위한 파이프라인 구축 및 재분석 결과

(1) 작업의 대상 (Preparing NGS data)

(가) Illumina NovaSeq 및 HiSeq platform으로 paired-end sequencing이 수행된 배추 156개 NGS 데이터가 대상임(그림 9).

(나) 계통별 변이 탐색에 활용한 배추의 표준 유전체: *Brassica rapa* spp. *pekinensis* (ver 3.0)

(2) 데이터 전처리 및 표준 유전체 상의 alignment (Read preprocessing & alignment)

(가) Sequencing 데이터의 전처리 (Preprocessing)

- ① FastQC(v.0.11.8)를 통해 계통별 read sequence의 quality 및 adaptor 서열의 존재 유무 확인함.
- ② Trimmomatic (v.0.36)를 통해 sequencing error 확률이 높은 영역 및 adapter sequence가 나타난 read들을 제거함
- ③ BWA(v.0.7.17-r1188)를 활용하여 read의 표준 유전체상의 alignment를 수행함.

(3) Alignment 결과의 편집 (Bam file modification)

(가) Bam 파일 결과의 quality filtering 및 PCR duplication 제거함

- ① SAMtools(v.1.9)를 이용하여 alignment 결과인 SAM을 BAM 포맷으로 전환하고 MAPQ가 30이하(-q 30)인 read sequence를 제거함
- ② picard-tools의 MarkDuplicates 옵션을 이용하여 mapping된 read들 중 PCR duplicate를 제거함

(나) Indel 영역에 mapping된 read의 realignment

- ① GATK package (v.3.7)의 RealignerTargetCreator 옵션으로 genome assembly 상의 read가 mapping된 영역상의 InDel 위치를 식별하고 IndelRealigner 해당 위치의 read에 대한 alignment를 재수행함
- ② picard-tools의 AddOrReplaceReadGroups 기능으로 계통별 파일에 계통 ID 정보를 BAM 파일의 read group에 부여함

(4) 변이 정보의 구성 (Variant calling)

(가) 각 계통의 BAM 파일로부터 변이 정보를 생성

- ① bcftools(v.1.9)의 mpileup과 call 기능을 파이프로 연결한 명령어를 통해 계통별 BAM 파일로부터 변이 정보를 VCF 포맷으로 구성함
- ② bcftools(v.1.9)의 filter 옵션으로 계통별로 1차적으로 구성한 vcf 파일을 계통의 sequencing depth에 따라 구분하여 필터링함
- ③ 30X 이상: -i 'GT="1/1" && %QUAL>=30 && DP>=30'
- ④ 30X 미만: -i 'GT="1/1" && %QUAL>=30 && DP>=3'

(나) 계통 개별적 변이 정보의 통합 및 집단 SNP의 필터링

- ① 계통별로 구성한 vcf 파일들을 In-house perl script로 취합하여 배추 156개 계통이 이루는 집단에서 나타날 수 있는 모든 SNP 위치를 식별하고 이를 text 파일로 저장함
- ② bcftools(v.1.9)의 mpileup과 call 기능을 파이프로 연결한 명령어에 156개 계통의 bam 파일과 집단 SNP 위치 정보를 입력하여 집단에 대한 joint variant calling 수행함
- ③ vcftools(v.0.1.13)을 통해 집단 내에서 multi-allelic SNP가 나타나는 position을 필터링 및 depth가 3 이하인 genotype은 missing value로 변환함

- ④ plink(v.1.90b6.9)의 기능으로 maf(minimum allele frequency) 0.05 미만, missing rate 10% 이상의 SNP position을 필터링함
- ⑤ Tassel 5.0 GUI software를 통해 heterozygous allele의 비율이 10% 이상인 SNP 위치를 제거함
- ⑥ plink(v.1.90b6.9)를 활용하여 LD pruning을 수행함(Sliding window: 50 SNPs, Step: 5 $R^2 \geq 0.3$)

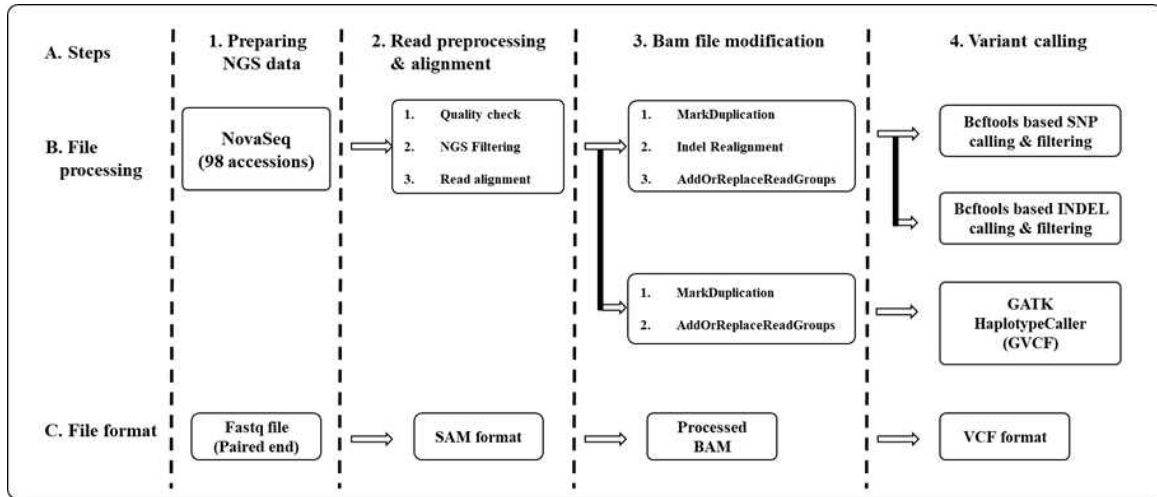


그림 9. 핵심집단의 NGS 데이터를 활용한 계통별 변이 탐색을 위한 파이프라인

- (5) 유전체 재분석 결과, 핵심집단에서 배추 표준 유전체(Ver 3.0) 대비 348,130개의 SNP 변이를 확인함(표 1)
- (6) 본 결과는 핵심집단의 유전체 구조의 추정, 계통 특이적 SNP의 식별, 및 SNP의 검증 및 유전형 검증을 위한 프라이머 디자인에 활용됨

표 1. 집단 SNP의 필터링에 따른 가용 SNP의 변화

Filtering condition	Number of SNPs
Raw VCF file	7,850,917
Minimum depth for each genotypes < 3	4,160,405
Missing rate for one position $\leq 10\%$	3,985,235
Heterozygosity for one locus > 10 %	3,985,235
Linkage disequilibrium pruning (Sliding window = 50, Step = 5 $R^2 \geq 0.3$)	348,130

나. 핵심집단의 유전체 구조 분석

- (1) 배추 핵심집단의 SNP 데이터를 활용한 STRUCTURE 분석으로 핵심집단의 유전체 구조를 밝히고 분석에 의한 clustering 결과가 실제 계통들의 기원지 및 특성과 일치하는가에 대한 분석을 수행함
- (2) 유전체 핵심집단의 문헌 검색을 통해 확보한 국내 도입 시기 및 집단 분류를 기반으로 유전체 구조를 배열한 결과는 다음과 같았음
 - (가) 분석 집단을 배추와 비배추로 구분하였을 경우(그림 10, K=2), 배추 육종 초기에는 비배추 계열의 유전체 비율이 높았으나, 배추 육종이 진행됨에 따라 비배추 계열의 유전체 비율이 감소하는 경향을 보였음

- (나) 1970년대 후반 내서성 육종의 필요성에 따라, 중국 남방계 배추가 도입되어, 일부 계통에서 비배추 계열의 비율이 증가하는 것을 확인함
- (다) 분석 집단을 국내 계통, 중국 계통(북방계, 남방계, 산동계) 및 일본 도입 계통으로 구분하였을 경우 (그림 6, K=5), 비배추 유전체가 세분화된 것을 확인함
- (라) 초기 비배추 유전체 영역에서 중국 북방계와 중국 남방계가 구분되었으며, 배추 육종 초기 중국 북방계가 도입되었으며 이후 중국 남방계 배추가 도입되었음을 확인함

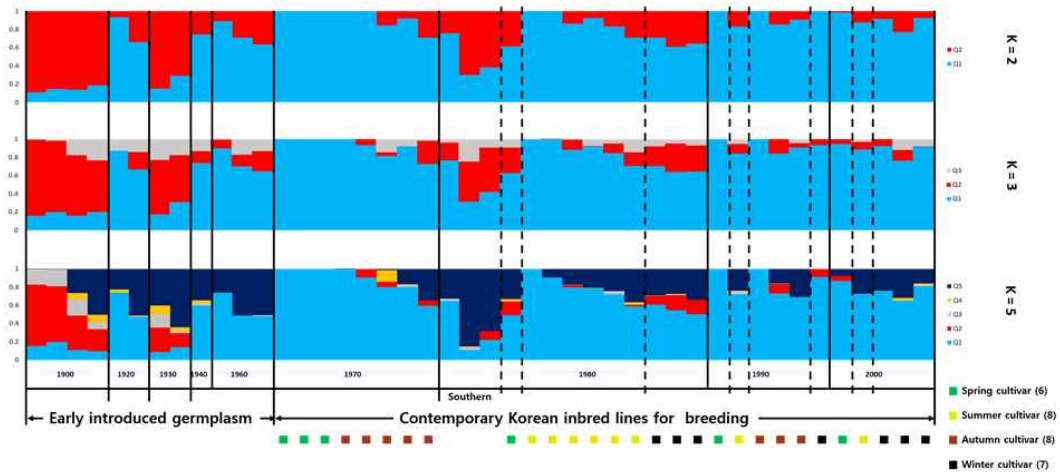


그림 10. 유전분석을 통해 나타난 한국 배추 육종사의 시기별 집단의 유전체 구조 변화

다. 핵심집단내의 소그룹 특이적인 변이의 식별

- (1) 문헌조사와 STRUCTURE 분석 결과를 통해 배추 핵심집단 내에는 총 4개의 그룹이 나타나는 것을 확인함. (비배추, 중국배추, 초기도입그룹, 한국육종그룹)
- (2) 중국배추의 경우 북방계와 남방계의 서로 구분되는 그룹으로 분류되는 것을 확인함(그림 11).

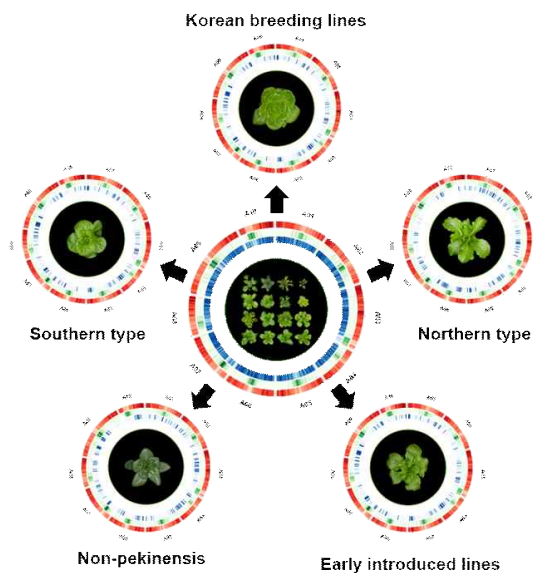


그림 11. 배추 핵심집단 내에서 그룹별 특이적인 변이의 분포

- (3) 변이데이터를 선택된 그룹별로 분할하여 해당 그룹이 집단 내에서 우세하게 보이는 변이를 식별하는 파이프라인을 구축함(그림12).

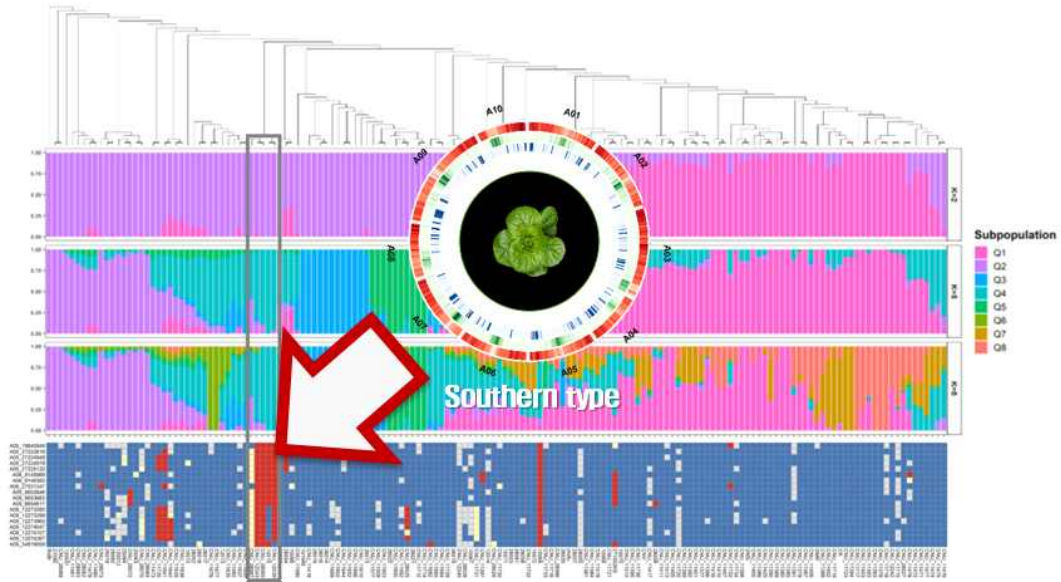


그림 12. 파이프라인을 통해 식별된 남방계 배추 특이적인 변이의 예시

라. 계통 특이적 마커 개발을 위한 계통 특이적 변이 선발

- (1) 핵심집단 내에서 식별된 SNP를 대상으로 계통 특이적인 SNP를 식별하고 최종적으로 계통 구분용 KASP 마커 디자인의 수행을 위한 작업 체계를 구성함(그림 13).

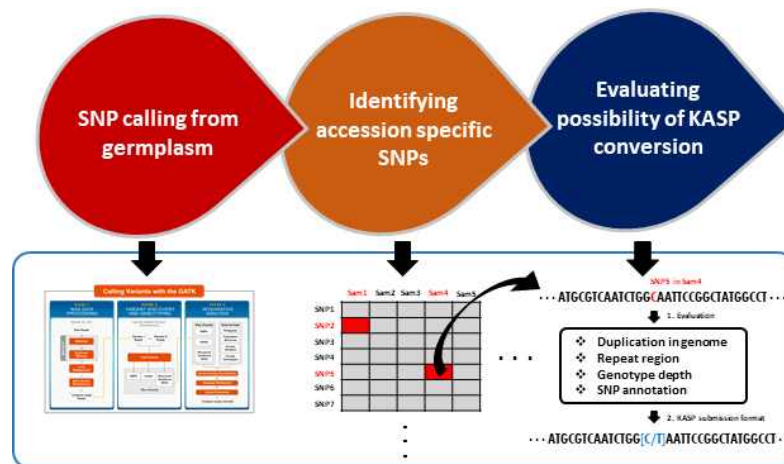


그림 13. 계통 특이적 SNP를 활용한 계통 구분 마커의 개발 체계의 모식도

- (2) 배추 핵심집단 내의 SNP를 식별 및 이에 대한 계통별 genotype을 확인한 이후, 동일한 SNP 변이 위치에 대한 계통간의 비교를 수행하였으며 전체 집단 내에서 특정 계통만이 보유한 자체적인 SNP들의 screening을 위한 알고리즘을 자체 스크립트로 구현함(그림 14).

(가) 자체 스크립트는 집단의 VCF 파일의 genotype 정보를 input으로 활용함

(나) VCF 파일 내에 기재된 각 SNP position에 대해 집단내의 오직 한 계통에서만

alternative homozygous allele이 나타나는 SNP를 확인함
 (다) 집단내 SNP position의 genotype들 중 heterozygous allele이 1개 이상 나타난 경우 해당 SNP를 제외

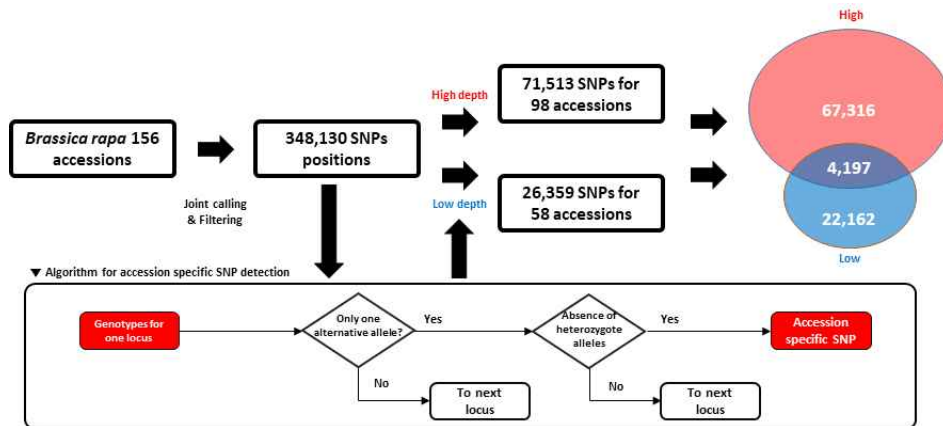


그림 14. 계통 특이적 SNP 식별 알고리즘 적용을 통한 그룹별 계통 특이적 SNP의 산출

(3) 배추 핵심집단 156개 계통을 sequencing depth 30X 기준으로 분할 후 그룹별 계통 특이적 SNP를 식별하고 이를 비교함

(가) 개발한 스크립트를 통해 Sequencing depth 30X 이상(98개 계통) 및 이하(58개 계통) 그룹에서 각각 71,513개와 26,359개 계통 특이적 SNP의 식별함.

(나) 그룹 간 공통적인 SNP position 4,197개를 제외하여 156개 계통 전체에 대한 89,478개의 계통 특이적 SNP를 최종 식별함

(다) 계통을 기원지 및 출처별로 분류하고 카테고리별 계통 특이적 SNP를 정렬하였을 때 *Brassica rapa pekinensis*에 해당하지 않는 카테고리 내의 계통들로부터 현저하게 많은 계통 특이적 SNP들이 나타났다(그림 15). 이러한 현상은 배추의 형성 과정에서 관여하지 않은 *Brassica rapa* spp. *oleifera*와 *Brassica rapa* spp. *trilocularis*에 해당하는 계통들에서 크게 나타남

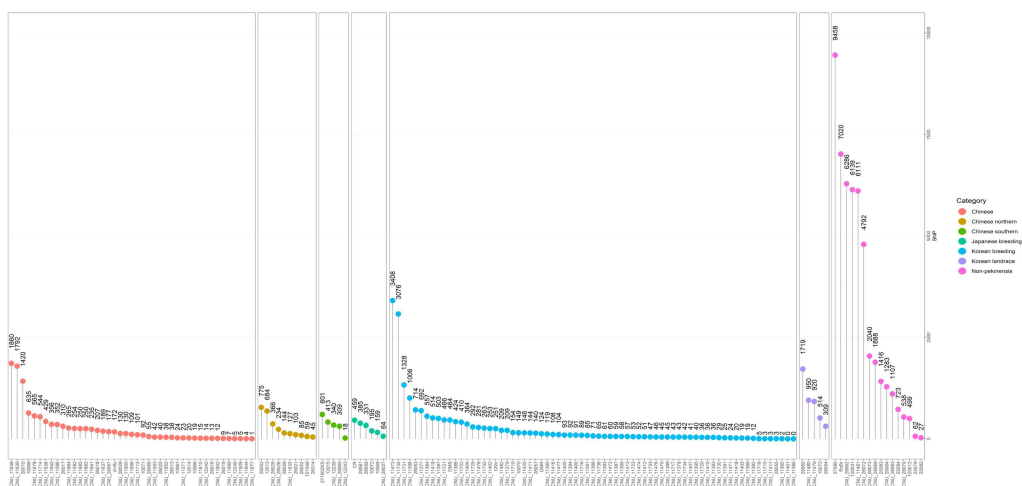


그림 15. 핵심집단의 카테고리에 따른 계통 특이적 SNP의 수

(라) Genome assembly 상의 위치정보를 활용하여 계통들이 보이는 특이적 SNP의 계통의 특이

적 SNP를 chromosome 별로 집계하여 이를 시각화함(그림 16)

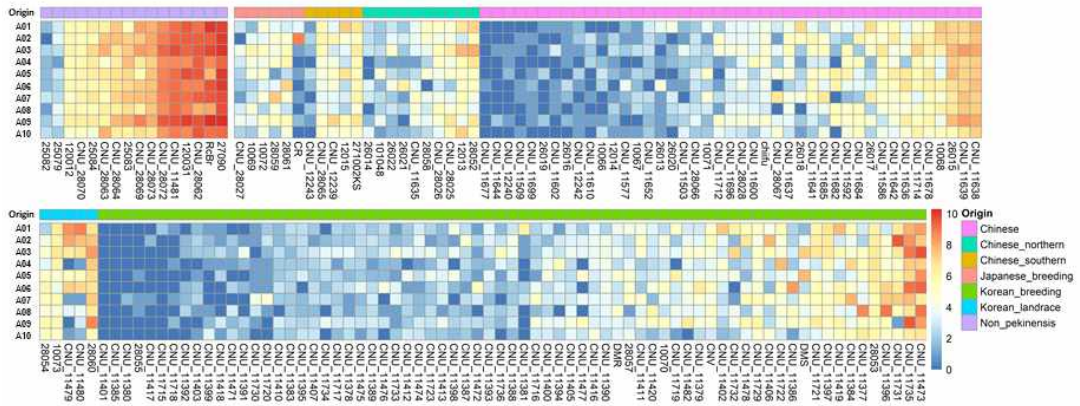


그림 16. 배추 핵심집단 내 계통 특이적 SNP의 chromosome별 분포

(마) 계통 특이적 SNP의 chromosome 별 heatmap을 통해 계통 별로 육종에 기피되거나 반영도가 낮은 유전적 영역의 추정을 기대할 수 있음

(4) 핵심 집단내의 계통에 대해 나타난 모든 계통 특이적 SNP의 실질적인 마커 전환 가능성 평가를 수행하였으며, 평가는 계통 특이적인 SNP 자체 및 SNP 인접 서열의 특성을 고려하여 진행되었으며 작업에서 고려한 요인 및 수행 방법은 아래와 같음

(가) BLASTN을 통해 SNP 인접서열(SNP 좌우 250 bp)의 배추 표준 유전체 상에서의 중복된 빈도 및 수준 확인을 고려함

- ① SAMtools의 faidx 옵션으로 SNP position의 좌우 250 bp에 해당하는 영역을 추출 및 fasta 파일로 저장함
- ② 계통 특이적 SNP를 포함한 501bp 서열을 BLASTN으로 배추 genome assembly 상에 mapping 후 이를 집계함

(나) 배추 genome assembly ver 3.0에서 제공한 transposon element(TE) 관련 gff 상에 기재된 총 201,261개의 repeat 식별 영역 상에 계통 특이적 SNP의 존재 유무 및 SNP 인접서열이 overlapping되는 수준의 평가함

- ① tabix(v.0.2.5)로 계통 특이적 SNP만을 포함하는 vcf 파일을 indexing 함
- ② tabix(v.0.2.5)로 모든 TE 영역 범위 내에 나타난 계통 특이적 SNP 및 이를 보유한 계통명을 확인함
- ③ 자체 스크립트로 SNP 인접서열 (501bp)의 추출영역과 TE 식별 영역의 overlapped length를 계산함

(다) 자체 스크립트로 배추 핵심집단 SNP의 vcf 파일에서 계통별 genotype을 기재한 정보 중 계통 특이적 SNP 그룹만의 genotype depth 정보만을 추출 후 정리함

(라) snpEFF(v.4.3t)를 활용하여 계통 특이적 SNP들의 annotation을 수행하여 SNP의 유전자 구조상의 발생 위치 및 효과를 판별함

(5) 계통별 계통 특이적 마커 지도 작성

(가) 계통 특이적 SNP의 위치를 변이 데이터 구성에 활용한 배추 표준 유전체 상의 위치 정보를 표기하고 이를 MapChart(v.2.32)를 활용하여 계통별로 시각화하였다(그림 17).

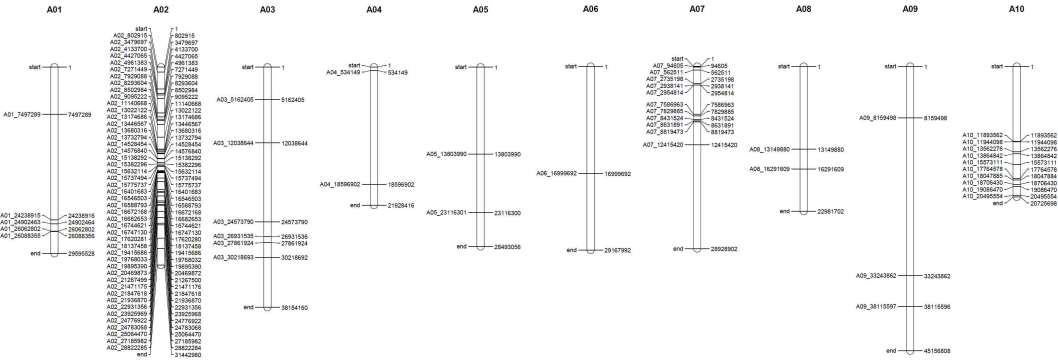


그림 17. 계통명 C-26의 계통 특이적 SNP의 배추 표준 유전체상의 분포

- (나) 동아시아 배추의 전체 집단 수준에서 작물의 육종 역사에 반영되지 않은 계통의 식별함.
- (다) 계통별로 현대 배추의 육성에 이용되지 않은 유전체 상의 영역의 추정함
- (라) 핵심집단 내에서 계통 특이적인 변이 영역이 크게 나타나는 계통의 선별이 가능함

마. 계통 특이적 변이 검증

- (1) 구성한 파이프라인을 통해 식별된 계통 특이적 변이의 검증을 수행함. 배추의 분류 카테고리들 기원 지 및 한국 육종자원, 한국 재래종, 중국 북방계, 중국 남방계, 일본 육종자원으로 분류함
- (2) 현재 보유한 30X 이상으로 sequencing이 수행된 자원 중, 문헌상의 육성과정 및 조사된 표현형 자료 등을 통해 서로 유전적 거리가 가까운 계통들을 식별할 수 있었으며, 아래와 같이 각 카테고리 별로 근연의 2개 계통을 선별하여 총 10개의 계통을 계통 특이적 변이의 검증 과정에 반영함(표 2)

표 2. 계통 특이적 SNP의 실험적 검증을 위해 선별된 10개 계통의 정보

#	Accession ID	Geographic origin	Scientific name	Detail
1	26021	Chinese northern type	<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>pekinensis</i>	E1
2	26022		<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>pekinensis</i>	E2
3	CNU_12239	Chinese southern type	<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>pekinensis</i>	501
4	12015		<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>pekinensis</i>	FT-50
5	28059	Japanese breeding lines	<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>pekinensis</i>	평충1호
6	28061		<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>pekinensis</i>	송도신2호
7	CNU_11411	Korean breeding lines	<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>pekinensis</i>	C-33
8	CNU_11412		<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>pekinensis</i>	C-34
9	CNU_11479	Korean landrace	<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>pekinensis</i>	11수-9
10	CNU_11480		<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>pekinensis</i>	11수-10

- (가) 계통명 E1과 E2는 중국 심양 농업대학에서 공여된 자원으로 전형적인 북방계 배추의 특성이 실린더형 결구를 이루며 결구 선단은 바깥쪽으로 말리는 특성을 나타냄
- (나) 계통명 501과 FT-50은 남방계 배추로 포피형의 소구를 이루며 잎털(trichome)이 나타나지 않음
- (다) 평충1호와 송도신2호는 일본에서 20세기 초중반에 걸쳐 중국 산둥계 배추를 기반으로 육성이 이루어진 계통이며, 평충1호는 배추와 양배추의 속간잡종에 송도신2호를 여교배하여 배추에 양배추의 병저항성을 도입한 계통으로 확인됨
- (라) C-33과 C-34는 현대종묘에서 공여된 계통으로 동일 계통의 분리된 계통임
- (마) 11수-9와 11수-10은 바이오브리딩에서 공여된 계통들로 한국 재래종이며 두 계통의 차이는

잎털(trichome)의 유무임

- (3) Sanger sequencing을 통한 계통 특이적 변이 검증을 위한 변이 선발 및 primer3를 활용하여 선정된 10개 계통들의 특이적 SNP 평가 인접서열로 프라이머를 design 한 후 SNP 평가 결과를 반영하여 계통 각각에 대하여 2개의 SNP에 대한 검증용 프라이머를 선발함(표 3)
- (가) 선별된 10개 계통 특이적 SNP에 대한 평가 결과에서 SNP 인접서열이 배추 표준 유전체 상에 duplication이 없는 SNP를 선택함
- (나) 계통 특이적 SNP가 유전체 상의 반복 염기서열 영역 내에 위치하거나 SNP 인접서열이 반복 염기서열 영역과 겹치는 SNP의 경우 프라이머 구성 대상에서 제외함

표 3. 대표적인 10개 계통의 선별된 계통 특이적 SNP의 염색체별 분포

Accession IDs	A01	A02	A03	A04	A05	A06	A07	A08	A09	A10	Total
26022	1	1	1	0	0	0	1	1	0	1	6
26021	0	1	1	0	1	13	1	0	0	0	17
CNU_12239	3	6	0	2	4	0	2	2	18	6	43
12015	8	5	2	2	17	1	2	2	6	5	50
28059	2	2	4	1	0	1	43	3	12	1	69
28061	2	2	12	8	2	21	11	0	11	7	76
CNU_11412	0	1	2	0	0	0	1	0	1	4	9
CNU_11411	1	2	3	0	0	1	6	2	4	2	21
CNU_11479	45	46	13	0	11	30	0	1	0	0	146
CNU_11480	51	23	19	0	10	26	0	1	1	0	131
Sum	113	89	57	13	45	93	67	12	53	26	568

- (4) 배추 10개 계통에 대해 1차 선별한 계통 특이적 SNP들의 인접서열 (501 bp)을 input으로 primer3를 활용하여 각 인접서열에서 프라이머를 구성하였으며 조건은 아래와 같음
- (가) 프라이머는 인접염기서열상의 251bp에 위치하는 SNP를 targeting
- (나) SNP 기준 좌우 50bp 영역에서 프라이머 서열이 제작되지 않도록 masking
- (다) 프라이머의 product size는 300 ~ 350 bp로 설정
- (5) 568개의 입력된 SNP 인접서열에 대해서 146개 서열에 대해 프라이머가 구성되었으며 이는 조사된 SNP의 정보에 우선순위를 두어 계통별로 2개의 프라이머 세트를 선발함
- (가) 계통 특이적 SNP는 유전자에 대한 발생위치에 따라 Exon/Intron/5'-UTR 순으로 구분하고 해당 순서에 따라 우선순위를 부여
- (나) SNP의 발생위치가 같은 경우 SNP를 지지하는 read의 depth가 높은 것을 선택
- (6) 10개 계통의 계통 특이적 SNP 검증을 위한 프라이머 세트의 구성은 표 4과 같음

표 4. 선별된 10개 계통의 계통 특이적 SNP 검증을 위한 SNP 인접영역 증폭 프라이머 세트

Accession	SNP position	Forward primer			Reverse primer			Product size
		Primer sequence	Tm (°C)	GC (%)	Primer sequence	Tm (°C)	GC (%)	
12015	A03_2956471	CGCAACACTCTCCTGCGTA	61.18	57.90	CCACGTCTCCTTCTCTCC T	60.78	60.00	350
12015	A05_6836152	CCTTCAGCTTTGGAACCGC	63.13	57.90	GAAGGCACTCTGTGTCT GCC	62.33	57.14	318
26021	A06_6118599	CTGGAGTCGCTTGTGCATC	60.57	57.90	CTTTACTCCCCACAACGG C	60.50	57.90	301
26021	A02_18369509	ATGCGCTCGGACATACTCG	62.33	57.90	GCGGGCTTGTCTTGTCT C	60.94	57.90	308
26022	A01_6548614	GGCTGGCGAGAAGGAAGT	60.50	61.11	GTGGAAGTCTGGAAACGC C	60.65	57.90	304
26022	A03_3737651	GCTCTTGACCAGCCATTCC	60.76	57.90	GTTGACCCCGTTGGAGCA	63.14	61.11	304
28059	A07_23193769	CACGGTGAGTTCAAGCGAG	60.60	57.90	CTCCGGCAACGTCTCTT AC	62.09	60.00	320
28059	A07_23181319	CACACCACCTCTTGTGG	59.98	57.90	CTCCTGTTGCAGCTCGTG T	60.20	57.90	343
28061	A10_450622	GTATCCAGATCCTGACCC G	62.85	60.00	CCACCATGCGTTCACACT C	61.19	57.90	350
28061	A06_19890710	CAGCTCCAACCAAAGCAGG	61.92	57.90	CGTGCATCTCCTCAACAG C	60.57	57.90	307
CNU_11411	A09_37233481	GGCGTTTGGTGACAGGAAC	61.52	57.90	ATCCTCTTGCCTAGCTCC G	59.54	57.90	350
CNU_11411	A07_20012970	GCTAGGGATAAGTCACGC AGG	61.14	57.14	CGTCTCACCTCCAACGTA CC	60.57	60.00	310
CNU_11412	A09_42427036	GCTGGAGAGAAGCAAGAC G	58.84	57.90	TCCTCGTGGTTTCCGCTA C	61.19	57.90	332
CNU_11412	A07_21781162	GAGGCATCAGTGGTCTGA GT	61.66	57.14	GAACCACCCAGAAGAGAG GG	61.02	60.00	341
CNU_11479	A06_3079806	CTAACCGAGCTTCGTCTGG TC	61.32	57.14	CTAAGGACATGGGTGTGG GG	62.50	60.00	336
CNU_11479	A03_21060850	CACCTACGGAGGAAGAGCT G	61.14	60.00	GGTGTGTGTCTTGGTCTG G	59.99	57.90	316
CNU_11480	A03_10121108	GAGTATCTCCAGTCCCGC C	60.99	60.00	GCTTTGACAGTACCCCTCA CC	61.97	60.00	326
CNU_11480	A01_11372183	CTGTCTCTGGGGATGCAGA C	60.83	60.00	CCTCCGTGAAAACGACAT C	61.48	57.90	339
CNU_12239	A09_12241049	CGAAACCAGGAAGACCACG	61.64	57.90	GAGGCTGGAGGGCAAATC T	61.66	57.90	338
CNU_12239	A09_20123503	GCGCTCATCTTCTCCGTA	61.45	57.90	CACCCAGCAGAGTAGTGG GA	61.27	60.00	310

(가) 10개 계통의 SNP 인접 서열을 증폭 후 sanger sequencing을 통해 계통 특이적 SNP를 실험적으로 검증하는 작업을 현재 진행 중

(7) 계통 특이적 SNP의 KASP 마커 전환

(가) Primer3의 SEQUENCE_FORCE_LEFT_END 옵션을 활용하여 변이 위치를 forward primer sequence의 3' 말단에 고정하여 10개 계통별로 서로 다른 특이적 SNP 4~5개를 targeting하는 50개의 KASP 마커를 구성함

(나) 목표로 하는 변이 위치에 대하여 경쟁적으로 증폭 반응이 이루어지는 KASP 마커의 특성에 따라 계통 특이적 SNP의 reference allele과 alternative allele에 대한 각각에 대한 primer와 common primer를 구성함(표 5).

