

발간등록번호

11-1543000-001691-01

중국 수출용 양파 품종 개발

(Development of onion varieties for export to China)

(주)농우바이오

농림축산식품부

제 출 문

농림축산식품부장관 귀하

이 보고서를 “중국 수출용 양파 품종 개발” 프로젝트(세부프로젝트 “내병성 및 다수확형 단일계 중만생종 양파 품종 개발”)의 보고서로 제출합니다.

2017 년 3 월 31 일

프로젝트 연구기관명 : (주)농우바이오

프로젝트 책임자 : 송 기 현

세부프로젝트 연구기관명 : (주)농우바이오

세부프로젝트 책임자 : 송 기 현

위탁프로젝트 연구기관명 : 북경세농종묘

위탁프로젝트 책임자 : 표 만 문

요 약 문

I. 제 목

중국 수출용 양파 품종 개발

II. 연구성과 목표 대비 실적

중국 수출용 양파 품종 개발사업의 1단계 사업(2013년~2016년)에 대한 연구성과로 품종개발 관련 국내 출원 4건, 등록 2건 및 품종생산 수입 판매신고 5건과 관련해서 국내 출원 3건, 품종생산 수입 판매신고 3건을 완료하였다. 논문과 관련해서 SCI 논문 등재 1건이 있었지만 미완료되었고, 분자마커 개발 3건 모두 완료하였다. 유전자원수집 및 분양과 관련해서 10건이 계획되어 있었고, 총 14건으로 목표대비 초과달성 하였고, 품종특성 설명회 및 평가회 관련해서 4건 중 2건을 완료하였다. 종자수출액 부분 해외추출 목표 10만불과 관련해서는 7.2만불 완료하였고, 수입 대체효과(국내종자매출액)관련 842백만원 초과 달성 하였다. 목표대비 미비한 부분은 2단계 연계사업을 통해서 완료할 계획이다.

III. 연구개발의 목적 및 필요성

세계 선진국은 각국의 신품종에 대한 품종보호를 강화하고 있으며, 다국적 종자회사는 막대한 R&D 투자를 통하여 세계 종자시장에 대한 지배력을 강화하고 있고, 자유무역협정(Free Trade Agreement; FTA), 국제식물신품종보호연맹(International Union for the Protection of New Varieties of Plants; UPOV)등의 가입에 따른 국내 종자산업의 국제경쟁력 제고가 요구되고 있다. 양파는 전 세계적으로 재배되고 있으며 경제적으로 중요한 채소작물 중의 하나이며, 중국의 급속한 경제성장에 따라 양파 종자시장이 지속적으로 신장될 것으로 기대되며, 우리나라의 지적 및 기술적 장점은 중국 양파 종자시장 진출의 장점으로 작용한다.

양파는 타식성 작물로 육종연한이 긴 작물이며, 이러한 단점을 극복하기 위해서 첨단 생명공학 기술 개발이 필요하며, 육성 세대단축을 위한 DH(배가반수체)프로그램, 분자마커를 활용한 여교배 세대단축기술, F1 종자의 순도 향상을 위한 계통 고정용 분자마커 및 F1 종자 순도 검정용 분자마커 개발이 필요하다.

IV. 연구개발 내용 및 범위

중국 시장을 개척하기 위한 신품종 양파 품종 육성을 위해서 내병성 및 다수확형 단일계 중만생종 양파 품종 개발 과제를 수행하였고, 이를 위해서 내병성 및 퀴세틴 고함유 유전자원 수집 및 평가를 수행하였으며 DH-line 프로그램, 분자마커, 대사성분 분석 등을 활용하여 계통육성 및 세대단축을 수행하였다. 또한 매년 조합 작성 및 검정을 통하여 우수조합을 선발하였고, 선발된 조합을 대상으로 국내 및 중국 현지 시교사업을 통해서 현지적응성 시험을 수행하였다. 또한 2015년도부터 중국 수출용 양파 품종의 현지적응성시험 및 마케팅 전략 수립을 목표로 중국 현지에서 선호하고 있는 유전자원의 수집 및 평가를 수행하였고, 중국 현지 시교사업 및 평가회를 실시하여 중국현지에서 품종화가 진행 될 수 있도록 하였다.

V. 연구개발결과

양파 신품종 육성으로서 ‘케이스타’, ‘케이맥스’, ‘케이비전’ 3품종에 대해서 생산수입판매신고 및 품종보호출원을 완료하였고, 매년 중만생 황색계 및 적색계를 대상으로 평균 77 및 35 조합을 작성하였고, 중만생 황색계 250계통 및 적색계 82계통을 육성하였다. 양파의 내병성 검정과 관련하여 노균병, pink root, 구씩음병에 대한 병리검정 체계를 구축하였고, 유용형질 연관 마커 개발과 관련해서는 양파 임성회복인자, 웅성불임, 양파 구색 관련 마커 개발을 완료하였다. 양파 여교배 세대단축(MAB) 및 F1 순도 향상을 위하여 전사체 분석 및 Genome-by-sequencing을 활용하여 GBS library를 제작하였고, 이를 이용하여 SNP마커 및 CAPS 마커 개발을 진행하고 있다. DH-line 프로그램을 활용한 세대단축을 위해서 매년 화뢰배양을 수행하였고, 유세포분석기를 도입하여 배가반수체 검정 시스템을 구축하였으며, 배가반수체 식물체 71점을 육성팀에 제공하여 육성소재로서 활용할 수 있었다. 그리고 양파 육성계통 및 조합을 대상으로 가용성고형물, 매운맛, 퀴세틴 및 안토시아닌 등과 같은 양파 품질 및 기능성과 관련된 대사성분에 대한 함량분석을 중만생 49계통, 적색계 24계통을 대상으로 수행하였다.

VI. 연구성과 및 성과활용 계획

양파 신품종 육성으로서 ‘케이스타’, ‘케이맥스’, ‘케이비전’ 3품종에 대해서 생산수입판매신고 및 품종보호출원을 완료하였고, 해외 종자 수출 7.2만불, 수입대체효과로서 국내종자매출액 842백만원을 달성하였다. 신규유전자원 도입으로 총 14점을 도입하여 원예적 및 내병성, 기능성 성분에 대한 특성을 확인하였다. 양파 신품종 육성지원을 위한 생명공학기술개발과 관련해서는 먼저 내병성 검정과 관련하여 노균병, pink-root, 구씩음병에 대한 내병성 검정 체계를 구축하였고, 마커개발과 관련해서는 양파 임성회복인자, 웅성불임, 양파 구색관련 마커 개발을 완료하여 육성에 활용하고 있다. 또한 양파 여교배 세대단축(MAB) 및 F1 순도 향상을 위한 마커 개발을 진행하고 있다. DH-line 프로그램을 활용한 세대단축을 위해서 매년 화뢰배양을 수행하였고, 배가반수체 식물체를 육성팀에 제공하여 육성소재로서 활용할 수 있도록 하였다. 그리고 양파 육성계통 및 조합을 대상으로 가용성고형물, 매운맛, 퀴세틴 및 안토시아닌 등과 같은 양파 품질 및 기능성과 관련된 대사성분에 대한 함량분석을 통해서 계통특성을 파악할 수 있는 자료를 확립하였다. 이러한 연구성과는 양파 신품종 보급을 통한 해외 시장개척 및 국내 수입대체와 채종효율성 증가, 양파 육성 세대 단축 및 고품질 종자생산 등에 활용할 계획이다.

SUMMARY

I. Title

Development of onion varieties for export to China

II. Outputs

- As a result of the research on Phase I project (2013 ~ 2016) for the development of onion varieties for export to China,
- We have successfully developed three different kinds of onion varieties (K-Star, K-Max, and K-Vision).
- We have identified three different kinds of molecular markers associated with fertility restoration gene, male sterility gene, and onion bulb colors.
- We have collected a total of 14 kinds of genetic resources.
- We have achieved overseas sales of \$72,000 and domestic sales of 842 million KRW.

III. Goals / Objectives

Development of new onion varieties for export to China

IV. Project Scope

- Collecting and evaluating genetic resources for disease resistance and improving flavonoid concentrations
- Shortening the generation time by using doubled haploids
- Integrating molecular markers in onion breeding programs
- Breeding onions to develop new varieties
- Local adaptability test in China
- Developing marketing strategies and plans

V. Results

- We have set up several systems (downy mildew, pink root, *Fusarium* basal rot) of disease resistance breeding
- We have developed genome-by-sequencing (GBS), a marker-assisted selection tool in order to accelerate onion breeding.
- We have initiated a doubled haploid breeding approach to develop new onion lines.
- We have identified and quantified the contents of metabolites related to onion quality and functionalities.
- We have successfully developed three different kinds of onion varieties (K-Star, K-Max, and K-Vision).

- We have identified three different kinds of molecular markers associated with fertility restoration gene, male sterility gene, and onion bulb colors.
- We have collected a total of 14 kinds of genetic resources.
- We have achieved overseas sales of \$72,000 and domestic sales of 842 million KRW.

VI. Impacts

- Development of screening techniques for disease resistance breeding
- Application of doubled haploids in onion breeding
- Development and application of molecular markers for purity testing, marker-assisted selection, and marker-assisted backcrossing
- Development of techniques for metabolic profiling of onion bulbs
- Development of new onion varieties
- Increasing exports
- The positive effects of import substitution in the domestic seed industry

CONTENTS

I . Project goals and objectives -----	8
Chapter 1. Objective and purpose of the project -----	8
Chapter 2. Project outputs -----	9
II . Current status for project activities -----	12
III. Project results -----	13
Chapter 1. Project outputs -----	13
1. Project goals and contents -----	13
2. Research scope and method -----	18
Chapter 2. Results -----	19
1. Collection and evaluation of genetic resources -----	19
2. Development of markers for purity testing -----	24
3. Application of marker-assisted backcrossing -----	27
4. Application of doubled haploids in plant breeding -----	30
5. Metabolic analysis in onion bulbs -----	35
6. Onion breeding programs -----	43
7. Selection of the best combinations of parental lines -----	45
8. The local adaptability test -----	48
9. Registration of varieties -----	56
IV. Achievement and contribution -----	62
Chapter 1. Goal achievement -----	62
Chapter 2. Contribution -----	63
V. Project impact -----	65
Chapter 1. Plans to supply new intermediate day onion varieties -----	65
Chapter 2. Plans to supply new medium late onion varieties -----	65
Chapter 3. Improving seed production efficiency -----	66
1. Construction of a male sterility system for onion breeding -----	66
2. Doubled haploids in onion breeding -----	66
3. Marker-assisted selection and marker-assisted backcrossing -----	67
Chapter 4. Metabolic analysis in onion bulbs -----	67
Chapter 5. Breeding for disease resistance -----	68
VI. Information on international research in science and technology-----	69
VII. Reference -----	70

목 차

제 1 장 프로젝트(세부프로젝트 포함)의 개요 및 성과목표 -----	8
제 1절 연구개발 목적 및 필요성 -----	8
제 2절 연구개발 성과목표 대비 실적 -----	9
제 2 장 국내외 기술개발 현황 -----	12
제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과 -----	13
제 1절. Golden seed 프로젝트 1단계 실적 -----	13
1. 연구개발의 목표 및 연구개발 수행 내용 -----	13
2. 연구범위 및 연구수행 방법 -----	18
제 2절. 연구수행 결과 -----	19
1. 유전자원 수집 및 평가 -----	19
2. 순도검정 마커 개발 -----	24
3. MAB 시스템 적용을 위한 마커 개발 -----	27
4. DH-line 프로그램 활용 B-line 및 C-line 육성 세대단축 -----	30
5. 양과 대사성분 분석에 따른 계통 선발 지원 -----	35
6. 조합 작성 및 계통 육성 -----	43
7. 조합 성능검정 및 우수 조합 선발 -----	45
8. 현지 적응성 시험 -----	48
9. 우수 품종 개발 및 등록 -----	56
제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도 -----	62
제 1절. 목표 달성도 -----	62
제 2절. 관련분야의 기여도 -----	63
제 5 장 연구개발 성과 및 성과활용 계획 -----	65
제 1절. 중생종 양과 신품종 보급계획 -----	65
제 2절. 중만생 양과 신품종 보급계획 -----	65
제 3절. 채종효율성 제고 -----	66
1. 융성불임성을 이용한 계통 육성 및 품종 개발 -----	66
2. DH-line 프로그램을 이용한 양과 육성 세대 단축 -----	66
3. 분자표지를 이용한 양과의 MAS와 MAB -----	67
제 4절. 대사성분 분석을 이용한 양과 계통 선발 및 품종 개발 -----	67
제 5절. 병리 검정법 확립 -----	68
제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보 -----	69
제 7 장 참고문헌 -----	70

제 1 장 프로젝트(세부프로젝트 포함)의 개요 및 성과목표

제 1 절. 연구개발의 목적 및 필요성

1. 국내외 관련분야 환경변화

- 가. 국내 농업은 자유무역협정(Free Trade Agreement; FTA) 체결로 국내 농업시장의 개방에 따른 국내 종자산업의 국제경쟁력 강화가 시급한 실정임.
- 나. 세계 선진국은 각국의 신품종에 대한 품종보호를 강화하고 있으며, 우리나라는 국제식물신품종보호연맹(International Union for the Protection of New Varieties of Plants; UPOV) 가입에 따른 품종보호제도가 마련되어 있는 바, 각 작물별 신품종 개발의 촉진과 더불어 국내 종자산업의 국제경쟁력 제고가 요구되고 있음.
- 다. 세계 각국은 종자 산업을 성장 동력으로 인지하여 식물신품종에 대한 품종보호를 강화하고 있는 바, 우리나라는 지식 기반 농업의 발전을 통하여 글로벌 종자 강국으로 도약하기 위하여 2012년부터 GSP (Golden Seed Project) 사업을 기획하여 2013년부터 2016년까지 1단계 사업을 추진하였음.

2. 연구개발대상 기술의 경제적·산업적 중요성

- 가. 글로벌 다국적 종자회사는 막대한 R&D 투자를 통하여 세계 종자시장에 대한 지배력을 강화하고 있음(글로벌 10대 다국적 기업의 세계 종자시장 점유율 : 73%, 2009년).
- 나. 양과는 전 세계적으로 연간 약 8,700만 톤(FAO, 2013년)이 생산되고 있는 경제적으로 중요한 채소작물 중의 하나로 글로벌 수준의 우수 품종 개발을 통한 해외 종자시장 개척이 요구됨.
- 다. 국내 양과의 재배면적은 연간 약 2만 ha (KOSTAT, 2016년)에 달하고 있으며, 최근 양과에 함유된 기능성 대사성분에 대한 소비자의 관심이 증대되고 있는 추세이므로, 품질 및 기능성이 강화된 소비자 기호 맞춤형의 품종 육성이 요구됨.
- 라. 중국은 세계 최대 양과 생산국으로 양과 재배면적이 연간 약 100만 ha (FAO, 2013년)에 달하고 있으며, 최근 중국의 급속한 경제성장에 따른 국민소득 증대 및 건강기능성 채소작물에 대한 소비 증대 등으로 양과 종자시장이 지속적으로 신장될 것으로 기대됨.
- 마. 중국 양과 종자시장은 황색계, 적색계, 백피계, 가공용 양과 등으로 구분되며, 황색계가 60%, 적색계가 40% 정도의 시장 점유율을 보이고 있어 이를 염두에 둔 육성 및 품종 개발이 요구됨.
- 바. 단일계 품종이 중국 전체 양과 재배면적의 60% 정도를 차지하고 있으나, 우리나라의 위도와 비슷한 중국 산동성 지역은 단일계 양과 품종이 주로 재배되고 있는 바, 중국 양과 종자시장의 진출을 위한 지정학적 장점이 있음.

3. 양과 품종 개발을 위한 생명공학기법 활용기술 개발의 필요성

- 가. 첨단 생명공학기술의 발전은 품종 개발을 위한 육종비용 및 육종기간을 획기적으로 단축시키는데 큰 기여를 하고 있음.
- 나. DH 프로그램을 활용한 내추대성 및 다수확형 고품질계 품종 개발 연구.

다. 유전체 정보 기반 분자마커 활용 내추대성 및 다수확형 고품질계 품종 개발 연구.

- 1) 유전체 정보 기반 분자마커의 대량발굴을 통한 계통 선발 및 품종 육성을 지원할 수 있는 여교배 세대단축기술(MAB)의 실제적 적용이 절실히 요구됨.
- 2) 양과 유용형질(용성불임, 임성회복, 내추대성, 구피색, 당, 매운맛) 관련 분자마커 개발 및 대량분석 시스템 확립이 요구됨.
- 3) 양과 F1 종자의 순도 향상을 위한 F1 종자 순도 검정용 분자마커 개발 및 대량분석 시스템 확립이 요구됨.

라. 대사체 정보 기반 바이오마커 활용 내추대성 및 다수확형 고품질계 품종 개발 연구.

- 1) 식생활 패턴의 변화 및 경제여건의 발달로 생체조절, 질병예방, 질병회복, 노화억제 등의 분야와 관련된 건강기능성 품종 개발에 대한 소비자의 욕구가 증대될 것으로 전망되나, 건강기능성 대사성분이 다량 함유된 양과 품종에 대한 기능성 평가 및 품질관리 수준이 매우 미흡한 실정임.
- 2) 국내외적으로 건강기능성 대사성분 고함유 품종 개발에 관한 연구가 활발히 진행되고 있으나, 고기능성 양과 품종 개발을 위한 건강기능성 대사성분 분석법에 대한 최적화가 절실하며 소비자 기호 맞춤형 품종 개발이 요구됨.
- 3) 건강기능성 대사성분이 강화된 양과 품종 개발을 촉진하기 위하여 건강기능성 대사성분에 대한 양과 계통별 함량 분석 및 분자마커의 개발에 의한 육성효율의 증진이 요구됨.

제 2 절. 연구개발 성과목표 대비 실적

성과지표 구분		단위	1년차		2년차		3년차		4년차		2단계 목표	최종 목표
			목표	실적	목표	실적	목표	실적	목표	실적		
과학 기술적 목표	품종 개발	국내 출원	1	1	1	1	1	1	1	0	5	9
		국내 등록					1	0	1	0	5	7
		국외 출원										
		품종생산수입 판매신고	2	2	1	1	1		1	0	5	10
	국내 특허	출원										
		등록										
	국제 특허	출원										
		등록										
	논문	SCI							1	0	2	3
		비SCI										
	학회 발표	국내										
		국제										
	품종 지역적응성 검정											
	무독묘 품종생산											
	무독묘 원종주수											
	반수체 유래계통											
계통선발												
계통세대단축	점											
생산량 검정	건											
중간모본 육성												

성과지표 구분		단위	1년차		2년차		3년차		4년차		2단계 목표	최종 목표
			목표	실적	목표	실적	목표	실적	목표	실적		
	원종탐색											
	분자마커 개발			1	1	1	2	1	0	5	8	
	마커분석											
	분자마커 지원	점										
	bioassay 건수	건										
	유전자원 등록											
	유전체정보 등록											
	유전자지도집단 등록											
	유전자원수집 및 분양					5	14	5	0	25	35	
	primer 탐색											
	기반구축											
	분리집단 육성											
	분리집단 적용											
	DB 구축											
	핵심집단 구축											
	협력관계 구축											
	현장평가회											
	전시포 개설 수											
	전시포 설명 횟수											
	품종특성설명회, 평가회					2	0	2	2	10	14	
	조직배양 민간서비스(batch)											
	비대칭세포융합체 민간제공											
	우수교배친 동질사배체 양성											
	유전자원도입 격리재배											
	병리검정											
	기본식물 생산											
	자구 생산	만구										
	중구 생산											
	개화구 생산											
	중구증식	천구										
	원균 종균 관리											
	종균 용기 개발											
	종균 배지 개발											
	종균배양 환경관리시스템											

성과지표 구분		단위	1년차		2년차		3년차		4년차		2단계 목표	최종 목표
			목표	실적	목표	실적	목표	실적	목표	실적		
	기능성평가											
	성분검정											
	성과관리시스템											
산업 경제적 목표	수입 대체 효과	품명	%									
		국내중자매출액	백만원						842			
		중자수출액	만불					10	7.2	350	350	
환경적 목표	시장조사보고서		건									
	정책조사보고서											
	인력양성											

제 2 장 국내·외 기술개발 현황

1. 국내·외 연구현황

- 가. 세계적으로 수량성과 품질이 우수한 품종이 주로 재배되고 있지만 단일계 양과 품종에 있어서는 내추대성 개발은 매우 미흡한 실정인 바, 양과의 내추대성 및 다수확형 고품질계 품종 개발에 의한 우수한 품종 보급 및 해외 종자시장 개척이 요구됨.
- 나. 글로벌 다국적 기업의 경우, 막대한 R&D 투자에 의한 분자마커 분석 시스템의 자동화 및 대량분석을 통하여 효율적인 품종 육성을 하고 있는 바, 국내 종자회사의 분자마커 대량분석 시스템 확립이 절실함.
- 다. 양과는 2년이 1세대인 타식성 채소작물로 육종기간이 다른 작물에 비하여 상대적으로 길기 때문에 육종기간을 효과적으로 단축할 수 있는 여교배 세대단축기술(maker-assisted backcrossing) 및 DH-line 생산기술 등 생명공학기술의 적용이 절실함.
- 라. 양과는 유전적 다양성이 적기 때문에 국내·외로부터 다양한 유전자원 수집이 필요하며, 목표로 할 수 있는 형질에는 내추대성, 내병성, 퀴세틴 고함유, 저장성 등이 있고, 재배 후 평가를 바탕으로 유용 유전자원으로서의 가치를 판단하여 분리 계통 육성이 요구됨.
- 마. 건강기능성 식품에 대한 소비자 관심이 증대되면서 양과에 함유된 건강기능성 대사성분 분석법 확립 및 건강기능성 대사성분 고함유 계통 선발을 통한 고기능성 양과 품종 개발이 요구됨.
- 바. 본 과제에 주관 연구기관인 (주)농우바이오는 국내 양과 종자 시장의 약 80% 정도가 일본 품종들에 의해 잠식되어있는 시장 상황 속에서 국내 종자 회사 중 가장 많은 10%의 시장 점유율을 차지하고 있으며, 초극조생에서부터 중만생, 적색계까지 다양한 고품질계의 품종들을 개발해 나가고 있음.
- 사. 전통 육종에 생명공학기술들을 적절히 접목하여 국내 양과 육종 업계에서 리딩 연구그룹으로서 타 회사들의 양과 육성 프로그램의 선진화에도 영향을 미치고 있음.

