

발 간 등 록 번 호

11-1543000-000015-01

보안과제(), 일반과제(○) 과제번호 : 212011-1

Golden Seed 프로젝트 품목별 상세기획 보고서(양파)
과제명 : 수입대체 및 수출용 양파 종자개발 세부연구계획
수립을 위한 상세기획

농협중묘센터

농 립 수 산 식 품 부 · 농 촌 진 흥 청 · 산 립 청

제 출 문

농림수산식품부장관 · 농촌진흥청장 · 산림청장 귀하

이 보고서를 “Golden Seed 프로젝트 품목별 상세기획” 과제의 보고서로 제출합니다.

2013 년 4 월 15 일

주관연구기관명 : 농협종묘센터

주관연구책임자 : 김 용 권

연 구 원 : 김 진 문

연 구 원 : 강 순 철

연 구 원 : 서 섭 현

연 구 원 : 성 은 성

연 구 원 : 박 성 우

연 구 원 : 이 강 조

연 구 원 : 이 영 석

위탁연구기관명 : 글로벌경영자문

위탁연구책임자 : 전 인 수

연 구 원 : 신 용 준

연 구 원 : 조 승 완

협동연구기관명 : (주)농우바이오

협동연구책임자 : 한 지 학

연 구 원 : 송 기 현

연 구 원 : 장 인 창

연 구 원 : 김 규 현

연 구 원 : 김 준 호

연 구 원 : 김 현 정

Golden Seed 프로젝트
품목별 상세기획 보고서

수입대체 및 수출용 양파 종자개발
세부연구계획 수립을 위한 상세기획 보고서

농협종묘센터
김 용 권

양파품목 상세기획보고서

과제명	국문	수입대체 및 수출용 양파 종자개발 세부 연구추진 계획수립을 위한 상세 계획		
	영문	<i>Detailed plan for details research design of exports and import substitution onion seed development.</i>		
주관 연구책임자	성명(한문)	김 용 권 (金 容 權)	전화번호	
	과학기술인번호		팩스번호	
	E-mail		휴 대 폰	
주관기관	기관명	농협종묘센터	기관구분	산(v), 학(), 연()
	담당 부서명	육종부	담 당 자	김 용 권
	주소	경기도 안성시 공도읍 정봉길		
총협약기간	2012. 10. 9. ~ 2013. 3. 8. (5 개월)			
상세계획 연구비	82,000 (천원)			

Golden Seed 프로젝트 사업단의 품목별 상세계획보고서를 붙임과 같이 제출합니다.

붙 임 : Golden Seed 프로젝트 사업단 상세계획보고서 1부.

2013 년 4 월 15일

주관연구책임자 : 김 용 권 (인)

주관연구기관장 : 강 호 성 (인)



농림수산식품부장관·농진청장·산림청장
농림수산식품기술기획평가원장 귀하

요 약 문

제1장. 개요

1. 상세기획 필요성

□ 세계 종자시장의 경쟁 심화

- 식물신품종에 대한 지적재산권 보호를 통해서 종자시장을 장악하려는 선진국들의 시도가 치열해지고 있고, 세계 각국이 종자산업을 새로운 성장동력으로 인식하고 발전시켜 가고 있음.
- 지적재산권 보호는 선-후진국간의 격차를 넓히고 유지하기 위한 선진국들의 매우 효과적인 수단이고, 식물신품종은 생명공학과 같은 첨단 과학기술과 지식 기반을 갖춘 선진국과 다국적 거대기업은 농업생산을 전방에서 좌우하는 종자산업에 대한 투자를 강화해 가고 있음.
- 인류가 기능성 물질을 19세기에는 주로 천연물질로부터 얻고자 했고, 20세기에는 석유화학 합성물질로부터 얻었으나, 21세기에는 석유자원의 한계와 합성물질에 의한 부작용 등으로 며, 다시 천연자원으로부터 얻으려는 노력이 강화됨으로써, 식물자원에 대한 보호와 관심이 갈수록 높아지고 있음.
- 우리 정부도 이에 적극적으로 대처하고, 신품종 육성과 같은 지식기반농업의 발전을 통해서 농업선진국으로 도약하기 위하여 GSP 사업을 추진하고 있음.