표 5. 배추 10개 계통 특이적 SNP를 통해 제작된 50개의 KASP 마커 세트

#	Accession ID	Chr	Position (bp)	Primer_Allele1[FAM]	Primer_Allele2[HEX]	Primer_Common
1	12015	A01	23496706	GGACTTGCAAGGCTACAACAAC	GGACTTGCAAGGCTACAACAAA	GCCGGAAACTGAACAAGCTG
2	12015	A05	1431494	GTATACCCATAACCGGACCAAC	GTATACCCATAACCGGACCAAT	CCTTTCATGATATCTTTGATCTCCAC
3	12015	A05	11683059	AGCTTGTCGGAAGCACTAAAC	AGCTTGTCGGAAGCACTAAAT	TTCTGGTCGACCGATGTTCC
4	12015	A05	17280741	AATCTCCCGGAGCTCATTGA	AATCTCCCGGAGCTCATTGG	TGAGTCACAAAGTCTCCAAGAAGT
5	12015	A10	18683683	CCCCAACTTTGAGCCGAGG	CCCCAACTTTGAGCCGAGA	CGACTGAAGCTGTAGACAGAGT
6	26021	A02	18399509	TCTCCAAACGAAAACAAGACCAC	TCTCCAAACGAAAACAAGACCAT	TGTACAAGTCTAGCACGCC
7	26021	A03	12248799	GCAGAGAAGGAGCTTGAACATACTA	GCAGAGAAGGAGCTTGAACATACTT	ACTCGGGTCATCATAAAGAGCA
8	26021	A06	6118599	CCCTTATCTGTTTTACTCTTTGCTTCG	CCCTTATCTGTTTTACTCTTTGCTTCA	CACCTTCTGGGAGAGGCTTC
9	26021	A06	7794848	GGGTTTCACACCTCCCGGA	GGGTTTCACACCTCCCGGT	ACGTTTCCGGGTCTAAACACT
10	26021	A06	16825371	GAACTCTTTGGGCCGATCC	GAACTCTTTGGGCCGATCG	GGCGGCATACCTCAACAAGA
11	26022	A02	20714596	GGAAACAACCTGAACGAATCAA	GGAAACAACCTGAACGAATCAT	TCCGGTTCATCAACAGTGTC
12	26022	A03	3737651	CAAATTCAGCAGCCTCACCAA	CAAATTCAGCAGCCTCACCAAC	AGGAGTCTTGATCTGTTCGCA
13	26022	A07	23473922	GCAGCATCTGTCTACAGC	GCAGCATCTGTCTACAGT	TTTGCAGTCTAGGTGTTTGTAGT
14	26022	A07	23473922	GAGCAGCATCTGTCTACAGC	GAGCAGCATCTGTCTACAGT	CTTAGGTGTTTGTAGTCTTTTGGC
15	26022	A08	462287	ATCGAGTCTAACCAAAACCGA	ATCGAGTCTAACCAAAACCGT	AGAGCTGAGGATGAGTGAAAGA
16	28059	A07	23181319	GTCTTACTACTTACATTGGAAGGCG	GTCTTACTACTTACATTGGAAGGCT	GAGGTGGGAGAGGAAGAGGA
17	28059	A07	23638038	ATGTGCATATCTTCCCGGG	ATGTGCATATCTTCCCGGA	ACTTGTGGTATACGGAGCT
18	28059	A07	23738183	TGATTACATCTATTCTCGCAGGGG	TGATTACATCTATTCTCGCAGGGC	ACTCAACGAATCGTGTCTCT
19	28059	A07	27336137	CTCTCTGATGAGGCGTCTGA	CTCTCTGATGAGGCGTCTGG	ACTCATCTCAGAAGCACAAGC
20	28059	A09	40289365	AAAGAGACCGGTGTTTGGC	AAAGAGACCGGTGTTTGGT	TGCTCTGATCTAAGCTCATGG
21	28061	A03	1840769	GGTAACCATGGTGTATGCTTCC	GGTAACCATGGTGTATGCTTCT	TGCACTGGATGGATCTAACCT
22	28061	A03	15971790	GTCAAGCAAGTGAAGTTTCTACG	GTCAAGCAAGTGAAGTTTCTACA	ACAAGAGCATACTCCGGCTT
23	28061	A03	22285257	GGTATTGTCAACCACATCTCCAG	GGTATTGTCAACCACATCTCCAA	AGCATTCTTCTGGAACCTT
24	28061	A04	9578653	ACGCTACGATTAGAACCAAGAGAG	ACGCTACGATTAGAACCAAGAGAA	ACCTGGCTTCCAACATCTC
25	28061	A10	18332186	CAATATCTGCATCTCCACTTGTTC	CAATATCTGCATCTCCACTTGTTA	CACAGCAACTGCAACCAAG
26	CNU_11411	A07	20012970	GAGAATGGCTTGAGGGATTACG	GAGAATGGCTTGAGGGATTACA	TCAAACCTCGTGAAGCGGAGG
27	CNU_11411	A07	28044534	AGATTCTCAGAGCTGCTTCC	AGATTCTCAGAGCTGCTTCA	TCCGTATGTCCATTGTAGTAACGA
28	CNU_11411	A08	5643055	AGCCTATGATCCAGAGACTTTGA	AGCCTATGATCCAGAGACTTTGT	TCTCTTTCCGCTGTACGTT
29	CNU_11411	A09	10621851	AGGAGAAAACCTGGGATTGTCTT	AGGAGAAAACCTGGGATTGTCTG	ACACCACAACAAGAGAATGCA
30	CNU_11411	A10	17735594	AGACTCTTGCCCGGAAACTTT	AGACTCTTGCCCGGAAACTTC	TGCAGCTGGATTTGTCTGGT
31	CNU_11412	A02	28388750	ACTGATATCCACCAACTGTTCGA	ACTGATATCCACCAACTGTTCGC	AACTCTCCACTCTTTCAGACA
32	CNU_11412	A07	21781162	TGCATTAGTTTGCTCTTGATGC	TGCATTAGTTTGCTCTTGATGG	AGGCTCTTCAAGTGGTTCACC
33	CNU_11412	A07	21781162	TGCATTAGTTTGCTCTTGATGC	TGCATTAGTTTGCTCTTGATGG	GCTTCTTCAAGTGGTTCACC
34	CNU_11412	A09	42427036	CGACAGGAAAGGTAAGGCATATC	CGACAGGAAAGGTAAGGCATATG	CGCTATCTCAGTCTTCAACT
35	CNU_11412	A10	19795282	CTCCAAACTCACCGTCCCA	CTCCAAACTCACCGTCCCT	TGTGCAATGCATCTAGAGACTCT
36	CNU_11479	A01	24675699	CGCCGTGAAACCATCTGC	CGCCGTGAAACCATCTGA	TTTGAAGGAGAGCTTGGCCC
37	CNU_11479	A02	8701630	GCTTACCTTCAGCCACCTAACT	GCTTACCTTCAGCCACCTAACA	GTGATGGTGGTGGTCGA
38	CNU_11479	A02	12559609	CGTGGCAGAGGAGGAGCA	CGTGGCAGAGGAGGAGCC	CCTTAAGCAAATCCACGGTGG
39	CNU_11479	A03	1478648	TGAGCAGGATCTTGACTTTCTT	TGAGCAGGATCTTGACTTTCTG	TGGTGAAGAGATCGTCCGC
40	CNU_11479	A03	21068050	CTGCACGGACAGCAACC	CTGCACGGACAGCAACC	TACTGCCTCGTTGATGCAA
41	CNU_11480	A01	7811627	CGACGTGCTTCTCGCCTG	CGACGTGCTTCTCGCCTG	GGTACTCGGTCCGGTGAATC
42	CNU_11480	A01	11372183	GAGATGGGAGTGTGTTGAAGAG	GAGATGGGAGTGTGTTGAAGAT	TCACTCTACTCTTCTCCCA
43	CNU_11480	A02	15635917	CACCGACCAACAACCTTATACCAC	CACCGACCAACAACCTTATACCAT	GGAGAGTGGCATGTTGACA
44	CNU_11480	A03	1102507	GGAGAAGATACCGTGATGGG	GGAGAAGATACCGTGATGGGT	TCTACTCTGGAGGACTGCT
45	CNU_11480	A03	10121108	TCCGTCTAGAATCGAGCTAAAAAG	TCCGTCTAGAATCGAGCTAAAAA	TGCTCTCACCAGACTAGAGT
46	CNU_12239	A02	10830169	CATCGCCGATCGAAGAAC	CATCGCCGATCGAAGAAT	TGGTTTGGTGGATGGGTCT
47	CNU_12239	A05	7268193	CCGAGGCGTCAAAAGATCGA	CCGAGGCGTCAAAAGATCGG	CCAAACGGAATCGTGTATC
48	CNU_12239	A08	19116729	AAGTTGTGTGGCAGATATCAGA	AAGTTGTGTGGCAGATATCAGC	TCCAGAGAATAGGTCCAGAGGA
49	CNU_12239	A09	20123503	CACTCTTATCTGGCTCATTTAACC	CACTCTTATCTGGCTCATTTAACA	TGCTCAGGTTATTGGTGCTT
50	CNU_12239	A09	37729580	TGAAGTGTGACATTATCAACAACCC	TGAAGTGTGACATTATCAACAACCT	AGGTGGAAGTCCAGACTGTG

마. 배추 10개 계통에 대한 계통특이적 KASP 마커의 개발 수행

- (1) 3차년도에 배추 156개 계통에 대한 변이 정보를 생산하고 계통 특이적 SNP를 각 계통별로 집계한 이후, 아래의 조건으로 추가적인 필터링을 진행하여 139개 계통에서 총 16,962개의 계통 특이적 SNP를 식별하였음(표 6).

(가) 계통 특이적 SNP 포함 서열(길이 501 bp, 251 bp에 계통 특이적 SNP 위치)을 배추 표준유전체(ver 3.0)

- 에 mapping 하였을 때, 해당 서열이 유래한 영역 외 다른 위치에 mapping이 되지 않는 경우
- (나) 추출한 계통 특이적 SNP 포함 서열내에 repeat 서열이 나타나지 않는 경우(repeat 관련 정보는 배추 표준 유전체에서 제공하는 repeat 관련 gff3 파일을 활용)
- (다) SNPeff를 활용하여 계통 특이적 SNP에 대한 annotation을 수행하여 SNP가 유래된 위치를 Exon, Intron, Non-coding으로 분류

표 6. 배추 핵심집단의 계통별 특이적 SNP의 분류 및 집계 결과

#	Accession ID	Scientific name	Category	Description	EXON	INTRON	Non-coding	Total
1	10066	<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>pekinensis</i>	Chinese	09-FK05(89-32(3)-2-2-1)	0	0	2	2
2	26013	<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>pekinensis</i>	Chinese	A1	0	0	3	3
3	26016	<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>pekinensis</i>	Chinese	B2	0	0	2	2
4	26017	<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>pekinensis</i>	Chinese	C1	14	1	64	79
5	26018	<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>pekinensis</i>	Chinese	C2	9	1	36	46
6	26019	<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>pekinensis</i>	Chinese	D1	0	0	3	3
7	CNU_11503	<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>pekinensis</i>	Chinese	秋玉一号F1	0	0	0	0
8	CNU_11509	<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>pekinensis</i>	Chinese	秋玉一号F1	0	0	2	2
9	CNU_11577	<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>pekinensis</i>	Chinese	秋玉一号F1	0	0	2	2
10	CNU_11586	<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>pekinensis</i>	Chinese	秋抗3号	5	2	49	56
11	CNU_11592	<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>pekinensis</i>	Chinese	津冠75	0	0	6	6
12	CNU_11600	<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>pekinensis</i>	Chinese	津冠75	2	1	15	18
13	CNU_11602	<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>pekinensis</i>	Chinese	丰盈	0	0	0	0
14	CNU_11610	<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>pekinensis</i>	Chinese	丰盈	0	0	2	2
15	CNU_11636	<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>pekinensis</i>	Chinese	天下无双	2	1	33	36
16	CNU_11637	<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>pekinensis</i>	Chinese	天下无双	1	2	8	11
17	CNU_11638	<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>pekinensis</i>	Chinese	大獅子頭	79	14	314	407
18	CNU_11639	<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>pekinensis</i>	Chinese	中獅子頭	68	14	240	322
19	CNU_11641	<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>pekinensis</i>	Chinese	小獅子頭	3	0	26	29
20	CNU_11642	<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>pekinensis</i>	Chinese	小獅子頭	6	3	39	48
21	CNU_11644	<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>pekinensis</i>	Chinese	綠抗S5	0	0	0	0
22	CNU_11652	<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>pekinensis</i>	Chinese	綠抗S5	0	0	1	1
23	CNU_11677	<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>pekinensis</i>	Chinese	錦424-S8	0	0	0	0
24	CNU_11678	<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>pekinensis</i>	Chinese	錦424-S8	4	3	41	48
25	CNU_11682	<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>pekinensis</i>	Chinese	攻關1号	13	3	46	62

26	CNU_11684	<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>pekinensis</i>	Chinese	攻關1号	12	2	42	56
27	CNU_11685	<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>pekinensis</i>	Chinese	攻關1号	11	1	55	67
28	CNU_11696	<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>pekinensis</i>	Chinese	攻關1号	10	2	15	27
29	CNU_11699	<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>pekinensis</i>	Chinese	京秋呂 (80-3) 特選大白菜	0	0	0	0
30	CNU_11712	<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>pekinensis</i>	Chinese	京綠60 (F1)	0	0	6	6
31	CNU_11714	<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>pekinensis</i>	Chinese	京綠60 (F1)	23	6	69	98
32	CNU_28067	<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>pekinensis</i>	Chinese	Z062282 / 내혼계	5	1	13	19
33	12013	<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>pekinensis</i>	Chinese	W-m	17	7	98	122
34	26014	<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>pekinensis</i>	Chinese	A2	2	0	14	16
35	26021	<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>pekinensis</i>	Chinese	E1	3	2	14	19
36	26022	<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>pekinensis</i>	Chinese	E2	2	0	12	14
37	28052	<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>pekinensis</i>	Chinese	직예	36	9	121	166
38	101048	<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>pekinensis</i>	Chinese	북경신3호(北京新3号) -DH4	4	1	3	8
39	CNU_11635	<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>pekinensis</i>	Chinese	天津綠 青麻叶	9	1	19	29
40	CNU_28025	<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>pekinensis</i>	Chinese	青麻叶/DH라인 내혼계	17	3	47	67
41	12015	<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>pekinensis</i>	Chinese	FT-50	16	5	36	57
42	CNU_12239	<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>pekinensis</i>	Chinese	501, 결구(結球)소(小)	11	6	50	67
43	CNU_12243	<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>pekinensis</i>	Chinese	舒心 黄心口 白邦 叶色淺	0	0	2	2
44	CNU_28065	<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>pekinensis</i>	Chinese	ZS072518 / 내혼계	8	1	10	19
45	CNU_11418	<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>pekinensis</i>	Chinese	HKC-005	0	0	2	2
46	CNU_11482	<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>pekinensis</i>	Chinese	11수-12, 홍3M-2	3	1	9	13
47	10073	<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>pekinensis</i>	Chinese	09-FK31(개성배추)	28	3	60	91
48	28054	<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>pekinensis</i>	Chinese	의성청방	7	0	24	31
49	28060	<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>pekinensis</i>	Chinese	서울배추	52	12	203	267
50	CNU_12242	<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>pekinensis</i>	Contemporary accessions	叶長 黑殼 疊抱 晚抽臺 肉叶黄色 抗病 青白帮	0	1	1	2
51	28059	<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>pekinensis</i>	Contemporary accessions	평총1호	20	3	62	85
52	CNU_28027	<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>pekinensis</i>	Contemporary accessions	金秋黄心/F7-8	1	0	13	14
53	CR	<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>pekinensis</i>	Contemporary accessions	CR	0	0	0	0
54	CNU_11377	<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>pekinensis</i>	Contemporary accessions	CR702	31	10	116	157
55	CNU_11378	<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>pekinensis</i>	Contemporary accessions	BA1호	3	0	4	7

56	CNU_11379	<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>pekinensis</i>	Contemporary accessions	CR-GJ	9	1	35	45
57	CNU_11380	<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>pekinensis</i>	Contemporary accessions	CR-GJ	0	0	1	1
58	CNU_11383	<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>pekinensis</i>	Contemporary accessions	DP	2	0	6	8
59	CNU_11385	<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>pekinensis</i>	Contemporary accessions	CHBC	0	0	0	0
60	CNU_11386	<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>pekinensis</i>	Contemporary accessions	CG2	11	2	27	40
61	CNU_11387	<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>pekinensis</i>	Contemporary accessions	OHCR	2	1	14	17
62	CNU_11388	<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>pekinensis</i>	Contemporary accessions	GNJ*NRB	3	0	17	20
63	CNU_11389	<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>pekinensis</i>	Contemporary accessions	CR-NRIB	5	0	6	11
64	CNU_11390	<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>pekinensis</i>	Contemporary accessions	CRWDD	11	3	26	40
65	CNU_11391	<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>pekinensis</i>	Contemporary accessions	HDJG	0	0	0	0
66	CNU_11392	<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>pekinensis</i>	Contemporary accessions	DI065A	0	0	2	2
67	CNU_11393	<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>pekinensis</i>	Contemporary accessions	GRYR	3	0	10	13
68	CNU_11394	<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>pekinensis</i>	Contemporary accessions	CR-AS	2	0	15	17
69	CNU_11396	<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>pekinensis</i>	Contemporary accessions	CR-SRN	57	12	169	238
70	CNU_11398	<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>pekinensis</i>	Contemporary accessions	C-09	1	0	6	7
71	CNU_11399	<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>pekinensis</i>	Contemporary accessions	C-13	0	0	1	1
72	CNU_11400	<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>pekinensis</i>	Contemporary accessions	C-16	3	0	11	14
73	CNU_11401	<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>pekinensis</i>	Contemporary accessions	C-20	0	0	0	0
74	CNU_11402	<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>pekinensis</i>	Contemporary accessions	C-21	3	2	9	14
75	CNU_11403	<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>pekinensis</i>	Contemporary accessions	C-22	2	1	3	6
76	CNU_11405	<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>pekinensis</i>	Contemporary accessions	C-25	5	1	12	18
77	CNU_11406	<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>pekinensis</i>	Contemporary accessions	C-26	14	2	57	73
78	CNU_11407	<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>pekinensis</i>	Contemporary accessions	C-27	4	1	10	15
79	CNU_11410	<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>pekinensis</i>	Contemporary accessions	C-31	0	0	6	6
80	CNU_11411	<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>pekinensis</i>	Contemporary accessions	C-33	8	3	16	27
81	CNU_11413	<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>pekinensis</i>	Contemporary accessions	C-35	0	0	0	0
82	CNU_11416	<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>pekinensis</i>	Contemporary accessions	HKC-003	4	1	14	19
83	CNU_11417	<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>pekinensis</i>	Contemporary accessions	HKC-004	0	0	0	0
84	CNU_11420	<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>pekinensis</i>	Contemporary accessions	HKC-007	7	0	24	31

85	CNU_11471	<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>pekinensis</i>	Contemporary accessions	11수-1, 3M블M-258-1	2	0	4	6
86	CNU_11472	<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>pekinensis</i>	Contemporary accessions	11수-2, 3M블M-528-1	7	1	9	17
87	CNU_11474	<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>pekinensis</i>	Contemporary accessions	11수-4, 3M-188-1	4	1	9	14
88	CNU_11475	<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>pekinensis</i>	Contemporary accessions	11수-5, 3M-17-1	6	2	6	14
89	CNU_11476	<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>pekinensis</i>	Contemporary accessions	11수-6, SR-5-1	4	0	11	15
90	CNU_11477	<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>pekinensis</i>	Contemporary accessions	11수-7, VC1-1	7	1	20	28
91	CNU_11478	<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>pekinensis</i>	Contemporary accessions	11수-8, SR6블68-1M-2	8	1	26	35
92	CNU_11715	<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>pekinensis</i>	Contemporary accessions	S538-C	0	0	0	0
93	CNU_11717	<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>pekinensis</i>	Contemporary accessions	S55	3	1	7	11
94	CNU_11718	<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>pekinensis</i>	Contemporary accessions	S50-A	0	0	0	0
95	CNU_11719	<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>pekinensis</i>	Contemporary accessions	CRSK-A	0	1	4	5
96	CNU_11720	<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>pekinensis</i>	Contemporary accessions	Ud-W	1	0	3	4
97	CNU_11722	<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>pekinensis</i>	Contemporary accessions	Tro-Jb	13	4	46	63
98	CNU_11723	<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>pekinensis</i>	Contemporary accessions	TR-3	3	0	9	12
99	CNU_11734	<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>pekinensis</i>	Contemporary accessions	11-3B 96, 원교20039호	0	0	0	0
100	CNU_11736	<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>pekinensis</i>	Contemporary accessions	11-3B 98, 원교20041호	0	0	4	4
101	CNV	<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>pekinensis</i>	Contemporary accessions	94SK	7	1	17	25
102	DMR	<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>pekinensis</i>	Contemporary accessions	DMR	0	1	5	6
103	DMS	<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>pekinensis</i>	Contemporary accessions	DMS	0	0	1	1
104	10067	<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>pekinensis</i>	Early accessions	09-FK08(89-45(1)-7-3- 1)	0	0	3	3
105	10068	<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>pekinensis</i>	Early accessions	09-FK15(AVRDCACC)	20	2	63	85
106	10071	<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>pekinensis</i>	Early accessions	09-FK21(노백3호)	6	1	8	15
107	12014	<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>pekinensis</i>	Early accessions	PG-2	0	0	0	0
108	26015	<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>pekinensis</i>	Early accessions	B1	50	11	163	224
109	26020	<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>pekinensis</i>	Early accessions	D2	0	1	6	7
110	CNU_12240	<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>pekinensis</i>	Early accessions	601, 結球(결구)大(대)	0	0	0	0
111	CNU_28028	<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>pekinensis</i>	Early accessions	改良青雜3号/F7-8	3	0	28	31
112	CNU_28066	<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>pekinensis</i>	Early accessions	Z062280 / 내훈계	4	0	9	13
113	28058	<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>pekinensis</i>	Early accessions	청방	11	3	31	45

114	CNU_28026	<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>pekinensis</i>	Early accessions	北京菊紅心/F7-8 내훈계	10	4	48	62
115	chiifu	<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>pekinensis</i>	Early accessions	지부	0	0	3	3
116	271002KS	<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>pekinensis</i>	Early accessions	권심	26	2	70	98
117	10069	<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>pekinensis</i>	Early accessions	09-FK16(춘파야기)	8	1	22	31
118	10072	<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>pekinensis</i>	Early accessions	09-FK24(경도2호)	0	0	0	0
119	28061	<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>pekinensis</i>	Early accessions	송도신2호	18	1	63	82
120	10070	<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>pekinensis</i>	Early accessions	09-FK18(대형가락)	0	0	3	3
121	28053	<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>pekinensis</i>	Early accessions	50일	30	7	121	158
122	28055	<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>pekinensis</i>	Early accessions	내병작렬2호	0	0	1	1
123	28057	<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>pekinensis</i>	Early accessions	핵배추	7	1	24	32
124	CNU_11381	<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>pekinensis</i>	Early accessions	GWGP	3	2	12	17
125	CNU_11384	<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>pekinensis</i>	Early accessions	MP	32	6	92	130
126	CNU_11395	<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>pekinensis</i>	Early accessions	GRYR	5	0	8	13
127	CNU_11397	<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>pekinensis</i>	Early accessions	WWH2	25	2	87	114
128	CNU_11412	<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>pekinensis</i>	Early accessions	C-34	3	1	7	11
129	CNU_11419	<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>pekinensis</i>	Early accessions	HKC-006	29	7	67	103
130	CNU_11716	<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>pekinensis</i>	Early accessions	CHW-1	4	0	8	12
131	CNU_11721	<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>pekinensis</i>	Early accessions	Tro-St-A	25	6	67	98
132	CNU_11729	<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>pekinensis</i>	Early accessions	11-3B 91, 원교20034호	5	5	44	54
133	CNU_11730	<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>pekinensis</i>	Early accessions	11-3B 92, 원교20035호	0	0	3	3
134	CNU_11731	<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>pekinensis</i>	Early accessions	11-3B 93, 원교20036호	60	5	190	255
135	CNU_11732	<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>pekinensis</i>	Early accessions	11-3B 94, 원교20037호	1	0	3	4
136	CNU_11733	<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>pekinensis</i>	Early accessions	11-3B 95, 원교20038호	1	0	1	2
137	CNU_11473	<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>pekinensis</i>	Non-pekinensis	11수-3, 10p-13M-1	201	35	666	902
138	CNU_11481	<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>rapa</i>	Non-pekinensis	11수-11, 07-80-169-2-1-5	311	60	1,043	1,414
139	CNU_11735	<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>pekinensis</i>	Non-pekinensis	11-3B 97, 원교20040호	157	34	556	747
140	CNU_11479	<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>pekinensis</i>	Non-pekinensis	11수-9, 좁81-1-2M-4-2	45	5	173	223
141	CNU_11480	<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>pekinensis</i>	Non-pekinensis	11수-10, 좁81-1-2M-1-1	54	5	147	206
142	25079	<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>chinensis</i>	Non-pekinensis	矮脚黃 · 왜각황 · wae gack hwang	0	0	11	11

143	25082	<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>chinensis</i>	Non-pekinensis	四倍体矮脚黄 · 사배체 웨각황 · sa bae che hwang	0	0	3	3
144	25083	<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>chinensis</i>	Non-pekinensis	(male P of shulv) 蘇州青 ♂ · 소주청 ♂ · so ju chung ♂	43	16	150	209
145	25084	<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>chinensis</i>	Non-pekinensis	常州烏塌茶 · 상주오탑 차 · sang ju o top cha	19	6	116	141
146	27090	<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>trilocularis</i>	Non-pekinensis	R-O18	349	60	1,026	1,435
147	120012	<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>chinensis</i>	Non-pekinensis	CNU_10006-1, NLDCGN_CGN06817	11	0	66	77
148	120031	<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>nipposinica</i>	Non-pekinensis	CNU_10017-1, NLDCGN_CGN06790	169	51	1,058	1,278
149	CNU_28062	<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>rapa</i>	Non-pekinensis	ZM071224 / 내흔계	319	57	1,017	1,393
150	CNU_28063	<i>Brassica rapa</i> var. <i>pervinidis</i>	Non-pekinensis	ZM070001 / 내흔계	24	6	145	175
151	CNU_28064	<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>parachinensis</i>	Non-pekinensis	ZS072773 / 내흔계	20	7	93	120
152	CNU_28069	<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>trilocularis</i>	Non-pekinensis	ZS072620 / 내흔계	35	12	204	251
153	CNU_28070	<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>chinensis</i>	Non-pekinensis	ZM070523 / 내흔계	16	3	53	72
154	CNU_28072	<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>parachinensis</i>	Non-pekinensis	Z062044 / 내흔계	209	38	729	976
155	CNU_28073	<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>narinosa</i>	Non-pekinensis	ZB080872 / 내흔계	138	23	334	495
156	RcBr	<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>oleifera</i>	Non-pekinensis	Rapid cycle brassica	309	65	1,095	1,469
Total					3,573	717	12,672	16,962

(2) 식별된 16,962개의 계통 특이적 SNP는 SNP annotation 결과에 따라 Exon, Intron, 및 Non-coding으로 분류되며 Non-coding(75%), Exon(21%), Intron(4%) 순으로 전체 SNP에 대한 비율을 차지하는 것을 확인할 수 있었다(그림 18).