국내·외 양과 연구현황

연구수행 기관	연구개발의 내용	비고
위스콘신 대학교 (Michael J. Havey)	분자마커 개발 및 양과 유전자 지도 작성	분자유전학 관련 기초연구
뉴질랜드 연구소 (John McCallum)	분자마커 개발 및 양과 유전자 지도 작성	분자유전학 관련 기초연구
전남대학교	분자마커 개발 및 양과 유전자 지도 작성	분자유전학 관련 기초연구
팍한농	체어맨	내한성 중만생종 품종
다끼이	터보, 카타마루	국내 점유율 상위 품종
양과나라	대칸마루, 칸타타, 킹콩	GSP과제 수행 품종 개발
(주)농우바이오	케이스타, 케이맥스, 케이비전, 홍반장	생명공학기술 적용 품종 개발 GSP과제 수행 품종 개발

제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과

제 1절. Golden Seed 프로젝트 1단계 실적

1. 연구개발의 목표 및 연구개발 수행내용

가. 1세부 프로젝트 요약

구분 (연도)	세부 프로젝트명	세부연구목표	달성도 (%)	연구개발 수행내용
1차 년도 (2013)	제 1세부 내병성 및 다수확형 단일계 중만생종 양과 품종 개발	○유전자원 수집 및 평가 -내병성 및 퀴세틴 고함유 유전자원 수집 및 평가	50	○노균병 내병성 1품종 수집
		○계통 육성 및 세대단축 -DH-line 프로그램 -분자마커 활용 계통 선발 -대사성분 분석 계통 선발	100	○화퇴배양 식물체 87개체 획득 ○양과 마커 분석 및 개발 -MAB를 위한 양과 유전체 분석 및 마커 개발 진행 -양과 계통 마커 분석 및 선발 수행 ○기 보유 계통에 대한 대사성분 분 석(가용성고형물, 매운맛, 퀴세틴, 안 토시아닌)관련 기초자료 확립 -중만생 황색계 48계통 분석수행 -중만생 적색계 22계통 분석수행
		○조합 작성 및 계통 육성 -중만생 황색계 50조합 이상 -중만생 적색계 20조합 이상 -중만생 황색계 및 적색계 계통 육성	100	○조합 작성 -중만생 황색계 58조합 작성 -중만생 적색계 25조합 작성 ○계통 육성 -중만생 황색계 452계통 육성 -중만생 적색계 151계통 육성
		○현지적응성 시험 -중국 현지 시교사업	100	○중국 현지 시교사업 -중국 산둥성에 중만생 황색계 4조 합 시교사업 및 사업성 검토 진행
		○우수조합 품종 등록 -생산판매신고 2품종 -품종보호출원 1품종	100	○생산수입판매신고 2품종 -케이스타 (신고번호:02-0011-2013-34) -케이맥스 (신고번호:02-0011-2013-35) ○품종보호출원 1품종 -케이스타(출원번호: 출원-2014-70)

구분 (연도)	세부 프로젝트명	세부연구목표	달성도 (%)	연구개발 수행내용
2차 년도 (2014)	제 1세부 내병성 및 다수확형 단일계 중만생종 양과 품종 개발	○유전자원 수집 및 평가 -내병성 및 퀴세틴 고함유 유전자원 수집 및 평가	50	○노균병 내병성 품종 원예적 특성 평가 실시
		○계통육성 및 세대단축 -DH-line 프로그램 -분자마커 활용 계통 선발 -대사성분 분석 계통 선발	100	○화퇴배양 식물체 90개체 획득 ○양과 마커 분석 및 개발 -MAB를 위한 양과 유전체 분석 및 마커 개발 진행 -양과 계통 마커 분석 및 선발 수행 ○대사성분 분석관련 기초자료 확립 -중만생 60계통 및 품종(조합) 분석 -적색계 21계통 및 품종(조합) 분석
		○조합 작성 및 검정 -중만생 황색계 50조합 이상 -중만생 적색계 20조합 이상 -중만생 황색계 및 적색계 계통 육성	100	○조합 작성 -중만생 황색계 65조합 작성 -중만생 적색계 23조합 작성 ○계통 육성 -중만생 황색계 351계통 육성 -중만생 적색계 91계통 육성
		○우수 조합 선발	100	○ 예비조합 선발 -중만생 적색계 2조합 예비 선발
		○현지적응성 시험 -중국 현지 시교사업	100	○중국 현지 시교사업 -중국 산동성, 강소성 중만생 황색 계 4조합 시교사업 및 사업성 검토 진행 -전체적인 균일도 및 구 비대성을 검토하여 2개 조합 재시험
		○우수조합 품종 등록 -생산판매신고 1품종 -품종보호출원 1품종	100	○생산수입판매신고 1품종 -케이비전 (신고번호:02-0011-2015-4) ○품종보호출원 1품종 -케이맥스 (출원번호: 출원-2014-375)

구분 (연도)	세부 프로젝트명	세부연구목표	달성도 (%)	연구개발 수행내용
3차 년도 (2015)	제 1세부 내병성 및 다수확형 단일계 중만생종 양과 품종 개발	○유전자원 수집 및 평가 -내병성 및 퀴세틴 고함유 유전자원 수집 및 평가	100	○Pink root 내병성 품종 병리검정 및 원예적 특성 평가 실시 ○중국 산동성, 운남성에서 주로 재 배되고 있는 양과 14품종 수집
		○계통육성 및 세대단축 -DH-line 프로그램 -분자마커 활용 계통 선발 -대사성분 분석 계통 선발	100	○화퇴배양 식물체 30개체 획득 ○양과 마커 분석 및 개발 -MAB를 위한 양과 유전체 분석 및 마커 개발 진행 -양과 계통 마커 분석 및 선발 수행 ○대사성분 분석관련 기초자료 확립 -중만생 51계통 및 품종(조합) 분석 -적색계 15계통 및 품종(조합) 분석
		○조합 작성 및 검정 -중만생 황색계 60조합 이상 -중만생 적색계 20조합 이상 -중만생 황색계 및 적색계 계통 육성	100	○조합 작성 -중만생 황색계 90조합 작성 -중만생 적색계 47조합 작성 ○계통 육성 -중만생 황색계 218계통 육성 -중만생 적색계 99계통 육성
		○우수 조합 선발	100	○ 예비조합 선발 -중만생 황색계 2조합 예비 선발 -중만생 적색계 2조합 예비 선발
		○현지적응성 시험 -중국 현지 시교사업	100	○중국 현지 시교사업 -중국 산동성 지역 중만생 황색계 5 조합 시교사업 및 사업성 검토 진행 -전체적인 균일도 및 구 비대성을 검토하여 2개 조합 재시험
		○우수조합 품종 등록 -생산판매신고 1품종 -품종보호출원 1품종 -품종보호등록 1품종	40	○품종보호출원 1품종 -케이비전 (출원번호: 출원-2015-726)

구분 (연도)	세부 프로젝트명	세부연구목표	달성도 (%)	연구개발 수행내용
4차 년도 (2016)	제 1세부 내병성 및 다수확형 단일계 중만생종 양파 품종 개발	○유전자원 수집 및 평가 -내병성 및 퀴세틴 고함유 유전자원 수집 및 평가	100	○Pink root, <i>Fusarium basal rot</i> 내병성 품종 병리검정 및 원예적 특 성 평가 실시 ○퀴세틴 고함유 품종 2종 수집 (쿠엘골드, 퀘르다마)
		○계통육성 및 세대단축 -DH-line 프로그램 -분자마커 활용 계통 선발 -대사성분 분석 계통 선발	100	○화퇴배양 식물체 24개체 선발 ○양파 마커 분석 및 개발 -MAB를 위한 양파 유전체 분석 및 마커 개발 진행 -양파 계통 마커 분석 및 선발 수행 ○대사성분 분석관련 기초자료 확립 -중만생 49계통 및 품종(조합) 분석 -적색계 24계통 및 품종(조합) 분석
		○조합 작성 및 검정 -중만생 황색계 60조합 이상 -중만생 적색계 20조합 이상 -중만생 황색계 및 적색계 계통 육성	100	○조합 작성 -중만생 황색계 94조합 작성 -중만생 적색계 45조합 작성 ○계통 선발 및 육성 -중만생 황색계 250계통 육성 -중만생 적색계 82계통 육성
		○우수 조합 선발	100	○예비조합 선발 -중만생 황색계 1조합 예비 선발 -중만생 적색계 2조합 예비 선발
		○현지적응성 시험 -중국 현지 시교사업	100	○중국 현지 시교사업 -중국 산둥성 지역 중만생 황색계 5 조합 시교사업 및 사업성 검토 진행 -전체적인 균일도 및 구 비대성을 검토하여 K-Max 판매 결정
		○우수조합 품종 등록 -생산판매신고 1품종 -품종보호출원 1품종 -품종보호등록 1품종	0	○4차년도 신규 품종 등록 없음 ○품종보호출원 중인 품종들 재배심 사 진행
		○수출 실적 10만\$ 달성	70	○중국 수출 실적 총 72,380\$ 달성

나. 1세부 위탁과제 요약

구분 (연도)	세부 프로젝트명	세부연구목표	달성도 (%)	연구개발 수행내용
3차 년도 (2015)	제1세부 위탁과제 중국 수출용 양파 품종의 현지적응성 시험 및 마케팅 전략 수립	○유용 유전자원 수집 및 평가 -중국 현지에서 선호하고 있는 품종 수집 및 평가	100	○중국 현지 품종 수집 및 평가 -산동성 지역 황색계 7품종, 적색 계 2품종 수집 -운남성 지역 황색계 4품종, 적색 계 1품종 수집 -4차년도 포장 평가 진행
		○현지 적응성 시험 -중국 현지 시교사업 -현장 평가회 실시	100	○중국 현지 시교사업 -중국 산동성 지역 중만생 황색계 5조합 시교사업 및 사업성 검토 진 행 -전체적인 균일도 및 구 비대성을 검토하여 2개 조합 재시험 -4차년도에 산동성 지역에서 시험 할 중만생 황색계 6조합, 적색계 4 조합 재배 -현재 재배 중인 관계로 현장 평가 회는 미 실시(4차년도에 실시)
4차 년도 (2016)	제1세부 위탁과제 중국 수출용 양파 품종의 현지적응성 시험 및 마케팅 전략 수립	○유용 유전자원 수집 및 평가 -중국 현지에서 선호하고 있는 품종 수집 및 평가	70	○중국 현지 품종 수집 및 평가 -2016년 수집 품종들에 대한 평가 를 위해 육묘 후 2017년에 원예적 특성에 대한 평가는 수행
		○현지 적응성 시험 -중국 현지 시교사업 -현장 평가회 실시	100	○중국 현지 시교사업 -중국 산동성 지역 중만생 황색계 5조합 시교사업 및 사업성 검토 진 행 -전체적인 균일도 및 구 비대성을 검토하여 K-Max 판매 결정 -4차년도 현장 평가회 2회 실시 -5차년도에 강소성, 산동성 지역 에서 시험할 황색계 3조합, 적색계 6 조합 재배

2. 연구범위 및 연구수행 방법
가. 1세부 프로젝트 요약

연구범위	연구수행방법 (이론적·실험적 접근방법)	구체적인 내용
제1세부 내병성 및 다수확형 단일계 중만생종 양파 품종 개발	유전자원 수집 및 평가 ● 교배육종	○노균병 내병성 품종 수집 및 원예적 형질 평가 -장일계 양파로 국내 환경에서는 구비대가 원활하지 않아 자사 중국 해외법인 연구소에서 증식 진행 ○Pink root 내병성 품종 수집 및 원예적 형질 평가 -장일계 양파이나 국내에서 어느 정도 구비대가 양호 하여 남부육종연구소에서 증식 진행 ○중국 산둥성, 강소성 지역 주요 양파 재배품종 수집 -원예적 형질 평가 및 지속적인 유전자원 수집을 진 행
	계통 육성 세대 단축 및 조합 작성 ● 교배육종 ● 생명공학기술 적용 - DH-line 프로그램 - 분자표지 - 대사성분 분석	○조합 작성 -중만생 황색계 조합 작성 목표: 높은 수량성(23kg/3.3m ² 이상, 국내 평균수량 20kg/3.3m ² 수준), 구형(중고구형, 고구형), 균일성, 저장성(8개월 이상 장기저장 가능여부), 재배안정성 (추대 및 분구, 결주 발생율, 열구 및 열피) -중만생 적색계 조합 작성 목표: 짙은 내·외피색, 높은 수량성(23kg/3.3m ² 이상, 국내 평균수량 20kg/3.3m ² 수준), 구형(중고구형, 고 구형), 재배안정성(추대 및 분구, 결주 발생율, 열구 및 열피) ○계통 육성 -중만생 황색계 A, B, C-line 계통 육성 목표: 구형, 수확기, 수량성, 균일성, 저장성 (8개월 이상 장기저장 가능여부), 외피색 -중만생 적색계 A, B, C-line 계통 육성 목표: 짙은 내·외피색, 수량성, 구형, 수확기, 균일성 ○화퇴배양을 이용한 DH-line 프로그램 -화퇴배양 식물체 획득 및 포장 순화 후 모구 정식 ○양파 마커 분석 및 개발 -MAB를 위한 양파 유전체분석 및 마커개발 진행 -기 개발된 마커를 활용하여 계통 분석 및 선발 수행 ○계통 대사성분 분석(가용성고형물, 매운맛, 퀴세틴, 안토시아닌): 중만생 황색계, 적색계 조합 및 계통
	조합 선발 ● 조합 성능 검증	○중만생 황색계, 적색계 조합에 대한 성능을 검증하고 우수한 조합을 예비선발하여 시교 사업으로 연결

연구 범위	연구수행방법 (이론적·실험적 접근방법)	구체적인 내용
제1세부 내병성 및 다수확형 단일계 중만생종 양과 품종 개발	품종등록	○ 생산수입판매신고 3품종 - 케이스타(신고번호: 02-0011-2013-34) - 케이맥스(신고번호: 02-0011-2013-35) - 케이비전(신고번호: 02-0011-2015-4) ○ 품종보호출원 3품종 - 케이스타(출원번호: 출원-2014-70) - 케이맥스(출원번호: 출원-2014-375) - 케이비전(출원번호: 출원-2015-726)

나. 1세부 위탁과제 요약

연구 범위	연구수행방법 (이론적·실험적 접근방법)	구체적인 내용
제1위탁 중국 수출용 양과 품종의 현지적응성 시험 및 마케팅 전략 수립	유전자원 수집 및 평가 ● 교배육종	○ 중국 산둥성, 강소성 지역에 대한 지속적인 양과 유전자원 수집 진행 ○ 장일계와 단일계 합성 계통을 육성하여 대부분 장일계 계통들이 갖는 병에 강한 특성 획득.
	현지 적응성 시험	○ 중국 현지 시교사업 - 1,2차년도: 중국 산둥성에 중만생 황색계 4조합 시교사업 및 사업성 검토 진행 - 2,3차년도: 중국 산둥성에 중만생 황색계 5조합 시교사업 및 사업성 검토 진행 ○ 중국 현지 법인 연구소 활용 - 시교사업 전에 예비 검정을 통해 가능성있는 조합들을 대상으로 품종화 가능성 타진.

제 2 절 연구수행 결과

1. 유전자원 수집 및 평가

가. 내병성 및 퀴세틴 고함유 국·내외 유전자원 수집 및 원예적 형질평가

- 1) 노균병, Pink root 등의 병에 저항성을 갖고 있는 품종 및 소재들을 도입하여 원예적 형질을 평가하고 필요에 따라 계통 육성에 활용하기 위해 선발 및 채종을 진행하였음(그림 1).
- 2) 퀴세틴 고함유 품종으로 알려져 있는 일본 다끼이 종묘의 ‘케루다마’ 품종의 종자를 수집하였고 원예적 특성 및 퀴세틴 함량을 분석하였음.

3) 국내·외 내병성 및 퀴세틴 고함유 유전자원에 대한 수집 및 평가를 지속적으로 진행하였음.



그림1. 유전자원 수집 및 원예적 특성평가

나. 중국 현지 선호 품종 14종 수집 및 평가

- 1) 중국 현지에서 선호되고 있는 품종들을 수집하였으며(표 1), 2017년도에 원예적 특성검정을 할 계획임.
- 2) 지속적으로 현지의 다양한 품종 및 유전자원들에 대한 수집, 평가가 이뤄질 예정이며 필요에 따라 교배육종을 통해 합성 계통을 육성하여 신규 조합 작성에 활용할 것임.

표1. 신규 유전자원 수집 리스트

No.	도입번호	품종명	도입일자	도입처	재배지역	비고
1	SAC11	黄金大王	15.09.22	무장야(武藏野)무사시노	운남	
2	SAC12	907	15.09.22	송영(松永)마쓰나가	운남	
3	SAC13	納納達	15.09.22	송영(松永)마쓰나가	운남	
4	SAC14	快星	15.09.22	용정(瀧井)다끼이	운남	
5	SAC15	小林松木赤玉	15.09.22	Matsmoto	운남	적색계
6	SAC16	新-113	15.09.22	Takii	산둥	
7	SAC17	珍星	15.09.22	Takii	산둥	
8	SAC18	宝星	15.09.22	Takii	산둥	
9	SAC19	瀧川3号	15.09.15	VSK(일본)	산둥	
10	SAC20	千歳503	15.09.15	VSK(일본)	산둥	
11	SAC21	鳳凰大玉	15.09.15	무장야(武藏野)무사시노	산둥	
12	SAC22	奥玉黄	15.09.15	다카야마(高山)	산둥	
13	SAC23	紫羅大玉	15.09.15	일본	산둥	적색계
14	SAC24	健美赤玉	15.09.15	VSK(일본)	산둥	적색계

다. 노균병 내병성 평가체계 구축

- 1) 노균병 병원균(*Peronospora destructor*)은 활물기생균으로서 인공배양이 되지 않는 관계로 자연적으로 발병된 양파 식물체를 확보하여 습도 조절이 되는 생육상에 보관하여 주기적으로 새로운 양파에 균을 접종하는 방식으로 병원균의 병원성 및 균주를 유지함.
- 2) 기내 실험과 포장 실험을 진행하여 기내 실험에서는 유묘기와 성체기에 병을 분무 접종하여 발생 양상을 관찰하고, 포장 실험은 관행적 방식으로 재배하면서 품종별 집구와 반복을 형성하고 병 발생을 위한 다습조건을 형성해 자연스러운 병 발생 양상을 관찰함.

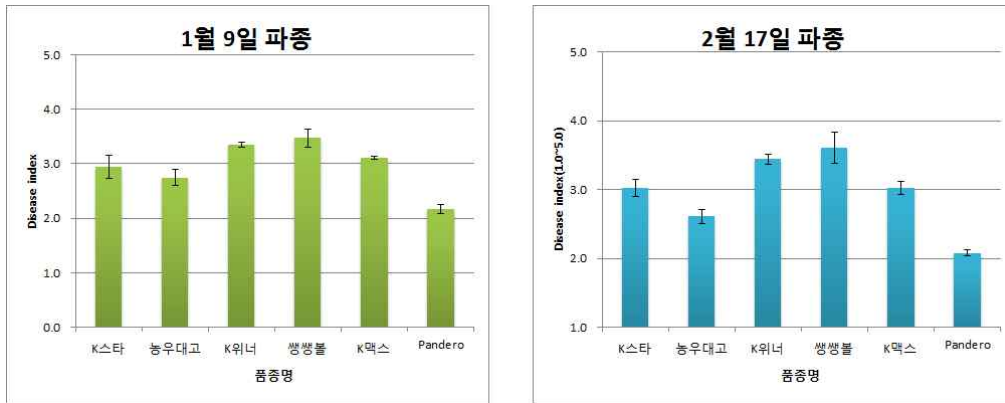


그림 2. 양파 노균병 포장시험 결과 (조사 6월 11일)

라. 노균병 포장시험 결과

- 1) 양파 F1 5품종 및 도입종 양파 1종에 대해 노균병 시험을 위해 포장 정식.
- 2) 1월, 2월 파종 분으로 나누어 2반복 및 각 처리구별 약 100 ~ 120주 내외 수행.
- 3) 시험결과 조생계인 ‘쌍쌍볼’에서 파종일과 관계없이 가장 높은 발병율을 나타냄(그림 2).
- 4) 도입종인 ‘Pandero’(Nunhems, 장일계)에서 중도 저항성 수준의 발병율을 나타냄.
- 5) 만생종인 ‘농우대고’에서도 비교적 낮은 발병율을 나타내는 것으로 보아 노균병에 대한 저항성 및 내성은 유전적 요인과 함께 초세와 관련이 있는 것으로 판단됨(그림 3).
- 6) ‘Santero’에 대한 증식 후 기타 도입종과 함께 비교시험 수행계획임.

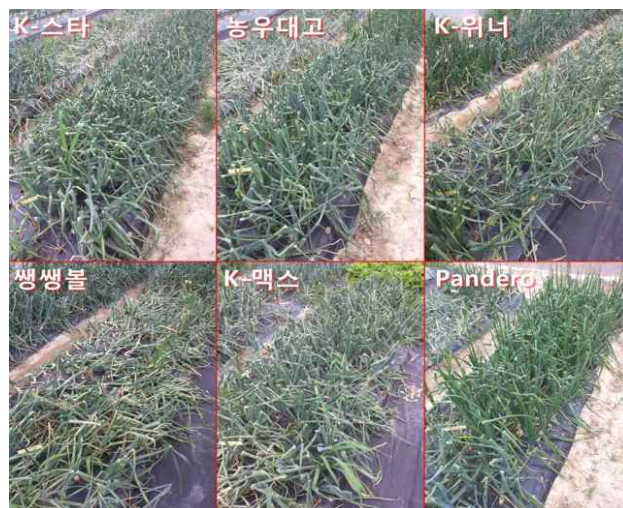


그림 3. 양파노균병 시험 포장사진

마. 유전자원에 대한 pink-root 접종시험 결과

- 1) 도입종 양파에 대해 pink-root screening 시험을 수행하였음.
- 2) 균배양 희석액에 양파를 5분간 침지하여 가식한 후 병 발생 진행사항을 관찰하였고, 그 결과 다수의 도입종 양파에서 중도저항성 수준을 나타내는 것이 확인되었음.
- 3) 장일계 및 중일계(Intermediate day) 타입에서 저항성이 주로 나타났으며, 단일계 타입에서는 대부분 이병성으로 나타남(표 2).
- 4) 추가 도입종 및 선발조합 등을 대상으로 지속적인 pink-root 접종시험을 수행하겠음.

표 2. 도입종양파 pink-root 접종시험 결과

BN	품종명	제조사	타입	접종 주수	이병지수	비고
					평균	
1	Kun F1	ZKI	Long day	25	4.0	
2	ISI30230 F1	ISI SEMENTI	Long day	25	2.7	
3	ISI30161 F1	ISI SEMENTI	Long day	25	3.1	
4	Bosco F1	S&G	Intermediate day	20	2.4	
5	Hilton	S&G	Long day	25	3.9	
6	Mundo	S&G	Long day	9	4.2	
7	Density	ISI SEMENTI	Long day	18	2.8	
8	Marica	SAIS	Long day	25	2.1	
9	Talon	Bejo	Long day	10	4.3	
10	Exhibition	Bejo	Intermediate day	25	2.4	
11	Gladston OP	Bejo	Long day	25	3.7	
12	CIMARRON	Nunhems	Intermediate day	16	1.9	
13	Banko	S&G	Long day	21	2.1	
14	Pandero	Nunhems	Long day	25	2.3	Foc : IR, PR : HR
15	K-스타	농우	Short day	25	5.0	이병성대비
16	K-맥스	농우	Short day	25	4.9	이병성대비
17	카타마루	Takii	Short day	25	4.6	이병성대비
18	농우대고	농우	Short day	23	3.3	이병성대비

바. 양파 구썩음병(Fusarium basal rot)관련 병 발생 지역별 균주 수집 및 병원성 검정

- 1) 2016년도 양파 구썩음병이 발생한 지역(밀양, 문경, 의성, 창녕 2종)의 이병식물을 채집하여 병원균을 분리하였고(Cramer S. et al., 2000), 이를 이용하여 기존 실험 균주인 Foc15-Mir균주를 통해 병원성의 차이가 확인된 대표 품종 6종(K스타, K맥스, K비전, 카타마루, Pandero, Canon F1)에 접종하여 병원성 시험을 수행하였음.
- 2) 6종의 양파를 파종하여 45일 정도 육묘한 뒤 접종에 사용하였고 병원균은 PDB에 25℃ 4일간 배양한 후 포자농도를 1×10^6 spores/ml로 맞춘 뒤 이를 접종원으로 이용하였으며(Saxena A. et al., 2009), 접종 방법은 침지법을 이용하였고 침지된 양파는 새 plastic tray(50구)에 품종별로 25주씩 가식하여 접종하였음.
- 3) 접종결과 모든 균주가 K스타, Canon F1에서 강한 감수성을 나타내었고 밀양, 의성, 창녕 균주의 경우 K비전, 카타마루에서 강한 감수성을 나타내었으나 K맥스와 Pandero에서는 차이를 보였으며, 특히 의성과 창녕 균주의 경우 병원성 수준이 매우 높은 것을 확

인할 수 있었음(그림 4, 표 3).

4) 이러한 결과를 바탕으로 양과 구썩음병 저항성검정을 위한 허용 병원성 수준의 확인이 필요하며 대표균주를 선정 후 이를 저항성 검정에 활용하고자함.