□ 양파와 그 종자의 중요성 증대

- 양파는 그의 생산과 소비가 세계적인 작물이고, 우리의 대표적인 월동 노지재배 작물임.
- 우리나라 국민 1인당 연간 양파소비량이 25.5kg으로 세계 평균의 4배가 넘고, 이에 소요되는 양파종자의 80% 이상을 수입에 의존함으로써, 연간 1,154만 US\$어치의 양파종자를 수입하고 있음.
- 그러나 양파는 2년 1세대의 타식성 작물로 육종기간이 매우 길고, 야생종이 아직 밝혀지지 않아서 유전자원을 확보하는 것이 어렵고, 육종 전문인력이 10명 내외에 불과하여, 민간 종자업체들의 현재 역량으로는 양파 육종을 기대하기 어려운 실정임.

2. 상세기획 내용

□ 세부기획 대상과제

- 양과중자의 수입의존도 80% 정도에 이르기 때문에, 선(先) 수입대체-후(後) 수출증대를 기본전략으로, 수입대체용 양과품종 개발을 위한 과제와 수출용 양과품종 개발을 위한 과제로 구성함.
- 수입대체를 위한 양과품종 개발은, 우리나라에서 재배면적이 가장 큰 ‘중만생종 품종개발’을 최우선과제로 하고, ‘조생종 품종개발’, ‘중생종 품종개발’, 그리고 이를 뒷받침하기 위한 ‘분자유종 기반구축 및 주요 형질관련 분자표지 개발’과 ‘종간교잡을 통한 내병성 형질발굴 및 계통선발’, ‘개발품종 국내보급’의 6개 과제를 우선적으로 추진하고, ‘기능성 품종개발’을 추가적인 과제로 선정하였음.
- 수출용 품종개발은, 우리나라와 인접하여 자연조건이 비슷하고, 세계 최대의 재배면적을 가지고 있는 중국시장을 겨냥한 ‘중국 수출용 품종개발’과, 우리 품종으로 시장개척이 상대적으로 유리할 것으로 판단되는 스페인을 비롯한 유럽지역을 목표로 한 ‘유럽 수출용 품종개발’의 2개 과제를 우선적으로 추진하고, 이를 뒷받침하기 위하여 ‘세포융합을 통한 융성불임 및 유지친 조합 개발’을 추가적인 과제로 선정하였음.

□ 과제수행 Framework

- 과제 수행은, 양과의 국내외 동향 및 환경분석, 목표설정 및 프로젝트 도출, 추진 방법과 전략, 세부과제 도출, 기대효과의 5개 영역으로 나누어 진행하였음.

국내외 동향 및 환경분석	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 양과 시장·기술·정책동향 분석 ▪ 기술수준과 연구 인프라 분석 ▪ 주요 이슈 및 전략방향 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 문헌자료 수집 및 분석 ▪ 특허검색 및 분석솔루션활용 ▪ 전문가 자문 및 현지조사
목표설정 및 프로젝트 도출	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 최종 및 단계별 목표설정 ▪ 프로젝트 구성 및 내용 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 국내외 동향 및 환경분석 결과 활용 ▪ 전문가 자문 활용
추진방법 및 추진전략	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 연구 추진체계 및 추진전략 ▪ 총괄 로드맵 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 브레인스토밍(분야별 조사) ▪ 세부 후보과제 도출 및 우선순위 결정
세부과제 도출 및 로드맵 작성	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 연구개발 필요성과 목표 ▪ 프로젝트 Micro 로드맵 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 프로젝트별 전문가 참여 ▪ 자문위원 총괄검토
기대효과	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 정책적 기대효과 ▪ 기술적 기대효과 ▪ 경제적 기대효과 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 분과위원 의견수렴 ▪ 연구진 및 자문가 의견수렴