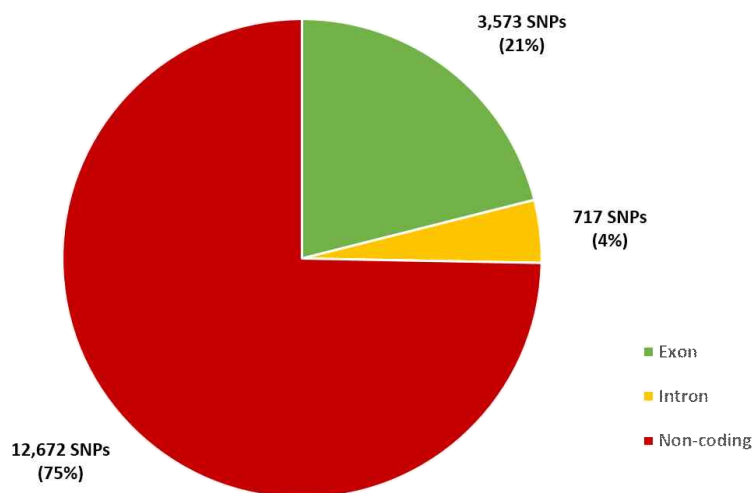


그림 18. 계통 특이적 SNP의 annotation 결과에 따른 분류

바. KASP 프라이머 제작을 위한 파이프라인 개선

- (1) KASP 프라이머의 경우 단일 집단을 이루는 개체들의 유전자형 분류에 주로 활용됨
- (2) 분석 집단을 이루는 계통 간에서 실제 프라이머가 align되는 영역에 InDel과 같은 변이가 집단 내에서 높은 빈도로 나타날 경우, 계통들에 대한 정상적인 KASP 프라이머의 증폭을 기대하기 어려움(그림 19).

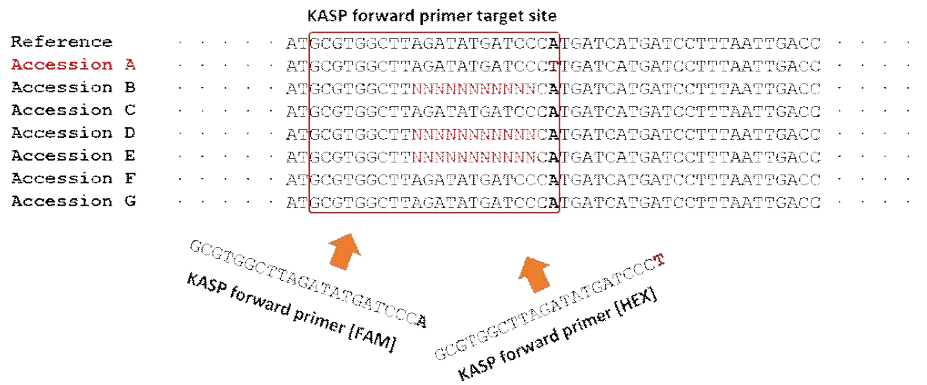


그림 19. 계통 특이적 SNP에 인접한 변이의 유무를 고려하지 않았을 경우의 문제점

- (3) 3차년도와 같은 경우, 배추 표준유전체로부터 단순히 계통 특이적 SNP를 포함한 영역을 확인하고 primer3를 활용하여 이를 input으로 프라이머를 작성하였기 때문에 실제 프라이머 부착 영역의 계통간의 변이가 반영되지 않았던 것을 확인하였음(그림 20 A).
- (4) 각 계통에서 모든 계통의 변이가 반영된 consensus sequence를 계통 특이적 SNP를 포함하는 501bp 길이의 영역을 추출한 이후, 이를 multiple sequence alignment(MSA) 처리하여 집단 내에서 일정 비율의 계통이 변이를 보이는 영역을 계산하는 과정을 추가하였음
- (5) Multiple alignment 결과로부터 집단에 대한 consensus sequence를 추출하는 과정을 추가하였으며 이때 집단 내에서 10%이상의 변이가 나타나는 위치는 N으로 대체되어 출력되도록 하였음(그림 20 B).
- (6) 최종적으로 LGC에서 제공하는 KASP 프라이머 작성을 위한 input sequence의 양식에 맞게 계통 특이적 SNP가 위치하는 251번째 염기는 표준유전체에서의 염기와 발생한 SNP 염기를 [REF/ALT] 형식으로 표기하여 최종 서열을 구성하였음

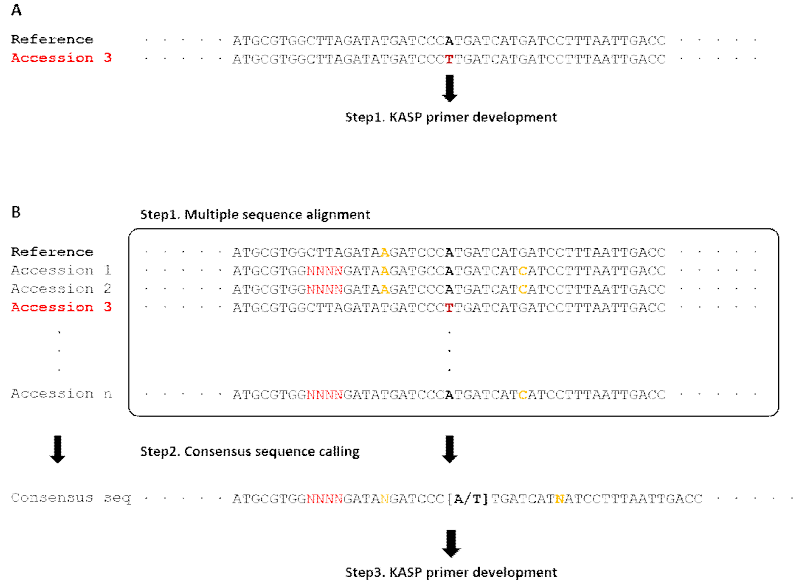


그림 20. 계통 특이적 SNP에 대한 개선된 KASP 프라이머 개발 모식도

(7) 개선된 파이프라인의 전체 수행 절차는 총 2단계로 구성이 되었음.

- (가) KASP 프라이머가 식별하는 계통 특이적 SNP 포함 영역의 핵심집단의 계통별 변이가 반영된 consensus sequence를 계통별로 추출하는 단계
- (나) 배추 핵심집단의 계통별로 선발된 consensus sequence를 Multiple Sequence Alignment 처리 후 집단내에서 변이 빈도가 높은 위치를 산출하여 N으로 대체함.
- (다) 이후 핵심집단 전체에 대한 consensus sequence를 구성하고 이를 KASP 프라이머 제작에 직접적으로 활용 가능한 형식으로 전환하는 단계

(8) 4차년도에 개선된 파이프라인의 첫 단계는 3차년도에 구축한 파이프라인의 두 번째 단계에 해당하는 shell script를 간소화하는 방식으로 개선하였음(그림 21).

```

#!/bin/bash
# SP is accession ID
# SR is target region
# SN is symbol for this work

mkdir $S # Create working directory
cd $S

while IFS= read G N; do
while IFS= read F; do
echo "$F" "$N" "$SN is working"

/Bio/scratch/biosysrnd/sunmin716/programs/samtools-1.9/samtools view -h ../Fixed_bam_marker_development_20200811/$SP\_fixed.bam $G > region\_specific.bam
/Bio/scratch/biosysrnd/sunmin716/programs/samtools-1.9/samtools sort region\_specific.bam -o sorted\_region\_specific.bam
/Bio/scratch/biosysrnd/sunmin716/programs/samtools-1.9/samtools index sorted\_region\_specific.bam
/Bio/scratch/biosysrnd/sunmin716/programs/bcftools-1.9/bcftools mpileup -r /Bio/scratch/biosysrnd/sunmin716/Novaseq_2019/REFERENCE/reference.fa sorted\_region\_specific.bam | /Bio/scratch/biosysrnd/sunmin716/programs/bcftools-1.9/bcftools call -- - | /Bio/scratch/biosysrnd/sunmin716/programs/bcftools-1.9/bcftools filter -S -e "DP<=10 || GQ<=10 || MQ<=30" | perl /Bio/scratch/biosysrnd/sunmin716/programs/bcftools-1.9/bin/vcfutils.pl vcf2fq > test.fastq
/Bio/scratch/biosysrnd/sunmin716/programs/seqtk/seqtk seq -q $G -A test.fastq > test.fa
/Bio/scratch/biosysrnd/sunmin716/programs/fastx_toolkit/Fastx_formatter -w $G -i test.fa -o test1.fa
/Bio/scratch/biosysrnd/sunmin716/programs/samtools-1.9/samtools faidx test1.fa

var1=$(echo $G | cut -d '_' -f 1)
/Bio/scratch/biosysrnd/sunmin716/programs/samtools-1.9/samtools faidx test1.fa $var1 > $SP\_requested\_region.fa
rm region\_specific.bam sorted\_region\_specific.bam test\_region\_specific.bam test.fastq test.fa test1.fa test1.fa fai
sed 's/$SP\_requested\_region.fa > temp\_sequence.txt'
echo "$SP\_on\_SN" > header.txt
cat header.txt temp\_sequence.txt > $SP\_requested\_region.fa
rm header.txt temp\_sequence.txt
done<./G # Accession list is input
mkdir $N
mv *_requested\_region.fa $N
done<./SN # SNP\_symbol \N region is input
cd ../

```

그림 21. 계통별 변이가 반영된 sequence를 계통별로 추출하는 script

- (9) 첫 번째 단계에서 계통별로 변이 정보를 반영하여 구성된 표준유전체 상의 특정 영역에 대한 서열을 MSA 처리 후 consensus sequence를 핵심집단 전체에 대하여 구성하는 작업을 새로 작성 및 추가하였으며 각 단계의 세부적인 절차는 아래와 같으며 전체 과정은 그림 22과 같이 shell script로 작성이 되었음.

```
#!/bin/bash
while IFS= read -r A B C D E; do
    cd $A_$B
    /Bio/scratch/biosysrnd/sungmin716/programs/samtools-1.9/samtools faidx /Bio/scratch/biosysrnd/sungmin716/Novaseq_2019/REFERENCE/reference.fa $C > reference.
    /Bio/scratch/biosysrnd/sungmin716/programs/fasta_toolkit/fasta_formatter -w 0 -i reference.fa && mv temp.fa reference.fa
    cat reference.fa *_requested_region.fa | sed 's/\\//g' | /Bio/scratch/biosysrnd/sungmin716/programs/fasta_toolkit/fasta_formatter -w 0 > Integrated.fasta
    /Bio/scratch/biosysrnd/sungmin716/programs/Clustalw2-2.1/bin/Clustalw2 -ALIGN -OUTORDER=INPUT -OUTPUT=CLUSTAL -TYPE=DNA -GAPOPEN=10 -ENDGAPS -GAPDIST=0.05 -INFILE=Integrated.fasta -OUTFILE=Result_integrated.msf
    /home/sungmin716/Script/Consensus_sequence_from_MSF/1_MSF_file_formatter.pl Result_integrated.msf
    echo "" > header.txt
    cat header.txt Reformatted_Result_integrated.msf > temp.txt && mv temp.txt Reformatted_Result_integrated.msf
    perl /home/sungmin716/Script/Consensus_sequence_from_MSF/2_MSF_file_onlineeer.pl Reformatted_Result_integrated.msf Result
    perl /home/sungmin716/Script/Consensus_sequence_from_MSF/Get_restricted_range_from_MSF.pl > mapping_result.txt
    awk '{($2 == 251) ? ($2 = 0) : ($2 = 0) }' mapping_result.txt > SNP_position_from_alignment.txt
    awk -f /home/sungmin716/Script/Consensus_sequence_from_MSF/3_transpose.awk Result_Onlined_alignment_cropped_result.tab.txt > Result_Onlined_alignment_cropped_result.tab.transposed.txt
    perl /home/sungmin716/Script/Consensus_sequence_from_MSF/4_Position_nucleotide_counter.pl $D $E > Consensus_sequence_$A_$B.txt
    rm reference.fa Integrated.dnd Result_integrated.msf header.txt Reformatted_Result_integrated.msf Result_Onlined_alignment_result.txt Result_Onlined_alignment_result.tab.txt mapping_result.txt Result_Onlined_alignment_cropped_result.tab.txt SNP_position_from_alignment.txt Result_Onlined_alignment_cropped_result.tab.transposed.txt
    cd ../
donec ./1
```

그림 22. 계통 특이적 SNP 인접 영역의 sequence를 구성하는 script

- (가) 배추 표준유전체 상에서 계통특이적 SNP를 251 번째 염기에 포함한 서열의 추출
`samtools faidx reference.fa $C > reference.fa`
 (\$C는 Chr:Start-End 형식으로 기재된 배추 표준유전체 상의 영역을 의미)
- (나) 추출된 영역을 1행의 서열로 전환
`fasta_formatter -w 0 -i reference.fa > temp.fa && mv temp.fa reference.fa`
- (다) 표준유전체 상에서 추출된 영역과 각 계통에서 해당 영역에 대한 변이가 반영된 서열을 하나의 fasta 파일로 합치는 작업
`cat reference.fa *_requested_region.fa | sed 's/\\//g' | fasta_formatter -w 0 > Integrated.fasta`
- (라) Clustalw2를 활용한 배추 표준유전체 서열 및 각 계통에서 구성된 서열의 multiple sequence alignment(MSF) 작업
`clustalw2 -ALIGN -OUTORDER=INPUT -OUTPUT=CLUSTAL -TYPE=DNA -GAPOPEN=10 -ENDGAPS -GAPDIST=0.05 -INFILE=Integrated.fasta -OUTFILE=Result_integrated.msf`
- (마) 이후 중간 단계의 결과 파일의 msf 파일로부터 각 position을 A/T/G/C/missing 5가지의 카테고리로 나누고 이에 대한 빈도를 구하기 위하여 일련의 perl 및 awk script를 작성하였으며 명령어의 구성은 아래와 같음.
`perl 1_MSF_file_formatter.pl Result_integrated.msf`
`echo "" > header.txt`
`cat header.txt Reformatted_Result_integrated.msf > temp.txt && mv temp.txt Reformatted_Result_integrated.msf`
`perl 2_MSF_file_onlineeer.pl Reformatted_Result_integrated.msf Result`

```
perl Get_restricted_range_from_MSF.pl > mapping_result.txt
awk '($3 == 251){print $0}' mapping_result.txt > SNP_position_from_alignment.txt
awk -f 3_transpose.awk Result_Onelined_alignment_cropped_result.tab.txt >
Result_Onelined_alignment_cropped_result.tab.transposed.txt
```

(바) 배추 표준유전체 특정영역에 대한 핵심집단의 consensus sequence의 구성

```
perl 4_Position_nucleotide_counter.pl $D $E > Consensus_sequence_$A\_ $B\,txt
```

(\$A, \$B, \$D, \$E는 각각 계통 ID, 계통특이적 SNP 위치, 계통특이적 SNP가 위치하는 곳의 표준유전체가 갖는 염기, 계통특이적 SNP가 위치하는 곳의 해당계통이 갖는 염기를 의미)

(10) 개선된 파이프라인을 활용하여 국내육종계통 및 국내 배추 육종사에서 초기에 도입된 계통을 중심으로 한 50개 계통에 대하여 KASP 마커 개발에 활용될 consensus sequence를 도출하였음 (표 7).

표 7. 개선된 파이프라인을 통한 KASP 마커 개발에 활용된 배추 핵심집단 내 계통 50개의 정보

#	Geographic origin	Accession ID	Description
1	Chinese	10073	09-FK31(개성배추)
2		28052	직예
3	Early accessions	10068	09-FK15(AVRDCACC)
4		10069	09-FK16(춘과야기)
5		10071	09-FK21(노백3호)
6		26015	B1
7		28053	50일
8		28057	핵배추
9		CNU_11381	GWGP
10		CNU_11384	MP
11		CNU_11395	GRYR
12		CNU_11397	WWH2
13		CNU_11419	HKC-006
14		CNU_11716	CHW-1
15		CNU_11721	Tro-St-A
16		CNU_11729	11-3B 91, 원교20034호
17		CNU_11731	11-3B 93, 원교20036호
18		CNU_28026	北京菊紅心/F7-8 내혼계
19		CNU_28028	改良青雜3号/F7-8
20		CNU_28066	Z062280 / 내혼계
21		Korean breeding lines	CNU_11377
22	CNU_11378		BA1호
23	CNU_11379		CR-GJ
24	CNU_11383		DP
25	CNU_11386		CG2
26	CNU_11387		OHCR
27	CNU_11388		GNJ*NRB
28	CNU_11389		CR-NRIB
29	CNU_11390		CRWDD
30	CNU_11393		GRYR
31	CNU_11396		CR-SRN
32	CNU_11400		C-16
33	CNU_11402		C-21
34	CNU_11403		C-22

35		CNU_11405	C-25
36		CNU_11406	C-26
37		CNU_11407	C-27
38		CNU_11416	HKC-003
39		CNU_11420	HKC-007
40		CNU_11471	11수-1, 3M불M-258-1
41		CNU_11472	11수-2, 3M불M-528-1
42	Korean breeding lines	CNU_11474	11수-4, 3M-188-1
43		CNU_11475	11수-5, 3M-17-1
44		CNU_11476	11수-6, SR-5-1
45		CNU_11477	11수-7, VC1-1
46		CNU_11478	11수-8, SR6불68-1M-2
47		CNU_11717	S55
48		CNU_11722	Tro-Jb
49		CNU_11723	TR-3
50		CNV	94SK

(가) 국내외에서 수집된 배추 50개 계통에서 특이적으로 확인된 SNP(각2개)를 Exon 영역에서 선별하여 배추 표준유전체 상의 총 100개 SNP position을 대상으로 consensus sequence를 구성하고 계통특이적 SNP 5' 방향 혹은 3' 방향 중에서 적어도 한쪽의 20bp 내에 N이 없는 서열을 선별하여 KASP 마커의 제작 가능 여부를 확인하였음(표 8).

표 8. KASP 마커 후보 리스트

#	Accession ID	Accession specific SNP position	Reference allele	Alternative allele	Length (bp)	Prorportion of N (%)	KASP primer availability
1	10073	A02_15835843	C	A	501	0.4	O
2	10073	A07_28472804	G	T	501	1	O
3	28052	A03_25244318	G	T	501	6.79	X
4	28052	A05_5353523	G	T	501	1	O
5	10068	A03_31602084	G	A	501	1.6	O
6	10068	A05_26008963	C	T	501	1.2	O
7	10069	A03_2749049	C	T	501	0.4	O
8	10069	A05_4038976	G	C	501	1	O
9	10071	A05_1431680	C	T	501	0.6	O
10	10071	A05_16986953	G	T	501	0.6	O
11	26015	A06_247236	G	T	501	0.4	O
12	26015	A10_16000622	A	T	501	0	O
13	28053	A01_3232453	C	T	501	0	O
14	28053	A04_11930201	T	C	501	3.39	X
15	28057	A05_26036923	T	C	501	2.59	O
16	28057	A06_246527	C	T	501	1.2	O
17	CNU_11381	A01_14908732	C	T	501	4.59	O
18	CNU_11381	A01_17612012	A	G	501	0.2	O
19	CNU_11384	A04_8255441	G	C	501	2.2	O
20	CNU_11384	A06_22239277	A	C	501	2	O
21	CNU_11395	A01_1402383	G	A	501	3.79	O
22	CNU_11395	A04_15470374	G	T	501	0.2	O
23	CNU_11397	A03_14753296	T	C	501	11.18	O
24	CNU_11397	A07_22876263	A	G	501	4.59	O
25	CNU_11419	A01_9438779	A	G	501	0.4	O
26	CNU_11419	A03_16231493	T	G	501	2	O
27	CNU_11716	A04_2921654	G	T	501	0.8	O
28	CNU_11716	A09_7042531	C	T	501	1	O
29	CNU_11721	A03_13053387	T	C	501	1.4	O

30	CNU_11721	A06_18921454	T	C	501	1.6	O
31	CNU_11729	A02_14410264	G	C	501	0.6	O
32	CNU_11729	A08_14363387	G	T	501	1.2	O
33	CNU_11731	A01_26243172	G	T	501	3.39	O
34	CNU_11731	A02_25013974	T	A	501	1.2	O
35	CNU_28026	A06_7998998	C	A	501	1.2	O
36	CNU_28026	A07_26122626	T	C	501	4.59	X
37	CNU_28028	A01_24619804	G	C	501	2	O
38	CNU_28028	A06_1183555	A	G	501	0	O
39	CNU_28066	A02_16787455	G	A	501	1.2	O
40	CNU_28066	A04_15515501	G	A	501	0.4	O
41	CNU_11377	A06_20416979	C	T	501	1.2	O
42	CNU_11377	A07_27815519	G	C	501	0.8	O
43	CNU_11378	A02_30120610	T	C	501	0	O
44	CNU_11378	A06_23619289	C	A	501	1	O
45	CNU_11379	A03_15694374	C	T	501	2	O
46	CNU_11379	A06_18323436	T	C	501	1.4	O
47	CNU_11383	A05_15472735	G	A	501	0	O
48	CNU_11383	A08_2334823	G	C	501	2.99	O
49	CNU_11386	A06_11226932	C	A	501	0.8	O
50	CNU_11386	A06_17925877	G	A	501	1	O
51	CNU_11387	A02_13906384	T	G	501	0	O
52	CNU_11387	A08_1565662	G	A	501	2.2	O
53	CNU_11388	A04_19029387	G	A	501	1	O
54	CNU_11388	A05_763454	C	T	501	2.2	O
55	CNU_11389	A01_6252495	G	A	501	0	O
56	CNU_11389	A01_9739191	T	C	501	0.2	O
57	CNU_11390	A02_18358924	A	T	501	0.6	O
58	CNU_11390	A03_33509930	T	G	501	0	O
59	CNU_11393	A03_15589782	G	A	501	1	O
60	CNU_11393	A06_10596329	T	C	501	3.19	O
61	CNU_11396	A02_1518268	G	A	501	1	O
62	CNU_11396	A06_1669867	G	T	501	0.2	O
63	CNU_11400	A05_12945933	G	A	501	0.6	O
64	CNU_11400	A05_20709296	G	T	501	1.2	O
65	CNU_11402	A06_28145619	C	A	501	2.99	O
66	CNU_11402	A09_18253675	A	T	501	0.2	O
67	CNU_11403	A01_23320077	T	C	501	0.4	O
68	CNU_11403	A10_20676481	C	T	501	0	O
69	CNU_11405	A02_27401105	G	A	501	2.59	O
70	CNU_11405	A10_298594	C	T	501	0	O
71	CNU_11406	A02_18137458	G	A	501	2.59	O
72	CNU_11406	A02_23925969	G	A	501	0	O
73	CNU_11407	A04_15470622	C	T	501	0.2	O
74	CNU_11407	A06_21293592	T	A	501	2	O
75	CNU_11416	A01_7153147	G	T	501	0	O
76	CNU_11416	A08_10824978	C	G	501	1.6	O
77	CNU_11420	A06_5292010	C	T	501	1	O
78	CNU_11420	A07_24053208	T	C	501	2.99	O
79	CNU_11471	A08_20692638	A	G	501	3.19	X
80	CNU_11471	A10_624214	C	T	501	0	O
81	CNU_11472	A06_17779964	T	C	501	0.6	O
82	CNU_11472	A06_8498897	G	T	501	1	O
83	CNU_11474	A03_15263925	C	T	501	0.8	O
84	CNU_11474	A05_14912857	C	T	501	5.79	O
85	CNU_11475	A02_7755981	C	T	501	0.6	O
86	CNU_11475	A03_12497418	A	T	501	2.79	O
87	CNU_11476	A02_15749847	C	T	501	0.4	O
88	CNU_11476	A03_21094882	G	A	501	1.2	O
89	CNU_11477	A05_208826	A	T	501	0.8	O
90	CNU_11477	A09_29809329	C	A	501	2.4	O
91	CNU_11478	A01_16406718	G	A	501	2.79	O
92	CNU_11478	A01_4823683	G	T	501	2	O
93	CNU_11717	A01_18902405	A	G	501	1	O

94	CNU_11717	A01_2802074	T	C	501	0.8	O
95	CNU_11722	A01_23594940	C	T	501	1	O
96	CNU_11722	A05_20610636	T	C	501	2.99	O
97	CNU_11723	A07_25206960	A	T	501	3.99	O
98	CNU_11723	A09_41429319	C	A	501	1.6	O
99	CNV	A06_19681665	G	A	501	1.6	O
100	CNV	A07_129048	A	G	501	0.2	O

- (나) 구성된 전체 100개의 consensus sequence 중 4개의 계통 특이적 SNP를 포함하는 서열에서 KASP 프라이머의 합성이 이루어지지 않았음(A03_25244318, A04_11930201, A07_26122626, A08_20692638).
- (다) KASP 프라이머의 합성이 불가능한 계통 특이적 SNP에 해당하는 계통의 다른 후보 SNP를 대상으로 추가적인 consensus sequence 서열을 구성하여 KASP 프라이머의 합성 가능 여부를 재검토함.
- (라) KASP 마커 구성을 위하여 4차년도에 구성된 파이프라인으로부터 구성된 consensus sequence의 예시 결과는 표 9 ~ 12과 같음.

표 9. KASP 프라이머 서열이 구성 사례 1

Property	Information
Accession ID	10073
Acession specifc SNP position	A02_15835843
Reference allele	C (Cytosine)
Alternatvie allele(10073 specific)	A (Adenine)
Sequence length (bp)	501
Proportion of N (%)	0.4
KASP primer design input sequence	GTCATGGTGAGAGAGACGGGGACCATGACTTCTTTAAGATA AGGGTTGGCGTCGAGCAGTTGCTGAACATGAGGAGTGAGN TCGTCAGAGGCTTCTTTAGCCTTGTTAGCAGTTTCATGAAAG ACGTCCTTGGCCTTGTGAACCCAGTCGGTGCCATCAGTTGC GAGCTGAAAGCGCGTGCCAGTAAAGGGAAAGGCTTAGCAT TCAAATTGGACGAGGAAGAGACAATCCAAGACCCGTATCC GTAGC[C/A]AATGGCCCTAGCATGAGTGAAAGAAGACACCG GAGATGATGACCGCACAAATAGCAGCTTCTTCAGCAAGTCTG CGACAAGAAGACGAAGACGAGGAGGAGATTCTTGTTGAGG ATCTGTAAAGTGACTTGAGAAGCGATAACCTAACTCCTCCT CCTCCTCCCATTGATCTGNACAACAAGTCAACAACATTGTA ATCTCTTCTAACTAAGTCCGCCATGAACAGTCCAAGATC AAATCGAAAAAGTC

표 10. KASP 프라이머 서열이 구성 사례 2

Property	Information
Accession ID	CNU_11397
Accession specific SNP position	A03_14753296
Reference allele	T (Thymine)
Alternatvie allele(10073 specific)	C (Cytosine)
Sequence length (bp)	501
Proportion of N (%)	11.18
KASP primer design input sequence	AGAACTCGGTTGAATTG N AATGCAGAAGAATACCTGAGTT GGTAGTTTACAAGTATTGATGCATAC N CCCACACATTTGCT CTCTTC N AGATACTGACATTTCTCCACAAAAACCTAC NN TG G N TTCCA A CTTCT N TTTGT NNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNN NNNNNNNNNNNNNNNN AAAACATGAGTAGGATCATT TNA TTACCCCACTCTCCCAAGATTCTCCATTAGGAAG N TCAATG GTGTTTACTT [T/C] GCAAGGTCCCATGAGCCATTGACAAGTA ANN ACAGTAACTCT NG CTTCAATATG NG CAAAAATAAAAAA GAACATTTAGCTCGCTGGACGCAAAGGTCT TNA CTGAAGA NT GAAACAGAGAACTACCAACCATCAAAGCAGC N ATCTT NC CTTGCTAAAGGAGCAATGAGAAGCTTGAAAGCTCTA AN ATGAGCGGAGGAAACA ANG ACT TNA AGTATCC N CACCTG TACCCACCAAAAAAGAACAT

표 11. KASP 프라이머 서열이 구성되지 않은 사례 1

Property	Information
Accession ID	CNU_28026
Accession specific SNP position	A07_26122626
Reference allele	T (Thymine)
Alternatvie allele(10073 specific)	C (Cytosine)
Sequence length (bp)	501
Proportion of N (%)	4.59
KASP primer design input sequence	GAAGATGTGTTGGCTGAGATGGAGAN NG AATAACATTCCGA TCGATGAGCATTCTGTTCCCTGTAATTATGGAAATGTATGTT N ANG AAGGGATGATAGGGAAAGCGAAAGCTTTGTTCCGAGAG GTTTCAGCTGGACTGCGTGCTGTCATCGACCACGCT NGCNG CGGTTATCGATGTCTACGCTGAGAAGGGACTGTGGGTTGAA GCCGAGGGTGTGTTCTACGGGAAGAGGAGGAGCGTGATGA ATGATG [T/C] TTTGGTGATAACGT N ATGATTAAGCTTATG GTAT NGCNA AGCTTCAN NG GAGAAAGCG N TTTCT N T N TTCAA AGGGATGAAGAAN NCA AGGGACTTGGCCTGATGAGTGTACT TACAACT NC TTGT N CAGATGCT N TCCGGG N CTGACTTGGT TGATGAAG NT CAGAGGGTCTTGT N CGAGATG NT GGAN NT CG GGGTGAAACCGGG NT GCAAGACCTTTTCTTCTTTGATCGCT AGCTAN NG TCCGGCTT

표 12. KASP 프라이머 서열이 구성되지 않은 사례 2

Property	Information
Accession ID	CNU_11471
Acession specific SNP position	A08_20692638
Reference allele	A (Adenine)
Alternatvie allele(10073 specific)	G (Guanine)
Sequence length (bp)	501
Proportion of N (%)	3.19

KASP primer design input sequence

```

TACACTAGTTAATGGAGATTTTGATCNTGGTTTTAGGACTTTT
GTGTACGTACCTTGTATAACTGTTTTTTTTTGTCTTATTATTGT
NACCTNAAAATAGATTGTGTTNGAGAAAGTGTNTCATGTG
ATGGTCCAACAACCTCTACANGAAGTCAAAAACCTTAAGCTCC
AAGCGTAAAGCAGTTGAGGAANCTGTTAACAGAAGCAGCAA
CGNACTGATGCTATTGCAAGAGAGATGAACAGAGGANTT[
A/G]CTTCATGTGAGCAGGTCAANAAAAAATAAAACTCTTAG
TTCTAAACCAAANATTTNTTTCTTGTAGCTCAAGTTTTNATT
TGTTATTATTATTCAGGATCTCCTAAACTTGGAGAATACCTT
CCCTTACTCTCAACTTAGTGCATCACGCTGATAANATTAAA
CACGTNTCTGGTCTTAAGATAAGATGGAGTAGTGGTTTGATC
TTCAGACCTTGATTACAGCGTAAGTGTCCNAAGTTCTTTCAA
    
```

- (11) 과제 3, 4차년도 개발 120개 KASP 프라이머(계통당 2개 KASP 마커 개발)에 대한 핵심집단 해당 계통 및 outgroup을 활용한 마커 검정을 수행하였음
- (12) 개발된 120개 KASP 프라이머 중 50개 계통에 대하여 계통특이적 반응을 나타내는 계통 특이적 KASP 마커세트 100개를 선발함(그림 23).