표 3. 지역별 분리 병원균을 이용한 병원성 검정

품종명	제조사	이병지수						비고
		Foc16-Mir (밀양)	문경 Foc	의성 Foc	경남 뿌리썩 음 (창녕1)	창녕 Foc (창녕2)	Foc15-Mir (밀양, 기준)	
K스타	농우	3.9	4.2	4.3	4.7	3.7	4.8	
K맥스	농우	2.9	1.0	4.2	4.5	1.0	4.5	
K비전	농우	3.6	1.1	4.8	4.8	1.0	-	
카타마루	TAKII	3.4	2.1	4.4	4.6	1.4	4.4	
PANDERO Nunhems		2.2	1.0	3.0	3.5	1.0	2.9	
Canon F1	Hazera	4.8	4.7	5.0	5.0	4.8	4.8	

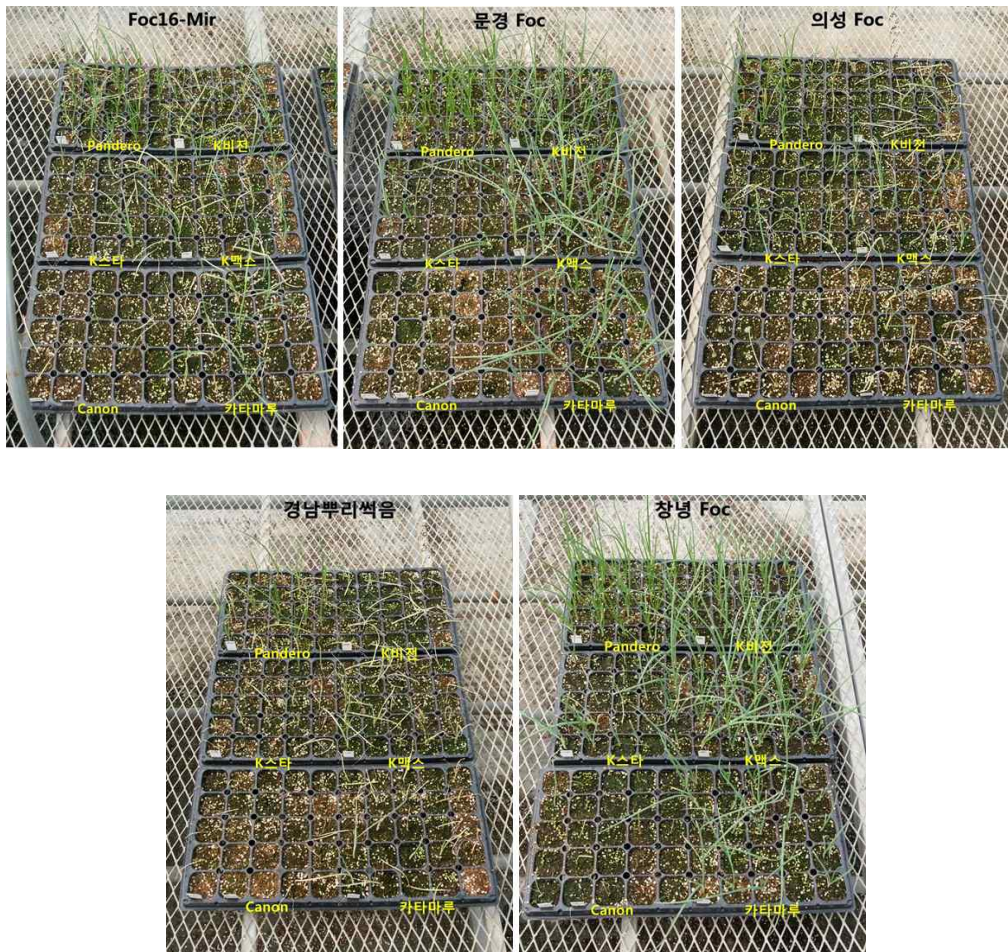


그림 4. 지역별 분리균주를 이용한 양과 구썩음병 병원성 검정

2. 순도검정 마커 개발

가. 기 개발 육성불임 연관 분자마커 활용 계통 선발 및 계통 순도 조기 고정

- 1) 원종 순도와 F1 종자 순도를 검정할 수 있는 마커 세트(19종)로 원종 순도 분석을 수행함(표 4).
- 2) 양과 129계통(A/B line 74 계통, C line 55 계통)에 대한 원종 순도를 분석하였고, 4,119 샘플에 대하여 64,420 회 분석을 수행함.

표 4. F1 5개 조합별 양친간 다형성 마커 목록

NO.	F1조합	다형성 마커
1	TH373A(M2) /AC577(M1)	gSSR250, eSSR336, eSSR468, eSSR24, eSSR131, eSSR283, eSSR536, eSSR228, eSSR458
2	TH373A(M2) /AC577(M2)	gSSR250, eSSR468, eSSR24, eSSR131, eSSR283, eSSR228, eSSR458
3	TH373A(M3) /AC577(M2)	eSSR468, eSSR24, eSSR131, eSSR228, eSSR458
4	TH373A(M2) /AC577(M3)	gSSR250, eSSR468, eSSR24, eSSR131, eSSR283, eSSR228, eSSR458
5	TH373A(M2) /AC577(M4)	gSSR250, eSSR468, eSSR24, eSSR131, eSSR536, eSSR458

나. 육성계통 원종 순도 분석 결과

- 1) 육성 계통별 마커 세트(19종)로 분자 순도 검정 후 포장검정과 병행하여 2년 1세대인 양과 원종 고정에 걸리는 시간을 단축하며, 이를 바탕으로 F1 종자의 순도 검정에 활용하고자 함(그림 5).
- 2) 선행 연구 결과에서 homo로 선발된 개체를 형매교배 후 집단분리분석(BSA; bulked segregant analysis)로 분석한 결과 'BN22508 -1', 'BN22504 -1' 2 계통의 eSSR283 마커에서 분리가 일어남.
- 3) 2계통에 대한 전체 집단 검정 결과, 'BN22508-1' 4개체, 'BN22504-1' 2개체에서 분리가 확인됨.

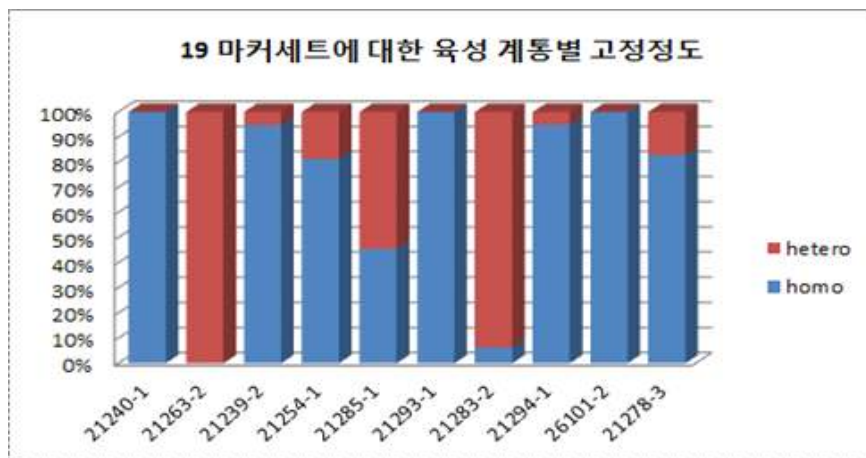


그림 5. 19 마커 세트에 의한 육성 계통별 고정 정도

4) Homo로 선발된 계통에서의 분리 원인은 크게 세 가지로 나뉘는데, 우선 동일한 eSSR283 마커에서 2 계통이 분리가 일어났다는 점에서 마커의 유전자위가 불안정한 경우와 분자 순도검정 또는 육성과정 중 선발 오류일 가능성이 있음.

다. 육성계통 원종 순도 분석 마커 세트에 대한 대량분석 적합성 평가 결과(표 5)

- 1) eSSR140 마커 : 1개의 새로운 allele 확인.
- 2) eSSR228 마커 : 일부 계통에서 AA allele 분리.
- 3) eSSR336 마커 : 일부 계통에서 BB allele 분리.
- 4) gSSR250 마커 : 2개의 새로운 allele이 확인되었으며, 일부 계통에서 AA allele 분리.
- 5) gSSR103 마커 : 2개 이상의 새로운 allele이 확인되며, 특히 ‘BN21422-1’ 계통에서 다양한 hetero allele이 나타남으로 다음 세대 진전시 allele 간 구별성에 주의해야함.
- 6) eSSR 46마커 : 6개의 계통(‘BN24420-1’, ‘BN24486-1’, ‘BN27404-1’, ‘BN27604-1’, ‘BN22238-2’, ‘BN22234-2’)에서 null allele 확인되었는데, null allele이 확인된 계통은 hetero type을 확인 할 수 없기 때문에 추후 육성 시 고려되어야함.
- 7) Allele 간 분리가 일어나는 마커에 대해서는 현재 agarose gel 시스템 상으로 명확히 분석할 수 없지만 분리가 일어나는 계통과 고정 계통간의 교배가 되는 것은 방지 할 수 있음.

표 5. 육성계통 원종 순도 분석 마커 세트에 대한 분석결과

Marker	Marker type	Agarose gel image
eSSR140	CAPS	
eSSR228	CAPS	
eSSR336	CAPS	

gSSR103	CAPS	
eSSR46	CAPS	
gSSR250	CAPS	

라. 분자마커로 선발된 계통 확인 및 종자순도검정

- 1) 양과 22개 마커로 선발된 계통(A line: 2계통, C line: 4계통)을 이용한 5개의 F1 교배조합을 작성했고, F1 5조합에서 공통적으로 다형성을 나타낸 5개 마커(eSSR24, eSSR131, eSSR283, eSSR458, eSSR468)와 양친에서 분리하는 1개 마커(eSSR140)를 이용하여 예비시험을 수행함.
- 2) 선발된 다형성 마커로 양친(A-line, C-line)과 F1 조합을 대상으로 예비시험 수행결과, 5 조합 중 4 조합 [TH373A(M2)/AC577(M1), TH373A(M2)/AC577(M2), TH373A(M3)/AC577(M2), TH373A(M2)/AC577(M3)]의 경우는 6종 마커 분석 결과 양친의 밴드패턴 양상이 균일하게 반영된 형태로 나타났고, TH373A(M2)/AC577(M4)조합의 경우는 6종 마커 중 2종 마커에서 분리하는 형태 혹은 C line 밴드패턴만을 나타내는 형태로 분석되었으며, 이는 A line (No. 22) 개체에서 heterozygote를 나타내는 마커가 F1에서 반영된 형태로 판단됨(그림 6, 표 6).
- 3) 2013년차 양과마커 22 종을 이용한 개체선발 결과 균일한 A line, C line 개체를 조합작성에 사용한 경우에는 F1에서 균일한 밴드패턴을 확인함.
- 4) [TH373A(M2)/AC577(M4)]조합의 경우는 A line [No.22]를 선발함에 있어 22 종 마커 중 일부 마커에서 고정되지 않은 형태였고, 이를 조합에 이용한 결과 F1에서 22종 마커 중 일부 마커는 균일하지 않는 밴드패턴으로 확인됨.

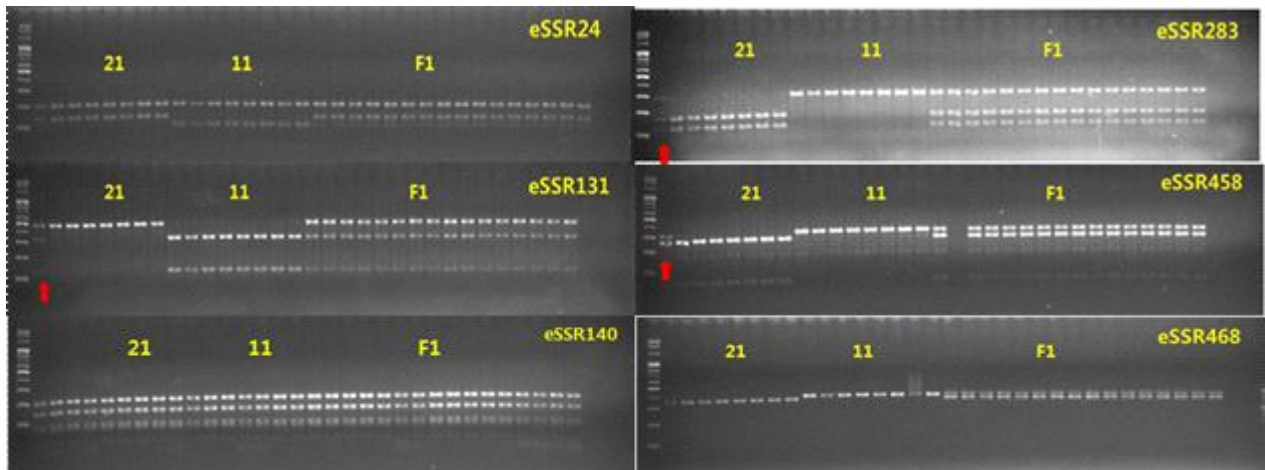


그림 6. 분자마커활용 계통 선발 및 순도검정 예비시험 결과예시
 [21]; TH373A/TH373B(M2), [11]; AC577(M1), F1; TH373A/TH373B(M2)/AC577(M1).
 빨간 화살표는 분리가 일어난 시료 표기.

표 6. 그림 4에 따른 scoring 값과 2013년 분석 결과 비교

SSR primer	2014년 분석 결과			2013년 분석 결과		
	A-line	C-line	F1	A-line		C-line
				67	10	
eSSR468	AA	BB	AB	AA	AA	BB
eSSR140	AA	AA	AA	AA	AA	AA
eSSR458	AA/AB	BB	AB	BB	AA	BB
eSSR24	BB	AA	AB	BB	BB	AA
eSSR283	AA/AB	BB	AB	AA	AA	BB
eSSR131	BB/AB	AA	AB	BB	BB	AA

마. 분자마커 활용 계통 선발 및 순도 조기 고정

- 1) 자사의 양과 3계통은 전사체 분석을 시행하였고, 이들 염기서열의 분석을 통해 SNP 및 Indel 마커를 다수 개발함.
- 2) 양과 4조합에 SNP 및 Indel 마커를 적용하였고, 다형성과 밴드 양상이 우수한 196개 마커를 선발함.
- 3) CMS를 목표형질로 한 MAB는 2개의 BC3 집단(17주, 30주)에 대하여 선발한 196개 마커를 적용하였고, 집단은 0.822, 0.869 유사도를 나타냄. 또한, 양과 계통의 순도 고정을 위해 A, B-lines 92 조합(5623주)와 C-line 5계통 (271주)에 대하여 196개의 분자마커를 적용하여 호모화가 많이 진행된 개체별로 우선순위를 결정하여 세대진전을 수행함.
- 4) 양과 2집단과 A, B, C-lines에 적용하여 유사도를 살펴본 결과, 타식성의 2년생 작물인 양과에서도 순도 고정을 위한 선발효과가 있을 것으로 판단되었으며, 지속적인 마커의 적용과 선발을 통해 순도 높은 계통을 선발하고 있음.

3. MAB 시스템 적용을 위한 마커 개발(염색체당 5개 마커 개발)

가. 여교배 세대단축(MAB)용 분자표지 개발

- 1) 여교배 세대단축(MAB)에 활용할 수 있는 분자표지를 개발하기 위해 고정된 3개 계통(표 7)에서 전사체 분석을 수행하였으며, 그 결과 계통 간에 염기서열 변이를 나타내는 30,000여 점의 InDel 및 SNP를 확인할 수 있었음.
- 2) 전사체 분석결과, 계통 간에 나타난 염기서열 변이부위에서 MAB에 활용 가능한 InDel 또는 CAPS마커를 개발하기 위해 340여 개의 프라이머 세트를 디자인하고 합성하였음.
- 3) 합성한 340여 점의 프라이머를 이용하여 다양한 분리계통의 조합에서 다형성을 확인한 결과, 조합별로 63~196개의 프라이머에서 다형성이 확인되었음(표 8).

표 7. 양과 유전체분석용 시료 목록

BN	Sample weight	Soluble Solids Content	Total Pyruvic Acid	Quercetin	구형	샘플	순도	비고
	(g)	(°Brix)	($\mu\text{mol/g FW}$)	(mg/kg FW)				
24464	162	10.4	6.26	96.22	원	39	中上	중만생 C
26611	193	10.1	6.59	118.03	타	24	上	중만생 B
26617	175	7.2	3.18	87.90	타	24	中下	적색계 B

표 8. MAB용 분리계통 조합에서의 다형성 분석 결과

34508	396	A-line	중고구형	BC2	63
34808	132	B-line	중고구형		
34531	176	A-line	고구형	BC2	196
34841	110	B-line	고구형		
34561	176	A-line	중고구형	BC1	189
34874	66	B-line	중고구형		
34616	88	A-line	중고구형	BC1	108
34929	66	B-line	중고구형		

나. 양과 임성회복인자(Rf) 마커 개발

- 1) 양과의 임성 회복인자(Rf) 선발마커 개발을 위해 관련 논문(Sunggil Kim et al., 2014)을 참고하여 2점의 마커 junrf12와 junrf13을 개발하였음.
- 2) 2점의 마커는 자사에서 육성중인 MS(A-line) 8계통, 유지친(B-line) 8계통, 회복친(C-line) 8계통에 대해 선발마커로의 활용가능성을 확인하였음(그림 7).
- 3) 육성계통에 대해 두 점의 마커를 이용하여 분석한 결과, 마커 junrf12은 PCR반응이 불안정하고 재현성이 부족하여 개체별 분석이 용이하지 않았으며, 마커 junrf13는 실험에 사용된 회복친(C-line) 8계통 중 7계통에서는 MS계통(A-line) 및 유지친(B-line)과 비교해 회복친에 특이적으로 나타나는 밴드를 확인할 수 있었으나, 나머지 1계통은 MS계통(A-line) 및 유지친(B-line)과 동일하게 나타났고, 마커 junrf13의 유전자형과 표현형이 일치하지 않는 계통에 대해서는 임성 회복 여부를 확인해 할 필요가 있음.

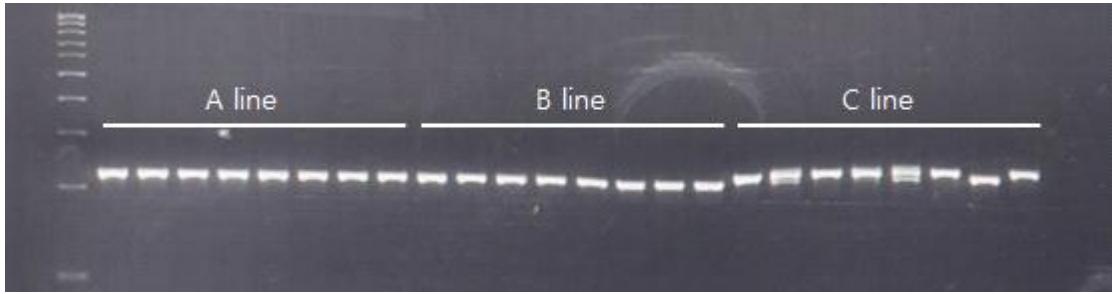


그림7. 마커 junrf13를 이용한 육성계통 분석 결과

다. 응성불임 (CMS) 마커 개발

- 1) 양과의 응성불임 (CMS) 마커 개발을 위해 관련 논문(Sunggil Kim, et al., 2009)을 참고하여 MK 마커를 개발함.
- 2) MK 마커는 자사에서 육성중인 MS(A-line) 8계통, 유지친(B-line) 8계통, 회복친(C-line) 8 계통에 대해 선발마커의 활용가능성을 확인함.
- 3) 육성계통을 MK 마커로 분석한 결과, MS 계통(A-line)은 응성불임(CMS) 밴드를 보였고, 유지친(B-line)은 일반타입의 밴드 양상을 보임. 회복친(C-line)은 7번째 계통이 일반 밴드로 나타나고 나머지는 응성불임(CMS)을 보이거나, 기존에 개발한 junrf13 (임성회복) 마커를 적용하면, 모두 임성회복 밴드를 나타내므로, junrf13(임성회복) 마커와 응성불임(CMS) 마커를 동시에 적용하면 MS 계통(A-line), 유지친(B-line), 회복친(C-line)의 조기 구별 및 선발에 활용 가능함(그림 8).

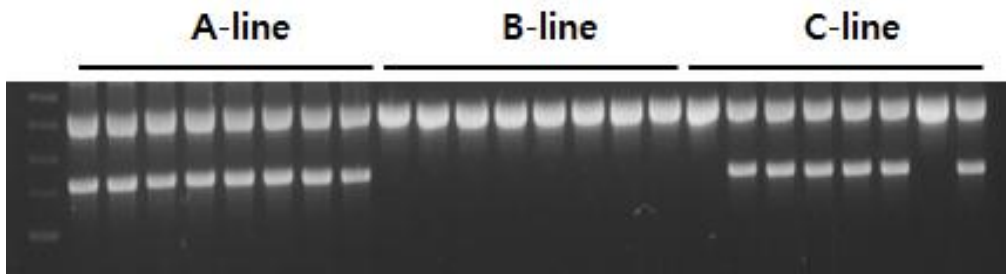


그림8. 육성계통(A, B, C-lines)에 MK 마커를 적용한 결과

라. 양과 구색(황색, 적색) 마커 개발

- 1) 황색과 적색 양과구의 마커 개발은 관련 논문(Jaehyuk Park, et al., 2013)을 참고함.
- 2) 자사에서 육성중인 황색 및 적색 양과 각 8계통(8주 혼합샘플)에 ANS, DFR-PS 마커를 적용한 결과, 황색 1, 2, 7번째 계통은 DFR-PS로 구별되지 않아, DFR-DEL 마커를 보완적으로 적용하였고, 이들 마커세트 분석결과와는 표현형과 일치함. DFR-PS 마커에서 hetero type을 나타내는 4번째 황색계통 8개체를 재분석한 결과, 황색(Rr; 5)과 분홍색(rr, 3)의 유전형이 혼합된 양상을 보였으나, 적색 양과에서는 모두 동일한 호모 밴드를 보임. 개발 된 ANS, DFR-PS, DFR-DEL 마커 세트는 대체적으로 양과구색(황색과 적색)의 구별에 활용 가능함(그림 9).

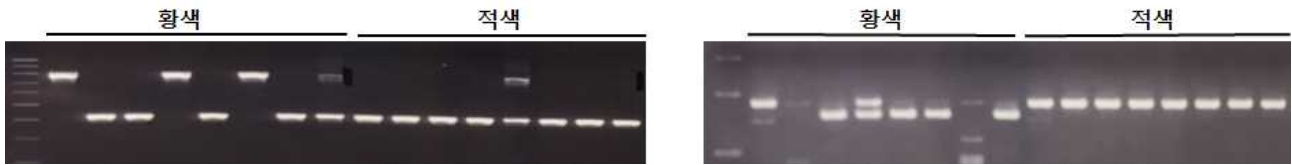
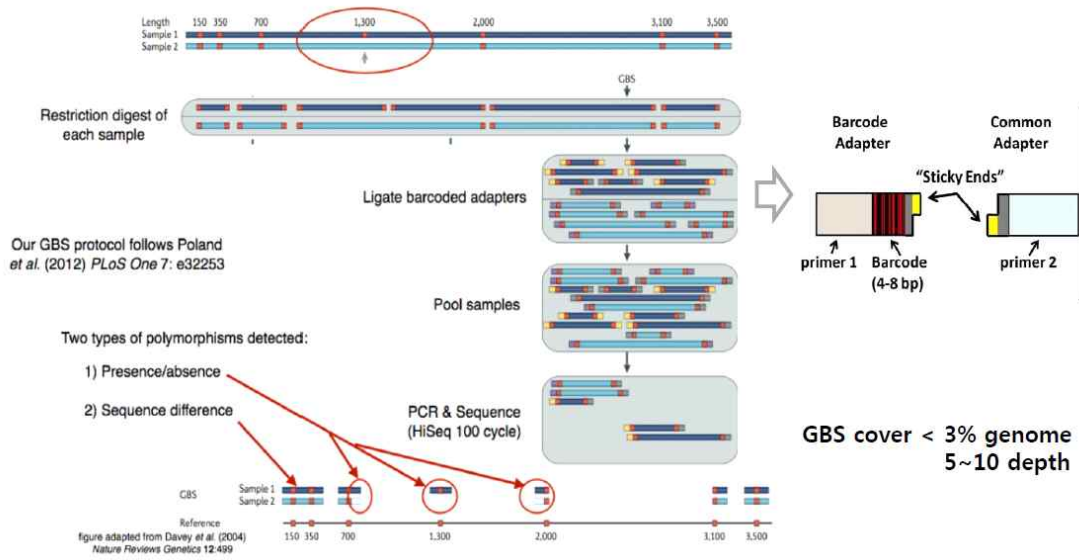


그림9. 황색과 적색 양과 계통에 ANS, DFR-PS 마커를 적용한 결과

마. 양과 Genome-by-sequencing(GBS) 분석

- 1) 양과의 순도향상과 MAB선발용 SNP마커 개발을 위하여 Genome-by-sequencing (GBS)을 수행하였음.
- 2) GBS실험을 위한 식물재료는 양친 및 94개체 F2분리집단을 이용하여 자체 GBS library를 제작하였고(Hoa et al., 2012) 이를 인실리코젠사에 의뢰하여 염기서열 해독(illumina, HiSeq 4000) 및 분석을 진행하였음.
- 3) 획득한 총 염기서열은 338Gb를 얻었으며, 이를 활용하여 양친의 염기서열 기준으로 최종 약 81개 SNP를 발굴하였으며, 발굴된 SNP마커들을 가지고 유전자 지도를 작성하고자 하였으나, linkage group이 형성되지 않았음.
- 4) 발굴된 SNP 81개 마커의 SNP를 확인하기 위하여 전체 81개 SNP 중에서 일부인 38개에서 CAPS마커를 제작하였음. (그림 10).



양과 (16Gb) → 4.8Gb x 94 = 451 Gb

그림10. 양과 GBS분석을 위한 실험 모식도(인실리코젠사 제공)

4. DH-line 프로그램 활용 B-line 및 C-line 육성 세대단축

가. 양과 화퇴배양을 통한 배가반수체 생산

- 1) 2013년 총 33개의 양과 품종을 대상으로 13,270개의 화퇴(花蕾, bud)를 적출하여 배양 (Alan Ar., et al., 2003과 2004, Bohanec B, et al., 1999, Campion B., et al., 1990과 1995,

Custers JBM, 2003, Hansen M., 2003,)에 이용한 결과 25개의 품종에서 264개의 자성 배우체(雌性配偶體, female gametophyte) 유래 배(胚, embryo)가 발생되어 1.99%의 배 발생율을 보였으며, 발생된 배로부터 식물체 전환율은 32.9%로서 총 87개의 식물체를 획득하였음.

- 2) 2014년 총 45개의 양과 품종을 대상으로 25,374개의 화뢰를 적출하여 배양에 이용한 결과 352개의 자성배우체 유래 배가 발생되어 1.39%의 배 발생율을 보였으며, 발생된 배로부터 식물체 전환율은 25.6%로서 23개의 품종에서 총 90개 식물체를 획득하였음(표 9).
- 3) 2015년 총 17개의 양과 품종을 대상으로 25,560개의 화뢰를 적출하여 배양(Jacquard C., 2003, Martinez LE., et al., 2000, Musial K., et al., 2001, Tuvesson S., et al., 2003과 2007)에 이용한 결과 283개의 자성배우체 유래 배 발생되어 1.11%의 배 발생율을 보였으며, 발생된 배로부터 식물체 전환율은 30%로서 11개의 품종에서 총 85개의 식물체를 획득하였음(표 10).
- 4) 2016년 총 13개의 양과 품종을 대상으로 7,654개의 화뢰를 적출하여 배양에 이용한 결과 42개의 자성배우체 유래 배가 발생되어 2.1%의 배 발생율을 보였으며, 발생된 배로부터 식물체 전환율은 26.58%로서 8개의 품종에서 총 42개의 식물체를 획득하였음(표 11).

표 9. 양과 화뢰배양 유래 배 발생 및 식물체 획득율

품종 번호	치상소화수(개)	배발생율(개, %)	식물체전환율(개, %)
1	593	2	2
2	341	3	1
3	229	21	2
4	640	7	1
5	215	2	-
8	465	3	2
10	130	22	10
11	552	4	-
12	677	1	-
14	436	1	-
15	610	1	-
16	316	2	-
17	158	1	-
18	219	14	10
19	366	17	2
20	338	9	4
21	145	2	2
22	376	5	2
23	345	8	-
24	175	3	-
25	290	2	-
26	822	19	7
28	493	36	7
36	686	2	-
37	548	17	11
38	495	1	-
39	617	3	-

42	634	1	-
43	223	2	-
47	419	1	-
48	241	1	-
51	455	4	1
52	1,156	1	1
53	742	1	1
54	1,540	4	1
55-1	1,057	54	5
55-2	1,045	30	4
56	475	3	-
57	1,101	16	6
59	285	1	-
60	1,443	6	-
62	986	2	-
66	1,075	1	1
67	523	15	7
68	697	1	-
합계	25,374	352 (1.39)	90 (25.6)

표 10. 양파 화퇴배양 유래 배 발생 및 식물체 획득율

품종 번호	치상소화수(개)	배발생율(개, %)	식물체전환율(개, %)
8	5,723	7	0
9	966	3	2
11	909	10	1
12	797	1	0
13	2,282	9	1
14	982	12	1
15	1,220	30	9
16	957	64	12
19	1,109	1	0
20	778	2	0
24	1,513	112	46
25	1,314	16	6
26	1,075	1	1
27	3,196	10	5
30	761	2	1
32	784	1	0
36	1,194	2	0
합계	25,560	283 (1.11)	85 (30.0)

표 11. 양파 화퇴배양 유래 배 발생 및 식물체 획득율

품종 번호	치상소화수(개)	배발생율(개, %)	식물체전환율(개, %)
-------	----------	------------	--------------

1	303	3	1
2	393	7	1
5	501	1	-
7	254	8	2
11	119	1	-
13	366	1	-
17	101	2	-
18	453	5	-
19	255	1	1
20	373	25	10
51	1,820	57	16
52	2,000	30	8
53	716	17	3
합계	7,654	158 (2.1)	42 (26.58)

나. 유세포분석기를 활용한 배가반수체(DH) 검정

- 1) 2013년 양파 화퇴배양을 통해 획득된 자성배우체 유래 식물체의 배수성을 검정하기 위해 유세포분석을 수행하였으며(그림 8) 분석에 이용된 총 87개의 식물체 중 반수체(x)는 62개, 배가반수체(DH, 2x)는 24개, 4배체(4x)는 1개로 확인되었음.
- 2) 2014년 양파 화퇴배양을 통해 획득된 자성배우체 유래 식물체의 배수성을 검정하기 위해 유세포분석을 수행하였으며 분석에 이용된 총 90개의 식물체 중 반수체(x)는 76개, 배가반수체(DH, 2x)는 11개, 4배체(4x)는 3개로 확인되었음(표 12).

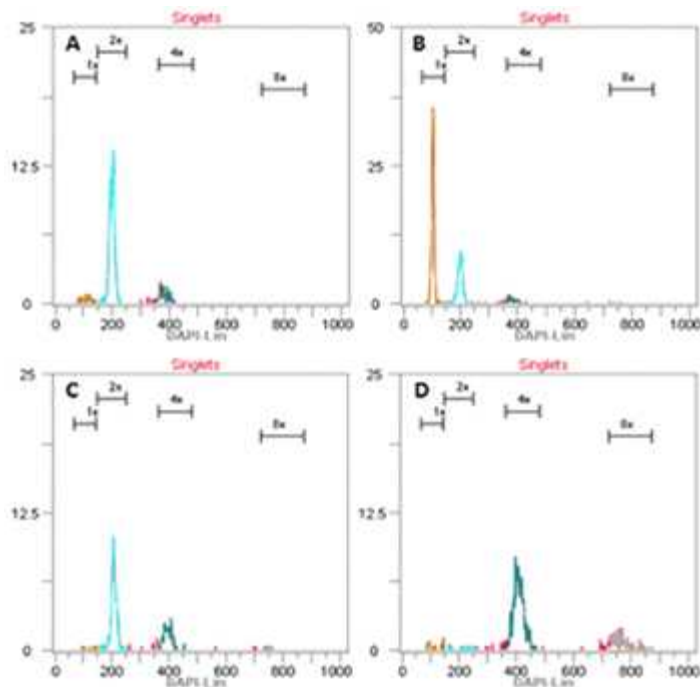


그림 11. 유세포분석을 통한 양파 화퇴배양 유래 식물체 배수성 검정

A; 표준 2배체 샘플, B; 화퇴배양 유래 반수체(x),
C; 화퇴배양 유래 자연 배가반수체(2x), D; 화퇴배양 유래 4배체(4x)

- 3) 2015년 양파 화퇴배양을 통해 획득된 자성배우체 유래 식물체의 배수성을 검정하기 위해 유세포분석을 수행하였으며 분석에 이용된 총 85개의 식물체 중 반수체(x)는 56개, 배가반수체(DH, 2x)는 27개, 4배체(4x)는 2개의 결과를 보였음(표 13).
- 4) 2016년 양파 화퇴배양을 통해 획득된 자성배우체 유래 식물체의 배수성을 검정하기 위해 유세포분석을 수행하였으며 분석에 이용된 총 42개의 식물체 중 반수체(x)는 33개, 배가반수체(DH, 2x)는 9개의 결과를 보였음(표 14)

표 12. 양파 화퇴배양 유래 식물체 배수성 검정결과

품종 번호	식물체수(개)	배수성분석(개, %)		
		반수체(x)	배가반수체(2x)	4배체(4x)
1	2	2	-	-
2	1	-	-	1
3	2	2	-	-
4	1	1	-	-
8	2	2	-	-
10	10	10	-	-
18	10	5	5	-
19	2	2	-	-
20	4	4	-	-
21	2	2	-	-
22	2	2	-	-
26	7	6	-	1
28	7	5	2	-
37	11	9	1	1
51	1	1	-	-
52	1	-	1	-
53	1	1	-	-
54	1	1	-	-
55-1	5	5	-	-
55-2	4	4	-	-
57	6	6	-	-
66	1	1	-	-
67	7	5	2	-
합 계	90	76 (84.5)	11 (12.2)	3 (3.3)

표 13. 양파 화퇴배양 유래 식물체 배수성 검정결과

품종 번호	식물체수(개)	배수성분석(개, %)		
		반수체(x)	배가반수체(2x)	4배체(4x)
9	2	-	2	-
11	1	1	-	-
13	1	1	-	-
14	1	1	-	-
15	9	7	2	-
16	12	8	4	-

24	46	37	9	-
25	6	1	5	-
26	1	-	1	-
27	5	-	3	2
30	1	-	1	-
합 계	85	56 (65.9)	27 (31.8)	2 (2.3)

표 14. 양파 화퇴배양 유래 식물체 배수성 검정결과

품종 번호	식물체수(개)	배수성분석(개, %)		
		반수체(x)	배가반수체(2x)	4배체(4x)
1	1	1	-	-
2	1	1	-	-
7	2	2	-	-
19	1	1	-	-
20	10	10	-	-
51	16	10	6	-
52	8	6	2	-
53	3	2	1	-
합 계	42	33 (78.6)	9 (21.4)	-

5. 양파 대사성분 분석에 따른 계통 선발 지원

가. 대사성분(가용성고형물, 매운맛, 퀴세틴) 분석에 따른 퀴세틴 성분 고함유 계통 선발

- 1) 고품질 양파 품종 육성과 관련하여 계통 및 품종(조합)별 대사성분(가용성고형물, 매운맛, 퀴세틴)에 대한 정량분석 기초자료를 제공하고자 각 대사성분에 대한 분석법을 확립하고, 이를 이용하여 각 대사성분에 대한 분석을 수행함.
- 2) 가용성고형물(SSC)은 굴절계(digital refractometer; ATAGO PR-101a)를 이용하여 양파즙을 측정하였고, 매운맛 관련해서는 pyruvic acid의 함량을 분광광도계(Agilent Cary 60 UV-Vis spectrophotometer)로 측정하였고 (Eun-Ju L., et al., 2009 and 2010), 퀴세틴은 분광광도계와 액체크로마토그래피(HPLC, Agilent 1290 Infinity LC system)를 사용한 정량분석법을 확립(Seon-Young J., et al, 2011)하고 기 보유 계통 및 조합, 품종에 대해서 분석을 수행함. 적색계 양파의 안토시아닌 성분은 HPLC를 사용한 정량분석법(Shela G., et al., 2008 and Xianli W., et al., 2006)을 확립하였음(그림 12).
- 3) 년차별 수확된 양파 계통 및 품종(조합)을 대상으로 기 확립된 분석법을 활용하여 성분 분석을 수행하였고, 각 계통 및 품종(조합)별 5개체를 생과(FW; fresh weight)로 분석한 후 평균값과 표준편차를 기재하였음.
- 4) 각 계통 및 품종(조합)에 대한 대사성분 함량분석 결과는 아래와 같이 나타났고(표15, 16, 17, 18 및 19), 일부 계통 및 품종(조합)에서 대사성분 함량이 높은 것을 확인 할 수 있었음.

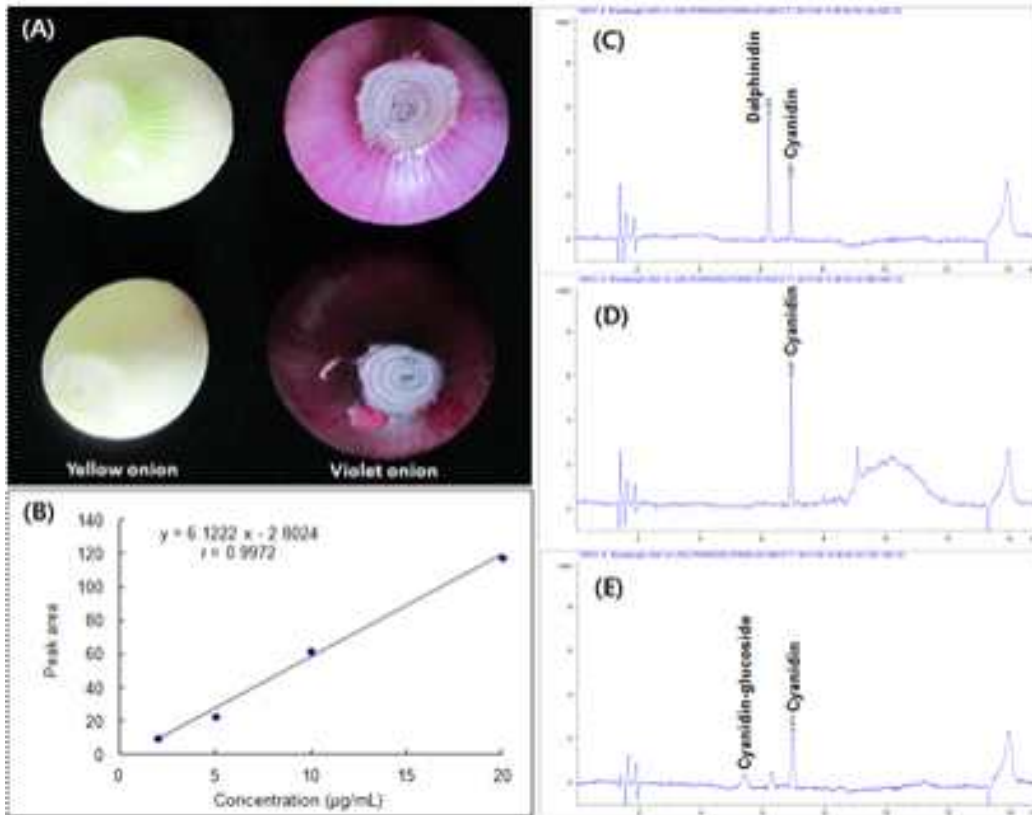


그림 12. 적색계 양파에 대한 HPLC를 이용한 안토시아닌 정량분석법 확립

- A; 황색계 및 적색계 양파, B; 표준물질(시아니딘)에 대한 검량선,
 C; 표준물질(시아니딘)에 대한 크로마토그램,
 D; 적색계 양파에 대한 산 처리 후 크로마토그램,
 E; 적색계 양파에 대한 산 처리 전 크로마토그램

표 15. 계통 및 품종(조합)에 대한 대사성분 함량분석 결과 요약

시료	Sample weight		Soluble Solids Content		Total Pyruvic Acid		Quercetin	
	(g)		(°Brix)		(μmol/g FW)		(mg/kg FW)	
1차년 (2013년)	황색계	123.0 ~ 243.0	8.1 ~ 11.3	2.0 ~ 6.8	24.8 ~ 121.9			
	적색계	167.0 ~ 248.0	7.1 ~ 10.1	4.0 ~ 5.4	26.5 ~ 192.0			
2차년 (2014년)	황색계	135.2 ~ 201.6	5.9 ~ 9.9	2.4 ~ 5.5	100.9 ~ 381.1			
	적색계	135.7 ~ 198.1	6.8 ~ 8.8	2.3 ~ 5.6	118.2 ~ 393.7			
3차년 (2015년)	황색계	85.7 ~ 161.9	6.0 ~ 9.6	1.7 ~ 5.8	83.4 ~ 261.5			
	적색계	90.9 ~ 170.2	6.8 ~ 9.8	2.5 ~ 4.5	105.9 ~ 266.9			

표 16. 2014년 양파 중만생 계통 및 품종(조합)에 대한 대사성분 함량분석 결과

시료	Sample weight		Soluble Solids Content		Total Pyruvic Acid		Quercetin		비고
	No.	BN	(g)		(°Brix)		(μmol/g FW)		
1	34120	156.3 ± 8.3	7.2 ± 0.7	3.9 ± 0.2	195.3 ± 30.6	중만생 조합			

2	34111	156.1	± 10.7	8.6	± 0.4	4.3	± 0.5	221.0	± 29.2	중만생	조합
3	34123	182.5	± 18.9	8.8	± 0.5	4.1	± 1.0	269.3	± 42.7	중만생	조합
4	34140	169.6	± 8.1	7.5	± 0.4	3.4	± 0.6	254.1	± 44.5	중만생	조합
5	34142	157.5	± 8.9	8.7	± 0.5	3.5	± 0.3	252.5	± 41.8	중만생	조합
6	34144	176.9	± 6.5	9.6	± 0.9	3.9	± 0.5	266.8	± 15.4	중만생	조합
7	34149	182.5	± 17.5	9.1	± 0.8	3.5	± 0.4	259.3	± 34.7	중만생	조합
8	34150	187.1	± 11.4	8.3	± 0.5	3.9	± 0.7	245.9	± 6.8	중만생	조합
9	34153	167.2	± 6.2	9.6	± 0.5	3.3	± 0.7	277.8	± 34.0	중만생	조합
10	34155	188.8	± 9.3	8.2	± 0.2	4.0	± 0.6	211.4	± 20.7	중만생	조합
11	34156	201.6	± 6.5	8.6	± 0.4	3.2	± 0.5	203.6	± 35.7	중만생	조합
12	34158	165.8	± 8.0	8.5	± 0.8	4.2	± 0.5	292.3	± 46.2	중만생	조합
13	34159	167.5	± 7.4	9.3	± 0.3	3.9	± 0.4	282.6	± 83.6	중만생	조합
14	34164	183.7	± 6.7	9.1	± 0.8	3.6	± 0.4	219.1	± 35.4	중만생	조합
15	34169	167.7	± 13.0	8.2	± 0.4	4.1	± 0.8	259.3	± 52.4	중만생	조합
16	34178	173.6	± 8.6	9.1	± 0.9	4.1	± 0.7	246.0	± 92.6	대비중	
17	34179	176.1	± 7.0	9.8	± 0.6	4.3	± 0.6	256.8	± 31.0	대비중	
18	34180	177.6	± 11.2	9.0	± 0.7	3.5	± 0.5	208.6	± 25.5	대비중	
19	34181	171.0	± 11.7	8.6	± 0.9	4.1	± 0.4	248.9	± 55.4	대비중	
20	34182	180.8	± 6.9	8.5	± 0.4	3.0	± 0.5	239.9	± 30.9	대비중	
21	34183	157.6	± 4.2	8.5	± 1.1	3.2	± 0.5	235.1	± 38.1	대비중	
22	34184	150.2	± 4.9	8.8	± 0.9	3.7	± 0.3	274.3	± 64.1	대비중	
23	34185	160.4	± 9.9	9.6	± 0.9	5.1	± 0.6	242.0	± 57.0	대비중	
24	34187	167.7	± 7.8	8.5	± 1.0	3.5	± 0.1	188.5	± 29.5	대비중	
25	34188	150.6	± 17.4	8.3	± 0.8	3.5	± 0.6	257.4	± 76.0	대비중	
26	34190	158.5	± 6.6	8.1	± 0.3	4.2	± 1.1	202.2	± 56.4	대비중	
27	34192	152.5	± 5.6	8.6	± 0.7	3.6	± 0.5	209.8	± 67.7	대비중	
28	34217	146.8	± 11.2	6.4	± 0.5	4.0	± 0.4	277.9	± 39.6	중만생	계통
29	34224	163.8	± 18.3	5.9	± 0.1	3.9	± 0.5	166.4	± 30.2	중만생	계통
30	34234	163.6	± 7.2	8.5	± 0.2	3.4	± 0.3	306.6	± 15.7	중만생	계통
31	34246	179.6	± 5.4	6.8	± 0.7	3.7	± 0.2	140.2	± 29.1	중만생	계통
32	34268	174.7	± 13.1	8.7	± 0.3	4.0	± 0.3	186.0	± 51.5	중만생	계통
33	34271	186.6	± 15.1	8.2	± 1.0	5.0	± 1.2	163.0	± 30.0	중만생	계통
34	34274	173.4	± 2.6	6.9	± 0.5	4.0	± 0.7	179.0	± 50.3	중만생	계통
35	34288	174.7	± 7.7	6.3	± 0.9	3.4	± 0.2	127.8	± 30.8	중만생	계통
36	34289	154.4	± 10.0	6.3	± 0.3	3.3	± 0.5	189.3	± 19.1	중만생	계통
37	34294	139.4	± 8.4	7.2	± 0.2	2.4	± 0.4	254.2	± 83.9	중만생	계통
38	34312	156.9	± 7.7	6.0	± 0.6	4.1	± 0.3	132.8	± 27.4	중만생	계통
39	34339	161.2	± 4.8	6.4	± 0.3	4.4	± 0.8	198.9	± 40.0	중만생	계통
40	34359	135.2	± 7.4	8.1	± 0.5	5.5	± 0.3	381.1	± 55.2	중만생	계통
41	34378	173.3	± 9.5	6.2	± 0.3	5.5	± 0.6	194.3	± 36.3	중만생	계통
42	34380	162.6	± 3.0	6.4	± 0.4	4.5	± 0.4	130.4	± 46.0	중만생	계통
43	34381	170.5	± 7.5	6.1	± 0.5	4.8	± 0.4	109.9	± 25.5	중만생	계통
44	34383	155.1	± 9.8	8.7	± 0.8	4.8	± 0.7	259.4	± 46.0	중만생	계통
45	34390	145.6	± 13.1	6.8	± 0.2	3.3	± 0.7	4.2	± 3.6	중만생	계통
46	34398	150.8	± 9.7	7.0	± 0.2	4.3	± 0.2	244.1	± 37.8	중만생	계통
47	34817	151.8	± 7.3	6.4	± 0.3	4.1	± 0.3	223.6	± 23.8	중만생	계통
48	34847	168.5	± 8.4	7.5	± 0.7	5.5	± 0.8	207.1	± 46.9	중만생	계통
49	34851	174.9	± 5.3	8.0	± 0.5	5.0	± 0.3	156.4	± 16.6	중만생	계통
50	34855	163.4	± 1.8	9.3	± 1.6	4.6	± 0.3	209.0	± 48.6	중만생	계통
51	34857	162.9	± 10.0	7.5	± 0.4	4.7	± 0.5	255.5	± 47.4	중만생	계통
52	34864	155.1	± 6.9	9.9	± 0.5	5.4	± 0.6	354.6	± 62.2	중만생	계통
53	34875	172.3	± 11.8	6.2	± 0.4	4.8	± 0.3	100.9	± 28.3	중만생	계통
54	34888	156.9	± 4.9	7.6	± 0.5	3.5	± 0.4	271.1	± 37.8	중만생	계통
55	34899	156.1	± 16.9	9.0	± 0.6	5.1	± 0.6	173.8	± 38.4	중만생	계통