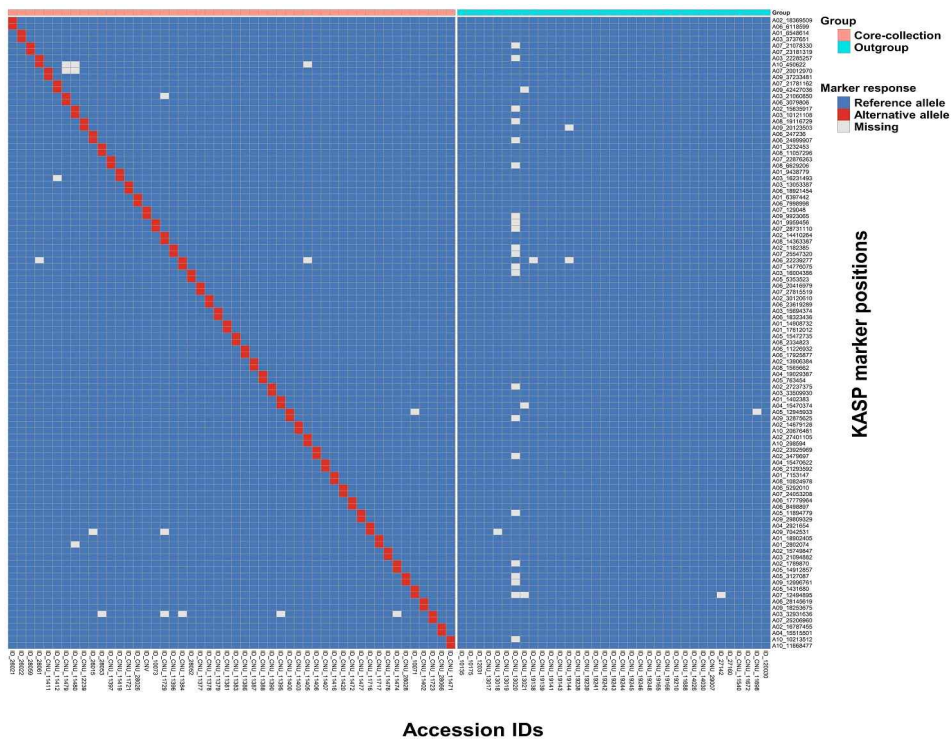


그림 23. 배추핵심집단내 50개 계통에 대한 계통특이적 KASP 마커 선발 결과

(13) KASP 마커가 미개발된 64개 잔여계통에 대한 KASP 마커 개발을 1차 완료하였음

(14) 64개 계통을 대상으로 개발된 128개 KASP 프라이머 세트에 대한 마커 검정 및 선별을 수행 후 배추 핵심집단의 계통 구분을 위한 마커 세트를 완성할 예정임

표 13. 핵심집단내 잔여 계통 64개에 대하여 개발된 128개 KASP 마커 세트

#	Accession ID	Chr	Position (bp)	Primer_Allele1[FAM]	Primer_Allele2[HEX]	Primer_Common
1	10067	A03	19604292	AAATAAATTTGTATCTTAAACAGTGAT ATACAA	AAATAAATTTGTATCTTAAACAGTGAT ATACAG	CTTTCGTGATTAATAAATTTGTTGTTCAA ATT
2	10067	A05	28033589	ATATGTTACATGTAGATAATCATATAG TAATAT	ATATGTTACATGTAGATAATCATATAG TAATAA	AAGCTCCTCCAAGGTACACTGATTATT T
3	10070	A02	17688699	ATAAGTTTCTAATTCTAAATGCCAATA AATTA	ATAAGTTTCTAATTCTAAATGCCAATA AATTT	GACCAACCTTCAACTTTTGGTCCAA AT
4	10070	A07	22059165	GGAAATTTATGTCCAAAGAAAAGTTGG AG	GGAAATTTATGTCCAAAGAAAAGTTGG AA	GCGGATCACATCTTTCGCAACTATTCAA AT
5	12013	A09	43237493	GCGCTGTTACCACGTAGCAGC	GCGCTGTTACCACGTAGCAGT	TTTCGGCGAGACTTTTGGTATAAGAAG AA
6	12013	A10	6764255	CGTCTAAACTCATCTTCAAGCAGAG	CGTCTAAACTCATCTTCAAGCAGAA	GCTGATAGTCTTTGCGATGGCTA
7	25079	A02	24516847	AATTTAAATTTATTTTAGCCAAATCCGA AACAC	CAATTTAAATTTATTTTAGCCAAATCCG AACAA	CCCAATCACCACCTATTGGATATTA AA
8	25079	A03	10715965	AGTTTATATATGCTTCGTTTCAATAT GATTAA	AGTTTATATATGCTTCGTTTCAATAT GATTAG	CACCATTAGACATTCATCAAGAAAAG TA
9	25082	A07	15228246	GTAATTTGACATGAATGATTGAAGTGC A	GTAATTTGACATGAATGATTGAAGTGC T	TATTGGTGACATACATAGTTGGTCTGC A
10	25082	A10	1198692	AAAATTTATCGTTTTATTCACTACGTA ATGTAT	AAAATTTATCGTTTTATTCACTACGTA AACTG	ACTTGCACCAAGGAATTGAGAAAACGA AA
11	25083	A09	23981116	CCGACTGAATAAGCTGACTCACAA	CGACTGAATAAGCTGACTCACAG	GCTTGGCTGGCAAACTCAAAGTTT
12	25083	A10	4796629	ACTACCTCTGGAATGATCTCATTTCG	GACTACCTCTGGAATGATCTCATTCA	TTGTCCAAACTGTCTGGAAGATTTCGFT T
13	25084	A01	12464583	AGCCATTTGACCATCTTGGAATGG	AAGCCATTTGACCATCTTGGAATGT	GGTGCATGCTTCTGCTGCCAA
14	25084	A01	3232714	AACATAACTAGAGAACTACCTTGGAG	GTAACATAACTAGAGAACTACCTTGG AA	GCCTTATCTAAGTTGGAGAGCTCCAA
15	26013	A01	28658159	TTATAATATACTATGATCTGCCAATTA CT	CTTTATAATATACTATGATCTGCCAAT TACG	TAAGAACAAGTACTTGTTCACACTCACT AAA
16	26013	A04	15189524	ATAGAAAACATGATCGGTGGTGTTC	ATTATAGAAAACATGATCGGTGGTGT TA	GTAGGGCGGACCGATCATAGTTTTT
17	26014	A02	2930297	CCATATCAGCAGGCAACTGATCAATA	CATATCAGCAGGCAACTGATCAATG	GGAAGAGTAAAGCGGTTTATGCGCAT
18	26014	A07	16886152	CGCGTTTATTGACGTCGACGAGT	CGCGTTTATTGACGTCGACGAGA	GTTAAGTTTGGACAGCGGGATGTA
19	26017	A01	12407846	AACAAATAGTGGAGATTAATGGTTTCA AG	GAACAAATAGTGGAGATTAATGGTTTC AAT	CTAACAAAGGTACCTGCAATAAAGAG AA
20	26017	A01	27487206	ACAGGAGAGTTGGTTGCTCAGG	ACAGGAGAGTTGGTTGCTCAGC	GAAGGAAAATAACACCAGTCACGGCTT
21	26018	A01	18008348	TGTGACTTATTAGATCTAATCTCTTTG A	GTGACTTATTAGATCTAATCTCTTTGC	GTTCGTGTTCCGGCAAAACCGTCTA
22	26018	A01	3892437	GACTGAGAGGTGGACAGGCTG	AGACTGAGAGGTGGACAGGCTA	CTTTGTTGCTATCTTCATCAGCATGCT TT
23	26019	A01	3564115	TAATTTCTATGGTCCATAGATTCCATA C	AATTTCTATGGTCCATAGATTCCATAG	GCATACATACTTTGGAGTTTGGAGTAT GTA
24	26019	A09	36872373	CAGCTCAATACAGATTATGGATGAGT	CAGCTCAATACAGATTATGGATGAGA	CATCTTCTATGGATCTAAGGCCTGTT
25	26020	A01	29239179	AGCTTGTATGCAATCTTTCTCACTTC	ATATAGCTTGTATGCAATCTTTCTCAC TTT	CAGTTTCAAGTTGATACAGAAGCCTGTT AA
26	26020	A08	8901460	ATATCCCCTTATTATTCGAGGATCAC	CATATCCCCTTATTATTCGAGGATCAT	GAGAAGGATTATGGTATAATACTTAA GTA
27	27090	A01	4174889	AGAGGCTGTTGAAGGAAAAGAGC	GAGAGGCTGTTGAAGGAAAAGAGT	ACCCACAATCTCTTCCACCAAGTT
28	27090	A04	12132851	CATTTGTTCAAACACTGAAGAGCTTTC	ACATTTGTTCAAACACTGAAGAGCTTT T	AGATTTGAACTGTCTCTGGATCCGA A
29	28054	A02	17422600	AGGCATGAATGAACCGACAATGAT	AGGCATGAATGAACCGACAATGAA	TGTGTTTTTCAGGGTCGCTTGGAGATAT T
30	28054	A06	2170536	GAGCCTTTGCTGAACAGTCAC	CTGAGCCTTTGCTGAACAGTCAT	CGTCTGGAAAAACAGAGTGTCTTTCTTT T
31	28058	A05	6327097	AAATGGAAAAGTTGGCTTAGATTACTAA TTG	AAATGGAAAAGTTGGCTTAGATTACTA ATTT	GGTTTACTTGGCCAGTTCCTTCTT
32	28058	A05	9442946	TTTGGAGCCGGTTTTGGCAAT	TGGAGCCGGTTTTGGCAAC	GGTACTGCAATCAACTCCAGGCTA
33	28060	A02	28455820	CACTTCTGAATGTTAGTTATGAGG	AACTCACTTCTTGAATGTTAGTTATG AGA	CAACACCCCAATTTTCATGGGGCTA
34	28060	A09	12297755	GAGTACAAAGAGTCTCTGTCAC	GAGTACAAAGAGTCTCTGTCACAA	CGAAGCTGCTTCAATCGAGGACATA
35	101048	A04	8251134	ACAGGAATAATGATCAGGAGATGCC	CACAGGAATAATGATCAGGAGATGCT	CTTCGAGTTGATGCGAAAACGAATATTG TA
36	101048	A09	23977672	ATTGCAAACCTCTGCCAGCCCC	AATTGCAAACCTCTGCCAGCCCT	AAAATGATCGTTGATGGGAGAGGTTGT AT
37	120012	A07	21200414	CTTGTGCAAATCTAGTTTGTGTTGG G	CTTTGTGCAAATCTAGTTTGTGTTT GGA	CTGCTTACTGGATCAGTTTACAACA GAT
38	120012	A10	1826601	CGAGGCCGTTTTGGGATATGAG	AATCGAGGCCGTTTTGGGATATGAA	CTCACAAACCTCTTCTTCTCACCAT
39	120031	A05	11778886	GCTAAATGGTTCCAGCTTGTAAAGT	GCTAAATGGTTCCAGCTTGTAAAGC	GCCTTTGACCCACTGGGAGAT
40	120031	A05	11780033	CAGCGAAGCACAGTTCAGCCAA	AGCGAAGCACAGTTCAGCCAC	GATAGAAAAGTTCTTTTGGAGCTCCCT GAA
41	271002KS	A02	30722463	CCCTACATATGCATCTCTTCTAAGC	ACCCTACATATGCATCTCTTCTAAGA	CGGTGATGTTGATTGACGAACGCTA
42	271002KS	A04	12129943	CATTTCTCAGCGAACAGTGTGATC	GCATTTCTCAGCGAACAGTGTGATT	GATTATCTTCTCTCAAGGCTAGCT AT
43	chiifu	A03	18616890	GTTTCCCCTCTGAAAAGAAAAAAA ATA	CTGTTTCCCCTCTGAAAAGAAAAAAA AAATT	CACCATAAATCATAGAAATGACATAGT TAA

44	chiifu	A09	30143034	AGCGATATAGAAGAAGGATAGTGCTT	AGCGATATAGAAGAAGGATAGTGCTA	ATCGAGCTCTATCATGGCTGGGTAA
45	CNU_11394	A06	16838912	TCTTTCGTTTTGAGATTAGGTACCTG	CTTTCGTTTTGAGATTAGGTACCTT	GGTCAACAGGAATTGTAGCAGTCACTA
46	CNU_11394	A07	25806222	TGCCTGTTCTTATGATTGTATAAGG	GCTTGCTGTTCTTATGATTGTATAAGT	CTATCTGAGGAGATGAAAAAGCAGTTT
47	CNU_11398	A01	9658723	AAAACCACCTGTAAAAGATATGCAGAA	CAAACCACCTGTAAAAGATATGCAGATA	CAGAAATGGAATTGTCATACCAATAACT
48	CNU_11398	A03	21252482	CAACGTCTATCATCTATCAATCCAAG	CCAACGTCTATCATCTATCAATCCAATA	CTTCTTCTCGATTGTATAACCGGGAT
49	CNU_11410	A04	15737165	ACGTATAGATAGATATATGTAACATATA	ACGTATAGATAGATATATGTAACATATA	GGAAACCAATGTCGTACGTTTATATGCA
50	CNU_11410	A06	10274453	AAATAGACGTCCAAAACTACATATAC	CTAAATAGACGTCCAAAACTACATATAC	AGCTTGTTTGAGCAATTTCTTAAACAC
51	CNU_11473	A07	26699192	AGTGGTGTCTTACGCAGCAG	GTAGTGGTGTCTTACGCAGCAT	ATGGTCAGCCTGCTGAGTCTGTTTA
52	CNU_11473	A09	366007	ACGATGGCTGTGTTCCAGGAGG	GACGATGGCTGTGTTCCAGGAGA	CGACGATGGTGGTCCCACGTT
53	CNU_11481	A06	27216510	GCGACAAAAGCGGAAAGTTAAGTAAC	GCGACAAAAGCGGAAAGTTAAGTAAG	GCTTTTAACTTGACGGAGTTCTGCGA
54	CNU_11481	A07	28637820	ACCGGATTCCCTAACGTATTCCCT	ACCGGATTCCCTAACGTATTCCA	CATTTTGTCTCATCACTTCCGCACTTT
55	CNU_11482	A07	15743653	CAATAACTGTTCCGTCAATATCGTCC	CAATAACTGTTCCGTCAATATCGTCA	CTCATGTTACCTTGCCGGCCAA
56	CNU_11482	A09	31446613	CTCCGCAGCCAAAAGCCC	TCTCCGCAGCCAAAAGCCA	GTATGTCGACAAACATGTGTGTTCCACA
57	CNU_11586	A03	1259046	ATGGACTAACATTAAAGGAGTGAGTA	ATGGACTAACATTAAGGAGTGAGTG	ATTGACAGGCTAAAAATGCACCCAAAGA
58	CNU_11586	A04	21298091	GATGGGAAGTTCGTTCAAAGGCG	AAGATGGGAAGTTCGTTCAAAGGCA	GTTGCTGCGCTGATCAGTGAATAT
59	CNU_11592	A08	18454455	CAATTACTAAGTTTGTGTATAGATCC	CAATTACTAAGTTTGTGTATAGATCC	AGGCGGCTTTGAGTTCGACATTATAT
60	CNU_11592	A08	20023078	AATTCATCAAAAATCCCTAGAGACAC	AATTCATCAAAAATCCCTAGAGACAG	GCCCGAGGTATTCTTTGCTGAACTT
61	CNU_11600	A07	26637448	AGTTTGTACCCTGAAGAACCCTGA	TGTTTACCCTGAAGAACCCTGG	TCTCTCGTCGAAAAATGAGCTCATA
62	CNU_11600	A08	21738016	AAGAATGGTTCGTCTGATGGATGA	AAGAATGGTTCGTCTGATGGATGG	CAGAGGAAGCGTCCATAAAGAGTGT
63	CNU_11635	A03	1257607	GTTTCTGAATCGAGTTCGGGTTT	CTGTTTCTGAATCGAGTTCGGGTTA	GACCGCCTCGGTTCTATGACTT
64	CNU_11635	A10	6103965	ACCTTAAATCGCCTGCTCAGCG	CACCTTAAATCGCCTGCTCAGCA	CAAAGCTGGCAACAATTTTACATGCCA
65	CNU_11636	A04	11365142	GGATTACGAGAAATGCGAGGAGAT	ACGAGAAATGCGAGGAGAA	CTTCTTTTCCAACTTCTTAAATCCTCC
66	CNU_11636	A05	3318155	CAAAAATTGTGGTTACAGAGATGGGA	CAAAAATTGTGGTTACAGAGATGGGC	GAGAAGCAGCACCACCAAAGTCTA
67	CNU_11637	A02	3003798	TATTGTGCGGCTAGGGCAGC	ATTGTGCGGCTAGGGCAGT	GATAGAAATCAGCAATTAGTGTCTTGCA
68	CNU_11637	A05	13235877	GGTCTTGGCCATGTAATGCCTTG	ATGGTCTTGGCCATGTAATGCCTTA	GGAAAGATCCATAACCTGGAAGAGAA
69	CNU_11638	A07	30725	GAGCTTCATGGTGAAAGAGATAATAGA	GAGCTTCATGGTGAAAGAGATAATAGT	GGAGGAAAGAGGTATATCAACCAAAG
70	CNU_11638	A10	3881115	AATCGACATAGATCCCTCACCTC	CAATCGACATAGATCCCTCACCTT	GCTTTTGTCTGATCTGGATATGCGAT
71	CNU_11639	A03	27715510	GTTTATGATCTTCCAGAGGAAATCC	CTGTTTATGATCTTCCAGAGGAAATCA	ACATTTGGAACATCAAAATGCTCACCGA
72	CNU_11639	A09	24518602	ATGTGGGAAACAGAGGAGGCG	GATGTGGGAAACAGAGGAGGCT	TGCAAACTGTCTGTCTCACGCATA
73	CNU_11641	A02	179528	CTTCTAATACCTTCTCGAACCTCTTA	CTTCTAATACCTTCTCGAACCTCTTG	CTTGTGCGATCATCGTCTCTGTCAA
74	CNU_11641	A06	9394689	CATAGGCTGTTTGGCTCAATAACAG	GCATAGGCTGTTTGGCTCAATAACAA	GGAAAGCTCTCATACTTCTTGGCAT
75	CNU_11642	A02	8685	ATTTCTCCTTGATGCAAGCAAGATAA	CTCCTTGATGCAAGCAAGATAC	CGGATTGAGGGTTCAAAAAGAAATACC
76	CNU_11642	A08	15998767	TGTTATCCACCATTGATTAACG	GCTTGTATCCACCATTGATTAACA	TCCATCTGCTTCTAAGCATCGCTA
77	CNU_11678	A08	15633628	GGAAAGACTACAAGAGCAGTTGC	GTGGAAGACTACAAGAGCAGTTGA	CAGAGCTGCTTTCTGTCTCTCTCTT
78	CNU_11678	A09	38364764	GGTGGTTACTTCTAGTACCAAGAG	CGGTGGTTACTTCTAGTACCAAGAA	CATGGAACGGAAGAGCAGCAATGTT
79	CNU_11682	A09	41189997	GATCCCAACGCGGCGTATTTCG	GATCCCAACGCGGCGTATTCA	TTAGCCATTTTCATCCCAATCTGAGAA
80	CNU_11682	A09	44575585	AAACACCTTCTTACTATCCTTACGC	GAAACACCTTCTTACTATCCTTACGA	AAGCTATTCTACTAGCAGATCGTTGAA
81	CNU_11684	A04	18796455	CACATCACCAAGAACATAAGCCC	CCACATCACCAAGAACATAAGCCA	CCAATTGCTAAAAGTTGGGGTGCATT
82	CNU_11684	A05	16991354	CCACTTCGTCTTTCATCATCATCATC	AACCACCTTCGTCTTTCATCATCATCATT	GTGAGGAAGCAACAAACATATGCTCTT
83	CNU_11685	A07	27543961	CACCACCTCAGCCATCTCAAC	CCACCACCTCAGCCATCTCAAT	GTTTGTGGTGGGTGTGAGAAGTT
84	CNU_11685	A07	96603	ATGCCAGGAATCTCTAGAAACCTGA	ATGCCAGGAATCTCTAGAAACCTGT	CCTTCTCTCGAGTGTCCCATAGAT
85	CNU_11696	A01	23658443	ACGGCCGAGAGGACACAGC	AATACGGCCGAGAGGACACAGT	CTTGTTCATGTTGTGTTCTTGGCTCTA
86	CNU_11696	A08	5457496	CGCCAGGAAACATGCCACCAC	ACGCCAGGAAACATGCCACCAA	GCGGTGAGTGAATAATGGAGTAATTGA
87	CNU_11712	A04	12198	GATGATGTCCACACTATACTACTCTC	AGATGATGTCCACACTATACTACTCTA	GGAAAATTACATGTACAGAGAGGACTG
88	CNU_11712	A10	18463857	AGTAGAGAAAAGAAGATGTTGATCGGA	GTAGAGAAAAGAAGATGTTGATCGGG	GACTACTCTTCTTCACTCGACTT
89	CNU_11714	A02	2179508	GTTGAGCCGTCTGAGGTCTTCT	GAGCCGTCTGAGGTCTTCC	GACGACATTTCAAACCTTGCAGCATA
90	CNU_11714	A09	25102836	CCTTTTGCAGGAGATGAACTGAAAAG	CCTTTTGCAGGAGATGAACTGAAAAA	CTGTGACCAATGACAAATCGCATAATG
91	CNU_11719	A03	28347715	AGCTATACAATTCTATACACCCTC	CCTAGCTATACAATTCTATACACCCTT	GCGAAGGGAACACACAAATATACATAC
92	CNU_11719	A07	7829351	TTATTTATTTTGAAACTTGAACCTGTT	TATTTTGAAACTTGAACCTTGTGAGGC	TCCTACAATACTACCAACAAAACACAG
93	CNU_11720	A07	1636654	GAGAAATATCTCTCAAATGGCTAAATG	AGAATATCTCTCAAATGGCTAAATGA	CCACAGGTGTTTGTAGTATCTTAACTT
94	CNU_11720	A07	7718153	TACCCAAGTGGTGGATACTGTGA	ACCCAAGTGGTGGATACTGTG	GACCTGGAACAAATACTCGTGTAGTGA
95	CNU_11730	A07	13312392	AAAGAGAAAATACAACACGCAAAGTTA	GAGAAAATACAACACGCAAAGTTACAC	ATTTTGTGATCTTTGTGCGTGTGAT
96	CNU_11730	A07	13383038	CAGGCGTAAGGAAAAAGCAAATATCA	CAGGCGTAAGGAAAAAGCAAATATCA	CGTCAATCAAAATCTTTGTGACGCTCT

97	CNU_11732	A01	12526548	AGCACCATAAACTCAGCTCCG	CAGCACCATAAACTCAGCTCCA	CCCACCCTTATCAACAACCAGTTT
98	CNU_11732	A05	20914564	TGCTTGCTAGCGACATGGTG	ACTTGCTTGCTAGCGACATGGTA	GTTTGGCCTAAACATTGATTCTACCTA CTT
99	CNU_11735	A03	12639339	GTTACTTGCTGCAGCCATAGATGA	ACTTGCTGCAGCCATAGATGC	CCATCATCACATTCATAGCTTCCAACA A T
100	CNU_11735	A03	2702870	GTTTCAGTTCACCAAGCTCAGG	CGTTTCAGTTCACCAAGCTCAGT	CCTGCTTGATCTGTGCATGAACTT
101	CNU_11736	A03	25705808	CAGAACGATCGATAGTGTAGTAAAA	CAGAACGATCGATAGTGTAGTAAAA	CGATCATGTATATGTCTAATTACAGGAA GAA
102	CNU_11736	A03	8922934	AAATGTTCCCTTTTAGTGGGATGAAAA	ATAAATGTTCCCTTTTAGTGGGATGAA AA	ATAAGACTTCAACATCGCGAGTTGACA AA
103	CNU_28025	A03	6434669	CGCAGAAGCTCTCAGCAAGTC	CCGAGAAGCTCTCAGCAAGTT	GGAGAATCTTGCTTCGACCTCGAA
104	CNU_28025	A04	21720953	CAAACCGGTTCCAAAGGAGAAGG	AACAAACCGGTTCCAAAGGAGAAGA	CCAAGAGCAGCTGTGATCCACTAAT
105	CNU_28027	A08	21178959	AGATCTGGTCTCTAGTCGCTGC	GAGATCTGGTCTCTAGTCGCTGT	AGAGCAGGCTCTGCTCATCAAAT
106	CNU_28027	A09	20831500	CCACCGTCGATGACTTTACAC	CCACCGTCGATGACTTTACAG	CAAGAGTTAGGATTTTCGTCGCTAAAC AT
107	CNU_28062	A03	25175755	TCAACTTTTCCAGTAACTGCAC	GCTTCAACTTTTCCAGTAACTGCAA	AAAGTAATTTGCTTTCACAGGCATGA AA
108	CNU_28062	A06	20394736	CTAAGGGTTCATGGGTTACAGCAA	CTAAGGGTTCATGGGTTACAGCAT	GATCTTACGTCATGACTTTTGGGTCA AA
109	CNU_28063	A01	26944909	TTATTAATCAGATGTGATGCAGGAGG	TTTATTAATCAGATGTGATGCAGGAGA	GAAGTATTTCCCTGTGTCCAACCTT
110	CNU_28063	A10	18473026	GTTCCTTGGTGGATTGAGAAGATGA	CCTTGGTGGATTGAGAAGATGG	TGTTTGGTTTAGATATATTCGGCGAG ATA
111	CNU_28064	A04	162377	GTTTTACTTTCCACCTAATATGTC	CGTTTTACTTTCCACCTAATATGTA	ACGCGGAACCAAGGGCAGCTAA
112	CNU_28064	A07	12494969	CACTCTCTTGAGAAGTTTTCTCTG	CCACTCTCTTGAGAAGTTTTCTCTA	CATTTTGGGTCTTCCAAAGGTACCATA AA
113	CNU_28065	A02	1518347	TCATCAACAGGAGGAACACACAT	CATCAACAGGAGGAACACACAA	ACTTGTATCCCTCATGCTACATATACT A
114	CNU_28065	A03	797293	ACAAGCAGATCAAACCGGAGAA	ACAAGCAGATCAAACCGGAGAT	CGCACCGTCGATGTCCGGTTT
115	CNU_28067	A07	15625047	AAAAACTTCTAGAAACCCATGAATTTG AG	GTAAAACTTCTAGAAACCCATGAATT TGAA	GAAAGTGGCGGCAAAAACCTGGTTTT
116	CNU_28067	A07	16087479	AATGCCGTGCTACTACTTTCATGT	GCCGTGCTACTACTTTCATGC	TGCTAGATTTCTTTATAGAGAAGCTC CAT
117	CNU_28069	A06	5354656	GTCAAAGACGTTTCAAAGAGCTTCAA	GTCAAAGACGTTTCAAAGAGCTTCA	AGATAAGAGAGAAGACTTGCCTTCTTC TT
118	CNU_28069	A07	20455806	CCAGTGAAGCCATCGTGCCTC	CCAGTGAAGCCATCGTGCCTT	TGGATAGCTTGAGATGAAGACTCCAAA A
119	CNU_28070	A06	29026232	CGTACTCCAGATACCCGGATATAT	CGTACTCCAGATACCCGGATATAA	GGGTTTTGAGAAAAACCAAGTAAACTCA GTA
120	CNU_28070	A07	195812	AAGATTCAACTAGATGCTGAAGCTTG	GAAGATTCAACTAGATGCTGAAGCTTA	TATGTCCTCTTGTCCAGGCAGTTA
121	CNU_28072	A01	1465397	CATACCTTAGGTTCTTTGTTTCTCTCT	ATACCTTAGGTTCTTTGTTTCTCTCG	CAGACATTCTGGAAATTCAGCAAAATCAA GAA
122	CNU_28072	A03	2788253	CTCTGAGAAAACCTTAGAAAAAGTG	GCTCTCTGAGAAAACCTTAGAAAAAGT C	TGGATTGATACGAGTTGCAGCCAA
123	CNU_28073	A02	2041340	AGATGCAAAATGAGTTCATGGTTCATAG	AAAAGATGCAAAATGAGTTCATGGTTC TAA	GCAAAGCCTGAGAAACATGTTCGAT
124	CNU_28073	A02	25965482	GAGGAAGAAGAAGAGTTAGCTTTG	CTGAGGAAGAAGAAGAGTTAGCTTTT	AACCATTTCTCTCTTTCTTACCACCTT T
125	DMR	A01	6680567	TGCTTTCTCGAAATATAACAGTGAAG A	GCTTTCTCGAAATATAACAGTGAAGT	GTATGGACTTTCCCATGCAAAAAGTAG TA
126	DMR	A03	16414519	ACTATATCAGTTAAAAATTCACGATGA AAGATT	CTATATCAGTTAAAAATTCACGATGAA AGATC	CGTCACTGGATATAAGCACATAACTT T
127	ReBr	A01	18625444	ACTAAGGACTCTAAGCTGGTCTAAC	AAACTAAGGACTCTAAGCTGGTCTAAT	GGCTCACTAAACGAGAAGAGCTTGAA
128	ReBr	A06	25360431	TGTCTAACATATTTCTTCTCCAGA TAAAT	GTCTAACATATTTCTTCTCCAGATA AAG	CTGAAGTTTTATCTTGATGTATATCC CAA

- (15) 전반적으로 핵심집단에 대한 계통특이적 SNP를 포함하는 consensus sequence에 N으로 masking 된 변이가 심한 영역의 비율이 0%에 근접한 경우 KASP 프라이머의 구성이 가능하였음(표 9)
- (16) 비록 표 9과 같이 N이 차지하는 비율이 상대적으로 높더라도 프라이머의 개발이 가능한 위치 주변에 N이 나타나지 않는 경우 KASP 프라이머의 구성이 가능하였음(표 10).
- (17) 핵심집단으로부터 얻은 consensus sequence 상에 N이 계통특이적 SNP의 인접 영역에 매우 가깝게 위치하거나(표 11), common 프라이머가 구성되어야 할 영역 상에 고르게 분포 하는 경우(표 12), consensus sequence로부터 KASP 프라이머의 구성이 불가능하였음
- (18) 배추 핵심집단으로부터 consensus sequence의 작성 이후 계통 특이적 SNP를 중심으로 N으로 masking되는 염기의 위치를 판단하여 KASP 프라이머가 구성될 수 있는 서열만을 선별하는 단계를 추가할 계획임
- (19) 현재 100여개 consensus sequence는 종자산업진흥센터에 위탁하여 KASP 프라이머 구성 및 배추 핵심집단을 이용한 KASP 마커 검증이 수행 중임
- (20) 이와 같은 문제를 해결하기 위하여, 인공지능(deep learning)을 활용한 계통 특이적 SNP 발굴 파이프라인을 현재 구축 중임
- (21) 4차년도에 개선한 KASP 프라이머 제작 파이프라인은 5차년도에 한국저작권협회에 프로

그램등록을 완료하였으며 그룹특이적 SNP 식별 파이프라인은 등록

사. 배추 형질 연관 마커의 개발

(1) 전장 유전체 연관분석(Genome-wide association study)를 통한 표현형 연관 SNP의 발굴

(가) 충남대학교로부터 제공된 배추 표현형 데이터의 통계 분석 결과 제시

(나) 배추 표현형 데이터를 활용하여 표현형 연관 SNP의 발굴

(2) 배추 표현형 자료의 재생산

(가) 인공지능을 활용한 유전체-표현체 연관 분석 파이프라인 개발을 위한 자료 수집

(나) 충남대학교 실습 포장에 배추 핵심집단 156개 계통을 정식

(다) 포장에 촬영 부스를 설치하여 주요 생육시기에 사진 자료를 생산

(라) 2020년 11월 말 ~ 12월 초 생육조사를 통해 주요 morphology 항목에 대한 표현형 수치 데이터의 생산 예정

아. 인공지능을 활용한 배추 집단 NGS 데이터를 활용한 계통 분류 파이프라인 구축

(1) 현재 구축한 계통 특이적 KASP 마커 개발 파이프라인은 계통 특이적 SNP 발굴을 기반으로 함. 다양한 filtering step을 통해 계통 특이적 마커를 선별하지만, 계통 전체의 변이를 대표하는 SNP를 발굴하기가 쉽지 않음

(2) 이러한 문제를 개선하기 위하여, 인공지능(Artificial Intelligence, AI)을 활용한 기계학습(Machine learning) 기술을 적용한 1) 계통 분류 파이프라인을 구축하고 2) 구축한 파이프라인을 활용하여 계통 특이적인 SNP를 발굴하고자 함

(3) 기존의 작물 집단의 계통분석은 joint variant calling을 통해 작성된 집단의 변이(SNP) 정보를 input data로 삼아 SNPhylo, IQ-TREE, PAML과 같은 계통도를 작성하는 분석 소프트웨어를 활용하여 집단 내 계통 사이의 관계, 분화시기를 추정하거나 Admixture, Structure와 같은 프로그램을 활용하여 전체 집단내에 소그룹의 개수를 추정함. 이와 같은 기존의 통계분석은 베이지 추정(bayesian inference)이나 최우추정법(maximum likelihood estimation)과 같은 기존의 통계이론에 근거함

(4) 인공지능을 활용한 기계학습을 통해 계통 특이적인 유전체 변이의 탐색은 핵심집단 전체의 SNP를 분석하여 각 계통 특이적인 유전체 영역을 탐색하기 때문에, 1) 계통 특이적인 SNP 탐색 및 KASP 마커 개발과 함께 2) 육종된 계통의 계통 확인으로 응용이 가능한 장점이 있음.