56	34903	163.6	± 11.4	6.8	± 0.3	4.8	± 0.3	153.8	± 20.4	중만생 계통
57	34904	175.9	± 8.5	8.9	± 0.5	4.5	± 0.6	279.4	± 40.1	중만생 계통
58	34913	178.4	± 6.8	9.0	± 0.6	4.0	± 0.4	238.8	± 53.9	중만생 계통
59	34916	164.6	± 5.8	9.5	± 0.3	3.6	± 0.5	284.4	± 49.3	중만생 계통
60	34927	153.0	± 6.2	7.8	± 0.4	3.1	± 0.4	353.5	± 59.5	중만생 계통
1	37107	198.1	± 5.3	7.4	± 0.7	2.8	± 0.3	173.4	± 59.1	조합(적색계)
2	37108	177.4	± 15.5	7.8	± 0.5	3.0	± 0.5	206.8	± 42.2	조합(적색계)
3	37110	178.6	± 22.1	8.4	± 0.8	3.5	± 0.4	153.6	± 47.8	조합(적색계)
4	37111	172.2	± 7.6	8.8	± 1.6	3.8	± 0.2	191.7	± 40.8	조합(적색계)
5	37114	186.6	± 14.4	8.6	± 0.9	3.9	± 0.9	205.6	± 31.4	조합(적색계)
6	37115	170.4	± 10.1	8.7	± 0.4	5.4	± 0.4	302.5	± 96.7	조합(적색계)
7	37123	144.6	± 9.3	8.5	± 0.8	4.4	± 0.5	151.9	± 51.1	대비종(적색계)
8	37124	135.7	± 18.3	8.3	± 0.4	3.8	± 0.5	217.4	± 26.6	대비종(적색계)
9	37125	154.6	± 27.6	8.1	± 0.6	3.5	± 0.5	185.6	± 63.3	대비종(적색계)
10	37126	181.9	± 15.5	7.8	± 0.5	3.7	± 0.5	174.7	± 46.7	대비종(적색계)
11	37225	171.7	± 12.1	7.4	± 0.3	3.6	± 0.6	127.3	± 60.6	계통(적색계)
12	37228	143.5	± 6.4	7.7	± 0.5	4.5	± 0.3	187.5	± 25.9	계통(적색계)
13	37234	147.9	± 8.3	7.7	± 0.4	5.6	± 0.7	213.2	± 29.2	계통(적색계)
14	37237	153.2	± 11.6	7.9	± 0.6	3.5	± 0.5	290.1	± 95.9	계통(적색계)
15	37254	167.6	± 10.1	7.6	± 0.9	4.7	± 0.7	328.0	± 97.8	계통(적색계)
16	37258	157.9	± 10.7	8.3	± 0.8	3.4	± 0.4	308.6	± 117.7	계통(적색계)
17	37505	171.0	± 10.1	6.8	± 0.5	3.2	± 0.3	166.4	± 52.4	계통(적색계)
18	37507	160.0	± 6.4	6.8	± 0.4	4.1	± 0.8	309.9	± 56.2	계통(적색계)
19	37518	163.7	± 9.6	7.4	± 0.2	3.6	± 0.2	318.0	± 64.5	계통(적색계)
20	37519	172.4	± 11.8	6.8	± 0.5	3.8	± 0.5	118.2	± 45.8	계통(적색계)
21	37531	150.7	± 4.2	7.9	± 0.3	4.2	± 0.4	393.7	± 29.5	계통(적색계)

표 17. 2015년 양파 중만생 계통 및 품종(조합)에 대한 대사성분 함량분석 결과

No.	시료 BN	Sample weight		Soluble Solids Content		Total Pyruvic Acid		Quercetin		비고
		(g)		(°Brix)		(μ mol/g FW)		(mg/kg FW)		
1	43103	134.5	± 8.4	6.4	± 0.4	3.4	± 0.3	93.8	± 23.3	조합
2	43113	136.3	± 9.5	6.5	± 0.3	3.3	± 0.3	176.6	± 22.8	조합
3	43116	145.7	± 13.7	6.1	± 0.6	2.6	± 0.5	175.2	± 52.6	조합
4	43121	133.4	± 5.9	6.5	± 0.5	3.9	± 0.3	123.1	± 8.4	조합
5	43126	126.0	± 5.9	6.9	± 1.2	3.5	± 0.5	105.4	± 28.0	대비종
6	44107	142.6	± 12.8	6.8	± 0.7	2.9	± 0.2	218.1	± 34.1	조합
7	44108	144.0	± 22.4	8.0	± 0.6	2.5	± 0.6	227.5	± 38.3	조합
8	44109	143.1	± 19.9	6.2	± 0.7	1.7	± 0.5	173.0	± 23.5	조합
9	44111	142.2	± 10.7	7.2	± 1.2	3.0	± 1.2	232.6	± 34.4	조합
10	44112	161.9	± 16.2	7.5	± 0.8	3.3	± 0.6	230.4	± 46.2	조합
11	44113	146.3	± 8.9	6.0	± 0.7	2.4	± 0.6	155.4	± 38.0	조합
12	44115	153.1	± 9.4	7.4	± 0.3	3.3	± 0.7	197.8	± 15.7	조합
13	44116	132.9	± 3.6	7.2	± 0.4	2.0	± 0.6	199.9	± 32.7	조합
14	44120	133.6	± 16.6	7.6	± 1.1	2.0	± 1.1	228.4	± 32.5	조합
15	44121	125.2	± 10.9	6.5	± 0.7	2.2	± 0.4	178.3	± 28.7	조합
16	44139	139.8	± 24.1	6.8	± 0.6	2.1	± 0.2	193.8	± 52.9	조합
17	44142	144.5	± 13.8	7.0	± 0.5	2.6	± 0.8	152.8	± 33.0	조합
18	44145	129.0	± 12.2	6.9	± 1.0	3.0	± 0.8	192.0	± 28.2	조합
19	44148	134.9	± 12.3	7.0	± 0.7	2.1	± 0.2	182.7	± 51.6	조합
20	44155	126.1	± 17.0	7.3	± 0.6	3.4	± 0.2	187.6	± 49.4	조합
21	44156	136.6	± 15.6	7.8	± 1.0	2.6	± 0.4	173.0	± 32.8	조합
22	44165	142.1	± 5.6	7.5	± 0.8	3.7	± 0.9	192.9	± 31.9	조합

23	44168	127.6	± 15.2	8.5	± 0.7	4.5	± 0.3	202.4	± 41.9	조합
24	44183	145.9	± 7.0	7.8	± 0.8	2.9	± 0.5	172.5	± 9.1	대비중
25	44184	131.0	± 18.0	6.9	± 0.5	2.8	± 0.7	199.3	± 44.3	대비중
26	44185	136.6	± 11.3	8.1	± 0.7	3.5	± 0.7	245.8	± 58.8	대비중
27	44187	131.9	± 8.3	7.9	± 0.8	3.8	± 0.5	135.3	± 31.9	대비중
28	44188	134.8	± 11.3	7.4	± 0.5	3.1	± 0.5	156.5	± 39.8	대비중
29	44191	145.5	± 2.6	7.8	± 0.6	3.0	± 0.4	163.2	± 51.6	대비중
30	44193	160.0	± 7.5	6.5	± 0.7	3.6	± 0.6	115.5	± 29.1	대비중
31	44195	142.5	± 9.5	7.1	± 0.5	4.4	± 0.8	208.7	± 66.7	대비중
32	44332	99.0	± 7.3	7.4	± 0.4	3.9	± 0.1	123.8	± 16.2	중만생 계통
33	44356	107.0	± 12.6	7.3	± 0.3	4.1	± 0.5	158.7	± 32.6	중만생 계통
34	44379	102.5	± 7.2	7.9	± 0.5	2.8	± 0.3	144.0	± 15.0	중만생 계통
35	44386	119.9	± 8.9	6.6	± 0.5	3.1	± 0.5	194.1	± 37.1	중만생 계통
36	44391	120.9	± 11.6	7.8	± 0.3	2.1	± 0.2	140.3	± 29.6	중만생 계통
37	44402	104.1	± 5.4	6.8	± 0.4	4.2	± 0.1	144.4	± 18.8	중만생 계통
38	44412	99.3	± 5.6	6.6	± 0.7	3.9	± 1.0	128.2	± 21.4	중만생 계통
39	44421	91.6	± 16.0	9.6	± 0.7	5.6	± 1.3	195.7	± 41.7	중만생 계통
40	44430	85.7	± 2.7	8.0	± 0.5	5.8	± 0.6	185.8	± 32.6	중만생 계통
41	44436	98.4	± 10.4	8.5	± 0.5	3.6	± 0.4	176.4	± 32.0	중만생 계통
42	44445	103.7	± 12.5	7.7	± 0.8	3.7	± 0.3	158.6	± 20.4	중만생 계통
43	44457	92.1	± 9.3	9.2	± 0.5	4.8	± 0.4	211.0	± 20.5	중만생 계통
44	44469	93.6	± 9.9	7.4	± 0.3	2.7	± 0.3	83.4	± 19.5	중만생 계통
45	44483	114.6	± 8.7	6.9	± 0.8	3.4	± 0.8	109.0	± 15.1	중만생 계통
46	44705	113.7	± 4.5	8.4	± 0.3	4.9	± 0.6	187.6	± 12.6	중만생 계통
47	44713	90.1	± 14.7	7.7	± 0.3	3.5	± 0.4	261.5	± 13.6	중만생 계통
48	44720	92.4	± 5.4	7.2	± 0.3	3.4	± 0.2	228.1	± 27.4	중만생 계통
49	44765	107.1	± 11.1	6.4	± 0.5	2.4	± 0.3	163.1	± 20.1	중만생 계통
50	44784	126.1	± 6.4	8.6	± 0.3	4.1	± 0.3	201.3	± 17.0	중만생 계통
51	44795	109.6	± 8.8	7.8	± 0.4	3.2	± 0.5	200.2	± 30.2	중만생 계통
1	47106	131.8	± 8.4	8.2	± 0.9	3.0	± 0.7	132.8	± 37.0	조합(적색계)
2	47122	121.9	± 21.4	7.5	± 0.2	4.5	± 0.2	171.3	± 22.8	조합(적색계)
3	47124	112.2	± 15.0	7.8	± 0.5	3.0	± 0.1	138.0	± 51.6	대비중(적색계)
4	47125	170.2	± 6.8	7.7	± 0.4	3.3	± 0.3	122.5	± 17.1	대비중(적색계)
5	47126	150.6	± 17.1	7.9	± 0.6	3.1	± 0.3	143.2	± 18.9	대비중(적색계)
6	47127	129.5	± 11.9	7.2	± 0.5	3.1	± 0.4	105.9	± 27.0	대비중(적색계)
7	47218	104.9	± 14.7	8.2	± 0.9	3.0	± 0.2	140.1	± 48.1	계통(적색계)
8	47228	107.2	± 8.0	7.4	± 0.4	3.5	± 0.4	148.8	± 67.1	계통(적색계)
9	47242	98.5	± 9.0	7.5	± 0.5	3.3	± 0.8	266.9	± 31.4	계통(적색계)
10	47253	96.9	± 5.9	8.9	± 0.6	4.3	± 0.5	239.1	± 32.3	계통(적색계)
11	47259	115.5	± 13.5	9.8	± 0.7	3.7	± 0.3	162.7	± 20.8	계통(적색계)
12	47277	90.9	± 14.5	6.8	± 0.4	2.5	± 0.2	116.8	± 10.2	계통(적색계)
13	47516	98.6	± 6.7	7.0	± 0.5	3.2	± 0.6	254.6	± 50.4	계통(적색계)
14	47525	110.2	± 12.6	7.3	± 0.5	3.8	± 0.5	200.0	± 30.0	계통(적색계)
15	47545	94.8	± 10.9	6.8	± 0.2	3.1	± 0.4	167.3	± 27.2	계통(적색계)

표 18. 2016년 황색계 양파 중만생 계통 및 품종(조합)에 대한 대사성분 함량분석 결과

No.	시료 BN	Sample weight		Soluble Solids Content		Total PyruvicAcid		Quercetin	
		(g)		(°Brix)		(μ mol/g FW)		(mg/kg FW)	
1	54315	187.2	± 23.2	8.5	± 1.0	4.3	± 0.4	219.0	± 36.4
2	54316	178.8	± 11.0	7.8	± 0.7	4.4	± 0.5	188.7	± 42.1
3	54328	149.2	± 5.9	6.8	± 0.5	3.7	± 0.3	245.4	± 61.4
4	54371	141.6	± 7.6	9.4	± 1.4	3.2	± 0.7	190.8	± 13.2

5	54411	168.6	± 18.2	7.2	± 0.5	4.8	± 0.4	331.4	± 51.4
6	54424	138.2	± 17.3	9.8	± 0.2	4.5	± 0.3	145.0	± 20.4
7	54425	147.6	± 10.8	7.6	± 0.6	4.2	± 0.3	86.0	± 23.1
8	54429	162.8	± 17.7	7.4	± 0.3	3.9	± 0.6	148.0	± 31.8
9	54446	130.8	± 1.2	9.0	± 0.1	3.8	± 0.2	106.0	± 17.8
10	54447	111.6	± 35.9	7.4	± 0.3	3.1	± 0.3	113.4	± 13.1
11	54667	126.8	± 33.2	7.2	± 0.4	3.4	± 0.7	283.1	± 57.7
12	54668	121.8	± 20.4	8.1	± 0.8	2.8	± 0.7	269.6	± 60.3
13	54687	145.6	± 5.3	8.6	± 0.6	2.2	± 0.3	243.1	± 39.0
14	54688	158.1	± 9.6	7.7	± 1.0	2.8	± 0.2	199.4	± 35.3
15	54703	181.4	± 8.4	9.0	± 0.4	3.1	± 0.3	250.0	± 29.0
16	54715	176.0	± 6.6	9.1	± 0.6	3.4	± 0.7	227.5	± 44.2
17	54717	156.5	± 10.2	9.1	± 1.8	2.6	± 0.9	230.2	± 20.6
18	54729	159.9	± 15.6	9.0	± 0.2	1.5	± 0.3	291.2	± 51.5
19	54874	83.3	± 6.7	10.0	± 0.4	3.9	± 0.1	328.9	± 93.0
20	54875	101.5	± 5.0	9.7	± 0.5	3.8	± 0.3	290.6	± 54.7
21	54876	89.4	± 10.6	9.8	± 0.2	3.8	± 0.2	297.1	± 76.0
22	54895	112.7	± 4.0	9.0	± 0.7	2.0	± 0.2	224.4	± 17.6
23	54896	124.0	± 13.3	7.6	± 0.3	2.1	± 0.4	205.1	± 58.1
24	54910	150.3	± 7.4	9.5	± 0.4	3.6	± 0.4	105.3	± 51.0
25	54911	138.7	± 13.8	7.2	± 0.3	4.3	± 0.2	123.1	± 34.2
26	54912	115.4	± 17.3	9.3	± 0.4	3.9	± 0.6	272.6	± 74.6
27	54925	116.0	± 9.4	8.7	± 1.0	2.7	± 0.3	161.4	± 20.3
28	54927	116.1	± 6.7	9.8	± 0.3	3.8	± 0.5	241.0	± 75.7
29	54938	107.6	± 2.5	9.4	± 0.2	2.0	± 0.2	315.4	± 46.4
30	54939	108.1	± 10.6	8.0	± 1.3	1.4	± 0.3	239.1	± 76.5

표 19. 2016년 적색계 양파 중만생 계통 및 품종(조합)에 대한 대사성분 함량분석 결과

No.	시료 BN	Sample weight		Soluble Solids Content		Total Pyruvic Acid		Quercetin		Anthocyanin (cyanidin)	
		(g)		(°Brix)		(μ mol/g FW)		(mg/kg FW)		(mg/kg FW)	
1	57107	145.4	± 25.0	8.0	± 0.9	2.2	± 0.6	135.9	± 23.0	28.1	± 10.3
2	57108	179.0	± 12.9	7.4	± 0.5	2.8	± 0.6	86.5	± 17.6	16.7	± 2.3
3	57111	200.7	± 20.0	8.9	± 0.5	3.4	± 0.2	219.8	± 87.6	60.0	± 18.3
4	57117	192.8	± 26.3	8.5	± 1.3	3.5	± 0.4	136.4	± 74.2	24.3	± 7.5
5	57122	195.6	± 26.2	8.3	± 1.0	3.5	± 0.5	147.9	± 36.8	21.0	± 9.6
6	57127	152.3	± 12.4	7.8	± 0.4	3.3	± 0.5	144.2	± 34.9	21.1	± 5.8
7	57129	157.8	± 16.4	8.0	± 0.3	3.5	± 0.3	122.7	± 24.7	16.8	± 6.6
8	57222	107.1	± 4.1	9.8	± 0.7	3.0	± 0.5	203.4	± 71.4	47.7	± 18.6
9	57226	117.8	± 13.8	7.6	± 1.0	2.9	± 0.3	221.9	± 42.5	33.7	± 3.1
10	57229	115.7	± 6.5	8.1	± 0.4	3.7	± 0.3	188.2	± 45.3	41.0	± 5.6
11	57232	100.5	± 4.8	8.6	± 0.4	3.6	± 0.3	331.6	± 80.5	52.3	± 8.3
12	57233	111.1	± 10.4	8.3	± 0.2	4.1	± 0.2	235.2	± 28.1	47.9	± 10.3
13	57236	108.2	± 7.9	8.6	± 0.6	3.1	± 0.2	255.3	± 50.6	49.0	± 4.5
14	57239	114.8	± 8.8	10.4	± 0.5	3.8	± 0.5	133.0	± 15.7	30.7	± 7.0
15	57241	136.8	± 13.9	8.3	± 0.8	2.7	± 0.2	133.1	± 62.3	34.7	± 18.1
16	57244	140.6	± 27.8	7.2	± 0.6	3.4	± 0.5	159.7	± 72.1	26.6	± 3.5
17	57401	125.3	± 7.0	9.4	± 1.2	2.5	± 0.3	305.3	± 73.0	37.9	± 9.6
18	57407	181.5	± 15.7	7.4	± 0.5	2.4	± 0.4	250.9	± 43.3	13.2	± 3.1
19	57418	162.5	± 24.8	8.1	± 0.6	3.2	± 0.6	122.3	± 17.9	26.3	± 5.0
20	57435	165.5	± 6.9	9.1	± 0.9	3.5	± 0.7	342.5	± 78.0	19.1	± 3.2
21	57501	114.5	± 12.7	9.8	± 0.3	2.5	± 0.1	166.6	± 46.2	26.7	± 4.7

22	57506	97.9	± 8.8	8.0	± 0.8	2.6	± 0.2	258.2	± 53.9	13.6	± 2.6
23	57516	115.2	± 9.4	9.1	± 0.4	3.1	± 0.2	331.5	± 61.9	19.5	± 3.7
24	57536	116.4	± 13.6	10.4	± 0.3	3.9	± 0.5	324.1	± 108.6	15.1	± 5.0

나. 유색종과 황색종의 대사성분 함량 비교분석

- 1) 고품질 양파 품종 육성 및 양파 색상에 따른 대사성분 함량 비교분석을 위해 백색계, 황색계 및 적색계 양파 각 1개 품종을 사용해서 기 확립된 분석법을 활용하여 대사성분 (가용성고형물, 매운맛, 퀘세틴)을 위한 예비시험을 수행하였음. 각 품종에 대해서 5개체를 생과(FW; fresh weight)로 각각 분석한 후 평균값과 표준편차를 기재하였음.
- 2) 고품질 양파 품종 육성 및 양파 색상에 따른 대사성분 함량 비교분석을 위해 백색계, 황색계 및 적색계 양파 각 1개 품종을 사용해서 기 확립된 분석법을 활용하여 대사성분 (가용성고형물, 매운맛, 퀘세틴)을 위한 예비시험을 수행하였음. 각 품종에 대해서 5개체를 생과(FW; fresh weight)로 각각 분석한 후 평균값과 표준편차를 기재하였음.
- 3) 양파 색상에 따른 대사성분 함량 분석결과 가용성고형물(soluble solid content) 함량은 큰 차이가 없었으며, 매운맛 성분인 pyruvic acid 함량은 적색계가 낮게 나타났고, 퀘세틴 함량은 백색계가 매우 낮게 나타났고, 구의 평균 무게는 백색계가 가장 높게 나타났음(표 20). 이번 결과는 예비 시험으로서 대사성분 분석에 사용된 각 품종이 각 색상의 대표 품종은 아니지만, 각각의 양파 색상별 계통 및 품종 수를 확장하여 대사성분 함량에 따른 차이를 확인함으로써 고품질 양파 품종 육성의 기초자료로 활용할 수 있을 것으로 판단됨.

표 20. 양파 색상에 대한 대사성분 함량분석 결과

시료	Sample weight		Soluble Solids Content		Total Pyruvic Acid		Quercetin	
	(g)		(°Brix)		(μmol/g FW)		(mg/kg FW)	
백색양파	500.8	± 87.7	7.7	± 0.8	4.0	± 0.4	17.3	± 9.0
황색양파	258.5	± 39.8	7.8	± 0.5	3.9	± 0.5	136.4	± 43.5
적색양파	282.6	± 21.9	8.5	± 0.5	2.6	± 0.8	195.3	± 94.0

다. 주요 계통 및 품종에 대한 년차별 대사성분 함량 비교분석

- 1) 고품질 양파 및 기능성 품종 육성을 위한 대사성분 함량은 유전적 요인과 환경적 요인에 의해서 영향을 받게 되며, 주요 대사성분의 함량이 일정하게 유지될 수 있도록 하기 위해서 주요 및 품종을 대상으로 년차별 대사성분의 함량분석 결과를 비교하였음(표 21 및 22).
- 2) 2014년과 2015년의 함량분석결과 중 퀘세틴에 대한 20개 계통 및 품종에 대한 분석결과를 비교한 결과 변동률이 30%를 초과하는 계통 및 품종은 6개, 30% 이내의 변동률을 보이는 계통 및 품종은 14개로 환경적 요인보다는 계통 및 품종 간 유전적 요인이 대사성분 함량에 큰 영향을 미치는 것으로 판단되며, 년차별 분석결과를 비교 분석함으로써 환경적 또는 유전적 요인에 의한 대사성분 함량을 평가할 수 있을 것으로 판단됨.
- 3) 2014, 2015 및 2016년의 동일 계통에 대한 함량분석결과를 비교한 결과 퀘세틴에 대한

11개 계통에 대한 분석결과를 비교한 결과 유전적 요인이 대사성분 함량에 큰 영향을 미칠 것으로 판단되며, 통계적의 유의성 분석을 수행할 예정이며, 년차별 분석결과를 계속적으로 축적할 계획임.