(5) 배추 156개 계통이 이루는 집단의 joint variant calling은 filtering이 적용된 순서에 따라 표 11과 같이 집단 내 SNP 위치의 수에 큰 차이를 나타내었음(표 13).

표 13. 필터링 조건에 따른 배추 핵심집단의 표준유전체에 대한 변이 개수의 변화

#	Filtering step	Number of SNP positions
1	Joint variant calling result	8,235,625
2	multi-allelic position filtering	7,860,835
3	Tassel 5.0 (Maximum allele frequency, missing rate, heterozygosity filtering)	2,514,850
4	Linkage disequilibrium(LD) pruning	49,433

- (6) 배추 156개 계통의 49,433개 변이 데이터로부터 계통간 유전적 거리를 산출하기 위하여 SNPhylo로 배추 핵심집단에 대한 계통도를 작성하였으며 해당 결과와 계통별 기원지 및 육종 시기 정보를 반영하여 배추 핵심집단 156개 계통을 4개의 카테고리로 분류하였음(표 14).

표 14. SNPhylo를 이용한 기원지 분류 결과

#	Category	Description	Number of related accessions
1	Non-pekinensis	spp. <i>pekinensis</i> 외의 아종 (청경채, 순무 등을 포함)	20
2	Chinese	중국에서 수집된 유전자원	49
3	Early accessions	20세기 초 이후 국내 도입된 계통	33
4	Korean breeding	현재 배추 육종에 활용되고 있는 계통	54

- (7) 가장 작은 수의 변이를 가지지만 유전체 상에 대표적인 변이 정보를 반영하는 LD pruning이 적용된 49,433개 변이 데이터(VCF format)를 인공지능 기법을 통한 계통의 분류 분석에 활용함(그림 24)

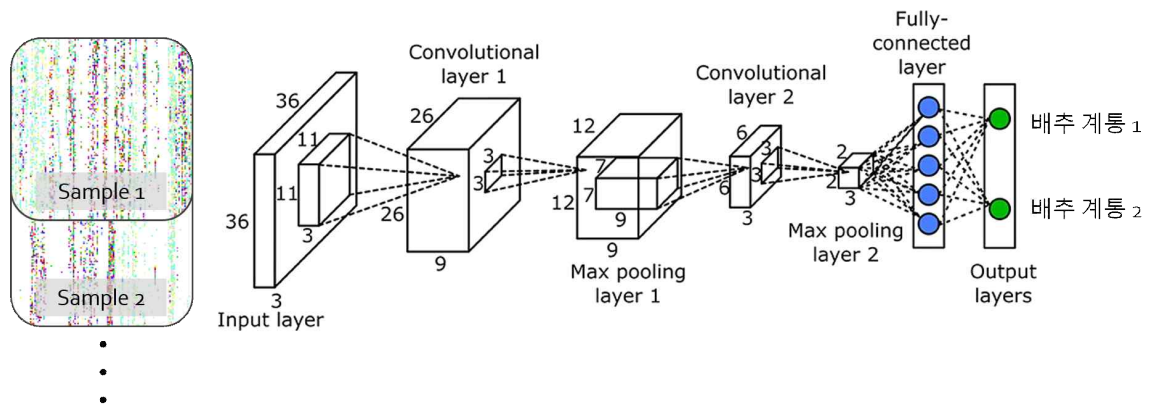


그림 24. 인공지능을 활용한 배추의 분류 모델 구성 모식도

- (8) 계통별 변이 데이터를 이미지로 전환한 후 계통별 결과의 상관관계를 산출하여 클러스터링을 수행한 결과는 그림 25과 같으며 이는 3차년도에 문헌조사 및 설문을 통해 조사된 배추 156개 계통의 기원지 정보와 전반적으로 일치하는 양상을 나타내었음

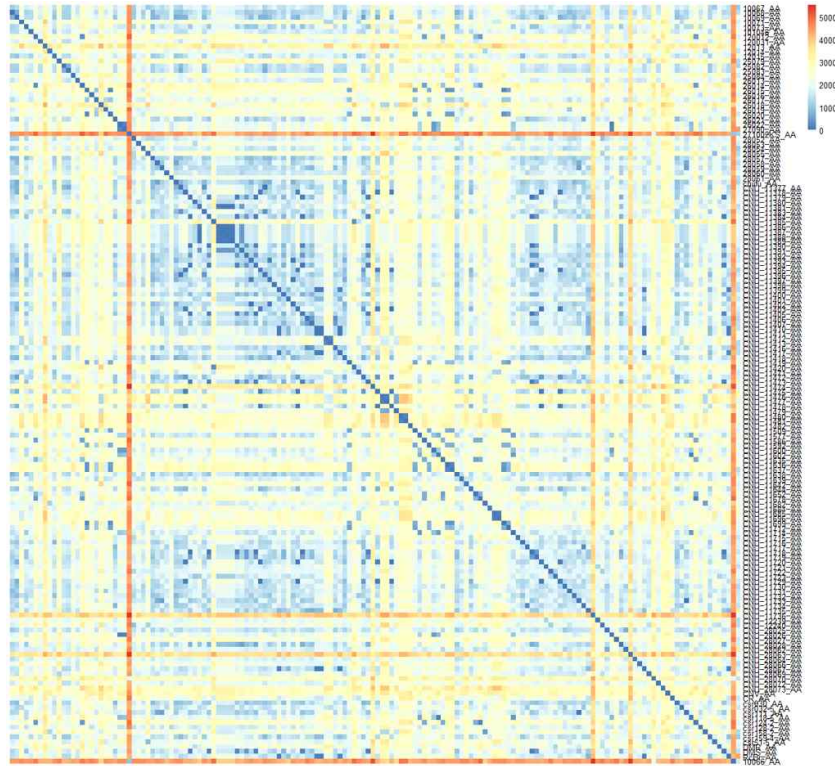


그림 25. Deep learning을 이용한 계통 분류 결과

(9) 배추 핵심집단의 49,433개 변이에 대한 유전분석 및 문헌조사를 통해 확인된 분류 결과를 인공지능 분석을 통해 수행된 클러스터링 결과와 대조하여 집단을 중국계 배추, 국내 육종 그룹, 비배추, 및 미분류 그룹으로 재분류하였음(그림 26).

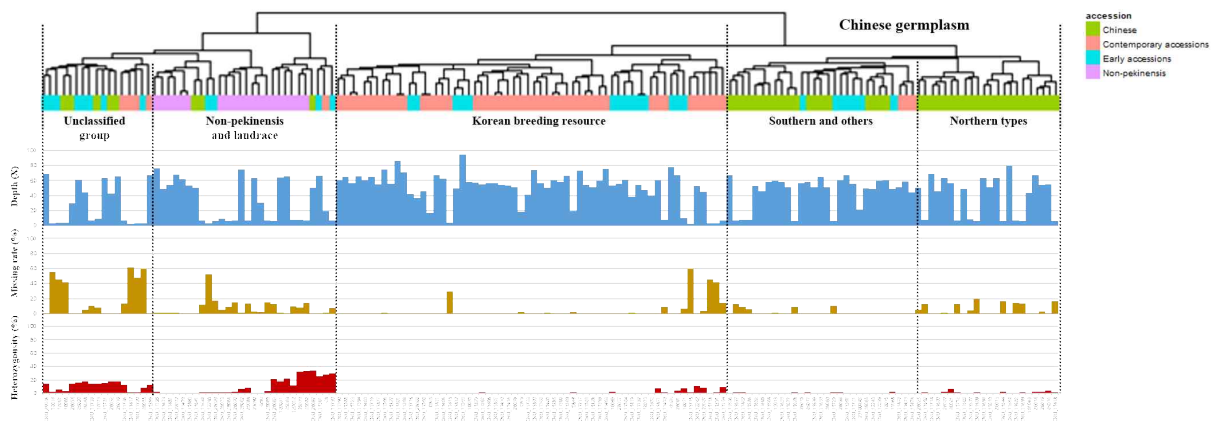


그림 26. 인공지능 분석과 기존 분석 결과의 비교

(10) 중국 계통의 경우 크게 북방계와 남방계의 두 형태적 그룹으로 분류되는 것을 확인할 수 있었으며 국내 육종 계통의 경우 초기 도입 그룹 중 일부와 혼합된 subgroup을 구성하였음(그림 22).

(11) SNP 정보 구성을 위해 계통별로 생산한 sequence data의 양을 의미하는 depth가 적을수록 missing rate가 높아지는 양상이 나타났으나 depth와 missing rate는 heterozygosity와

- 유의한 상관관계를 나타내지는 않았음. 이는 핵심집단내의 계통과 표준유전체 구성에 활용된 계통 사이의 유전적 거리 및 계통의 순도 유지 수준에 큰 영향을 받는 것으로 보임
- (12) 비배추계(non-pekinensis) 및 야생종(landrace)에 해당하는 그룹의 경우, 중국계와 국내 육종 계통과 달리 상대적으로 높은 수준의 heterozygosity를 나타내는 경향을 보였음
 - (13) 비분류 그룹(unclassified group)의 경우, 비배추계에 해당하지 않는 계통들로 구성되었는데 해당 계통들은 유전분석 및 문헌조사를 통해 부여된 그룹내의 다른 계통들에 비해 높은 수준의 heterozygosity를 보였음. 이는 인공지능을 통한 분류에서 실제 유전적 변이 패턴이 미치는 영향 외에 heterozygosity가 미치는 영향 또한 간과할 수 없음을 시사함.
 - (14) 구축된 파이프라인을 이용하여, 156개 핵심집단에서 임의로 선발한 검증집단(Validation population)을 계통 분류한 결과 75 ~ 87.5%의 정확성을 갖는 것으로 나타남(표 15, 그림 27).

표 15. 인공지능을 활용한 계통 분류 정확도

Architecture		
Simple CNN	Resnet50	Alexnet
87.5	75	81.25

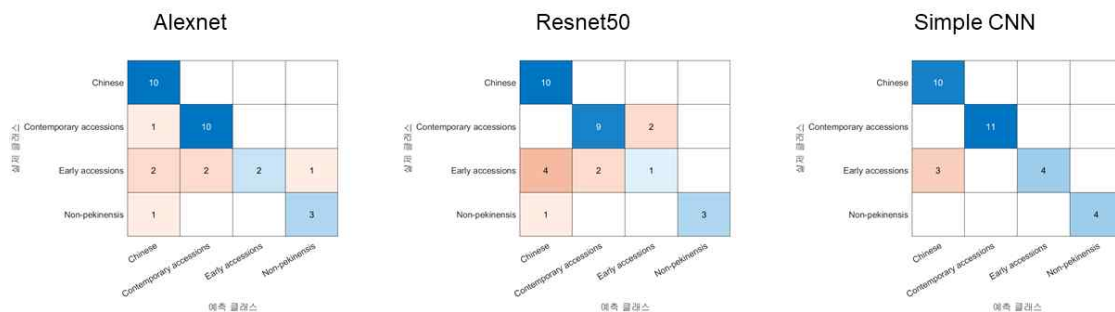


그림 27. 인공지능을 활용한 계통 분류 결과

자. 배추 계통특이적 SNP의 데이터베이스 구축

- (1) 3차년도에서 배추 156개 계통에 대하여 식별된 계통특이적 SNP 변이 데이터 정보를 제공할 수 있는 데이터베이스 플랫폼 구축하였음(<http://euclidsoftlab.iptime.org:8877/1/>)
- (2) 해당 데이터베이스를 활용하여 deep learning 분석을 수행하였으며, 4차년도와 5차년도를 통해 수집 구축 될 표현형 데이터베이스와 연계하여, 인공지능을 활용한 유전체-표현체 연관 분석 프로그램 개발에 활용할 예정임
- (3) 배추 표준유전체의 10개 chromosome 상에 분포하는 계통특이적 SNP의 위치 및 계통별 유전자형(genotype)을 시각화함(그림 28).

KOBIC Cabbage Platform Chrom A01 Chrom A02 Chrom A03 Chrom A04 Chrom A05 Chrom A06 Chrom A07 Chrom A08 Chrom A09 Chrom A10

GT 전제 Search

No	Chromosome	Cabbage ID	Position	Format	Ref Type	Alt Type	Snp Origin	Snp Convert
1	A01	csr51-5	29588769	GT	C	T	1/1	TT
2	A01	csr159-4	29588769	GT	C	T	1/1	TT
3	A01	csr158-2	29588769	GT	C	T	1/1	TT
4	A01	csr128-2	29588769	GT	C	T	1/1	TT
5	A01	csr124-2	29588769	GT	C	T	1/1	TT
6	A01	csr118-5	29588769	GT	C	T	0/0	CC
7	A01	csr111	29588769	GT	C	T	0/0	CC
8	A01	csr032-5	29588769	GT	C	T	1/1	TT
9	A01	csr030	29588769	GT	C	T	0/0	CC
10	A01	RcBr	29588769	GT	C	T	1/1	TT
11	A01	DMS	29588769	GT	C	T	1/1	TT
12	A01	DMR	29588769	GT	C	T	0/0	CC
13	A01	CR	29588769	GT	C	T	0/1	CT
14	A01	CNV	29588769	GT	C	T	0/0	CC
15	A01	CNU_28073	29588769	GT	C	T	1/1	TT

« 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 ... »

그림 28. 배추 계통 특이적 변이 정보 DB

차. 인공지능 기반 표현형 분류

- (1) 유전체 재분석 데이터의 활용성 제고 및 인공지능 기반 표현형 분류를 통한 유전체-표현형 연관분석을 위해 배추 핵심집단의 발달단계별 표현형 이미지를 생산하였음
- (2) 네 종류의 발달 단계 이미지를 활용하여, 인공지능을 활용한 표현형 분류 모델을 개발하였으며, 관련 내용을 논문으로 출판하였음(그림 29).

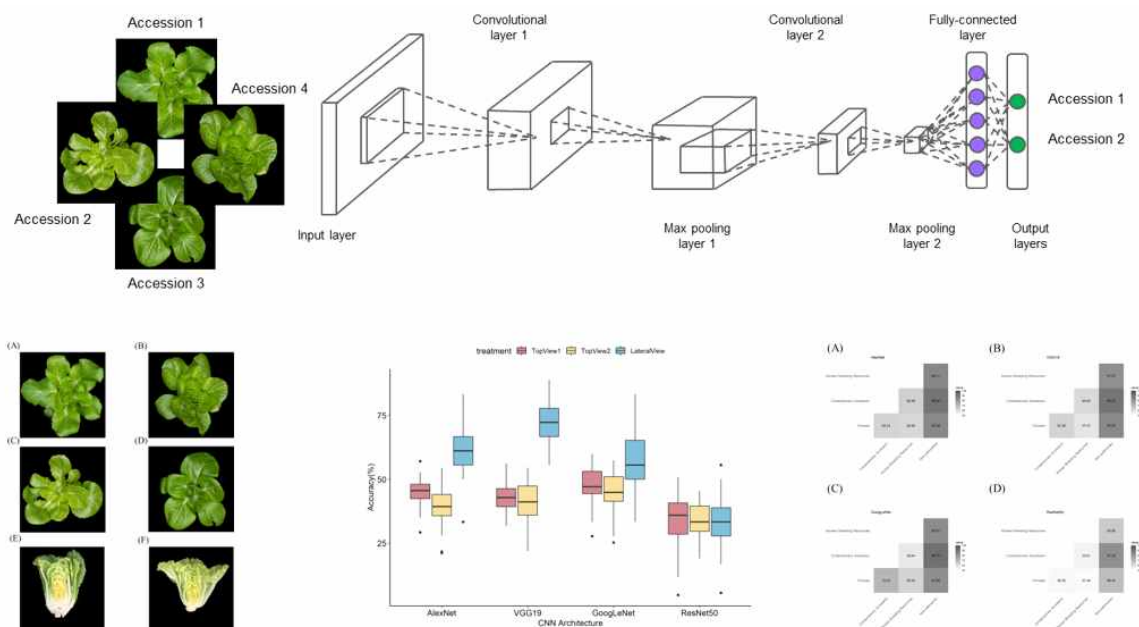


그림 29. 인공지능 기반 배추 표현형 분류 모델

- (3) 개발된 프로그램의 고도화를 통해 향후, 유전체와 표현형 정보의 연관 분석에 활용할 수 있을 것으로 기대함

4. 연구결과(3세부 위탁과제)

가. 고속·대용량 분석법 확립 수행

(1) 배추 시료(자엽, 잎 등)으로 종자산업진흥센터 보유 대량 분석 장비(Nexar system) 및 Kompetitive Allele Specific PCR (KASP) 마커에 적합한 분석법 확립(그림 30).

(가) Reaciton volume이 낮아(1.6ul) 효율적인 대량 분석이 가능하지만, DNA 순도 등 반응 조건에 민감하여 최적화 필요

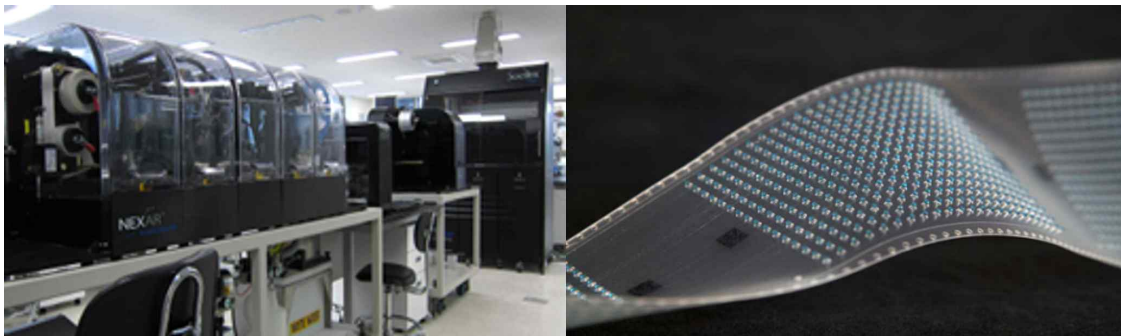


그림 30. 농업기술실용화재단 종자산업진흥센터의 유전자형 분석 시스템. 대용량 자동화 유전자 분석 장비(좌)와 대량 분석용 array tape(우)

(2) 추출 비용이 낮아 대량 분석에 적합한 CTAB DNA 추출 방법은 KASP 분석 결과에 부정적 영향을 나타내었음(그림 31).

(가) 증폭 효율의 차이로 인한 느슨한 cluster 형성이 확인되어, 명확한 분석이 어려움

(나) 분석 비용은 낮으나, 제한적인 자동화만 가능하여 효율적인 분석은 어려움

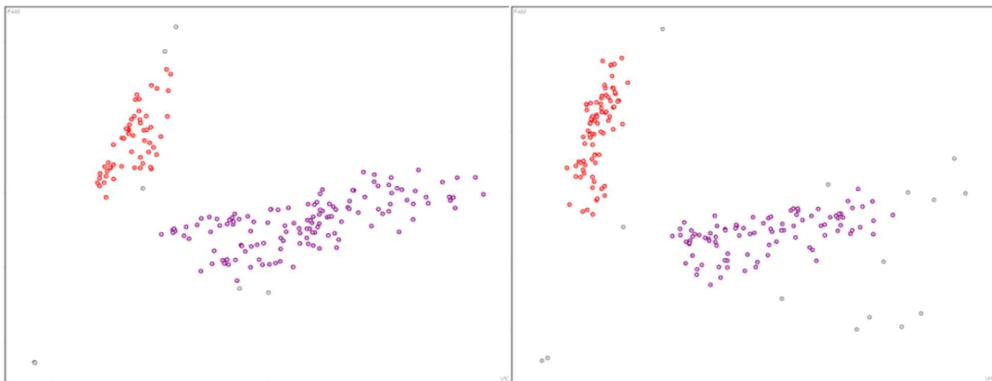


그림 31. CTAB DNA 추출법의 KASP 분석에 대한 영향

(3) DNA 순도가 높은 spin column DNA 추출 방법은 KASP 분석에 적합(그림 32).

(가) 유전자형 clustering이 명확하나, throughput이 낮고 추출 비용이 상대적으로 고가임

(나) 마커 스크린 등 한 샘플에 다수 마커를 적용할 때에는 적합하나, 순도 검정에 적용하기는 어려움

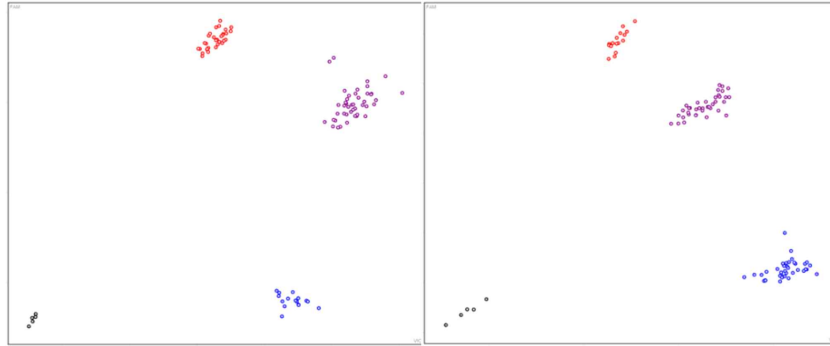


그림 39. Column 추출법의 KASP 분석에 대한 영향

(4) 자동화 추출에 적합한 magnet bead 방법은 KASP 분석에 적합(그림 33).

- (가) 유전자형 clustering이 명확하고, 센터 보유 대용량 자동화 장비(oKtopure)에 적합함
- (나) 추출비용이 높은 단점 극복을 위해, 국내 개발 시약을 이용하여 대량 추출 및 분석 최적화

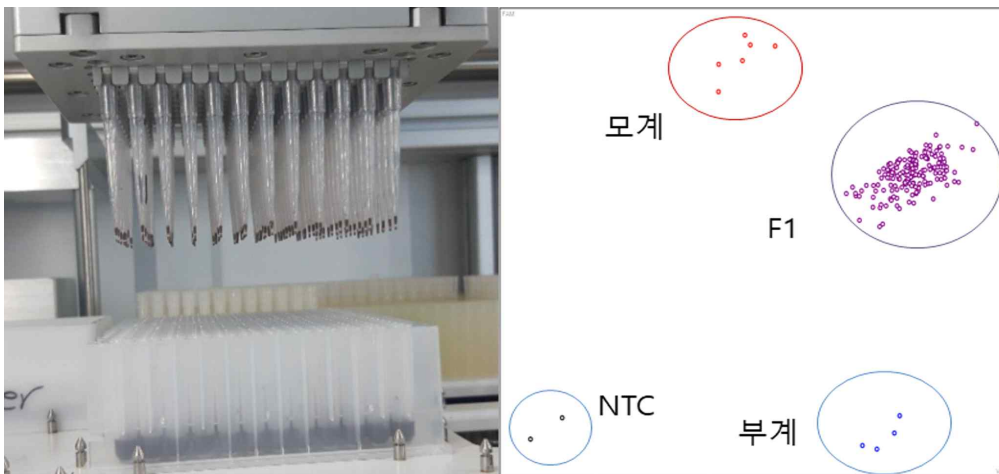


그림 33. Magnet bead 추출법에 의한 KASP 분석법 확립

나. 배추 종자 DNA 추출법 확립

- (1) 순도검정을 위해 발아시켜 유근 또는 자엽에서 DNA를 추출하였으나, 발아를 위해 시간과 노동력이 소요되어, 종자에서 직접 DNA 추출하여 분석 실시(그림 34).
- (2) 통상적으로 사용되고 있는 Sbeadex(LGC Biosearch) 대신에 지질이 많은 시료에 적합한 magnet bead 방식의 커스텀 kit(유진셀)으로 추출법 확립
 - (가) 흡광광도계 측정결과 DNA 평균 농도는 78.8 ng/ul, ratio는 2.2로 측정되었으나, 전기영동 결과 RNA로 인해 농도가 과다 측정된 것으로 판단되었음
 - (나) 실제 농도는 10ng/ul 이하로 보이나, HMW DNA 자체는 명확한 band를 형성하였으며, 자엽 유래 DNA 대비하여도 추출이 양호한 것으로 판단됨
 - (다) 분자표지로 분석결과 양호하게 분석되어, 종자를 이용한 순도검정 분석법이 확립됨

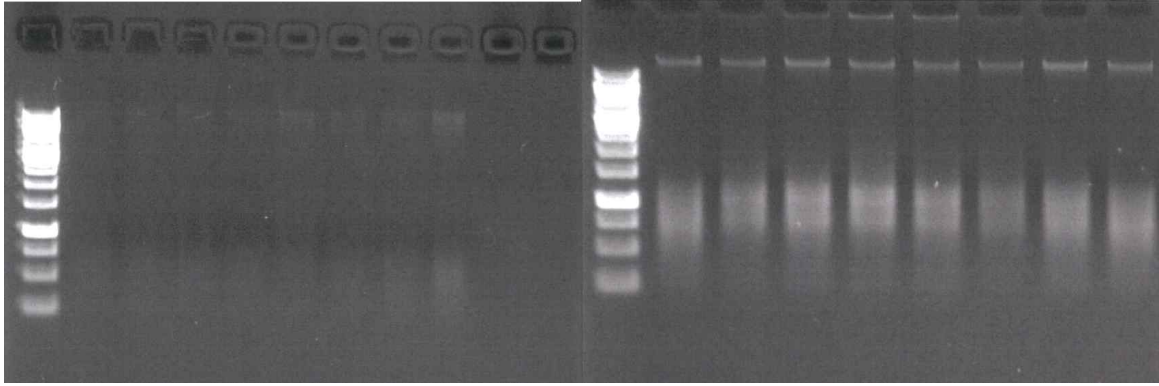


그림 34. 배추 DNA 추출 결과. 배추 자엽 DNA+Sbeadex(좌)와 배추 종자 DNA+custom kit(우)

다. KASP 마커 개발 및 테스트를 위한 상용 F1 품종 수집 및 분석

(1) 상용 F1 28품종 수집 및 KASP 마커를 이용한 유전적 다형성 분석(그림 35).

(가) 다양한 특성을 가진 F1 품종 수집 및 센터 보유 KASP 마커를 이용한 다형성 분석

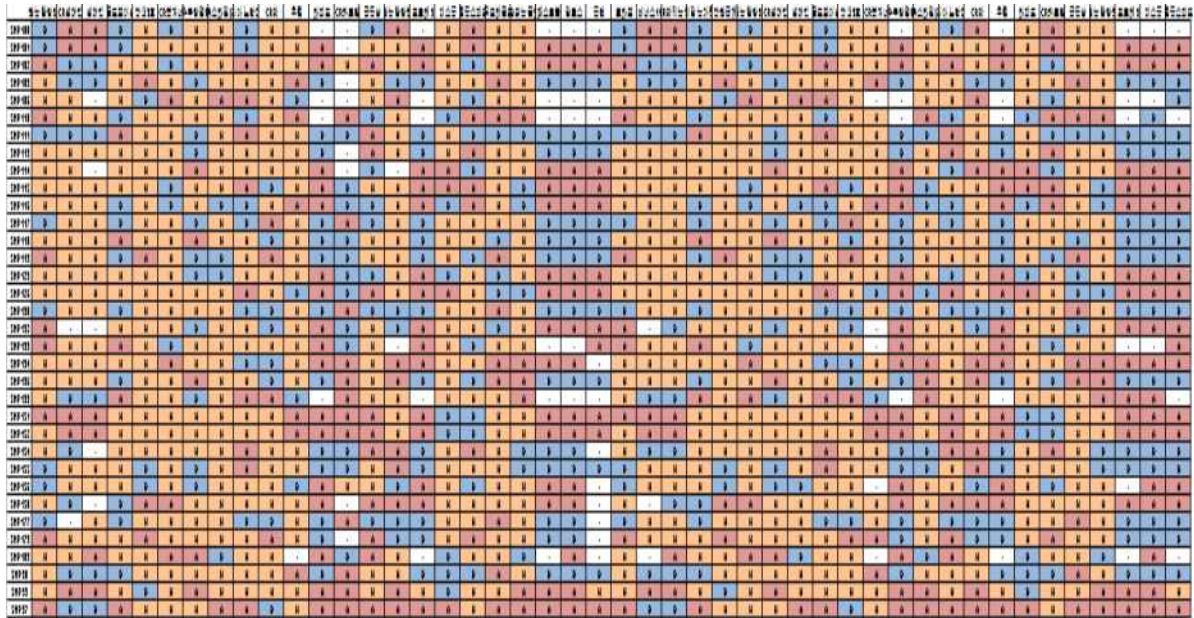


그림 35. KASP 마커 34개를 이용한 F1 품종 유전자형 분석 결과

(나) UPGMA 분석을 통한 F1 품종간 유전적 유사도를 분석한 결과, 20개로 분류됨

(다) 서로 다른 KASP 마커 34개를 사용하였음에도 불구하고, 유전자형이 동일한 품종이 나타남(그림 36).

→ 품종·계통 특이적인 마커 개발 필요성이 확인됨

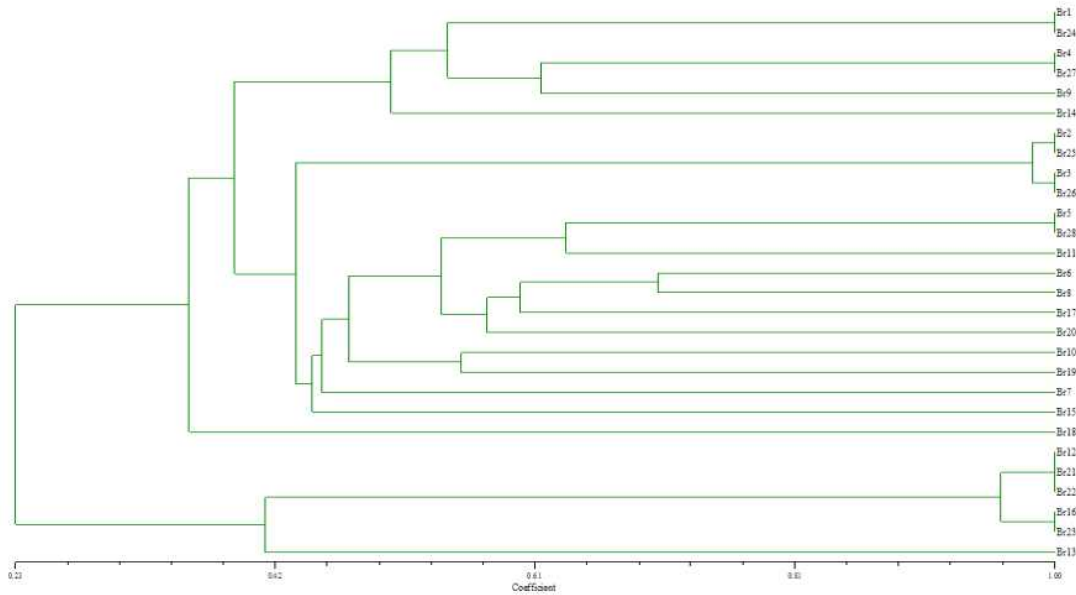


그림 36. UPGMA 분석을 통한 유전적 유사도 분석

라. KASP 마커 개발 및 테스트를 위한 계통 수집

(1) 충남대 보유한 배추 40계통 시료 확보하고, 계통간 유연관계를 조사(그림 37).

(2) 배추 계통의 유전적 연관관계 분석을 위해 배추 여교배용 분자표지 91개 적용

(가) 대용량 자동화 유전자 분석 시스템을 이용하여 3,630 dp 분석

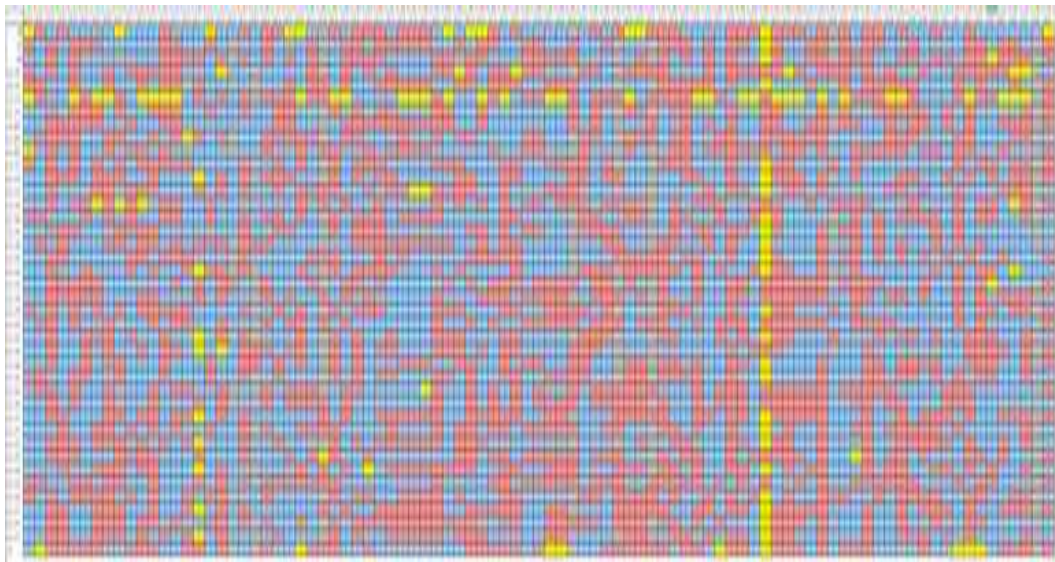


그림 37. 40계통을 이용한 유연관계 조사 결과

(나) 91개 마커를 이용하여 40개 계통에 대한 UPGMA tree를 작성하였으며, 그 결과 크게 2 group으로 나뉘며, 유전적 다양성이 높은 것으로 판단되었음(그림 38).

(다) 특히 CNU_11377과 CNU_11400은 유전자형이 동일한 것으로 나타나, 계통 특이적 마커의 효용성이 높을 것으로 예상됨

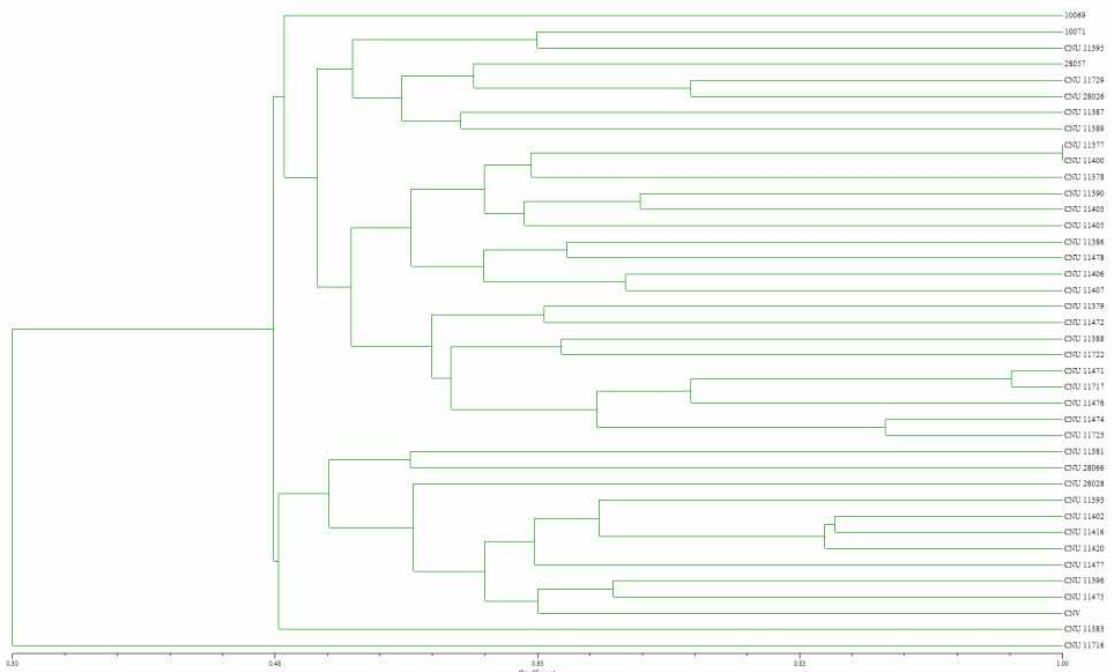


그림 38. 40계통을 이용한 유연관계 조사 결과

마. 배추 계통 특이적 SNP 발굴 검증을 위한 PCR 및 서열 분석

(1) 한국생명공학연구원 계통 특이적 배추 SNP 검증을 위해 locus 특이적 primer 제작 및 서열 분석

(가) 계통 특이적 SNP 96개 중 계통당 2개를 선발하여 20개 primer 세트 제작(그림 39).

Accession	SNP position	Forward	Reverse	Tm	GC (%)	product size
12015	A03_2956471	CGCAACTCTCCTGCCTA	CCACGTCTCCTTCTCTCT	60.78	60	350
12015	A05_6836152	CCTTCAGCTTTGGAACCGC	GAAGGCACTCTGTGTTCTGCC	62.33	57.143	318
26021	A06_6118599	CTGGAGTCGCTTGTGCATC	CTTTACTCCCCACAACGGC	60.501	57.895	301
26021	A02_18369509	ATGCGCTCGGACATACTCG	GCGGGCTTGTCTTGTCTC	60.94	57.895	308
26022	A01_6548614	GGCTGGCGAGAAGGAAGT	GTGGAAGTCTGGAACGCC	60.65	57.895	304
26022	A03_3737651	GCTCTTGACCAGCCATTCC	GTTGACCCCGTTGGAGCA	63.14	61.111	304
28059	A07_23193769	CACGGTGAGTTCAAGCGAG	CTCCGGCAACGTCTCTTAC	62.09	60	320
28059	A07_23181319	CACACCACCTCCTTGTGG	CTCCTGTTGCAGCTCGTG	60.195	57.895	343
28061	A10_450622	GTCATCCAGATCCTGACCCG	CCACCATGCGTTACACTC	61.188	57.895	350
28061	A06_19890710	CAGCTCCAACCAAAGCAGG	CGTGCATCTCCTCAACAGC	60.574	57.895	307
CNU_11411	A09_37233481	GGCGTTTGGTGACAGGAAC	ATCCTCTTGCCTAGCTCCG	59.541	57.895	350
CNU_11411	A07_20012970	GCTAGGGATAAGTCACGCAGG	CGTCTCACCTCCAACGTACC	60.567	60	310
CNU_11412	A09_42427036	GCTGGAGAGAAGCAAGACG	TCCTCGTGGTTCCGCTAC	61.192	57.895	332
CNU_11412	A07_21781162	GAGGCATCAGTGGTCTGAGT	GAACCAACCAGAAGAGAGGG	61.021	60	341
CNU_11479	A06_3079806	CTAACCGAGCTTCGTCTGGTC	CTAAGGACATGGGTGTGGGG	62.497	60	336
CNU_11479	A03_21060850	CACTCACGGAGGAAGAGCTG	GGTGTGTGTCTTCTGGTCGG	59.988	57.895	316
CNU_11480	A03_10121108	GAGTATCTTCCAGTCCCGCC	GCTTTCAGTACCCTCAC	61.973	60	326
CNU_11480	A01_11372183	CTGTCTCTGGGGATGCAGAC	CCTCCGTGGAAACGACATC	61.484	57.895	339
CNU_12239	A09_12241049	CGAAACCAGGAAGACCACG	GAGGCTGGAGGGCAAATCT	61.663	57.895	338
CNU_12239	A09_20123503	GCGCTCATCCTTCTCCGTA	CACCCAGCAGAGTAGTGGGA	61.266	60	310

그림 39. 계통 특이적 SNP 발굴을 위한 PCR 프라이머 세트 제작

(나) 충남대학교 제공 배추 10계통에 대한 PCR 증폭(그림 40).

* 일부 계통을 제외하고 거의 모든 target이 성공적으로 증폭되었음

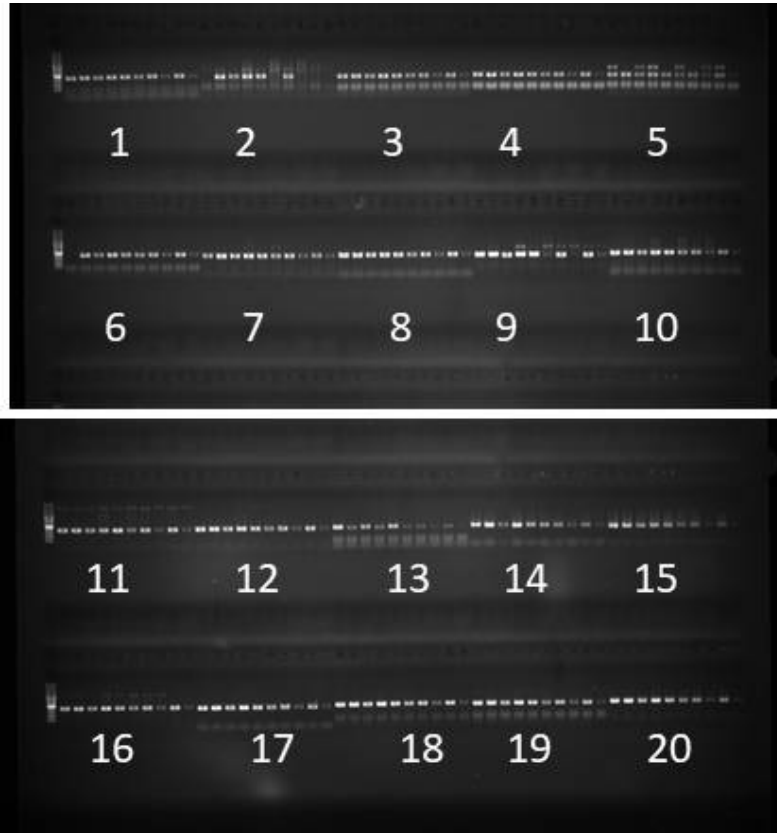


그림 40. 배추 10계통의 PCR 증폭 결과

(다) PCR product는 sanger sequencing을 통해 서열 분석 및 alignment 실시(그림 41)

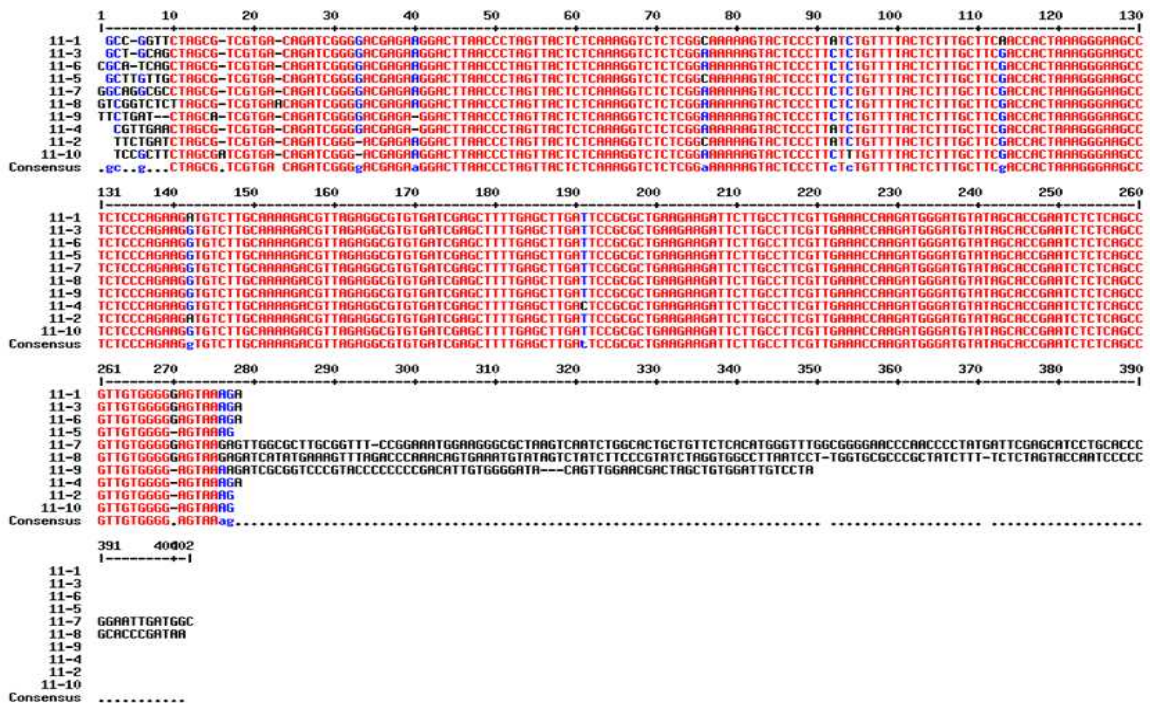


그림 41. PCR 증폭 서열의 sequence alignment 결과

(라) PCR product의 sequencing 결과를 통해 NGS기반 계통 특이적 SNP 분석법이 유효함 확인

바. 배추 고속 분석용 KASP 마커 제작

(1) 한국생명공학연구원에서 발굴한 계통특이적 배추 SNP후보 중 202개 선발 및 합성(그림 42)

Assays ID	FAM Allele	HEX Allele	Sequence	Aliquot ID	Plate ID-Well
10068 A07 26621116	A	G	TACACGATTTAAACCCAAACAAACAAAGGAAAGGACTTANGATACCAAA	2101732297	2352 406 Box 1 to ship.A01
10068 A08 18605243	C	T	GAATATATCTATACACTAGCAAAATATTAATTAAGATTTATCTAATCTTA	2101732298	2352 406 Box 1 to ship.B01
10068 A06 5352719	C	T	GATMAGACATAGCTTTTCAGAGCAACAACTGCTTTTAAATTTGTCACACCA	2101732299	2352 406 Box 1 to ship.C01
10068 A01 6853459	T	C	CTTAAATGTTCCAAATGATGATGATGATGATGATGATGATGATGATGATG	2101732300	2352 406 Box 1 to ship.D01
10069 A03 32699207	T	A	GACTTTGGGATGTCACCTCCGATTCATAGCACCCGCTTTCATACCTTCGAA	2101732301	2352 406 Box 1 to ship.E01
10069 A05 7050814	G	T	TCAGTTATGTAAGTGGTCCACCAAGTCTTTCGAAATAGGCTGACCAACAA	2101732302	2352 406 Box 1 to ship.F01
10069 A02 28738075	G	C	TCATGATTAATTAAGTTCAGCAAGTTCAGTTCAGTTCAGTTCAGTTCAGTTC	2101732303	2352 406 Box 1 to ship.G01
10069 A05 4038976	G	C	AAACCCMAAAATTCCTGGCTTTTATACCTGGTACCCCTTGCAGAGCCACAA	2101732304	2352 406 Box 1 to ship.H01
10071 A05 1431680	C	T	CACACATATATGAATTCCTTATGAAATATATACACATAGGATATATCCCA	2101732305	2352 406 Box 1 to ship.A02
10071 A07 12494895	G	A	GATGAGTTCGACAGATGAGATCTGTGGCTATGACAGCTTACCTATCTGTTG	2101732306	2352 406 Box 1 to ship.B02
10073 A02 21061348	C	G	TCTTCTTGGATTCATGTCACAAATGCTATGATATTCAGATATATGCTATA	2101732307	2352 406 Box 1 to ship.C02
10073 A01 9959456	T	C	AAACCCMAAAATTCCTGGCTTTTATACCTGGTACCCCTTGCAGAGCCACAA	2101732308	2352 406 Box 1 to ship.D02
10073 A02 27243429	C	T	GGTGGTCTCTCAGCAATTCGAGCAATTCGATTCGATTCGATTCGATTCGAT	2101732309	2352 406 Box 1 to ship.E02
10073 A09 34619242	G	A	TGTTTCTCAGCTCAGAAATTCAGATGAGTTCAGCAATTCAGATGATATGGA	2101732310	2352 406 Box 1 to ship.F02
12015 A02 21061348	C	T	ATGTTTCTGATTCGAGAGGAGATGCTGATGCTGATGCTGATGCTGATGCTGAT	2101732311	2352 406 Box 1 to ship.G02
12015 A10 18683683	G	A	TCAGGACAGCTGATTTCCACATTTCTGAGATGCTAACCCAGTACCGAGAG	2101732312	2352 406 Box 1 to ship.H02
26015 A09 44769703	G	T	GTGTTGTTGAAACACACCGGAGGAAATTTGAGGAGCAGGCTATTAGCCAA	2101732313	2352 406 Box 1 to ship.A03
26015 A06 24999907	T	C	TCATGTCACCCACAGCTCCAGTCAAAATTCATAGCATCAGCTCTAAGATAT	2101732314	2352 406 Box 1 to ship.B03
28052 A03 16004386	A	G	ACAGCCAGCCCTCAGATGATCAAAACCAAACTTCCTTCCGCTTGGCTTGA	2101732315	2352 406 Box 1 to ship.C03
28052 A05 5353523	G	T	CATGAAATGTTGAATTAATCTTTCGAAATTCGTAATTAAGAAATGATATC	2101732316	2352 406 Box 1 to ship.D03
28057 A10 11318541	T	G	AGAAATCTCTAATAAATTCGAGAGCAACGAGAGCTATTAGCCAGGCTC	2101732317	2352 406 Box 1 to ship.E03
28057 A06 246527	C	T	TCATATCTGAGGCTCTTACTGATGATACACTAGTCTTTCAGATGAGG	2101732318	2352 406 Box 1 to ship.F03
28059 A07 23638038	G	A	ACCCAAAGAACTTGGAGGAAACTTGGAGAAACTATGAAATTAATAAAT	2101732319	2352 406 Box 1 to ship.G03
28059 A07 21078330	G	T	TGTTCTMAGAGAAATTAACCTATATTTTCTTTCGCAACTAGAACAGCT	2101732320	2352 406 Box 1 to ship.H03
28061 A03 22285257	G	A	ACCATTTTCTGAGATAGATGCTATGATCAACCTCTCTCTCTCTCTGATC	2101732321	2352 406 Box 1 to ship.A04
28061 A06 19291769	G	A	GCACAGGTTCTCTCCAGTCTCTCCATTCACCCAGCTCTGAAACCCGCTCC	2101732322	2352 406 Box 1 to ship.B04
CNU11384A07 14776075	G	C	GAATATATCAGTTTGGATCCGAGAAATGAATATTCAGAAATGTTCA	2101732323	2352 406 Box 1 to ship.C04
CNU11384A06 22239277	A	C	AGAAATGCTTGGATCTATCTTGTGACTCTCAGCTTAACCACTTGGCTTA	2101732324	2352 406 Box 1 to ship.D04
CNU11389A01 6252495	G	A	AGAGTATGTTATAAGGTTATAGGCTTCTTCCATGATTTCCAAAAAAT	2101732325	2352 406 Box 1 to ship.E04
CNU11389A06 26644525	C	T	ACTATGCTCATGCTTTCAGAAAGTTTCTTGAATTTGCCAAACTCTCTCT	2101732326	2352 406 Box 1 to ship.F04
CNU11390A02 27237375	G	A	ATCAGATAAACCAGCCACCAACAAATTCAGATTTGTTGTTTAAATTC	2101732327	2352 406 Box 1 to ship.G04
CNU11390A03 33509930	T	G	CGACCAAGGCTTCGAAATTCATAGGATTTGTTTTCAGCAAAATTAAGG	2101732328	2352 406 Box 1 to ship.H04

그림 42. KASP 마커 개발을 위한 Primer Set

(2) 2020년도 합성된 120개를 포함하여 총 322개가 디자인 및 합성되었음(그림 43).



그림 43. 제작된 KASP 마커 세트

(3) 배추 순도검정용 분자표지 322개의 염색체내 위치(그림 44)

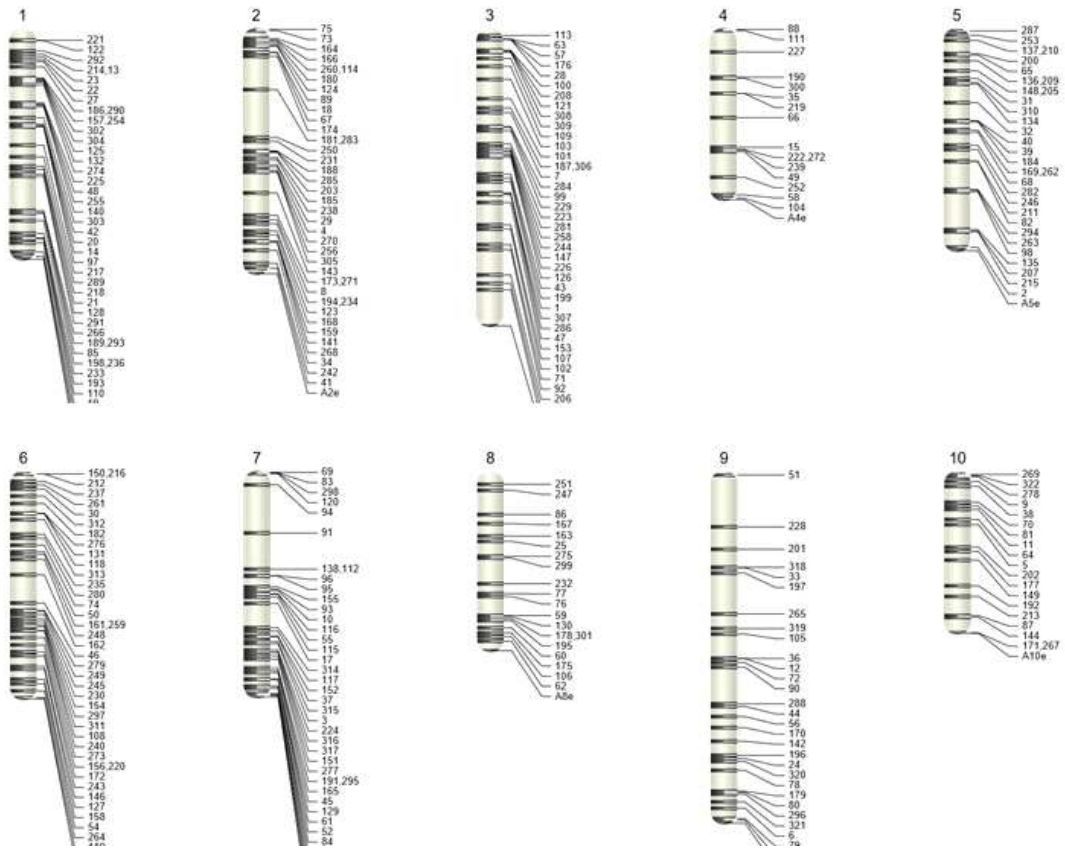


그림 44. 배추 순도검정용 분자표지의 유전체에서의 위치

(4) 합성된 KASP 분자표지는 염색체당 평균 32.2개였으며, Mb당 1.1개 었음

(가) A01, A02, A03, A06, A07은 상대적으로 다른 염색체에 비해 염색체 길이 대비 많은 수가 디자인 되었음(그림 45).

(나) A04, A08, A10은 상대적으로 다른 염색체에 비해 염색체 길이 대비 적게 분포함

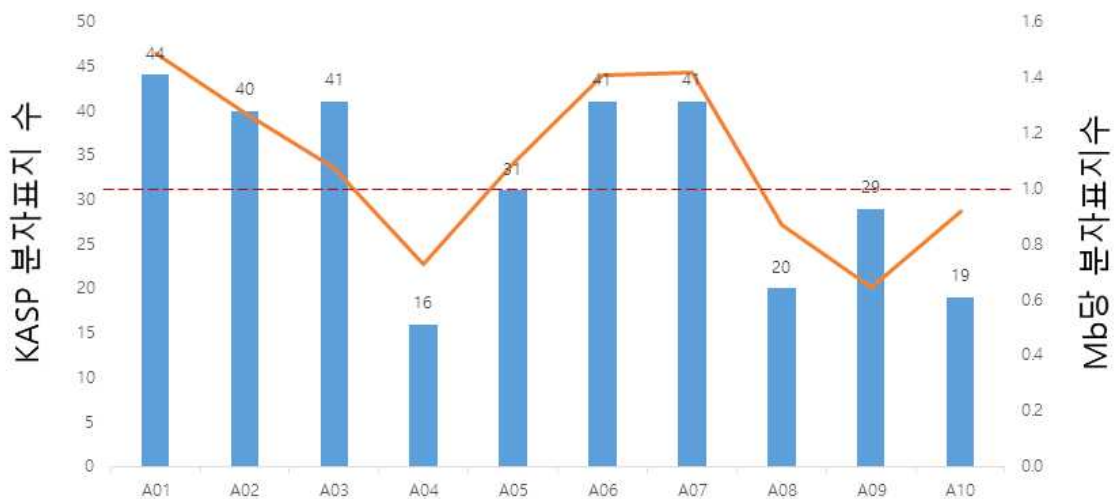


그림 45. 염색체 별 KASP 마커 분포

사. KASP 마커 validation을 위한 배추 계통·품종 시료 확보

(1) 충남대 보유 핵심집단 98 계통 시료 확보 및 DNA 추출

No.	CSR ID	Accession ID	No.	CSR ID	Accession ID
1	11076	11076	50	CSR_100	CNU_11472
2	09CR500	CNU_14026	51	CSR_102	CNU_11474
3	09CR501	CNU_14030	52	CSR_103	CNU_11475
4	CNU_17309	CNU_17309	53	CSR_104	CNU_11476
5	CSR_008	26015	54	CSR_105	CNU_11477
6	CSR_014	26021	55	CSR_106	CNU_11478
7	CSR_015	26022	56	CSR_107	CNU_11479
8	CSR_017	28052	57	CSR_108	CNU_11480
9	CSR_018	28053	58	CSR_138	CNU_11716
10	CSR_021	28057	59	CSR_139	CNU_11717
11	CSR_023	28059	60	CSR_143	CNU_11721
12	CSR_025	28061	61	CSR_144	CNU_11722
13	CSR_028	10068	62	CSR_145	CNU_11723
14	CSR_029	10069	63	CSR_146	CNU_11729
15	CSR_031	10071	64	CSR_148	CNU_11731
16	CSR_033	10073	65	CSR_156	CNU_12239
17	CSR_036	12015	66	CSR_167	10135
18	CSR_045	CNU_28026	67	CSR_168	10175
19	CSR_046	CNU_28026	68	CSR_169	12031
20	CSR_047	CNU_28028	69	CSR_170	CNU_13017
21	CSR_052	CNU_28066	70	CSR_171	CNU_13018
22	CSR_058	CNV	71	CSR_172	CNU_13019
23	CSR_059	CNU_11377	72	CSR_173	CNU_13020
24	CSR_060	CNU_11378	73	CSR_174	CNU_13021
25	CSR_061	CNU_11379	74	CSR_175	CNU_19138
26	CSR_063	CNU_11381	75	CSR_176	CNU_19139
27	CSR_064	CNU_11383	76	CSR_178	CNU_19141
28	CSR_065	CNU_11384	77	CSR_179	CNU_19143
29	CSR_067	CNU_11386	78	CSR_180	CNU_19144
30	CSR_068	CNU_11387	79	CSR_181	CNU_19238
31	CSR_069	CNU_11388	80	CSR_182	CNU_19239
32	CSR_070	CNU_11389	81	CSR_183	CNU_19241
33	CSR_071	CNU_11390	82	CSR_184	CNU_19242
34	CSR_074	CNU_11393	83	CSR_185	CNU_19243
35	CSR_076	CNU_11395	84	CSR_186	CNU_19244
36	CSR_077	CNU_11396	85	CSR_187	CNU_19245
37	CSR_078	CNU_11397	86	CSR_188	CNU_19246
38	CSR_081	CNU_11400	87	CSR_190	CNU_19248
39	CSR_083	CNU_11402	88	CSR_191	CNU_19165
40	CSR_084	CNU_11403	89	CSR_192	CNU_19166
41	CSR_085	CNU_11405	90	CSR_193	CNU_19210
42	CSR_086	CNU_11406	91	CSR_194	CNU_11688
43	CSR_087	CNU_11407	92	CSR_203	CNU_29007
44	CSR_089	CNU_11411	93	CSR_204	27142
45	CSR_090	CNU_11412	94	CSR_205	27160
46	CSR_094	CNU_11416	95	CSR_206	CNU_11540
47	CSR_097	CNU_11419	96	CSR_207	CNU_11672
48	CSR_098	CNU_11420	97	CSR_208	CNU_11698
49	CSR_099	CNU_11471	98	CSR_211	120030

아. 계통특이적 KASP 분자표지 분석

(1) 배추 핵심집단 95계통을 322개의 KASP 분자표지로 분석(30,590dp)(그림 46).