표 21. 주요 계통 및 품종에 대한 년차별 대사성분 함량 비교분석 결과(2015년)

시료	Sample weight		Soluble Solids Content		Total Pyruvic Acid		Quercetin		비고	
	BN	(g)	(°Brix)	($\mu\text{mol/g FW}$)	(mg/kg FW)	변동률				
37107	198.1	± 5.3	7.4	± 0.7	2.8	± 0.3	173.4	± 59.1	-23.4	2014 년 시료
47106	131.8	± 8.4	8.2	± 0.9	3.0	± 0.7	132.8	± 37.0		2015 년 시료
37254	167.6	± 10.1	7.6	± 0.9	4.7	± 0.7	328.0	± 97.8	-27.1	2014 년 시료
47253	96.9	± 5.9	8.9	± 0.6	4.3	± 0.5	239.1	± 32.3		2015 년 시료
34339	161.2	± 4.8	6.4	± 0.3	4.4	± 0.8	198.9	± 40.0	-58.1	2014 년 시료
44469	93.6	± 9.9	7.4	± 0.3	2.7	± 0.3	83.4	± 19.5		2015 년 시료
34183	157.6	± 4.2	8.5	± 1.1	3.2	± 0.5	235.1	± 38.1	-26.6	2014 년 시료
44183	145.9	± 7.0	7.8	± 0.8	2.9	± 0.5	172.5	± 9.1		2015 년 시료
34182	180.8	± 6.9	8.5	± 0.4	3.0	± 0.5	239.9	± 30.9	-16.9	2014 년 시료
44184	131.0	± 18.0	6.9	± 0.5	2.8	± 0.7	199.3	± 44.3		2015 년 시료
34288	174.7	± 7.7	6.3	± 0.9	3.4	± 0.2	127.8	± 30.8	9.8	2014 년 시료
44391	120.9	± 11.6	7.8	± 0.3	2.1	± 0.2	140.3	± 29.6		2015 년 시료
34289	154.4	± 10.0	6.3	± 0.3	3.3	± 0.5	189.3	± 19.1	2.5	2014 년 시료
44386	119.9	± 8.9	6.6	± 0.5	3.1	± 0.5	194.1	± 37.1		2015 년 시료
37225	171.7	± 12.1	7.4	± 0.3	3.6	± 0.6	127.3	± 60.6	16.9	2014 년 시료
47228	107.2	± 8.0	7.4	± 0.4	3.5	± 0.4	148.8	± 67.1		2015 년 시료
34927	153.0	± 6.2	7.8	± 0.4	3.1	± 0.4	353.5	± 59.5	-43.1	2014 년 시료
44784	126.1	± 6.4	8.6	± 0.3	4.1	± 0.3	201.3	± 17.0		2015 년 시료
34271	186.6	± 15.1	8.2	± 1.0	5.0	± 1.2	163.0	± 30.0	-24.0	2014 년 시료
44332	99.0	± 7.3	7.4	± 0.4	3.9	± 0.1	123.8	± 16.2		2015 년 시료
34274	173.4	± 2.6	6.9	± 0.5	4.0	± 0.7	179.0	± 50.3	-19.6	2014 년 시료
44379	102.5	± 7.2	7.9	± 0.5	2.8	± 0.3	144.0	± 15.0		2015 년 시료
37125	154.6	± 27.6	8.1	± 0.6	3.5	± 0.5	185.6	± 63.3	-22.8	2014 년 시료
47126	150.6	± 17.1	7.9	± 0.6	3.1	± 0.3	143.2	± 18.9		2015 년 시료
37123	144.6	± 9.3	8.5	± 0.8	4.4	± 0.5	151.9	± 51.1	-9.2	2014 년 시료
47124	112.2	± 15.0	7.8	± 0.5	3.0	± 0.1	138.0	± 51.6		2015 년 시료
34359	135.2	± 7.4	8.1	± 0.5	5.5	± 0.3	381.1	± 55.2	-51.2	2014 년 시료
44430	85.7	± 2.7	8.0	± 0.5	5.8	± 0.6	185.8	± 32.6		2015 년 시료
37124	135.7	± 18.3	8.3	± 0.4	3.8	± 0.5	217.4	± 26.6	-43.7	2014 년 시료
47125	170.2	± 6.8	7.7	± 0.4	3.3	± 0.3	122.5	± 17.1		2015 년 시료
34381	170.5	± 7.5	6.1	± 0.5	4.8	± 0.4	109.9	± 25.5	5.1	2014 년 시료
44193	160.0	± 7.5	6.5	± 0.7	3.6	± 0.6	115.5	± 29.1		2015 년 시료
34188	150.6	± 17.4	8.3	± 0.8	3.5	± 0.6	257.4	± 76.0	-39.2	2014 년 시료
44188	134.8	± 11.3	7.4	± 0.5	3.1	± 0.5	156.5	± 39.8		2015 년 시료
34187	167.7	± 7.8	8.5	± 1.0	3.5	± 0.1	188.5	± 29.5	-28.2	2014 년 시료
44187	131.9	± 8.3	7.9	± 0.8	3.8	± 0.5	135.3	± 31.9		2015 년 시료
37126	181.9	± 15.5	7.8	± 0.5	3.7	± 0.5	174.7	± 46.7	-39.4	2014 년 시료
47127	129.5	± 11.9	7.2	± 0.5	3.1	± 0.4	105.9	± 27.0		2015 년 시료
34184	150.2	± 4.9	8.8	± 0.9	3.7	± 0.3	274.3	± 64.1	-10.4	2014 년 시료
44185	136.6	± 11.3	8.1	± 0.7	3.5	± 0.7	245.8	± 58.8		2015 년 시료

표 22. 주요 계통 및 품종에 대한 년차별 대사성분 함량 비교분석 결과(2016년)

No.	시료 BN	Sample weight			Soluble Solids Content			Total PyruvicAcid			Quercetin			년차
		(g)			(°Brix)			(μ mol/g FW)			(mg/kg FW)			
1	57232	100.5	±	4.8	8.6	±	0.4	3.6	±	0.3	331.6	±	80.5	2016
	47253	96.9	±	5.9	8.9	±	0.6	4.3	±	0.5	239.1	±	32.3	2015
	37254	167.6	±	10.1	7.6	±	0.9	4.7	±	0.7	328.0	±	97.8	2014
2	54245	190.9	±	12.2	6.9	±	0.4	2.9	±	0.3	176.4	±	9.5	2016
	44183	145.9	±	7.0	7.8	±	0.8	2.9	±	0.5	172.5	±	9.1	2015
	34183	157.6	±	4.2	8.5	±	1.1	3.2	±	0.5	235.1	±	38.1	2014
3	54244	211.9	±	10.4	7.7	±	0.3	3.6	±	0.4	174.1	±	37.8	2016
	44184	131.0	±	18.0	6.9	±	0.5	2.8	±	0.7	199.3	±	44.3	2015
	34182	180.8	±	6.9	8.5	±	0.4	3.0	±	0.5	239.9	±	30.9	2014
4	57226	117.8	±	13.8	7.6	±	1.0	2.9	±	0.3	221.9	±	42.5	2016
	47228	107.2	±	8.0	7.4	±	0.4	3.5	±	0.4	148.8	±	67.1	2015
	37225	171.7	±	12.1	7.4	±	0.3	3.6	±	0.6	127.3	±	60.6	2014
5	54938	107.6	±	2.5	9.4	±	0.2	2.0	±	0.2	315.4	±	46.4	2016
	44784	126.1	±	6.4	8.6	±	0.3	4.1	±	0.3	201.3	±	17.0	2015
	34927	153.0	±	6.2	7.8	±	0.4	3.1	±	0.4	353.5	±	59.5	2014
6	54411	168.6	±	18.2	7.2	±	0.5	4.8	±	0.4	331.4	±	51.4	2016
	44430	85.7	±	2.7	8.0	±	0.5	5.8	±	0.6	185.8	±	32.6	2015
	34359	135.2	±	7.4	8.1	±	0.5	5.5	±	0.3	381.1	±	55.2	2014
7	57127	152.3	±	12.4	7.8	±	0.4	3.3	±	0.5	144.2	±	34.9	2016
	47125	170.2	±	6.8	7.7	±	0.4	3.3	±	0.3	122.5	±	17.1	2015
	37124	135.7	±	18.3	8.3	±	0.4	3.8	±	0.5	217.4	±	26.6	2014
8	54254	245.5	±	18.3	7.7	±	0.5	3.8	±	0.6	122.9	±	30.4	2016
	44193	160.0	±	7.5	6.5	±	0.7	3.6	±	0.6	115.5	±	29.1	2015
	34381	170.5	±	7.5	6.1	±	0.5	4.8	±	0.4	109.9	±	25.5	2014
9	54249	210.5	±	8.4	9.0	±	1.1	3.0	±	0.2	216.4	±	45.2	2016
	44188	134.8	±	11.3	7.4	±	0.5	3.1	±	0.5	156.5	±	39.8	2015
	34188	150.6	±	17.4	8.3	±	0.8	3.5	±	0.6	257.4	±	76.0	2014
10	54248	213.1	±	25.9	8.4	±	0.5	3.5	±	0.4	117.1	±	22.8	2016
	44187	131.9	±	8.3	7.9	±	0.8	3.8	±	0.5	135.3	±	31.9	2015
	34187	167.7	±	7.8	8.5	±	1.0	3.5	±	0.1	188.5	±	29.5	2014
11	57129	157.8	±	16.4	8.0	±	0.3	3.5	±	0.3	122.7	±	24.7	2016
	47127	129.5	±	11.9	7.2	±	0.5	3.1	±	0.4	105.9	±	27.0	2015
	37126	181.9	±	15.5	7.8	±	0.5	3.7	±	0.5	174.7	±	46.7	2014

6. 조합 작성 및 계통 육성

가. 중만생 황색계 및 적색계 조합 작성

- 1) 중만생 황색계 1차년도 58조합, 2차년도 65조합, 3차년도 90조합, 4차년도 94조합 작
- 2) 황색계 개발 목표 : 높은 수량성(23kg/3.3m²이상, 국내 평균수량 20kg/3.3m² 수준), 구형(중고구형, 고구형), 균일성, 저장성(8개월 이상 장기저장 가능여부), 재배안정성(추대 및 분구, 결주 발생율, 열구 및 열피)
- 3) 중만생 적색계 1차년도 25조합, 2차년도 23조합, 3차년도 47조합, 4차년도 45조합 작성
- 4) 적색계 개발 목표 : 짙은 내·외피색, 높은 수량성(23kg/3.3m²이상, 국내 평균수량 20kg/3.3m² 수준), 구형(중고구형, 고구형), 재배안정성(추대 및 분구, 결주 발생율, 열구 및 열피)



그림 13. 양과 품종육성 단계 주요 사진

나. 중만생 황색계 및 적색계 계통 육성

1) 중만생 황색계

가) 2013년도 A-line 121계통, B-line 134계통, C-line 197계통

나) 2014년도 A-line 100계통, B-line 101계통, C-line 150계통

다) 2015년도 A-line 65계통, B-line 72계통, C-line 107계통

라) 2016년도 A-line 80계통, B-line 75계통, C-line 95계통

2) 중만생 황색계 선발 및 육성 목표 : 구형, 수확기, 구비대력, 균일성, 저장성(8개월 이상 장기저장 가능여부), 외피색

3) 중만생 적색계

가) 2013년도 A-line 35계통, B-line 36계통, C-line 80계통

나) 2014년도 A-line 20계통, B-line 17계통, C-line 54계통

다) 2015년도 A-line 26계통, B-line 23계통, C-line 50계통

라) 2016년도 A-line 21계통, B-line 19계통, C-line 42계통

4) 중만생 적색계 선발 및 육성 목표 : 짙은 내·외피색, 구비대력, 구형, 수확기, 균일성

다. 중국 현지연구소 활용 계통 육성

1) 중국 현지 법인 북경세농종묘 산하 하북연구소에서 장일계, 단일계 계통을 한쪽 친으로 활용하여 신규 B-line을 합성하였으며, A-line을 대상으로 3~4회 이상 여교배를 진행하여 새로운 A, B-line set 계통육성을 진행하고 있음.

2) 일반적으로 장일계 양과는 병에 강하고 저장성이 뛰어난 특성이 있어서 이러한 장점들이 합성 계

- 통에 포함될 가능성이 많고 새로운 유전자원 및 계통으로서 활용가치가 높을 것으로 기대됨.
- 3) 합성 B-line 11계통을 육성하였으며, 하북연구소와 감숙성 재배시험포장에서 모구를 선발하였음 (그림 14).



그림 14. 중국 현지연구소 활용 계통 육성

7. 조합 성능검정 및 우수 조합 선발

가. 원예적으로 성능이 우수한 중만생 황색계 조합 선발

- 1) 2014년도 - 13AC1105 외 76조합, 카타마루 외 17품종 성능검정. 기존에 선발된 K-스타와 K-맥스와 비교해서 원예적 특성이 차별화 될 수 있는 조합이 없는 관계로 차년도 조합 성능검정에서 선발을 진행.
- 2) 2015년도 - 14AC1399 외 77조합, 카타마루 외 16품종 성능검정 실시. 2015년도 중만생 황색계 양과는 5, 6월 일조량 부족과 노균병을 비롯한 병해에 의해서 평년 대비 2/3 수준의 작황을 보였고 일본 품종인 대비종에 비해서 구형의 균일도와 균형감이 향상된 조합으로 14AC1413, 14AC1482를 선발하였음(그림 15). 14AC1413 조합은 분자마커 분석을 이용하여 계통을 고정시킨 양친을 사용하여 작성된 조합이며, 14AC1482 조합은 한 쪽 친을 DH-line을 사용한 조합으로 두 조합 모두 기존 조합들 보다 순도가 향상되었다고 할 수 있음.
- 3) 2016년도 - 15AC1663 외 138조합, 카타마루 외 23품종 성능검정 실시. 2016년도 중만생 황색계 양과는 월동기온이 높았던 관계로 추대 발생률이 높아 약 10~15% 정도의 수확량 손실이 있었으며, 5~6월 노균병 및 구썩음병을 비롯한 병해에 의해서 평년 대비 다소 떨어지는 작황을 보였음. 일본 품종인 대비종에 비해서 수확기가 빠르고 구의 균일도와 균형감이 향상되었으며, 수량성이 14% 더 높은 조합으로 15AC1702 조합을 선발하였음(그림 16). 15AC1702 조합은 한 쪽 친을 DH-line을 사용한 조합으로 기존 조합들 보다 순도가 향상되었다고 할 수 있음.



구분	초세	초형	도복율 (6/5)	추대율 (%)	분구율 (%)	상품구율 (%)	균일도	구고 (cm)	구폭 (cm)	구형지수	평균구중 (gr)	평당수량 (kg)	수량지수
141413	강	입성	90	0	0	75.4	상	8.2	8.4	0.98	240	18.1	103
141482	강	입성	85	0	0	71.7	상	7.9	8.2	0.96	240	17.2	98
대비종	강	입성	90	0	0	73.3	상	7.9	8.2	0.96	240	17.6	100

그림 15. 우수조합 선발 사진 및 특성 요약



구분	초세	초형	도복율 (5/26)	추대율 (%)	분구율 (%)	상품구율 (%)	균일도	구고 (cm)	구폭 (cm)	구형지수	평균구중 (gr)	평당수량 (kg)	수량지수
151702	중강	입성	100	2.1	0.0	90.0	상	9.2	9.7	0.94	371	33.4	114
대비종	중강	입성	80	1.7	0.0	92.1	중상	9.4	9.0	1.04	317	29.2	100

그림 16. 우수조합 선발 사진 및 특성 요약

나. 원예적으로 성능이 우수한 중만생 적색계 조합 선발발

- 1) 2014년도 - 13AC1190 외 21조합, 홍반장 외 5품종 성능검정 실시. 대비종에 비해서 수량성이 높고 외피색이 적색으로 진한 13AC1179, 13AC1182 조합을 예비 선발하였고, 시교사업을 통해서 작황 검정 진행.
- 2) 2015년도 - 14AC1493 외 22조합, 홍반장 외 4품종 성능검정 실시. 2015년도 중만생 적색계 양과는 5, 6월 일조량 부족과 노균병을 비롯한 병해에 의해서 평년 대비 85% 수준의 작황을 보였으며, 대비종에 비해서 구형의 균일도, 수량성이 향상된 조합으로 13AC1179, 13AC1182가 선발되었음(그림 17). 13AC1179는 2년 연속 선발된 조합으로 시교 사업을 통해서 사업화 가능성을 검토할 계획이며, 13AC1182는 장일계 계통을 한 쪽 친으로 이용하여 작성된 조합으로 중국에서 intermediate (중일계)타입으로 개발이 가능함.



구분	초세	초형	도복율 (6/6)	추대율 (%)	분구율 (%)	상품구율 (%)	균일도	구고 (cm)	구폭 (cm)	구형지수	평균구중 (gr)	평당수량 (kg)	수량지수
131179	강	입성	100	0	0	93.3	상	8.0	9.6	0.83	344	32.1	116
131182	강	입성	100	0	0	93.3	상	8.2	9.5	0.87	333	31.1	112
대비종	강	입성	100	0	0	89.6	중상	8.5	9.1	0.93	309	27.7	100

그림 17. 우수조합 선발 사진 및 특성 요약

- 3) 2016년도: 15AC1791 외 24조합, 홍반장 외 3품종 성능검정 실시. 2016년도 중만생 황색계 양과는 월동기온이 높았던 관계로 추대 발생률이 높아 약 10~15% 정도의 수확량 손실이 있었으며, 5~6월 노균병 및 구썩음병을 비롯한 병해에 의해서 평년 대비 다소 떨어지는 작황을 보였음. 대비종에 비해서 내·외피색의 짙은 정도, 구형의 균일도, 수량성이 향상된 조합으로 15AC1798, 15AC1810이 선발되었음(그림 18). 15AC1798 조합은 대비종에 비해서 수확기는 약간 느리나 상품구율이 높고 수량성이 대비종 보다 47% 뛰어난 장점이 있으며, 15AC1810 조합은 추대 및 분구 발생률이 안정적이고 내피색이 진하면서 수량성이 대비종보다 16% 향상된 조합으로 시교 사업을 통해서 사업성 검토를 진행할 계획임.



구분	초세	초형	도복율 (6/1)	추대율 (%)	분구율 (%)	상품구율 (%)	균일도	구고 (cm)	구폭 (cm)	구형지수	평균구중 (gr)	평당수량 (kg)	수량지수
151798	강	입성	90	0.8	0.0	92.1	상	9.1	9.7	0.94	364	33.5	147
151810	강	입성	100	0.0	0.0	84.2	상	8.5	9.3	0.92	313	26.4	116
대비종	강	입성	100	2.1	0.0	72.5	중상	9.2	9.1	1.01	315	22.8	100

그림 18. 우수조합 선발 사진 및 특성 요약

8. 현지 적응성 시험

가. 중국 산둥성에 중만생 황색계 4조합 시교 사업 진행(2015~2016년도, 표 23)

- 1) 주요 평가항목: 높은 수량성(23kg/3.3m²이상, 국내 평균수량 20kg/3.3m² 수준), 구형(중고구형, 고구형), 구형의 균일성, 구피색의 진한 정도, 재배안정성(추대 및 분구, 결주 발생율, 열구 및 열피).

표 23. 조합명 및 주요특성

번호	구분	조합명	주요 원예적 특성
1	중만생 황색계	10AC152	중고구형, 균일성, 구비대력 우수, 저장성 높음
2	"	10AC154	고구형, 구비대력 우수, 저장성 높음
3	"	11AC566	고구형, 구비대력 우수, 구피색이 진함,
4	"	12AC895	10AC152의 F2 조합, 중고구형, 구비대력 우수

- 2) 현지 직원을 통해 파종 및 정식 상황 확인하고 수확기에 출장을 통해 최종 작황을 조사함.
- 3) 중국 산둥성 유방은 한국의 충북 청주와 비슷한 위도로 강수량이 적어 원예 작물 재배에 다소 어려움이 있는 지역이며 5월에 기온이 급상승하여 양파의 생육후기 구 비대에 불리한 환경이 조성됨.
- 4) 전체적인 균일도 및 구 비대력 결과를 반영하여 10AC152와 11AC566 두 조합은 재시험을 계획하고 있으며, 우점품종을 대비종으로 시교사업을 함께 진행할 계획임(그림 19).

- 5) 중국 현지에서는 일본(다끼이)의 ‘아스’가 우점품종으로 수량성과 저장성을 갖추고 있으며, 이를 대비로 시교 조합들의 우수함과 품종 경쟁력을 검증할 계획임.

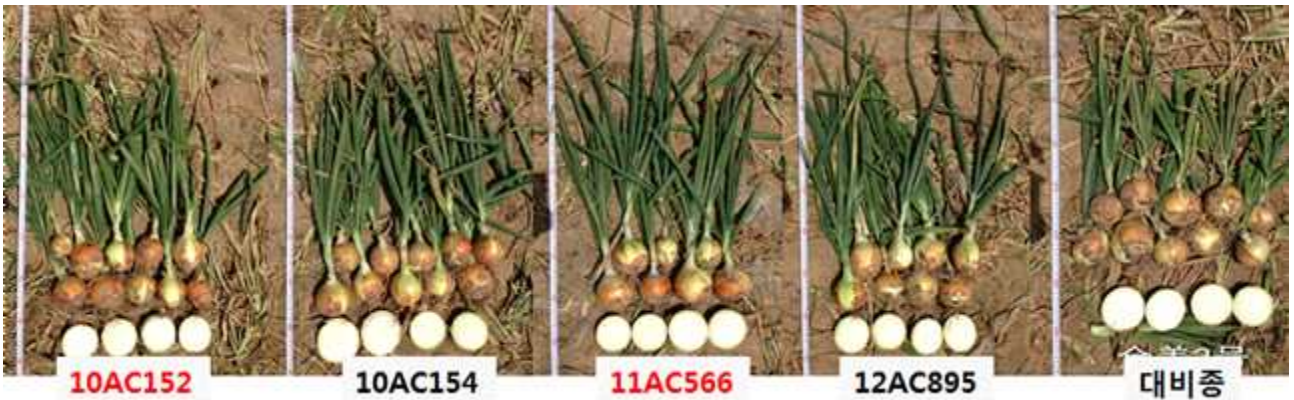


그림 19. 중국 산둥성 및 강소성 시교 포장사진

산둥성 유방지역 파종: 13. 9. 10, 정식: 13. 11. 06, 조사: 14. 6. 5

강소성 봉현지역 파종: 13. 9. 10, 정식: 13. 11. 04, 조사: 14. 5. 20

- 6) 중국 강소성 봉현은 한국의 전남 해남과 비슷한 위도로 기후 조건은 국내와 비슷하나 산둥성 지역과 마찬가지로 5월에 기온이 급상승함.
- 7) 현지 직원을 통해 파종 및 정식 상황 확인하고 수확기보다 다소 이른 시기에 조사됨.
- 8) 10AC154는 숙기가 다소 느리다는 현지 의견이 있었으며, 산둥성과같이 10AC152와 11AC566 재시험 진행 계획임(그림 19).

나. 중국 현지 중·만생 황색계 5조합 시교 사업 진행(2015~2016년도, 표 24)

- 1) 주요 평가항목: 높은 수량성(23kg/3.3m²이상, 국내 평균수량 20kg/3.3m² 수준), 구형(중고구형, 고구형), 구형의 균일성, 구피색의 진한 정도, 재배안정성(추대 및 분구, 결주 발생율, 열구 및 열피).
- 2) 중국 산둥성 평도시 인조(仁兆) 지역은 상당히 건조한 기후조건으로 지하수를 점적 호스 방식으로 관수하는 방식으로 물 관리를 하고 있었으며, 배수가 잘되는 토양조건을 갖고 있어서 이랑과 고랑의 높이를 국내처럼 구분하기 어려움.
- 3) 대비종은 Takii의 보성(寶星)으로 인근에서 많이 재배하는 품종이 공시되었고 2년 연속 10ACK152 조합의 작황이 우수하여 상품화를 염두에 두고 확대시교 사업을 진행하는 것으로 결정하였으며, 11ACK566 조합은 숙기가 약간 느려 구비대가 완전하게 되지 못한 부분은 있으나 구형이 고구형에 구피색이 진하고 비대력을 갖추고 있어 재시교 사업하는 것으로 결론 내림(그림 20).