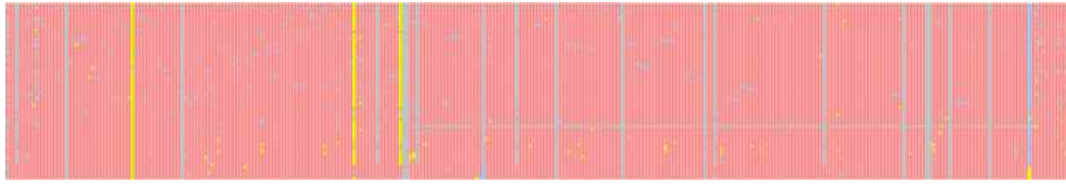


그림 46. 배추 핵심 집단의 KASP 마커 분석 결과

(2) KASP 분자표지의 44.4%는 1계통에만 특이적, 3개는 2계통에 특이적이었음

(가) A01_9739191의 경우, 목표로 한 CNU_11389에서만 증폭이 이루어져, 다른 계통에 비해 KASP 증폭부위 서열에 차이가 큰 것으로 생각됨(그림 47).

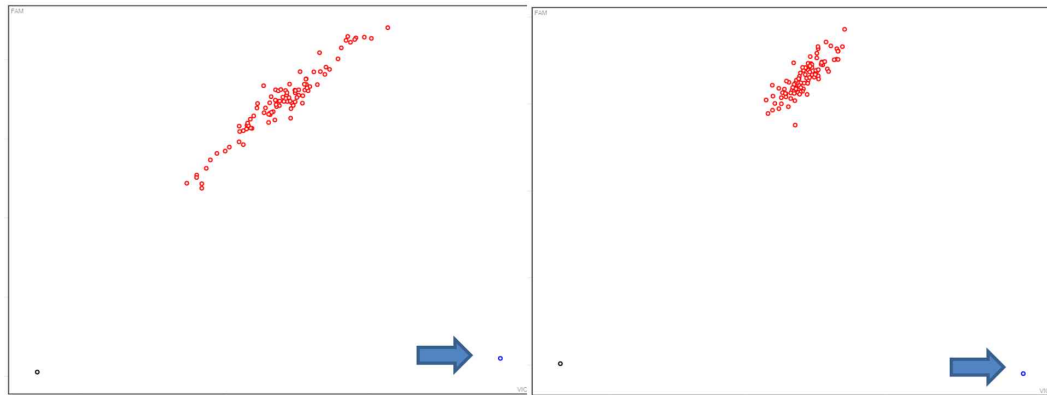


그림 47. KASP 마커 분석 결과. 계통 특이적 분자표지 A01_1402383(좌)와 A01_17612012(우)

(2) 119개의 분자표지는 다형성이 관찰되지 않았는데, 이는 분자표지가 목표로 하는 계통이 분석에 포함되지 않았거나, 계통 특이적 SNP가 증폭되지 않은 것으로 판단됨

분류	개수	비율
1계통 특이적	143	44.4%
2계통 특이적	3	1%
다형성 미검출	119	37.0%

자. 최소구분 분자표지 세트와의 비교

(1) 2년차 91개 배추 MAB 분자표지 분석데이터로 최소 구분 분자표지를 탐색(그림 48).

(가) 데이터가 모두 존재하고, heterozygous genotype이 없는 분자표지 28개 선택

(나) 40개 품종을 구분할 수 있는 최소구분 분자표지를 탐색한 결과, 6개 품종을 제외한 34개 품종을 구분할 수 있는 11개 분자표지로 이루어진 세트가 탐색됨

(다) CNU_11716와 CNU_11477, CNU_11377와 CNU_11400, CNU_11471와 CNU_11717는 유전자형이 동일하여 구분되지 않았음

Accession	SNP102	SNP103	SNP121	SNP123	SNP127	SNP133	SNP155	SNP156	SNP161	SNP163	SNP184	Code
10069	B	A	A	A	B	A	A	B	A	B	A	BAAABAABABA
10071	A	B	B	A	A	A	B	A	A	A	A	ABBAABAABAAA
28057	A	B	A	A	A	A	B	B	A	A	B	ABAAAABBAAB
CNU_11381	A	B	B	B	A	B	A	B	A	B	B	ABBBABABBB
CNU_11395	B	B	B	B	A	A	B	B	A	A	A	BBBBAAABAAA
CNU_11716	B	B	A	A	A	B	A	A	A	A	A	BBAAAABAAAA
CNU_11729	A	B	A	B	B	A	A	B	B	A	A	ABABAABBAAB
CNU_28026	A	A	B	B	B	A	A	B	B	A	B	AABBBAAABBB
CNU_28028	A	A	B	A	A	B	A	B	B	A	B	AABAABBBAB
CNU_28066	A	B	B	A	B	B	B	B	B	A	A	ABBBBBAABAA
CNU_11377	A	B	A	B	B	A	B	A	A	A	B	ABABBABAAB
CNU_11378	A	A	A	A	B	A	B	A	B	A	B	AAAAABABAB
CNU_11379	A	B	A	B	A	B	B	B	B	B	B	ABABABBBB
CNU_11383	A	B	B	B	B	A	B	A	B	B	B	ABBBBABABBB
CNU_11386	B	B	A	A	B	A	A	B	B	A	A	BBABAABBAAB
CNU_11387	A	A	A	B	B	A	A	A	B	B	A	AAABBAABBA
CNU_11388	B	A	A	A	B	A	B	A	A	B	A	BAAAABABA
CNU_11389	A	A	A	B	A	A	B	B	A	A	A	AAABAABAAA
CNU_11390	A	B	A	B	B	A	A	A	A	B	B	ABBBAAAAAB
CNU_11393	A	A	B	A	A	A	A	A	A	B	A	ABAAAAABBA
CNU_11396	A	A	B	A	B	B	A	A	A	B	B	AABBBAAAB
CNU_11400	A	B	A	B	B	A	B	A	A	A	B	ABBBABAAB
CNU_11402	A	B	B	A	B	B	A	A	A	B	A	ABBBABAABA
CNU_11403	A	B	A	B	B	B	A	A	A	B	A	ABBBABAABA
CNU_11405	A	B	A	A	B	A	A	B	B	B	B	ABAABAABBB
CNU_11406	A	B	A	B	B	B	B	B	A	B	A	ABBBBBAABA
CNU_11407	B	B	A	B	B	A	B	B	A	A	A	BBBBABAABA
CNU_11416	A	B	B	A	A	B	A	A	B	B	A	ABBAABAABA
CNU_11420	A	B	B	A	A	B	A	A	A	B	B	ABBAABAAB
CNU_11471	A	A	A	B	B	A	B	B	A	B	B	AAABBAAB
CNU_11472	B	A	A	A	A	B	B	A	A	B	B	BAAAAABAB
CNU_11474	A	A	A	B	B	A	B	B	B	A	B	AAABBAAB
CNU_11475	A	A	A	B	A	B	A	A	A	A	B	AAABAABAAB
CNU_11476	B	A	B	B	B	B	B	B	A	B	B	BABBBBBA
CNU_11477	B	B	A	A	A	B	A	A	A	A	A	BBAAAABAAA
CNU_11478	A	B	B	A	B	B	A	B	B	B	A	ABBBABAABA
CNU_11717	A	A	A	B	B	A	B	B	A	B	B	AAABBAAB
CNU_11722	A	A	A	A	B	A	A	B	A	B	B	AAAAABAAB
CNU_11723	A	A	B	B	B	B	B	B	B	A	B	AABBBBBA
CNV	A	A	B	A	A	B	B	A	A	A	B	AABAABAAB

그림 48. 최소 구분 분자표지를 탐색 결과

- (2) 특히 CNU_11377와 CNU_11400의 경우는 배추 여교배 91개 분자표지로는 다형성이 발견되지 않아, 품종구분이 불가능하였음
- (3) 그러나, 당해 개발된 계통 특이적 KASP 분자표지는 1개만으로도 이들 두 계통을 정확하게 구분할 수 있었음

Marker	Target	CNU_11377	CNU_11400
A06_20416979	CNU_11377	B	A
A07_27815519	CNU_11377	B	A
A05_12945933	CNU_11400	A	B
A09_32875625	CNU_11400	A	B
A05_12945933	CNU_11400	A	B
A05_20709296	CNU_11400	A	B

- (4) 따라서 유전적으로 매우 가까운 계통/품종을 순도검정하거나 품종의 진위를 파악하고자 할 때, 계통 특이적 분자표지가 효과적으로 쓰일 수 있는 것으로 사료됨

5. 연구개발성과

가. 논문 성과

(1) 배추의 작형과 관련된 주요 유전자 중 하나가 개화 관련 유전자이며, 개화 관련 유전자의 gene family expansion과 기능 분화와 관련된 연구를 수행하여 관련 논문을 출판하였음

(가) 2021, Genome-Wide Comparative Analysis of Flowering-Time Genes; Insights on the Gene Family Expansion and Evolutionary Perspective. Seongmin Hong, Yong Pyo Lim, Suk-Yoon Kwon, Ah-Young Shin and Yong-Min Kim. Frontiers in Plant Science, 12:702243, 국외, SCIE

(2) 배추의 표현형 기반 계통분류 모델 개발과 관련 된 연구를 수행하여, 관련 논문을 출판함

(가) 2021, Deep Learning Algorithms Correctly Classify Brassica rapa Varieties Using Digital Images. Minah Jung, Jong Seob Song, Seongmin Hong, Sunwoo Kim, Sangjin Go, Yong Pyo Lim, Juhan Park, Sung Goo Park, Yong-Min Kim. Frontiers in Plant Science, 12:738685, 국외, SCIE

나. 특허 성과(출원)

(1) 배추의 종자 검증용 KASP 마커 개발과 관련된 2편의 특허를 출원하였음

(가) 2021, 배추 계통 구분을 위한 단일 염기 다형성 기반 마커 및 이의 용도, 김용민, 홍성민, 임용표, 최수련, 대한민국, 10-2020-0133694

(나) 2021, 배추 계통 구분을 위한 단일 염기 다형성 기반 마커 및 이의 효율적 개발을 위한 NGS 분석 절차, 김용민, 신아영, 홍성민, 임용표, 최수련, 대한민국,

(2) 배추에서 인공지능과 유전체 정보를 활용한 분류 모델을 개발과 관련된 특허를 출원하였음

(가) 2021, 인공지능을 활용한 개체 및 계통 특이적 분류 변이 및 마커 선정 방법 및 시스템, 김용민, 채은경, 박주한, 신아영, 정민아, 송중섭, 홍성민, 신건철, 대한민국, 10-2021-00755953

다. 마커 개발 성과

(1) 배추의 종자 검증용 KASP 마커 개발과 관련된 마커를 150건 개발하여 이를 성과전담기관에 등록함

<p>국가생명연구자지원정보센터 (KOBEC) Korean BioInformation Center</p> <p>연구성과물(생명정보) 등록 확인서</p> <p>1. 세부과제번호 : 113006028030 2. 과제교수번호 : 154501970 3. 세부 과제명 : 종자 순도 대량 검증 시스템 개발 및 구축 4. 후원연구기관명 : 한국생명공학연구원 5. 과제책임자 : 김용민 6. 기공년도 : 2019년 7. 과제수행기간 : 2019년 04월 15일 ~ 2019년 12월 31일</p> <p>“국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정, 제25조 제2항에 의거하여 “국가연구개발사업 연구성과의 등록·기타 기준 및 절차”에 따라 아래와 같이 연구성과물(생명정보) 등록을 확인합니다.</p> <p>- 연구성과물 등록·기타 관리기관 : 한국생명공학연구원 국가생명연구자지원정보센터 - 연구성과물 등록·기타 등록번호 : K38C3201025_000003-K38C3201025_000052 - 연구성과물 등록 권수 : 50건 - 연구성과물 등록·기타 날짜 : 2019년 10월 15일 - 등록·발행정보형태 : Brassica rapa의 Other Type 데이터 - 공개여부 : 공개 - 공개예정일자 : 2022-10-15</p> <p>2019년 10월 25일</p> <p>한국생명공학연구원 국가생명연구자지원정보센터</p>	<p>국가생명연구자지원정보센터 (KOBEC) Korean BioInformation Center</p> <p>연구성과물(생명정보) 등록 확인서</p> <p>1. 세부과제번호 : 113006028030 2. 과제교수번호 : 154501970 3. 세부 과제명 : 종자 순도 대량 검증 시스템 개발 및 구축 4. 후원연구기관명 : 한국생명공학연구원 5. 과제책임자 : 김용민 6. 기공년도 : 2019년 7. 과제수행기간 : 2019년 04월 15일 ~ 2019년 12월 31일</p> <p>“국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정, 제25조 제2항에 의거하여 “국가연구개발사업 연구성과의 등록·기타 기준 및 절차”에 따라 아래와 같이 연구성과물(생명정보) 등록을 확인합니다.</p> <p>- 연구성과물 등록·기타 관리기관 : 한국생명공학연구원 국가생명연구자지원정보센터 - 연구성과물 등록·기타 등록번호 : K38C3200721_000001-K38C3200721_000050 - 연구성과물 등록 권수 : 50건 - 연구성과물 등록·기타 날짜 : 2019년 07월 21일 - 등록·발행정보형태 : Brassica rapa의 Other Type 데이터 - 공개여부 : 공개 - 공개예정일자 : 2022-07-21</p> <p>2020년 07월 21일</p> <p>한국생명공학연구원 국가생명연구자지원정보센터</p>	<p>국가생명연구자지원정보센터 (KOBEC) Korean BioInformation Center</p> <p>연구성과물(생명정보) 등록 확인서</p> <p>1. 세부과제번호 : 113006028030 2. 과제교수번호 : 154501970 3. 세부 과제명 : 종자 순도 대량 검증 시스템 개발 및 구축 4. 후원연구기관명 : 한국생명공학연구원 5. 과제책임자 : 김용민 6. 기공년도 : 2019년 7. 과제수행기간 : 2019년 04월 15일 ~ 2019년 12월 31일</p> <p>“국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정, 제25조 제2항에 의거하여 “국가연구개발사업 연구성과의 등록·기타 기준 및 절차”에 의거하여 아래와 같이 연구성과물(생명정보) 등록을 확인합니다.</p> <p>- 연구성과물 등록·기타 관리기관 : 한국생명공학연구원 국가생명연구자지원정보센터 - 연구성과물 등록·기타 등록번호 : K38C3201101_000001-K38C3201101_000077 - 연구성과물 등록 권수 : 50건 - 연구성과물 등록·기타 날짜 : 2021년 10월 05일 - 등록·발행정보형태 : Brassica rapa의 Other Type 데이터 - 공개여부 : 공개 - 공개예정일자 : 2023-04-05</p> <p>2021년 10월 21일</p> <p>한국생명공학연구원 국가생명연구자지원정보센터</p>
--	--	--

<그림 49. 마커개발 성과등록>

라. 프로그램 등록 성과

- (1) 계통별 sequencing 데이터를 활용한 변이정보의 생산 및 프라이머 개발 파이프라인의 프로그램 등록
- (2) 본 파이프라인의 활용을 통해 NGS 데이터로부터 변이 정보의 생산과 계통별 변이를 반영한 표준유전체 상의 특정 영역의 염기서열 생산, 및 프라이머의 제작을 단계별로 수행하였음(표 16).

표 16. 프로그램 등록이 완료된 파이프라인의 전체 작업 리스트

작업 단계	작업내용	결과 파일 형식
1. 계통별 변이 정보의 생산	Trimmomatic을 활용한 read sequence의 필터링	fastq
	Read sequence 데이터의 표준유전체 상의 mapping	sam
2. 변이 정보가 반영된 서열의 생산	Sequence alignment map(SAM) 파일의 binary alignment map 파일로 변환 및 가공	bam
	계통에 대한 표준유전체를 이루는 크로모솜 별 변이 정보의 생산	bam, vcf
3. 프라이머의 생산	계통별로 표준유전체 상의 특정영역에 대하여 계통별 변이가 반영된 consensus sequence의 생산	fasta
	표준유전체 상의 특정 위치를 target으로 삼는 프라이머의 생산	text

- (3) 타겟 SNP와 인접한 집단내 보존된 영역을 프라이머가 제작에 추천하는 파이프라인 프로그램 등록
- (4) 핵심집단 NGS 데이터를 활용한 KASP 프라이머의 타겟 SNP의 인접한 서열의 집단내 변이 빈도가 높은 영역을 산출
- (5) 타겟 SNP에 인접한 변이 빈도가 높은 영역은 N으로 치환되어 프라이머 부착위치에서 제외

표 17. 프로그램 등록이 완료된 파이프라인의 전체 작업 리스트

작업 단계	작업내용	결과 파일 형식
1. 계통별 변이 정보를 반영한 consensus sequence의 생산	Samtools를 활용하여 계통별로 생산된 bam 파일에서 타겟 SNP가 위치하는 인근 영역에 mapping된 read sequence 데이터를 추출	bam
	계통별 변이를 반영한 타겟 SNP 인근 영역에 대한 consensus sequence를 구성	fasta
	계통별로 생산된 타겟 SNP 주변 501 bp를 ClustalW로 alignment	text
2. 인접 서열의 보존 여부 평가	perl 스크립트를 활용, 집단내 타겟 SNP 인접 영역의 모든 염기에 대한 서열의 집단내 보존여부 평가	text
3. KASP 후보서열의 생산	타겟 SNP 주변 서열의 alignment 결과에서 각 염기별로 집단내 계통의 10% 이상의 변이가 나타나는 영역은 N으로 마스킹	text
	501 bp 길이의 서열 중앙에 타겟 SNP를 표기 후 변이가 심한 영역 및 염기는 N으로 마스킹 하여 KASP 프라이머 제작에서 제외	text



<그림 50. 프로그램 등록>

제 3 장. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도

제 1절. 목표

1. 본 과제의 목표는 수출 현지 맞춤형 중구형 품종개발로 수출 지역에 부합한 품종을 개발하여 상업화를 통해 시장 점유율을 높이고 수출 경쟁력을 강화하고자 한다. 국내 강점 기술인 계통육성 기술과 분자유종 기술을 활용하여 현지에 적합한 내서성, 만추대 중구형 고품질 F1종자를 개발하고, 현지 마케팅, 영업 네트워크 구축을 통해 안정적인 수출이 가능한 체계를 구축하여 국내 배추 종자 산업에 기여하고자 한다.

1세부 및 위탁과제에서는 내서성 중구형 품종개발 및 수출 확대를 목적으로 수출 지역에 부합한 내서성, 월동용, 내병성, 황심 등 고품질 내서성 중구형 배추품종을 2021년까지 2품종 개발하고, 2021년 200만 달러 수출을 최종목표로 하였다. 세부 목표로는 1) 분자마커, 생물검정, 소포자배양을 활용한 내병성, 고품질계 계통육성, 2) 우수계통간 교배조합 작성 및 선발, 3) 해외 현지 지역적응성시험 및 시교사업, 4) 우수품종 품종보호출원 및 등록, 5) 해외 전시포 출품, 종자 박람회 참가, 5)해외 목표 시장 다각화 및 수출 마케팅 활동을 통한 종자수출이다.

2세부과제에서는 중국 등 주요 배추 수출시장에 현지 맞춤형 품종개발 및 수출 확대를 목적으로 수출 지역에 부합한 만추대, 월동용, 내병성, 황심 등 고품질 중구형 배추품종을 2021년까지 2품종 개발하고, 2021년 100만 달러 수출을 최종목표로 하였다. 세부목표로는 1) 우수 분리계통 육성, 2) 소포자 배양을 이용한 단기간 순계육성, 3) 접종 및 마커검정 등을 통한 내병성 계통육성, 4) 조합작성 및 선발평가, 5) 유망조합 현지 성능검정 및 지역적응성시험, 6) 원종증식, 채종시험 및 현지 시교공급, 7) 품종보호출원 및 등록, 8) 현지 전시포 및 박람회 참가 등을 통한 평가 및 홍보, 9) 현지 마케팅을 통한 종자수출이다.

3세부 및 위탁과제에서는 배추 유전체 데이터 분석 핵심 알고리즘 및 품종 특이적 SNPs/InDels 분석 파이프라인 개발, 배추의 엘리트 라인의 유전체 변이 분석을 통한 품종 특이적 마커 발굴 및 개발, 배추 육종 품종의 종자 순도 검증을 위한 품종 연관 마커 개발 및 Marker-assisted breeding (MAB)을 위한 마커 세트 개발, MAB 마커 세트에서 품종 별 종자 순도 검증을 위한 마커 세트 선발, 선발 마커 세트의 검증 및 대량 검증 시스템 개발 및 구축, 배추 육종 품종의 고속 대용량 종자 순도 검정을 위한 KASP 마커 제작 및 검증, 배추 유전자형 분석 및 DB 구축을 통한 순도검정용 품종 식별 체계 구축을 목표로 하였다.

제 2절. 목표 달성여부 및 관련분야 기여도

1. 목표 달성도

가. 내서성 중구형 배추 품종개발(1세부과제)

구분	평가항목	비중 (%)	개발목표치	목표 달성치	달성도 (%)
1차년도 (2017)	1. 유전자원 등록	10	- 5점	- 7점	100
	2. 우수계통 육성	20	- 20계통	- 고정50계통 - 분리40계통	100
	3. 교배조합 작성	20	- 50조합	- 중구형 120조합 - 월동형 62조합	100
	4. 내서성 검정	15	- 10점	- 고랭지검정:14점	100
	5. 내병성 검정	15	- 20점	- 생물검정: 22점 - 분자마커: 22점	100
	6. 현지적응성시험	20	- 5조합	- 중국 현지 13조합	100
2차년도 (2018)	1. 유전자원 등록	10	- 5점	- 7점	100
	2. 우수계통 육성	15	- 20계통	- 고정 75계통 - 분리 159계통	100
	3. 교배조합 작성	15	- 50조합	- 중구형 154조합 - 월동형 50조합	100
	4. 내서성 검정	15	- 10점	- 고랭지검정: 70점	100
	5. 내병성 검정	15	- 20점	- 생물검정: 33점 - 분자마커: 33점	100
	6. 현지적응성시험	15	- 5조합	- 감숙성 8조합 - 하북성 17조합 - 운남성 10조합 - 호북성 60조합 - 요녕성 9조합	100
	7. 품종보호출원	10	- 1품종	- 출원: 1품종	100
	8. 종자수출	10	- 25만불	- 27.43만불	100
3차년도 (2019)	1. 유전자원 등록	10	- 5점	- 12점 기탁	100
	2. 우수계통 육성	15	- 20계통	- 고정:50계통 - 분리:40계통	100
	3. 교배조합 작성	15	- 50조합	- 중구형 172조합 - 월동형 72조합	100
	4. 내서성 검정	15	- 10점	- 고랭지검정: 27점	100
	5. 내병성 검정	15	- 20점	- 생물검정: 20점 - 분자마커: 45점	100
	6. 현지적응성시험	10	- 5조합	- 중국 현지 15조합	100
	7. 품종보호출원	10	- 1품종	- 출원: 2품종	100
	8. 종자수출	10	- 75만불	- 120.2만불	100
4차년도 (2020)	1. 유전자원 등록	10	- 5점	- 10점 기탁	100
	2. 우수계통 육성	15	- 20계통	- 고정: 40계통 - 분리: 60계통	100
	3. 교배조합 작성	15	- 50조합	- 중구형 154조합	100

				- 월동형 35조합	
	4. 내서성 검정	15	- 10점	- 고랭지검정: 47점	100
	5. 내병성 검정	15	- 20점	- 생물검정: 25점 - 분자마커: 25점	100
	6. 현지적응성시험	10	- 5조합	- 중국 현지: 11조합	100
	7. 품종등록	10	- 1품종	- 등록: 1품종	100
	8. 종자수출	10	- 100만불	- 128.6만불	100
5차년도 (2021)	1. 유전자원 등록	10	- 5점	- 9점 기탁	100
	2. 우수계통 육성	15	- 20계통	- 고정: 20계통 - 분리: 134계통	100
	3. 교배조합 작성	15	- 50조합	- 중구형 252조합 - 월동형 33조합	100
	4. 내서성 검정	15	- 10점	- 고랭지검정: 23점	100
	5. 내병성 검정	15	- 20점	- 생물검정: 22점 - 분자마커: 22점	100
	6. 현지적응성시험	10	- 5조합	- 하북성: 13조합 - 운남성: 14조합 - 호북성: 13조합	100
	7. 품종등록	10	- 1품종	- 출원: 4품종 - 등록: 3품종	100
	8. 종자수출	10	- 200만불	- 105.4만불	52

나. 만추대 중구형 배추 품종개발(2세부과제)

구분	평가항목	비중 (%)	개발목표치	목표 달성치	달성도 (%)
1차년도 (2017)	1. 유전자원 수집 및 현지 정보수집	10	- 5점	- 16점 수집 및 원예적 특성평가 - 현지 거래처 및 출장을 통한 정보수집	100
	2. 소포자배양 통한 계통육성	20	- 30점	- 기 배양 684점 재배 특성 검정	100
	3. 유망 조합작성 및 조합선발	10	- 10점	- 기 작성 예비선발조합 183점 온실재배시험으로 6조합 선발	100
	4. 현지 연락시험 및 시교시험	30	- 10점	- 중국 하북성 81점 공시 5조합 선발 - 64조합 고랭지 선발시험으로 2조합선발 - 60조합 월동작형 연락시험 2조합 선발	100
	5. 품종등록	30	- 1점	- 2품종 생산판매신고 및 품종보호 출원 - 1품종 품종보호 등록	100
2차년도 (2018)	1. 소포자배양 통한 계통육성	20	- 30점	- 기 배양 315점 재배특성 검정 - 238점 배양 후 특성 검정	100
	2. 유망 조합작성 및 조합선발	10	- 10점	- 기작성 예비선발조합 165점 온실재배시험으로 5조합 선발 - 211 작성조합 중 2조합 선발	100
	3. 현지 연락시험	20	- 10점	- 중국 하북성 69점 공시 5조합 선발 - 64조합 고랭지 선발시험으로 3조합선발 - 60조합 월동작형 지역연락 시험	100
	4. 현지 시교공급	30	- 3점	- 중국 하북성 시범포 1품종 9조합 출품 - 중국 3사에 3품종 6조합 시교공급	100

	5. 종자수출	20	- 15만불	- 수출 10.6만불 - 국내 매출 647백만원	70
3차년도 (2019)	1. 소포자배양 통한 계통육성	20	- 30점	- 108점 배양, 채종 후 특성검정	100
	2. 유망 조합작성 및 조합선발	10	- 10점	- 기 작성 예비선발조합 119점 온실재배시험으로 3조합 선발	100
	3. 현지 연락시험 및 시교시험	20	- 10점	- 중국 하북성 74점 공시 2조합 선발 - 고랭지 연락시험 60점 공시 2조합 선발 - 월동 연락시험 60조합 공시 재배 시험	100
	4. 종자수출	20	- 30만불	- 수출 7.8만불, - 국내매출 613백만원	26
4차년도 (2020)	1. 소포자배양 통한 계통육성	20	- 30점	- 소포자배양 계통육성 130점	100
	2. 유망 조합작성 및 조합선발	10	- 10점	- 여주육종연구소 등 시험포장에서 우량 F ₁ 150 조합 작성 및 성능검정 - 국내 2개소에서 고랭지 지역적응시험을 실시	100
	3. 현지 연락시험 및 시교시험	20	- 10점	- 중국 하북성에 시험포 10조합 시험	100
	4. 품종등록	30	- 1점	- 0점	0
	5. 종자수출	20	- 50만불	- 수출 10.9만불, - 국내매출 796백만원	22
5차년도 (2021)	1. 소포자배양 통한 계통육성	20	- 30점	- 소포자배양 계통육성 63점	100
	2. 유망 조합작성 및 조합선발	10	- 10점	- 여주육종연구소 등 시험포장에서 우량 F ₁ 111 조합 작성 및 성능검정	100
	3. 현지 연락시험	20	- 10점	- 중국 하북성에 시험포 10조합 시험	100
	4. 현지 시교공급	30	- 3점	- 선발된 4조합 채종시험 및 시교공급	100
	5. 종자수출	20	- 100만불	- 수출 15만불, - 국내매출 632백만원	15

다. 종자 순도 검정을 위한 고속 대용량 유전자형 분석시스템 구축 및 활용(3세부과제)

구분	평가항목	비중 (%)	개발목표치	목표 달성치	달성도 (%)
3차년도 (2019)	1. 배추 유전체 재분석을 위한 유전자 변이 탐색 파이프라인 개발	25	- 파이프라인 구축	- 배추 유전체 재분석을 위한 변이 탐색 파이프라인 개발	100
		25	- 유전체 재분석 데이터 분석	- 개발된 파이프라인을 이용하여 156개 핵심집단에서 유전체 변이 탐색	100
		10	- SCI 논문 1건	- 0	0
		15	- 분자마커 서비스 50건	- 50건	100
		15	- 프로그램개발 1건	- 0	0

4차년도 (2020)	1. 배추의 엘리트 라인의 유전체 변이 분석을 통한 품종 특이적 마커 발굴 및 개발	25	- MAB 마커세트개발	- 검증된 계통 특이적 변이를 이용한 계통 구분용 KASP 마커 개발	100
		10	- SCI 논문 2건	- 0	0
		10	- 비SCI 논문 2건	- 0	0
		15	- 분자마커 서비스 50건	- 50건	100
		15	- 데이터 베이스 구축 1건	- 1건	100
		10	- 특허 출원 1건	- 0	0
		15	- 프로그램 개발 1건	- 1건	100
5차년도 (2021)	1. 선발된 MAB 마커 세트의 검증 및 대량 검증 시스템 개발 및 구축	20	- 후보 마커세트 검증	- 배추 핵심집단 내에서 계통을 구분 가능한 SNP의 발굴과 KASP 마커 개발	100
		20	- 대량 검증 시스템구축	- 수집 및 개발된 정보의 2차 활용을 위한 전용 데이터베이스의 구축	100
		10	- SCI 논문 2건	- 2건	100
		10	- 비SCI 논문 2건	- 0	0
		10	- 분자마커 서비스 50건	- 190건	100
		10	- 데이터 베이스 구축 1건	- 1건	100
		10	- 프로그램 개발 1건	- 2건	100
		5	- 특허출원 1건	- 2건	100
		5	- 특허등록 1건	- 0	0

2. 관련분야 기여도

가. 기술적 기여도

- (1) 본 연구과제를 통해 1, 2세부과제에서는 중구형 배추 품종 개발에 필요한 유용한 유전자원과 우수계통을 확보하였고, 소포자 배양, 내병성 마커검정 등 생명공학기술을 이용한 효율적인 계통육성 시스템을 구축하여 고부가가치 신품종개발의 노하우를 축적하였다. 축적된 노하우는 미래 중구형배추 품종육성의 기반이 될 것이다
- (2) 3세부과제에서 연구수행시 배추과를 포함한 23개 식물체에서의 개화기 관련 유전자에 대한 진화적 연구 결과에 대한 논문, 배추 핵심집단에서 생산된 표현체 데이터에 대한 집단의 분류를 위한 인공지능 모델의 개발에 대한 논문을 출판하여, 배추과 작물의 기초연구에 기여를 하였다. 또한 배추 핵심집단의 계통특이적 SNP의 개발 및 대량 순도 검정 시스템 구축을 통해 국내 종자기업의 해외채종 종자의 순도 검정의 효율화를 도모하고 종자 사고를 예방할 수 있으며, 관련기술은 배추를 포함하여 고추, 무, 수박 등 다양한 채소종자의 순도검정을 위한 기반이 될 것이다.