표 24. 조합명 및 주요 특성

번호	구분	조합명	주요 원예적 특성
1	중만생 황색계	10ACK152	중고구형, 균일성, 구비대력 우수, 저장성 높음
2	"	11ACK566	고구형, 구비대력 우수, 구피색이 진함, 저장성 양호
3	"	13ACK1212	10AC154의 F2 조합, 중고구형, 구비대력 우수

4	''	14ACK1437	중고구형, 균일성, 저장성 높음
5	중생 황색계	13ACK1206	중생종, 구피색이 진함, 저장성 양호



10ACK152



11ACK566



보성(Takii)



13ACK1212



14ACK1437



13ACK1206

그림 20. 중국 산둥성 평도시 인조(仁兆) 시교 포장사진
 파종: 14. 09. 10, 정식: 14. 11. 10, 조사: 15. 06. 01



10ACK152



11ACK566



오우환(다까야마)



13ACK1212



14ACK1437



13ACK1206

그림 21. 중국 산둥성 평도시 고현(古峴) 시교 포장사진
 파종: 14. 09. 10, 정식: 14. 11. 10, 조사: 15. 06. 02

4) 평도시 고헌(古峴)지역의 대비종은 다까야마의 오옥황으로 인근에서 많이 재배하는 고정종이 공시되었고 2년 연속 10ACK152 조합의 작황이 우수하여 상품화를 염두에 두고 확대시교 사업을 진행하는 것으로 결정하였으며, 종자 단가 및 생산성을 감안하여 13ACK1212와 같은 F2 조합에 대한 시험을 계속 진행해 나갈 계획임(그림 21).

다. 중국 현지 시교 사업 및 현장 평가회(2015~2016년도, 표 25)

1) 주요 평가항목: 높은 수량성(23kg/3.3m²이상, 국내 평균수량 20kg/3.3m² 수준), 구형(중고구형, 고구형), 구형의 균일성, 구피색의 진한 정도, 재배안정성(추대 및 분구, 결주 발생율, 열구 및 열피).

표 25. 조합명 및 주요 특성

번호	구분	조합명	주요 원예적 특성
1	중만생 황색계	14ACK1471	중고구형, 균일성, 구비대력 우수, 저장성 양호
2	"	14ACK1472	중고구형, 구비대력 우수, 구피색이 진함, 저장성 양호
3	"	14ACK1473	중고구형, 균일성, 구비대력 우수, 저장성 양호
4	"	11ACK566	고구형, 균일성, 구비대력 우수
5	"	10ACK154	중고구형, 균일성, 구비대력 우수, 저장성 우수
6	"	10ACK152	고구형, 균일성, 구비대력 우수, 저장성 우수
7	중만생 적색계	13ACK1179	중고구형, 균일성, 구비대력 우수, 구피색 약간 옅음
8	"	13ACK1182	중고구형, 균일성, 구피색 짙음
9	"	14ACK1515	중고구형, 균일성, 구피색 짙음, 중일계 타입
10	"	홍반장	고구형, 균일성, 구비대력 우수, 구피색 짙음,

2) 중국 산둥성 평도시 고헌(古峴) 지역에서 2차례의 시교사업 및 품종 평가회를 진행하였으며, 농우 바이오의 육종연구원들과 북경세농종묘의 총경리(사장)를 비롯한 마케팅 직원들 그리고 현지 거래처가 참석하여 다각도로 시교 및 품종을 평가하고 선발을 진행함(그림 22).

3) 재배 지역은 상당히 건조한 기후조건으로 지하수를 점적 호스 방식으로 관수하는 방식으로 물 관리를 하고 있었으며, 배수가 잘되는 토양조건을 갖고 있어서 이랑과 고랑의 높이를 국내처럼 구분하기 어려움.

4) 황색계에서 대비종은 Takii의 보성(寶星)과 진성(珍星)으로 시장에서 좋은 평가를 받고 있는 F1 품종이 공시되었고 3년 연속 K-Max(10ACK152) 품종의 작황이 우수하여 상품화를 진행하는 것으로 결정함(그림 23).

5) 적색계에서 대비종은 일본 품종이나 출처가 불분명한 복래(福來)라는 품종으로 수량성이 뛰어나진 않지만 구피색이 상당히 진한 장점이 있는 품종으로 공시되었고 13ACK1179는 구피색이 다소 연하지만 수량성이 뛰어나고, 13ACK1182는 구피색이 상대적으로 진하면서 균일도가 뛰어나 재시교 및 확대시교 사업을 진행하는 것으로 결정함(그림 24).



포장 전경



시교 및 품종 평가회



그림 22. 중국 산둥성 평도시 고헌(古峴) 시교 포장사진

파종: 15. 09. 10, 정식: 15. 11. 05, 조사: 16. 06. 04



10ACK152



진성(Takii)



보성(Takii)

구분	초세	초형	도복 율 (6/4)	추대 율 (%)	분구 율 (%)	균일 도	구고 (cm)	구폭 (cm)	구형 지수	평균 구중 (gr)	평당 수량 (kg)	수량 지수
10152	강	입성	95	2.1	2.8	상	8.9	9.1	0.98	363	34.5	107
진성	중강	입성	100	1.9	5.4	상	8.8	9.0	0.98	348	32.3	100
보성	중강	입성	100	2.0	6.2	중상	8.6	9.0	0.96	358	32.9	102

그림 23. 우수조합 선발 사진 및 특성 요약



구분	초세	초형	도복 율 (6/4)	추대 율 (%)	분구 율 (%)	균일 도	구고 (cm)	구폭 (cm)	구형 지수	평균 구중 (gr)	평당 수량 (kg)	수량 지수
131179	강	입성	90	5.4	3.5	중상	8.9	9.2	0.97	363	33.1	110
131182	중강	입성	90	5.1	2.8	상	9.0	9.1	0.99	345	31.8	105
복래	중강	입성	95	4.8	3.8	중상	8.5	9.2	0.92	334	30.2	100

그림 24. 우수조합 선발 사진 및 특성 요약

라. 2015년 중국 현지 육종연구소 예비선발

1) 본 재배시험은 중국 현지 법인 하북연구소에서 진행되었으며 중국 시교 사업 전에 유망한 조합들에 대해서 예비선발을 진행해 품종화의 성공 확률을 높이고자 실시하였음.



구분	초세	초형	도복 율 (6/3)	추대 율 (%)	분구 율 (%)	상품 구율 (%)	균일 도	구고 (cm)	구폭 (cm)	구형 지수	평균 구중 (gr)	평당 수량 (kg)	수량 지수
141472	강	입성	100	2.6	0.0	96.3	상	8.9	9.3	0.95	360	34.7	120
141473	강	입성	95	1.8	0.0	96.9	상	9.0	9.0	1.00	333	32.3	112
대비종	강	입성	100	3.4	0.0	94.1	중상	8.6	9.0	0.95	306	28.8	100

그림 24. 우수조합 선발 사진 및 특성 요약

파종: 14.09.10, 정식: 14.11.05, 조사: 15.06.04

- 2) 대비종인 일본 품종에 비해서 구형의 균일도가 높고 수량성이 뛰어난 14ACK1472, 14ACK1473 조합이 예비 선발되어 향후 중국 현지 적응성 시험에 사용될 예정임(그림 24).
- 3) 대비종에 비해서 외피색이 진한 적색이고 구형의 균형감이 좋은 13ACK1179, 13ACK1182 조합이 예비 선발되어 향후 중국 현지 적응성 시험에 사용될 예정임(그림 25).



구분	초세	초형	도복율 (6/3)	추대율 (%)	분구율 (%)	상품구율 (%)	균일도	구고 (cm)	구폭 (cm)	구형지수	평균구중 (gr)	평당수량 (kg)	수량지수
131179	강	입성	90	7.1	0.0	92.3	상	8.7	8.8	0.99	315	29.1	95
131182	강	입성	100	0.0	0.0	96.8	상	8.6	8.7	0.99	297	28.7	94
홍반장	강	입성	100	0.0	0.0	94.5	상	9.2	9.0	1.02	323	30.5	100

그림 25. 우수조합 선발 사진 및 특성 요약
 파종: 14.09.10, 정식: 14.11.05, 조사: 15.06.04

마. 2016년 중국 현지 육종연구소 예비선발

- 1) 본 재배시험은 중국 현지 법인 하북연구소에서 진행되었으며 중국 시교 사업 전에 유망한 조합들에 대해서 예비선발을 진행해 품종화의 성공 확률을 높이고자 실시하였음.
- 2) 대비종인 일본 품종 진성(珍星)에 비해서 구형의 고가 높고 수량성이 뛰어난 14ACK1416, 14ACK1491 조합이 예비선발되어 향후 중국 현지 적응성 시험에 사용될 예정이며(그림 26), 그밖에 조합에서도 상당히 가능성 높은 조합들이 다수 있었으며, 2017년도에 재시험 후 시교 사업 진행 여부를 결정하고자함.



14ACK1416



14ACK1491



진성(Takii)

구분	초세	초형	숙기	균일도	초장 (cm)	인편수	구형지수	평균구중 (gr)	평당수량 (kg)	수량지수
141416	중강	입성	중만	상	73.2	8.8	1.06	385	32.7	117
141491	강	입성	중만	상	65.6	9.2	1.01	402	34.2	123
진성	중강	입성	중	상	69.0	9.2	1.00	328	27.9	100

그림 26. 우수조합 선발 사진 및 특성 요약
 파종: 15.09.10, 정식: 15.11.07, 조사: 16.06.05



15ACK1800



15ACK1801



건미적옥(VSK: 일본)

구분	초세	초형	숙기	균일도	초장 (cm)	인편수	구형지수	평균구중 (gr)	평당수량 (kg)	수량지수
151800	강	반입성	만	상	88.0	9.0	1.04	363	30.9	98
151801	중강	입성	중만	상	86.0	9.2	0.92	418	35.5	113
건미적옥	중강	입성	중만	중상	83.7	9.2	0.87	369	31.4	100

그림 27. 우수조합 선발 사진 및 특성 요약
 파종: 15.09.10, 정식: 15.11.07, 조사: 16.06.05

3) 대비종인 일본 품종 건미적옥에 비해서 구형의 고가 높고 수량성이 뛰어난 15ACK1800, 15ACK1801 조합이 예비 선발되어 향후 중국 현지 적응성 시험에 사용될 예정이며(그림 27), 대비종이 구피색이 진한 장점이 있는데 이번에 예비 선발된 두 조합 모두 대비종에 못지 않게 구피색이 진한 장점이 있고 구형이나 수량성 면에서도 상품성을 갖춰 향후 좋은 시교 결과가 기대됨.

9. 우수 품종 개발 및 등록

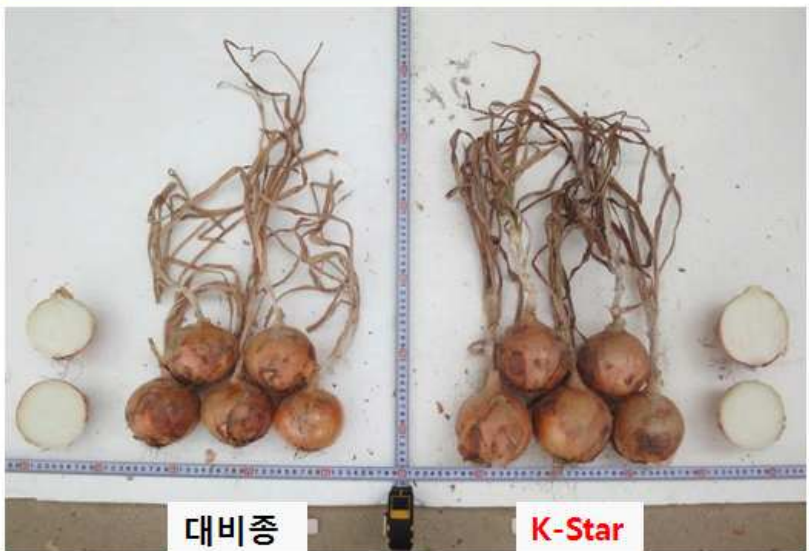
가. 생산수입판매신고 3품종

- 1) 케이스타(신고번호: 02-0011-2013-34) : 중만생 황색계, 중고구형, 균일성, 다수확, 저장성(그림 28).
- 2) 케이맥스(신고번호: 02-0011-2013-35) : 중만생 황색계, 고구형, 다수확, 저장성(그림 30).
- 3) 케이비전(신고번호: 02-0011-2015-4) : 중생 황색계, 중고구형, 균일성, 다수확, 중장기 저장성(그림 32).

나. 품종보호출원 3품종

- 1) 케이스타(출원번호: 출원-2014-70) : 중만생 황색계, 중고구형, 균일성, 다수확, 저장성(그림 29)
- 2) 케이맥스(출원번호: 출원-2014-375) : 중만생 황색계, 고구형, 다수확, 저장성(그림 31).
- 3) 케이비전(출원번호: 출원-2015-726) : 중생, 황색계, 중고구형, 다수확, 균일성, 중장기 저장성(그림 33).

우수 품종 개발 및 등록1



**케이스타
(K-Star)**

- 주요 특성:
중만생 황색계, 중고구형, 균일성, 다수확성, 8개월 이상 장기저장 가능

- 수입생산판매신고(필증번호: 02-0011-2013-34)

- 품종보호출원(출원번호: 출원-2014-70)

구분	초세	초형	도복 율 (6/3)	추대 율 (%)	분구 율 (%)	상품 구율 (%)	균일 도	구고 (cm)	구폭 (cm)	구형 지수	평균 구중 (gr)	평당 수량 (kg)	수량 지수
케이 스타	강	입성	90	0.0	0.0	91.0	상	8.4	9.2	0.91	350	31.9	127
터보	중강	입성	100	0.0	0.0	87.0	중상	7.5	8.9	0.84	290	25.2	100

그림 28. 우수품종 등록 및 특성 요약

- 대비종은 다끼이 품종으로 중만생종 중 가장 장수하고 있는 브랜드 품종 중 하나임. 구형 및 재배안정성과 빠른 수확기가 장점으로 부각되고 있는 품종임.
- 개발된 케이스타는 수확기가 대비종에 비해 약간 늦지만 구형은 중고구형이면서 상품구율과 균일도가 높고 다수확이 가능한 품종으로 대비종에 비해서 수량지수가 월등하게 뛰어난 장점이 있는 장기저장이 가능한 중만생종 양파임.

민원인을 가족같이, 민원을 내일같이

통지된 내용에 의문이 있으시면 담당자에게 문의하시기 바랍니다.
 담당자: 하나리 전화: (031) 467-0111 FAX: (031) 467-0116
 인터넷 홈페이지: www.seed.go.kr
 430-016 경기도 안양시 만안구 안양로 184

품종보호출원번호 통지서

출원일자: 2014. 2. 4	품종보호 출원번호: 출원 2014 - 70
품종명칭 출원번호: 명칭	

작 품 명: 양파
 품종 명칭: 케이스타
 출 원 인: 농업회사법인 (주)농우바이오
 주 소: 경기도 수원시 영통구 중부대로368번길 8-12

2014년02월04일

국립종자원




그림 29. 품종보호출원번호 통지서(케이스타)

우수 품종 개발 및 등록2



케이맥스

- 주요 특성:

(K-Max)

중만생 황색계, 고구형, 다수확성, 8개월 이상 장기저장 가능

- 수입생산판매신고(필증번호: 02-0011-2013-35)

- 품종보호출원(출원-2014-375)

구분	초세	초형	도복율 (6/3)	추대율 (%)	분구율 (%)	상품구율 (%)	균일도	구고 (cm)	구폭 (cm)	구형지수	평균구중 (gr)	평당수량 (kg)	수량지수
케이맥스	강	입성	95	0.0	0.0	91.0	중상	8.5	8.9	0.96	326	29.7	99
카타마루	강	입성	95	0.0	0.0	93.0	중상	8.3	9.0	0.92	324	30.1	100

그림 30. 우수품종 등록 및 특성요약

- 대비종은 다끼이 품종으로 중만생종 중 저장업자들이 가장 선호하는 품종임. 구 비대력과 저장력이 가장 큰 장점이라 할 수 있음.
- 개발된 케이맥스는 전반적인 특성이 대비종과 대등하고 구고가 약간 더 높은 고구형임. 특히 중국 현지 적응성 시험에서 2년 연속 가장 우수한 품종으로 평가되고 있어 중국 수출이 가장 유력한 품종임.

민원인을 가족같이, 민원을 내일같이

불지된 내용에 의문이 있으시면 담당자에게 문의하시기 바랍니다.

담당자: 하나리 전화: (031) 467-0111 FAX: (031) 467-0116

인터넷 홈페이지: www.seed.go.kr

430-016 경기도 안양시 만안구 안양로 184

품종보호출원번호 통지서

출원일자: 2014. 7. 8	품종보호 출원번호: 출원 2014 - 375
	품종명칭 출원번호: 명칭

작 품 명: 양파

품종 명칭: 케이맥스

출 원 인: 농업회사법인 (주)농우바이오

주 소: 경기도 수원시 영통구 중부대로368번길 8-12

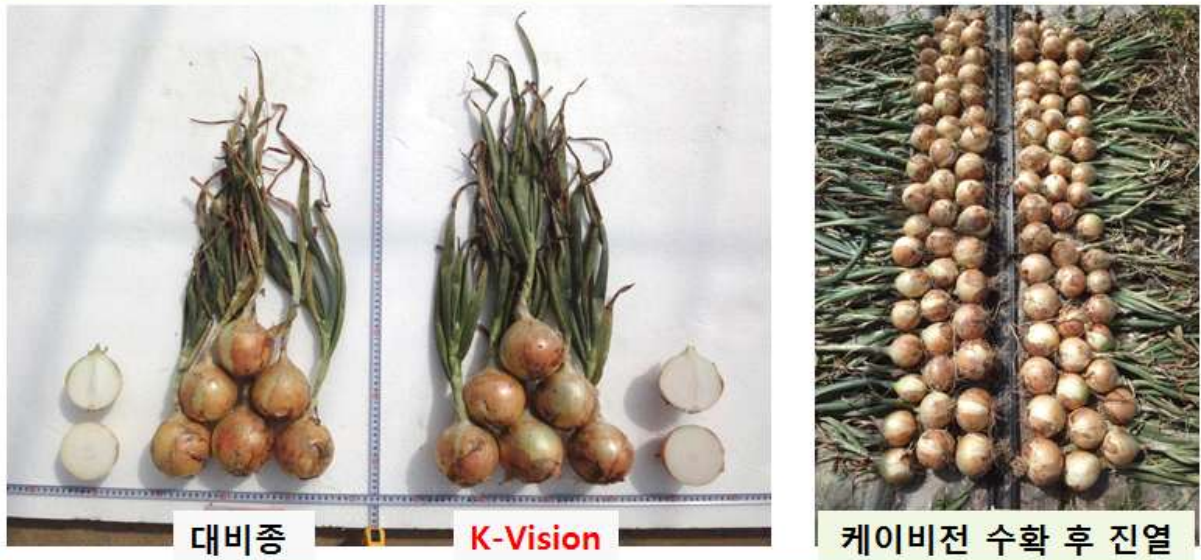
2014년07월08일

국립종자원



그림 31. 품종보호출원번호 통지서(케이맥스)

우수 품종 개발 및 등록3



케이비전

(K-Vision)

- 주요 특성:

중생 황색계, 중고구형, 다수확성, 균일성, 중장기 저장 가능

- 수입생산판매신고(필증번호: 02-0011-2015-4)

- 품종보호출원(출원-2015-726)

구분	초세	초형	도복율 (5/29)	추대율 (%)	분구율 (%)	상품구율 (%)	균일도	구고 (cm)	구폭 (cm)	구형지수	평균구중 (gr)	평당수량 (kg)	수량지수
케이비전	강	입성	95	2.5	0.0	94.5	상	8.6	9.2	0.93	356	33.6	112
미들황	중강	입성	100	2.5	0.0	92.3	상	8.5	8.6	0.99	324	29.9	100

그림 32. 우수품종 등록 및 특성 요약

- 대비종은 농우바이오 품종으로 중생종이면서 원형에 가까운 고구형으로 시장에서 오랜 기간 동안 좋은 평가를 받고 있는 품종 중 하나임.
- 개발된 케이비전은 대비종에 비해 숙기가 약간 느리나 6월 초에 수확이 가능한 장점이 있고 구 균일도와 비대력을 잘 갖추고 있는 품종으로 수량지수 면에서 대비종에 비해 상당히 뛰어난 중생계 품종임.

민원인을 가족같이, 민원을 내일같이

통지된 내용에 의문이 있으시면 담당자에게 문의하시기 바랍니다.

담당자: 김민지 전화: (054) 912-0113 FAX: (054) 912-0210

인터넷 홈페이지: www.seed.go.kr

740 - 220 경상북도 김천시 혁신8로 119

품종보호출원번호 통지서

출원일자: 2015.10.26

품종보호 출원번호: 출원 2015 - 590

품종명칭 출원번호: 명칭

작 물 명: 양파

품종 명칭: 케이비전

출 원 인: 농업회사법인 (주)농우바이오

주 소: 경기도 수원시 영통구 센트럴타운로114-8

2015년10월26일

국립종자원 

그림 33. 품종보호출원번호 통지서(케이비전)

제 4 장 목표달성도 및 관련분야의 기여도

제 1 절 목표 달성도

세부 프로젝트명	세부연구목표	연구개발 수행내용	달성도 (%)
제 1세부 내병성 및 다수확형 단일계 중만생중 양과 품종 개발	○유전자원 수집 및 평가 -내병성 및 퀴세틴 고함유 유전자원 수집 및 평가	○Pink root, <i>Fusarium basal rot</i> , 노균병 내병성 품종 병리검정 및 원예적 특성 평가 ○퀴세틴 고함유 품종 2종 수집 (쿠엘골드, 퀘르다마)	100
	○계통육성 및 세대단축 -DH-line 프로그램 -분자마커 활용 계통 선발 -대사성분 분석 계통 선발	○화퇴배양 식물체 총 231개체 선발 ○양과 마커 분석 및 개발 -MAB를 위한 양과 유전체 분석 및 마커 개발 진행 -양과 계통 마커 분석 및 선발 수행 ○대사성분 분석관련 기초자료 확립 -중만생 49계통 및 품종(조합) 분석 -적색계 24계통 및 품종(조합) 분석	100
	○조합 작성 및 검정 -중만생 황색계 60조합 이상 -중만생 적색계 20조합 이상 -중만생 황색계 및 적색계 계통 육성	○조합 작성 -중만생 황색계 평균 77조합/년 작성 -중만생 적색계 평균 35조합/년 작성 ○계통 선발 및 육성 -중만생 황색계 총 250계통 육성 -중만생 적색계 총 82계통 육성	140
	○우수 조합 선발	○예비조합 선발 -중만생 황색계 3조합 예비 선발 -중만생 적색계 4조합 예비 선발	100
	○현지적응성 시험 -중국 현지 시교사업	○중국 현지 시교사업 -중국 산동성 지역 중만생 황색계, 적색계 시교사업 및 사업성 검토 진행 -전체적인 균일도 및 구 비대성을 검토하 여 K-Max 판매 결정	100
	○우수조합 품종 등록 -생산판매신고 5품종 -품종보호출원 5품종 -품종보호등록 5품종	○K-Star, K-Max, K-Vision 생산판매신고 및 품종보호출원 완료(3품종) ○품종보호등록을 위한 재배 시험결과가 K-Star와 K-Max는 끝났고 등록 대기중(2 품종)	50
	○수출 실적 10만\$ 달성	○중국 수출 실적 총 72,380\$ 달성	70

세부 프로젝트명	세부연구목표	연구개발 수행내용	달성도 (%)
제1세부 위탁과제 중국 수출용 양과 품종의 현지적응성 시험 및 마케팅 전략 수립	○유용 유전자원 수집 및 평가 -중국 현지에서 선호하고 있는 품종 수집 및 평가(10품종)	○중국 현지 품종 수집 및 평가 -중국에서 수집된 14품종들에 대한 평가를 위해 현재 정식 후 월동중이며, 원예적 특성에 대한 평가는 2017년에 수행	140
	○현지 적응성 시험 -중국 현지 시교사업 -현장 평가회 실시(2회/년)	○중국 현지 시교사업 -중국 산동성 지역 중만생 황색계, 적색계 시교사업 및 사업성 검토 진행 -전체적인 균일도 및 구 비대성을 검토하여 K-Max 판매 결정 -1~4차년도 시교사업 실시 -4차년도 현장 평가회 2회 실시 -4차년도에 파종한 강소성, 산동성 지역에서 시험할 황색계 3조합, 적색계 6조합 재배 중	70

제 2 절 관련분야의 기여도

1. 기술적 기여도

가. 양과는 종자를 파종해서 다시 종자를 채종하는데 2년이 소요되는 작물로 Life cycle이 길기 때문에 계통육성부터 품종개발까지 이뤄지는데 20년 이상 필요한 육종연한이 가장 긴 채소작물이라 할 수 있음.