나. 경제적 기여도

- (1) 본 과제의 수행으로 중국지역에 부합한 다양한 중구형 배추 14품종이 개발되어 수출 446.7만불, 국내매출 3,099백만원을 달성하였다. 또한 국제 행사, 박람회 참가 등 전략적인 마케팅 활동으로 새로운 바이어를 확보하였으며 현지 영업망을 확대하여 과제 종료 이후 수출의 발판을 마련하였다.
- (2) 중구형 배추 품종의 국내 판매로 외국계 회사 품종의 수입 대체에 기여하였으며 수출

현지 개발 품종의 우점화로 종자 수출이 증가할 것으로 예상된다.

- (3) 2018년도 종자산업진흥센터의 분자표지분석 결과 중, 종자순도검정은 전체 의뢰건수의 약 26%에 달하였으며, 분석 비용은 29,600,000원이었다. 국내 우수 종묘회사의 F1 종자 순도 검정량은 대략 300 만점이었다. 배추의 경우 대략 100만점으로 예상하고, 100만점의 약 20%를 본 시스템으로 분석을 할 경우 대략 370,000,000(100점/18,5000원 계산)의 매출 효과가 발생할 것으로 예측된다.

다. 사회적 기여도

- (1) 내병성 배추품종 개발로 재배농가에서 농약 사용량을 감소시킬 수 있으며 이는 소비자 기호도에 맞는 고품질의 배추를 소비함으로써 국민보건 건강에 기여하였다.
- (2) 중국 배추종자 수요변화 전망 및 동향조사로 기초자료를 확보하였고 고부가가치 신품종 개발로 세계 종자시장 진출 확대에 국제 경쟁력 확보에 기여하였다.

제 3절. 목표 미달성 시 원인 및 차후대책

1. 미달성 목표

- 가. 1세부과제에서 계획한 종자수출 목표액은 총 395만불로 394,5만불을 수출하여 거의 달성하였으나, 2세부과제에서 총 목표액 195만불 중 50.7만불을 수출하여 약 26%를 달성하였다.
- 나. 3세부과제에서 계획했던 비SCI논문 4편, SCI 논문 5편 중 SCI논문 2편만 출판되었으며, 나머지 논문은 현재 심사중이다. 출판된 논문의 경우, JCR 상위 10% 논문으로 논문의 질적 성과는 유지하였다. 특허 등록 1건은 현재 진행중이다.

2. 목표 미달성 원인

- 가. 4차년도부터 발생한 코로나 팬데믹의 영향으로 국제박람회, 종자교역회등의 취소로 홍보 및 마케팅 활동에 어려움이 있었다. 1세부과제에서는 현지에서 활동중인 위탁기업을 통해 적절한 대처를 실시하였지만 2세부과제에서는 4차년도부터 연구기관변경, 코로나 발생등 예상치 못한 상황이 발생하였다. 특히 수출 목표액 증가율이 높은 4차년도에 시작하여 5차년도까지 수출에 영향을 미쳤다.
- 나. 본 연구과제 특성상 높은 기술적 수준이 요구되어 질적인 논문에 초점이 맞추어져 비SCI급 논문 출판에 어려움이 있었다. 또한 SCI논문과 특허의 경우 코로나 팬데믹으로 인한 심사기간의 연장으로 이내 계획했던 기간 내 논문 출판이 지연되어 목표 달성에 차질이 있었다.

3. 차후 대책

- 가. 코로나에 대응하여 비대면 홍보 및 현지 직원을 통한 국제 행사 참가 등을 통해 개발한 품종의 마케팅활동을 진행하고 본 연구를 수행함으로써 확보한 중국 지역의 영업 네트워크를 통해 적극적인 판매를 실시하여 연구과제 종료 후에도 미달성 수출목표를 달성할 계획이다.
- 나. 과제 종료 후에도 논문 출판을 지속적으로 추진하고, 본 과제와 연관된 논문 출판의 사사를 관리하여 논문 성과를 달성할 계획이다.

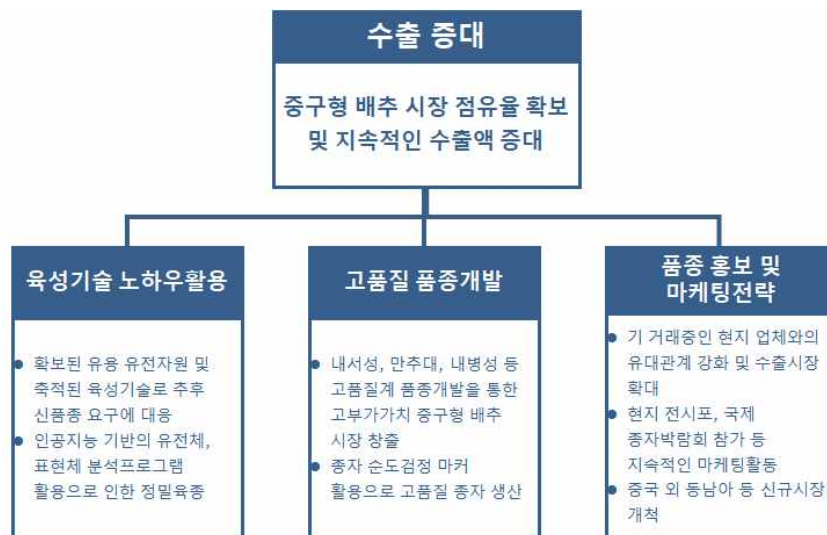
제 4 장. 연구결과의 활용 계획

1. 본 과제를 통해 1,2세부과제에서 국내·외의 유용 유전자원을 확보하였고 이를 활용하여 기존 품종의 품질을 개선할 수 있는 우수계통을 육성하였다. 소포자 배양, 분자마커검정, 생물검정 등 생명공학기술과 접목하여 효율적인 계통 육성체계를 구축하였고, 육성된 계통과 관련기술은 추후 다양한 외부환경(기후변화, 병해)에 적용이 가능한 신품종 개발에 원천 데이터로 활용할 계획이다.

2. 고품질 중구형 배추 14품종을 개발하여 5년동안 수출액 446.7만불, 국내 매출 3,099백만원을 달성하여 시장 개척의 발판을 마련하였다. 중구형 배추 시장의 확대를 매년 지속적으로 수출액 증가가 예상되며 중국 시장을 중심으로 현재 거래중인 현지 업체와의 유대관계를 강화하고 해외 현지 적응성시험, 시교사업, 전시포, 종자박람회 참가 등 마케팅을 적극 활용하여 수출 시장을 확대할 계획이다. 또한 내서성, 만추대, 월동형, 내병성, 고품질계 품종개발을 통한 고부가가치 창출로 중국 외 동남아 등 다양한 시장 개척을 진행할 계획이다.

3. 3세부 과제에서 개발한 계통 특이적 KASP 마커 세트는 근연관계가 가까운 품종의 계통 분류도 가능한 장점을 가지고 있어 상업용 F1 품종의 종자 순도 검정에 최적화되어 있으며, 위탁 과제 수행기관인 종자산업진흥센터와의 연계를 통해 후속 활용성 제고가 가능하다. 본 과제를 통해 고속 분석에 적합한 실용적 마커개발로 종자 순도검정이 필요한 종자기업에게 신속하게 서비스를 제공할 계획이다.

또한 본 과제 수행 중 개발된 유전체 변이 기반 계통 분류 프로그램과 표현체 분류 프로그램을 고도화하여 인공지능 기반의 유전체-표현체 분석 프로그램 개발에 활용될 수 있다. 현재, IPET의 기술사업화지원과제를 통해, 본 과제에서 개발된 유전체 변이 기반 계통 분류 프로그램과 표현체 분류 프로그램의 고도화 작업을 수행 중이며, 유전체-표현체 연관 분석 프로그램의 개발도 진행할 예정이다.



<연구결과 활용계획>

연구개발보고서 초록

프로젝트명	중구형 배추 품종개발				
	Development of medium chinese cabbage cultivar				
프로젝트 연구기관	농업회사법인 대일국제종묘(주)		프로젝트연구 책임자	농업회사법인 대일국제종묘(주)	
참여기업	농업회사법인 (주)농우바이오 한국생명공학연구원			안춘희	
총연구개발비 (2,004,500천원)	계	2,004,500 천원	총 연구 기간	2017. 01. ~ 2021. 12. (5년)	
	정부출연 연구개발비	1,578,000 천원	총 참 여 수 원	총 인원	115명
	기업부담금	426,500 천원		내부인원	115명
	연구기관부담금	-		외부인원	

■ 연구개발 목표 및 성과

1. 연구 목표

- 중구형배추 육종목표에 부합되는 소재 수집, 특성조사 및 분리·고정화
- 내서성, 만추대, 내병성, 고품질 계통 육성
- 유망 F1 신조합 작성 및 선발
- 현지 지역적응시험에서 선발된 품종을 시범포에 전시
- 선발 품종의 시교 대량 생산 및 원종증식
- 품종보호출원 및 등록
- 개발품종의 우수성 홍보
- 종자 수출증대
- 배추 유전체 데이터분석 핵심 알고리즘 및 품종 특이적 SNPs/InDels 분석 파이프라인 개발
- 배추의 엘리트 라인의 유전체 변이 분석을 통한 품종 특이적 마커 발굴 및 개발
- 배추 육종 품종의 종자 순도 검증을 위한 품종 연관 마커 개발 및 Marker-assisted breeding (MAB)을 위한 마커 세트 개발
- MAB 마커 세트에서 품종 별 종자 순도 검증을 위한 마커 세트 선발
- 선발 마커 세트의 검증 및 대량 검증 시스템 개발 및 구축
- 배추 육종 품종의 고속 대용량 종자 순도 검정을 위한 KASP 마커 제작 및 검증
- 배추 유전자형 분석 및 DB 구축을 통한 순도검정용 품종 식별 체계 구축

2. 연구 성과

- 본 연구과제에 부합한 수출 맞춤형 중구형 배추 14품종 개발 및 수출 446.7만불, 국내매출 30억 9천만원 달성
- 국내외에서 수집한 유용 유전자원 활용 및 61건 기탁으로 기존 품종의 품질을 개선할 수 있는 육종 소재 확보
- 분자마커, 생물검정을 활용한 복합내병성 계통육성, 소포자 배양을 이용한 단기간 순계계통 육성 등 육종연한을 대폭 감소시킬 수 있는 육종 체계 구축
- 주요 수출지역의 현지 지역적응성시험, 시교사업 확대, 마케팅 활동 등을 통한 신규 시장 개척 및 바이어 확보
- 유전체 재분석 데이터를 활용한 계통 특이적 변이 탐색 파이프라인 구축
- 배추 156개 핵심집단의 변이 정보 DB 구축
- 배추 핵심집단 156계통의 유전체 정보를 활용한 종자순도 검증용 계통 특이적 KASP 마커개발
- 인공지능과 유전체 데이터를 활용한 계통분류 모델 개발
- 인공지능을 활용한 표현형 기반 배추 계통 분류 모델 개발
- SCI급 논문 2편 출판과 특허 3편을 출원

■ 연구내용 및 결과

- 내서성, 만추대 등 중구형배추 육종목표에 부합되는 소재 수집, 특성조사 및 분리·고정화
 - 유전자원 수집 및 특성조사
- 내서성, 내병성, 고품질 계통 육성
 - 다양한 계통의 신속 고정화
- 유망 F1 신조합 작성 및 선발
 - 우수 고정 계통을 이용하여 F1조합 작성하여, 평가한 후 예비선발
- 현지 지역적응성시험에서 선발된 품종을 시범포에 전시
 - 종자 판매할 지역에서 성능검정후 선발된 품종을 시범포에 전시하여 품종홍보
- 선발 품종의 시교 대량 생산 및 원종증식
 - 선발 품종을 대면적으로 재배하여 농민에게 홍보 및 시교종자 배포 및 원종증식
- 품종보호출원 및 등록
 - 판매할 품종을 국립종자원에 품종보호출원
- 개발품종의 우수성 홍보
 - 품평회를 개최하여 신품종의 우수성을 홍보
- 종자 수출증대
 - 현지 지역별 바이어 네트워크를 활용하여 종자수출
- 배추 최신 유전체를 이용한 배추 육종 소재 및 육성 품종의 유전체 변이 분석
- 배추의 엘리트 라인의 유전체 변이 분석을 통한 SNPs & InDels 발굴
- 품종 데이터와 유전체 변이의 연관 분석을 통한 품종 연관 마커 개발
- 배추 육종 및 육성 품종에서의 MAB 분석을 위한 마커 세트 개발
- 발굴 MAB 마커 세트의 검증을 통한 대량 검증 시스템 개발 및 구축
- 후보 마커의 실험적 검증 및 테스트 세트를 통한 실용화 플랫폼 구축

■ 연구성과 활용실적 및 계획

- 국내외에서 수집한 유용 유전자원 활용으로 기존 품종의 품질을 개선할 수 있는 육종 소재로 활용
- 현지 지역적응성시험, 시교사업 확대 등을 통해 다양한 시장개척
- 마케팅 능력강화 및 현지 바이어 확대로 종자판매 증대
- 중국시장을 중점 타깃시장으로 현재 거래중인 현지 업체와의 유대관계를 강화하고, 해외현지 적응성 시험, 시교사업, 전시포, 종자 박람회 참가 등을 마케팅에 적극 활용하여 수출시장 확대
- 다양한 외부환경(기후변화, 병해해)에 적용이 가능한 신품종 개발에 원천 데이터 활용이 가능
- 고속 분석에 적합한 실용적 마커 개발로 조속한 분석 서비스 제공
- 본 과제에서 생산된 배추 표현체 데이터는 기술사업화지원과제와 연계되어 인공지능 분석이 융합된 새로운 작물 계통의 분류 및 표현형 연관 변이의 개발 파이프라인 및 디지털 육종 지원 플랫폼에 활용될 예정

<별첨 2>

자체평가보고서

사업단명	GSP채소종자사업단	과제번호	213006-05-5-CGG00		
프로젝트명	중구형 배추 품종개발				
프로젝트연구기관	농업회사법인 대일국제종묘(주)				
연구담당자	프로젝트 연구책임자	안춘희			
	세부프로젝트 연구책임자	기관(부서)	대일국제종묘(주)	성 명	안춘희
		기관(부서)	(주)농우바이오	성 명	채원기
		기관(부서)	한국생명공학연구원	성 명	김용민
		기관(부서)		성 명	
연구기간	총 기 간	2017.01.01 ~ 2021.12.31	당해 연도 기간	2021.01.01. ~ 2021.12.31	
연구비(천원)	총 규 모	2,004,500	당해 연도 규모	526,250	

1. 연구는 당초계획대로 진행되었는가?

당초계획 이상으로 진행 계획대로 진행 계획대로 진행되지 못함

○ 계획대로 수행되지 않은 원인은?

- 없음

2. 당초 예상했던 성과는 얻었는가?

예상외 성과 얻음 어느 정도 얻음 얻지 못함

구분	품종개발		특허		논문		분 자 마 커	유전자원		국내 매출액	종자 수출액	기술 이전	마케팅 전략 수립 보고서	인력 양성
	출 원	등 록	출 원	등 록	SCI	비SCI		수 집	등 록					
최종목표	4	4	2	1	5	4	150	-	31	500	590	4		
연구기간 내	14	9	3	0	2	0	290	73	61	3,099	446.7	5		

달성실적														
달성율(%)	100	100	100	0	40	0	100	100	100	100	75	100		

3. 연구개발 성과 세부 내용

3-1 기술적 성과

- 육성 계통의 병 저항성 유전인자의 유무를 선별하기 위한 뿌리혹병 분자마커, 생물검정을 이용하여 품종개발의 기간을 단축하며 사업화의 기간 단축 효과가 있음
- 춘화처리, 소포자 배양 기술을 이용하여 품종 육성에 소요되는 비용과 기간을 단축함
- 고부가가치 신품종개발의 노하우를 축적함
- 전략적 중국 수출용 품종육성의 기반을 마련됨
- 국가생명연구정보자원센터에 분자마커 개발 연구성과물 등록 150건 수행
- 종자순도대량검정 체계를 구성하는 주요 파이프라인 저작권 등록 2건 수행
- 계통구분을 위한 분자마커 및 계통특이적 변이의 식별 및 KASP 마커 개발 효율화에 대한 특허 출원 3건 수행
- 연구성과의 활용을 위한 데이터베이스 구축 2건 수행

3-2 과학적 성과

- 엘리트 계통 육성시 체계적인 원예형질 조사를 반복적으로 실시하여 데이터베이스화 하였음
- 뿌리혹병 검정은 생물학적, 분자마커를 동시에 실시하여 병 저항성인 계통을 선별하여 품종육성에 활용함
- 최신 품종 육종기술 트렌드 및 종자시장 흐름 파악
- 배추과를 포함한 23개 식물체에서의 개화기 관련 유전자에 대한 진화적 연구 결과에 대한 논문 출판 (Hong et al., 2021, frontiers in plant science)
- 배추 핵심집단에서 생산된 표현체 데이터에 대한 집단의 분류를 위한 인공지능 모델의 개발에 대한 논문 출판 (Jung et al., 2021, frontiers in plant science)
- 배추 핵심집단의 계통특이적 SNP의 개발 및 대량 순도검정 시스템 구축에 대한 논문 투고 (Hong et al., 논문 투고 이후 심의 진행 중, BMC genome biology)

3-3 경제적 성과

- 본 과제의 수행으로 중국지역에 부합한 다양한 품종 14품종이 개발되어 수출 446.7만불, 국내매출 3,099백만원을 달성함
- 내병성 품종개발로 농약 방제 및 약제살포 회수 절감
- 수출 현지 개발품종의 우점화로 종자수출이 증가할 것으로 예상됨
- 중구형 배추 품종의 국내 판매로 외국계 회사 품종의 수입 대체 효과
- 전통육종, 생명공학기법, 분자유종을 연계한 고품질 신품종개발로 경제적 성과가 나타남
- 수출 현지 지역별 바이어 네트워크를 활용한 목표시장 확대로 수출 증가 예상됨
- 2018년도 종자산업진흥센터의 분자표지분석 결과 중, 종자순도검정은 전체 의뢰건수의 약 26%에 달하였으며, 분석 비용은 29,600,000원이었음. 국내 우수 종묘회사의 F1 종자 순도 검정량은 대략 300 만점이었음. 배추의 경우 대략 100만점으로 예상하고, 100만점의 약 20%를 본 시스템으로 분석을 할 경우 대략 370,000,000(100점/18,5000원 계산)의 매출 효과가 발생할 것으로 예측
- 본 과제에서 구축된 종자대량검정체계의 활용을 통하여 국내 종자기업의 해외채종 종자의 현지 순도 검정의 효율화를 도모할 수 있음

3-4 사회적 성과

- 내병성 배추품종 개발로 재배농가에서 농약 사용률을 감소시킬 수 있음
- 소비자 기호도에 맞는 고품질의 배추를 소비함으로써 국민보건 건강에 기여함
- 개발된 신품종의 국내 채종사업으로 농가소득이 증가됨
- 고부가가치 신품종 개발로 세계 종자시장 진출 확대로 국제 경쟁력 확보
- 중국 배추종자 수요변화 전망 및 동향조사로 기초조사 확보

3-5 인프라 성과

- 일본 품종이 우점하고 있는 해외시장에 새로운 국산품종을 현지 바이어들을 통하여 판매함으로써 한국 종자에 대한 홍보와 국내 기업 브랜드 이미지 향상에 기여. 이런 성과를 통해 새로운 바이어와 국가별, 지역별 인프라를 구축

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 : 대일국제종묘(주)
- 기술지도 등 기업명 :

6-2 산업·지식재산권 등

- 국내출원/등록 품종 출원 14건, 특허 출원 2건, 품종 등록 9건
- 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

- 석 사 명

(근거 : 종자기업의 신제품개발을 위한 유용 유전자원 수집, 육종기술의 노하우 축적, 해외시장 개발 및 종자수출 등의 실적을 얻음)

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) 여부?

즉시 기업화 가능 수년 내 기업화 가능 기업화 불가능

5. 기업화가 불가능한 경우 그 이유는?

- 없음

구 분	소 속 기 관	직 위	성 명
프로젝트 책임자	대일국제종묘(주)	수석연구원	안춘희 (인)

[제 2세부]

당초목표	당초연구목표 대비 연구결과
① 배추 품종 8품종 품종 보호출원	① 배추 품종 6품종 품종 보호출원 - 증가봄배추
② 배추 수출액 195만 달러	② 배추 수출액 44.5만 달러
③ DH 계통 개발 150점	③ DH 계통 개발 850점
④ 전시포/시범포 운용 3 개소	④ 전시포/시범포 운용 6 개소
⑤ 시험포 운용 2곳	⑤ 시험포 운용 6곳

[제 3세부]

당초목표	당초연구목표 대비 연구결과
① 배추 유전체 데이터 분석 핵심 알고리즘 및 품종 특이적 SNPs/InDels 분석 파이프라인 개발	<ul style="list-style-type: none"> ○ 배추 핵심집단의 whole genome sequencing 데이터를 충남대학교 임용표 교수 연구실에서 공유받아 확보함 ○ 문헌조사 및 설문을 통한 배추 핵심집단 구성 계통의 출처 및 기원 조사 완료 ○ 계통별 생산된 fastq 파일을 배추 표준유전체 ver 3.0 기반으로 변이 정보를 생산 완료 ○ 계통별로 특이적으로 나타나는 변이 식별 파이프라인 구축 및 계통특이적 변이 식별 완료 ○ 변이 자동 생산 및 특정 변이를 대상으로 프라이머를 작성하는 파이프라인을 프로그램 등록 완료 ○ 집단내 변이 양상을 고려하여 효율적인 KASP 마커 개발이 가능한 변이의 선별 파이프라인 구축 및 프로그램 등록 완료
② 배추의 엘리트 라인의 유전체 변이 분석을 통한 품종 특이적 마커 발굴 및 개발	<ul style="list-style-type: none"> ○ 배추 핵심집단 156개 계통에 대한 계통별 특이적인 SNP의 위치 및 annotation 정보 식별 완료 ○ 배추 핵심집단내 5개 기원지의 계통특이적 SNP 검증 및 계통구분용 마커 개발에 대한 특허 출원 ○ 배추 핵심집단내 60개 계통의 계통구분용 SNP 및 KASP 프라이머 개발에 대한 특허 출원 ○ 배추 핵심집단내 64개 계통에 대한 계통 구분용 KASP 마커 추가 개발 수행

<p>③ 배추 육종 품종의 종자 순도 검증을 위한 품종 연관 마커 개발 및 Marker-assisted breeding (MAB)을 위한 마커 세트 개발</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 국가생명연구자원정보센터에 배추 계통구분을 위한 KASP 프라이머 개발성과 150건 등록 완료 ○ 형질 연관 마커 개발을 위한 배추 핵심집단의 생육시기별 표현체 사진 데이터의 생산 완료
<p>④ MAB 마커 세트에서 품종 별 종자 순도 검증을 위한 마커 세트 선발</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ NGS 분석을 통해 식별된 계통특이적 SNP의 실험적 검증을 위한 Sanger sequencing 수행 및 개발된 파이프라인에 의해 식별된 변이의 실존 여부 확인 ○ 개발된 KASP 마커를 활용하여 배추 계통 190 점에 대한 KASP 마커 실험적 검증 완료
<p>⑤ 선발 마커 세트의 검증 및 대량 검증 시스템 개발 및 구축</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 배추의 집단에 대하여 생산된 NGS데이터로부터 집단 SNP 및 계통 특이적 SNP를 선별하는 체계 구축 완료 ○ 표준 유전체 상의 특정 변이를 타겟으로 삼는 프라이머 자동 개발 체계의 구축 완료 ○ 효율적인 KASP 마커 개발 체계 구축 완료 ○ 개발된 프라이머 정보를 종자산업진흥센터로 전달하여 배추 계통 구분을 위한 대량마커개발 체계의 구축 완료

* 결과에 대한 의견 첨부 가능

3. 연구비 집행실적 (2017~2021 누적)

구분	세부프로젝트명 / 금액	계획금액	사용액	잔액	비고
배추	내서성 중구형 배추 품종개발(1세부)	747,500	740,736	6,764	
	만추대 중구형 배추 품종개발(2세부)	737,000	733,671	3,329	
	종자 순도 대량검증 시스템 개발 및 구축(3세부)	520,000	499,073	20,927	
총계		2,004,500	1,973,480	31,020	

4. 연구목표 대비 성과

[총괄]

구분	품종개발		특허		논문		분 자 마 커	유전자원		국내 매출액	종자 수출액	기술 이전	마케팅 전략 추진 보고서	인력 양성
	출 원	등 록	출 원	등 록	SCI	비SCI		수 집	등 록					
최종목표	4	4	2	1	5	4	150	-	31	500	590	4	-	-
최종실적	14	9	3	0	2	0	290	73	61	3,099	446.7	5	-	-
달성율(%)	100	100	100	0	40	0	100	100	100	100	75	100		
1차 년도	목표	-	1					-	5	-	-	1		
	실적	2	1					23	12	409.5	19.2	1		
	달성률	100	100					100	100	100	100	100		
2차 년도	목표	1	1					-	7	-	40	1		
	실적	3	3					25	15	647.8	38	1		
	달성률	100	100					100	100	100	95	100		
3차 년도	목표	1	-	-	-	1	-	50	0	7	-	100	1	
	실적	3	1	-	-	0	-	50	21	15	613.4	130.1	2	
	달성률	100	100	-	-	0	-	100	100	100	100	100	100	
4차 년도	목표	1	1	1	-	2	-	50	0	7	0	150	1	
	실적	1	1	1	-	0	-	50	4	10	796.2	139.5	1	
	달성률	100	100	100	-	0	-	100	100	100	100	93	100	
5차 년도	목표	1	1	1	1	2	-	50	-	5	500	300	-	
	실적	5	3	2	0	2	-	190	-	9	632.3	120	-	
	달성률	100	100	200	0	100	-	100	-	100	100	40	-	

5. 핵심기술

구분	핵심기술 명
1	약배양을 통한 세대 단축
2	Marker-assisted selection (MAS)를 활용한 내병성 계통육성
3	배추 작형별 계통 육성
4	작물 핵심집단의 NGS 데이터를 활용한 계통특이적 SNP의 식별 및 KASP 마커의 개발을 위한 효율적인 변이 선발 방법
5	인공지능 분석 방식을 적용한 유전체 변이 데이터의 분석 방법

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)	현장애료 해결	정책 자료	기타
1의 기술					V			V		
2의 기술					V			V		
3의 기술					V		V			
4의 기술				V		V				
5의 기술	V	V				V				

* 각 해당란에 v 표시

7. 각 연구결과별 구체적 활용계획

핵심기술 명	핵심기술별 연구결과활용계획 및 기대효과
1의 기술	이론적으로 약배양을 통해 배가만수체를 만들면, 계통 육성 시간을 압축하여 단축할 수 있음. 초기 분리세대에서 우수한 계통을 빠른 시간 내에 세대를 단축하기 위하여 활용이 가능함.
2의 기술	우수 Elite 계통에 필요한 형질을 빠른 시간에 도입하기 위함. 내병성 계통 육성을 위해 마커 분석 방법을 도입하여 생육 시, 공간 절약 및 세대단축이 가능함
3의 기술	1, 2등의 기술을 포함한 육성방법을 활용하여 우수 계통을 육성함으로써 고품질의 F1 조합 작성에 용이
4의 기술	종자순도 대량 검증 체계 구축을 통한 종자 생산의 안정성 확보
5의 기술	유전체-표현체 연관분석 기술의 개발 및 활용

8. 연구종류 후 성과창출 계획

구분	품종개발		특허		논문		분 자 마 커	유전자원		국내 매출액	종자 수출액	기술 이전	마케팅 전략 추진 보고서	인력 양성
	출 원	등 록	출 원	등 록	SCI	비SCI		수 집	등 록					
최종목표	4	4	2	1	5	4	150	-	31	500	590	4		
연구기간 내 달성실적	14	9	3	1	2	0	290	73	61	3,099	446.7	5		
연구종료 후 성과창출 계획					3									

9. 연구결과의 기술이전조건(산업체이전 및 상품화연구결과에 한함)

핵심기술 명			
이전형태	<input type="checkbox"/> 무상 <input type="checkbox"/> 유상	기술료 예정액	천원
이전방식	<input type="checkbox"/> 소유권이전 <input type="checkbox"/> 전용실시권 <input type="checkbox"/> 통상실시권 <input type="checkbox"/> 협의결정 <input type="checkbox"/> 기타()		
이전소요기간		실용화예상시기	
기술이전 시 선행조건			

* 핵심기술이 2개 이상일 경우에는 각 핵심기술별로 위의 표를 별도로 작성

** 기술이전 시 선행요건 : 기술실시계약을 체결하기 위한 제반 사전협의사항(기술지도, 설비 및 장비 등 기술이전 전에 실시기업에서 갖추어야 할 조건을 기재)

*** 실용화예상시기 : 상품화인 경우 상품의 최초 출시 시기, 공정개선인 경우 공정개선 완료시기 등

주 의

1. 이 보고서는 농림축산식품부에서 시행한 Golden Seed 프로젝트사업의 중구형 배추 품종개발 최종보고서이다.
2. 이 연구개발내용을 대외적으로 발표할 때에는 반드시 농림축산식품부(농림식품기술기획평가원)에서 시행한 Golden Seed 프로젝트사업의 결과임을 밝혀야 한다.
3. 국가과학기술 기밀 유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 된다.