나. 주관 연구기관인 (주)농우바이오의 생명공학연구소 보유 기술들(여교배 세대단축기술, 분자표지 개발 기술, DH-line 프로그램, 대사성분 분석, 병리검정 등)을 활용하여 양과의 육종연한을 단축시키고 새롭게 개발되는 품종들의 품질을 향상시킴으로 전통육종 기술로 구사하기 어렵거나 시간이 소요되는 부분들을 보완하는 기술적 성과를 거두었음.

2. 과학적 기여도

가. 양과는 조직배양 시 재분화가 잘 되지 않는 특성이 있는데 양과의 세대단축과 계통의 순도조기 고정을 목적으로 진행하고 있는 DH-line 프로그램에서 화퇴배양을 통해 재분화된 DH-line을 만들어내는 기술을 향상시키고 최적화하였음.

나. 양과의 대사성분(퀴세틴, 매운맛, 당함량)에 대한 분석 방법을 정립하고 계통 및 조합들에 대한 분석을 실시함으로써 향후 기능성 품종개발에 필요한 데이터베이스를 축적하였음.

다. 단일계 양과는 내병성 소재에 대해서 불모지나 다름없고 병리 연구도 거의 되어있지 않은 분야인데 Pink-root, *Fusarium basal rot*, 노균병에 대한 병 접종방법을 최적화하는 연구를 진행함으로써 향후 병 저항성 계통 육성 및 품종 개발을 위한 기반을 조성하였음.

3. 경제적 기여도

가. 2016년도 매출 기준으로 국내에서는 GSP 사업 연구개발 품종(K-Star, K-Max, K-Vision)으로 총 8억 4천만원 정도의 매출액이 발생하였고 기 개발된 품종들에 이어서 새로운 품종들이 계속 연구사업 기간 동안에 출시될 예정이므로 국내 매출액은 계속해서 증가할 것임.

나. 중국 수출에 있어서는 총 72,380\$의 매출을 2016년도에 달성하였고 K-Max 품종이 현지 시교사업에서 상당히 우수한 성적을 보여 앞으로의 수출실적 달성에 큰 기여를 할 것으로 기대됨.

4. 사회적 기여도

가. 국내 양과 종자 시장에서 약 80% 정도를 일본 품종들이 차지하고 있는데 GSP 사업을 통해서 주관 연구기관인 (주)농우바이오의 양과 품종 개발과 마케팅, 홍보가 같이 이뤄져 기업의 매출 이뤄냄과 동시에 사회적으로 만연해 있는 국산 품종에 대한 불신을 불식시키고 양과 종자의 수입을 대체하는 기여를 하였음(2016년도 기준 농우바이오의 양과 종자 시장 점유율 10%, 기존 7~8%).

5. 인프라 기여도

가. 양과 품종 육종에 있어 필요한 전통육종 기술에 분자육종 기술을 적절히 접목하여 품종 육성 및 개발을 국내에서 선도적으로 해나감으로서 다른 업체와 개인육종가들의 양과 육종 프로그램에 영향을 미치게 되었고 앞으로 글로벌 종자기업과의 싸움에서 살아남을 수 있는 경쟁력을 갖추는데 이바지 함.

나. (주)농우바이오는 국내 회사중 가장 많은 거래처를 확보하고 있으며, GSP 사업을 통해 양과 종자 수출을 위한 교두보를 마련하게 되었고 해외 시장에서 유망조합들을 선발하고 품종으로 개발해 나가는 Know-how를 쌓아 GSP 2단계에서 더욱 성공적인 목표 달성이 가능하도록 기반을 마련하였음.

제 5 장 연구개발 성과 및 성과활용 계획

제 1 절 중생종 양과 신품종 보급계획

1. 케이비전

- 가. 케이비전 품종은 2015년에 등록하여 현재까지 국내에서 약 1억 1천만원의 종자 판매고를 올렸고, 품종보호출원을 실시하여 등록을 위한 재배심사가 진행중임.
- 나. 국내에서 양과 중생종은 중만생종 시장에 비해 시장 규모는 현재 그리 크지 않지만 최근 3~4년 사이에 5월부터 고온기가 빨리 찾아옴에 따라 양과의 후기 비대에 악영향을 미쳐 기존의 중만생종 품종들보다 숙기가 7~10일 정도 빠른 중생종 품종들에 대한 수요가 높아질 것으로 예상됨. 케이비전의 구형은 중고구형이면서 6월 초순에 수확이 가능하고 균일도와 비대력이 뛰어나 상품성이 우수하며, 주요 양과 재배산지에서 실시한 재배실증 시험에서 우수한 결과를 보여 향후 중생종 품종에서 선두주자로 자리매김할 수 있을 것으로 기대됨.
- 다. ㈜농우바이오는 전 세계에 6개 해외법인과 50여 국가에 300여 개의 거래처를 확보하고 있는 국내 굴지의 종자 기업으로서 글로벌 영업 및 유통망을 활용하여 케이비전 품종에 대한 현지 재배시험과 마케팅을 진행할 것이며, 결과에 따라 수출을 진행함으로써 해외 수출 실적 달성과 양과 종자 산업의 국제 경쟁력 향상에 이바지할 것임.

제 2 절 중만생 양과 신품종 보급계획

1. 케이스타

- 가. 케이스타 품종은 2013년도에 등록하여 현재까지 국내에서 약 19억 5천만원의 종자 판매고를 올렸고, 품종보호출원 실시 후 등록을 위한 재배심사를 마쳐 심사 대기 중임.
- 나. 국내에서 양과 중만생종은 일본 품종들이 주도하고 있는 시장으로 GSP 연구사업을 통해 개발 및 등록한 케이스타 품종의 판매 실적이 해마다 증가하고 있으며 국내에서의 수입 대체효과 뿐만 아니라 수출 주력 품종으로서의 보급 확대를 기대하고 있음.
- 다. 황색계 중고구형으로서 재배가 안정적이고 생육 후기까지 초세를 확보할 수 있어 노균병을 비롯한 각종 병해에 강한 특성이 있으며, 구의 균일성과 수량성 그리고 저장성 면에서 저온 시설 저장 시 장기 저장이 가능한 품종임.
- 라. 국내에서 현재 케이스타 품종이 판매된 지역에서는 전체적인 작황이 우수하고 수량성이 양호하여 좋은 평을 받고 있으며 차츰 미개발 지역을 대상으로 시장을 넓혀갈 계획임.
- 마. ㈜농우바이오는 전 세계에 6개 해외법인과 50여 국가에 300여 개의 거래처를 확보하고 있는 국내 굴지의 종자 기업으로서 글로벌 영업 및 유통망을 활용하여 케이스타 품종에 대한 현지 재배시험과 마케팅을 진행할 것이며, 결과에 따라 수출을 진행함으로써 해외 수출 실적 달성과 양과 종자 산업의 국제 경쟁력 향상에 이바지할 것임.

2. 케이맥스

- 가. 케이맥스 품종은 2013년도에 등록하여 현재까지 국내에서 약 1억원 정도의 종자를 판매고를 올렸고, 품종보호출원 실시 후 등록을 위한 재배심사를 마쳐 심사 대기중임.
- 나. 황색계 고구형으로서 재배가 안정적이며 특히 추대 및 분구 발생률이 안정적인 장점이 있고 저온 시설 저장 시 장기 저장이 가능한 품종임.
- 다. 케이맥스 품종의 경우 국내보다는 중국에서 좋은 결과를 보이고 있는데, 특히 중국 현지 시교사업 및 적응성 시험에서 3년연속 가장 우수한 평을 받아 중국 수출용 품종으로 개발을 진행중에 있으며 향후 GSP 2단계에서 양과 종자 해외 수출 실적을 달성하는데 있어 주요 품종으로서 높은 수준의 해외 매출액을 기대할 수 있음.
- 라. ㈜농우바이오는 전 세계에 6개 해외법인과 50여 국가에 300여 개의 거래처를 확보하고 있는 국내 굴지의 종자 기업으로서 글로벌 영업 및 유통망을 활용하여 케이맥스 품종에 대한 현지 재배시험과 마케팅을 진행할 것이며, 결과에 따라 수출을 진행함으로써 해외 수출 실적 달성과 양과 종자 산업의 국제 경쟁력 향상에 이바지할 것으로 기대됨.

제 3 절 채종효율성 제고

1. 응성불임성을 이용한 계통 육성 및 품종 개발

- 가. 양과의 경우 응성불임성을 이용할 경우 A-line인 모계에서 정상적으로 활력이 있는 화분이 생성되지 않기 때문에 C-line(부계친) 또는 다른 B-line(유지친)과의 교배시 순도가 매우 높은 일대 잡종을 채종 할 수 있음.
- 나. 양과의 응성불임 기작은 세포질과 핵내 유전자의 상호작용에 의해(CGMS) 유기되는 것으로 알려져 있고, 세포질의 유전자형과 핵 내의 회복인자 사이의 유전기작에 따라 CMS-S와 CMS-T type 2종류가 있음. CMS-S type 응성불임이 유전적으로 안정적이고 환경의 영향을 적게 받으며 상업적인 F1 종자 생산에 많이 이용되고 있으며, 이에 대한 분자 마커가 개발되어 양과 육성재료 선발에 활용 중임.
- 다. 양과 일대잡종 품종의 채종은 응성불임친(A-line), 유지친(B-line) 및 화분친(C-line)을 유지시켜야 하고 이 중에서 응성불임친과 유지친 개발이 상당히 힘들며, 양과 육성 cycle 이 2년에 한번 씩 진행되는 작물 특성과 맞물려 육성기간이 대략 15~20년 정도로 장기간이 소요됨. 최근에는 세포질 유전형 및 핵 내 회복유전자 마커를 이용하여 조기에 계통의 응성불임 관련 유전자형을 고정시켜 양과 계통 육종에 이용하고 있음.

2. DH-line 프로그램을 이용한 양과 육성 세대 단축

- 가. 양과의 고정계통 육성기간을 단축하여 단기간에 우수한 순계 확보가 가능한 DH(Double-Haploid) 유기 기술의 개발 및 DH 유기효율 증진을 위한 배양 조건 규명 등의 폭넓은 연구를 지속적으로 진행하고 있음.
- 나. DH 프로그램 유래 식물체에 대한 배수성 분석을 적용함으로써 효과적으로 2배체에 해당되는 개체만 선발할 수 있는 시스템과 더불어 DH와 체세포 유래의 식물체 구별을 위한 분자마커 검정 체계를 구축하여 양과 육성사업에 활용 중임.

다. DH-line 프로그램을 이용하여 단기간 내에 양과에서 고정 계통을 육성하고 자식약세를 타파하며, 향후 조합작성에 활용하여 F1 조합의 순도를 향상시킬 것임.

3. 분자표지를 이용한 양과 MAS, MAB

가. 계통 고정 및 MAB용 분자표지를 이용하여 표현형질 선발지원 (MAS: Marker Assisted selection)과 여교배 육성세대 단축 (MAB: Marker assisted backcrossing)을 활용하여 계통을 조기 고정시켜 육종 연한을 단축시킬 것임.

나. 양과에서 분자표지를 이용한 여교배는 주로 신규 웅성불임친(A-line)을 다른 유지친(B-line)과 여교배를 통해 육성하는데 있어 여교배 2~3회 안에 반복친인 유지친(B-line)의 유전 정보와 동일한 웅성불임친(A-line)을 선발하는 것을 목표로 진행되고 있으며, 신규 웅성불임계통을 육성하는데 소요되는 시간을 절반수준으로 낮춰 세대단축이 가능함.

제 4 절 대사성분 분석을 이용한 양과 계통 선발 및 품종 개발

1. Digital refractometer에 의한 가용성고형물(soluble solids content)의 측정

가. 양과의 식미에 영향을 미치는 주요 성분 중 하나인 가용성고형물은 sucrose, fructose, glucose 및 fructans 등을 포함하며, 이는 계통 및 품종 그리고 조사 시기에 따라 다양한 차이가 있음.

나. 굴절계(digital refractometer)를 사용하여 자사가 보유하고 있는 다양한 양과 유전자원의 계통 및 조합(품종)에 대한 가용성고형물의 함량을 측정한 결과, 약 6 ~ 11°Brix로 나타나 양과 시료별 가용성고형물의 함량이 크게 차이가 나는 것을 확인할 수 있었음. 연차별 반복실험을 통해 신품종 육성의 기초자료로 활용하고자 함.

2. 매운맛(pyruvic acid) 함량 측정

가. 양과의 식미에 영향을 미치는 주요 성분 중 하나인 매운맛은 조직이 파괴될 때 alliinase 작용에 의하여 활성화되어 pyruvic acid를 생성하고, pyruvic acid는 양과의 매운맛을 결정하는 지표로 널리 사용되고 있음.

나. 자사에서 보유하고 있는 다양한 계통 및 조합(품종)에 대한 숙기별 전체 pyruvic acid 함량을 측정한 결과, 약 2 ~ 8 $\mu\text{mole/g}$ FW로 나타나는 것을 확인할 수 있었음. 연차별 반복실험을 통해 신품종 육성의 기초자료로 활용하고자 함.

3. 플라보노이드 함량 측정

가. 양과에는 항산화 기능이 높은 퀘세틴(querctetin)과 같은 플라보노이드가 다량 함유되어 있음.

나. 분광광도계(spectrophotometer)를 사용해서 자사에서 보유하고 있는 다양한 계통 및 품종(조합)에 대한 숙기별 퀘세틴 함량을 측정한 결과, 약 20 ~ 350 mg/kg FW로 실험 샘플에 따라 그 편차가 상당히 크게 나타나는 것을 확인할 수 있었으며, 연차별 반복실험을 통하여 신품종 육성의 기초자료로 활용하고자 함. 또한 보다 더 정확한 퀘세틴의 정량분석을 위하여 HPLC (high performance liquid chromatography)를 이용한 분석법을 확립하여 양과 육성재료를 분석하고 있음.

다. 대사성분 분석 데이터들을 축적하고 활용하여 퀘세틴이 고함유 되어있는 계통들에 대해

서는 그 다음 세대까지 추적 조사하여 기능성 품종 개발을 목표로 계통 육성 및 조합 작성에 반영할 것임.

제 5 절 병리 검정법 확립

- 양과 주요 병인 Pink-root, *Fusarium basal rot*, 노균병에 대한 국내 연구는 굉장히 미진한 상태이며, 본 연구과제를 통해 병리실험 방법을 확립하고 신규로 도입되는 유전자원들에 대한 병리검정을 실시하여 유망한 유전자원들에 대해서는 교배 및 분리 육종을 통해 계통화 시켜 향후 내병성 품종 개발을 위한 초석을 다질 것임.
- 현재는 주로 유묘기에 검정이 실시되고 있으나 위에 거론한 병들이 주로 생육 중·후반에 미치는 영향이 극심하므로 성체기에 병리 검정을 실시하여 확실한 결과를 만들어내고자 하며, 이를 위해서는 병을 분리하고 동정하여 유지하는 기술이 확립되어야 함.

제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보

- 본 연구과제의 성공적인 수행을 위해 양파에서 내병성을 갖고 있거나 퀴세틴이 고함유 되어있는 유전자원들에 대한 자료를 계속해서 수집하는 과정에서 해외에서 육성하고 있는 품종들에 대한 정보들을 자연스럽게 획득할 수 있었음.
- 유럽에서 개발된 ‘Santero’라는 F1 품종은 단일계 양파 품종으로는 세계에서 유일하게 노균병 내병성을 갖춘 품종으로 국내 회사 및 대학, 연구기관들에서 수집하여 품종 개발 및 내병성 마커 개발을 위해 활용하고 있음.
- 양파에서 노균병에 대해서는 생육기간 중 가장 많은 피해를 주는 병이기 때문에 상대적으로 다른 병들에 비해서 연구가 많이 이뤄진 편이나 다른 원예작물들과 비교를 했을 때는 기존에 연구된 내용들이 많이 미흡함.
- 병원균이 활물기생하기 때문에 균주를 계속 유지해 병리실험하기가 쉽지 않고 병을 검정하는 기술 자체가 거의 없는 상태에서 연구과제를 진행하면서 Know-how가 쌓여 도입된 유전자원들에 대한 병리검정을 자체적으로 수행할 수 있는 수준으로 향상되었음.
- ‘쿠엘골드’라는 퀴세틴 고함유 기능성 품종은 기초성분 분석을 통해 양친 모두 퀴세틴이 다량 함유되어있고 그 함량이 안정적인 계통들을 F1 조합 작성에 활용하였고, 3년에 걸친 평가실험에서 일반적으로 재배되는 양파 품종들에 비해 퀴세틴 함량이 1.6배 이상 높은 결과를 보여 ‘쿠엘골드’라는 품종명으로 품종등록을 하였음.
- 원인을 정확하게 알 수는 없으나 수확 시의 조사결과에서는 다른 품종보다 다소 병해 발생률이 높았다고 하며 수확시기 이후의 양파 부패로 이어지는 생육 후반의 병해에 대한 적절한 방제에 노력을 기울일 필요가 있는 품종임.
- 장일계 품종이기 때문에 수집한 ‘쿠엘골드’의 종자는 대부분 중국 하북연구소에 보내 교배육종 및 분리육종을 통해 장일계 계통 또는 중일계 계통으로 육성될 것이며, 향후 기능성 품종 개발에 중요한 유전자원으로 활동될 예정임.

제 7 장 참고문헌

1. Alan AR., et al., (2003) Production of gynogenic plants from hybrids of *Allium cepa* L. and *A. roylei* Stearn. Plant Sci 165:1201-1211.
2. Alan AR., et al., (2004) Fecund gynogenic lines from onion (*Allium cepa* L.) breeding materials. Plant Sci 167:1055-1066.
3. Bohanec B, et al., (1999) Variations in gynogenic response among long-day onion (*Allium cepa* L.) accessions. Plant Cell Rep 18:737-742.
4. Champion B, Alloni C, (1990) Induction of haploid plants in onion (*Allium cepa* L.) by in vitro culture of unpollinated ovules. Plant Cell Tissu Org Cult 20:1-6.
5. Champion B, Bohanec B, Javornik B (1995) Gynogenic lines of onion (*Allium cepa* L.): evidence of their homozygosity. Theor Appl Genet 91:598-602.
6. Cho, K-S., et al. 2001. Development and application of SCAR markers related to cytoplasmic factor of male sterility in onion (*Allium cepa* L.). Journal-korean society for horticultural science 42, 5 : 527-532.
7. Cramer S. 2000. Breeding and genetics of Fusarium basal rot resistance in onion. Euphytica 115: 159 - 166.
8. Custers JBM (2003) Microspore culture in rapeseed (*Brassica napus* L.) In: Maluszynski M, Kasha KJ, Forster BP Szarejko I (eds) Doubled Haploid Production in Crop Plants - A Manual. Kluwer, Dordrecht/Boston/London, pp 185-193.
9. Eul Tai Lee, Yong Bee Oh, and In Hu Choi. 2000. Effect of some factors on bulblets yeild from MS line in onion(*Allium cepa* L.). Kor. J. Hort. Sci. & Technol. 18(5).
10. Eun-Ju Lee, et al., Pyruvic Acid and Sugar Contents during Storage Duration in Onion (*Allium cepa* L.). Journal of Bio-Environment Control, 19(4):377-381, (2010).
11. Eun-Ju Lee and Jun-Kyu Suh. 양파의 부위에 따른 pyruvic acid 함량 Korean J. Food Preserv.Vol. 16, No. 1. pp. 82-86, February 2009.
12. Hansen M (2003) Protocol for microspore culture in Brassica. In: Maluszynski M, Kasha KJ, Forster BP Szarejko I (eds) Doubled Haploid Production in Crop Plants - A Manual. Kluwer, Dordrecht/Boston/London, pp 217-222
13. Hess. W. M. 1988. Assays for Determining Resistance and Susceptibility of Onion Cultivars to the Pink Root Disease. The American Phytopathological Society. Vol. 78, No. 1.
14. Hoa T., et al. 2012. Sequence-Based Genotyping for Marker Discovery and Co-Dominant Scoring in Germplasm and Populations. PLoS ONE 7(5):e37565. doi:10.1371/journal.pone. 0037565.
15. Jacquard C, Wojnarowicz G, Clement C (2003) Anther culture in barley. In: Maluszynski M, Kasha KJ, Forster BP Szarejko I (eds) Doubled Haploid Production in Crop Plants - A Manual. Kluwer, Dordrecht/Boston/London, pp 21-28.
16. Jaehyuk Park, 2013. Development of Functional Markers for Detection of Inactive

- DFR-A Alleles Responsible for Failure of Anthocyanin Production in Onions (*Allium cepa* L.). Korean Journal of Horticultural Science and Technology. Volume 31, Issue 1, 2013, pp.72-79.
17. Kim. Y. K. 2003. Pink Root of Onion Caused by *Pyrenochaeta terrestris* (syn. *Phoma terrestris*). Plant Pathol. J. 19(4) : 195-199 (2003).
 18. Martínez LE, Agüero CB, López ME, Galmarini CR (2000) Improvement of in vitro gynogenesis induction in onion (*Allium cepa* L.) using polyamines. Plant Sci 156:221-226.
 19. Musial K, Bohanec B, Przywara L (2001) Embryological study on gynogenesis in onion (*Allium cepa* L.) Sex plant Reprod 13:335-341.
 20. Raziq. F. 2008. Evaluation of fungicides for controlling downy mildew of onion under field conditions. Sarhad J. Agric. Vol. 24, No. 1.
 21. Saxena A. 2009. Screening of onion seedlings for resistance against new mexico isolates of *fusarium oxysporum* f. sp. *cepa*. Journal of Plant Pathology (2009), 91 (1), 199-202.
 22. Seon-Young Jeon et al., (2011) Analytical Method Validation of Quercetin in Changnyeong Onion Extract as a Functional Ingredient for Functional Health Food. J Korean Soc Food Sci Nutr 40(4), 565~569.
 23. Shela Gorinstein hanna et al., Comparison of the Main Bioactive Compounds and Antioxidant Activities in Garlic and White and Red Onions after Treatment Protocols. J. Agric. Food Chem. 2008, 56, 4418 - 4426.
 24. Sunggil Kim, et al., (2009) Identification of highly variable chloroplast sequences and development of cpDNA-based molecular markers that distinguish four cytoplasm types in radish (*Raphanus sativus* L.). Theoretical and Applied Genetics. Volume 119, Issue 1, pp 189 - 198.
 25. Sunggil Kim, et al., (2014) A codominant molecular marker in linkage disequilibrium with a restorer-of-fertility gene (*Ms*) and its application in reevaluation of inheritance of fertility restoration in onions. Molecular Breeding. Volume 34, Issue 3, pp 769 - 778.
 26. Tuveesson S, Dayteg C, Hagberg P, Manninen O, Tanhuanpää P, Tenhola-Roininen T, Kiviharju E, Weyen J, Förster J, Schondelmaier J, Lafferty J, Marn M, Fleck A (2007) Molecular markers and doubled haploids in European plant breeding programmes. Euphytica 158:305-312
 27. Tuveesson S, Von Post R, Ljungber A (2003) Wheat anther culture. In: Maluszynski M, Kasha KJ, Forster BP Szarejko I (eds) Doubled Haploid Production in Crop Plants - A Manual. Kluwer, Dordrecht/Boston/London, pp 71-76.
 28. XIANLI WU et al., Concentrations of Anthocyanins in Common Foods in the United States and Estimation of Normal Consumption. J. Agric. Food Chem. 2006, 54, 4069-4075
 29. 농촌진흥청 2014. 월드포커스 48호.

중
국

수
출
용

양
파

품
종

개
발

농
림
축
산
식
품
부

주 의

1. 이 보고서는 농림축산식품부에서 시행한 중국 수출용 양파 품종 개발 사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표할 때에는 반드시 농림축산식품부에서 시행한 중국 수출용 양파 품종 개발 사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니 됩니다.