제2장. 국내외 동향 및 환경 분석

1. 국내외 시장현황 및 전망

1). 양파산업의 동향과 전망

- 양파는 세계적인 작물로, 그의 생산(370만여 ha, 7,420만여 톤)과 교역 규모(23억 US\$)가 토마토, 수박, 고추 등과 함께 3대 채소작물이고, 국내에서도 고추, 마늘과 함께 3대 양념 채소일 뿐만이 아니라 매우 중요한 월동 노지재배 작물임.
- 중국의 양파재배면적은 세계에서 가장 넓은 100만 ha 수준으로, 중국 각지에서 황피(黃皮), 홍피(紅皮), 백피(白皮), 가공용 양파 등이 다양하게 생산되며, 양파의 중국내 소비가 빠르게 증가하고 있고, 특히 건강식품에 대한 인식이 확산되면서 양파즙과 같은 단순한 1차 가공식품이 소비되기 시작한 단계에 들어섬으로써, 양파 소비가 더욱 확대되고 생산도 그만큼 늘어나서 양파종자에 대한 수요도 더 커질 것으로 보임.
- 인도는 세계 양파생산량의 19%를 생산하여 중국(27%)과 함께 양파 2대 강국으로, 전국적으로 다양한 양파가 재배되고 있지만, Maharashtra주에서 가장 많이 재배하고 있고, 매운 맛이 강하고 저장성이 높은 품종을 우수한 상품으로 취급하고 있으며, 지난 12년간 양파 가격이 꾸준히 오르고 있어서 수요가 증가하고 있는 것으로 추정됨.
- 일본은 F1 품종의 비율이 50%에 이르러 품종갱신에서 가장 앞서가고 있음.
- 스페인은 양파 생산량의 80%를 수출하는 유럽의 양파공급국이고, 네덜란드는 양파종자 공급국의 지위를 유지하고 있음.
- 국내 양파는 2010년 이래 연간 2~2.2만여 ha에서 120~150만여 톤이 생산되고, 국민 1인당 연간소비량은 25.5kg으로 세계 평균(6.2kg)의 4배가 넘고, 특히 우리나라의 몇 안 되는 월동작물 중에서 매우 중요한 노지재배작물로 그의 의미가 매우 클 뿐만이 아니라, 최근 들어 양파에 함유된 기능성 물질에 대한 새로운 관심이 높아지고 있는 등, 우리에게 매우 중요한 농작물임에도 불구하고, 그의 종자를 대부분 수입에 의존하고 있음.
- 우리의 양파시장은 주로 저장용으로 재배되는 중만생종(88%)에 의하여 좌우되고 있으며, 종자 수요의 80%를 수입에 의존하고 있음.

2). 양파 종자산업의 동향과 전망

- 세계 양파종자 생산량은 연간 8,400여 톤에 이르고, 인도와 중국이 포함된 서남아시아가 3,000여 톤으로 가장 많고, 장일계가 90% 이상을 차지하고 있으며, 유럽의 선진국들과 중국, 일본, 한국 등은 F1 품종이 많이 재배되고, 적도 부근과 아프리카 국가들은 주로 재래종 품종이 재배되고 있음.
- 양파는 2년 1세대의 타식성 작물로 육종기간이 상대적으로 길고 까다롭기 때문에, 육종의 역사가 깊고, 육종기간을 단축할 수 있는 생명공학 기법을 갖춘 몇몇 업체들에 의해서 종자시장이 주도되고 있음
- 양파 소비량이 최근 수십 년간 꾸준히 증가하고 있고, 중국과 인도를 중심으로 재래종에서 F1 품종으로 바꾸고 있으며, 이들 국가가 F1 품종의 개발을 강화해가고 있으나. 당장은 F1 품종에서 앞선 다국적 기업과 일본 업체들이 시장을 선점해 나갈 것으로 예상됨.
- 양파종자의 kg당 평균가격은 200US\$로 알려져 있으나, 단일(short day)계가 300US\$/kg, 중일(intermediate day)계가 400US\$/kg 수준이지만, 종자소요량의 95% 이상을 차지하는 장일(long day)계가 200US\$/kg 수준이기 때문임.
- 우리나라의 양파종자 생산량은 연간 40여 톤에 불과하여, 연간 1,154만 US\$어치의 종자가 주로 일본으로부터 수입되고 있어서, 우리나라 채소류 종자 중에서 양파종자 수입을 위한 외화지출이 가장 많음.
- 우리나라의 양파종자 수요는 중만생종 품종이 80%를 차지(조생종 품종 20%)하고 있고, 중만생종은 85% 이상을, 조생종은 절반 이상을 수입에 의존하고 있으며, 이는 특히 특별한 경우가 아니면 양파를 수출하지 않고 있는 우리나라의 입장에서 보면, 국내소비를 위한 양파 재배에 필요한 종자의 대부분 수입에 의존하고 있는 구조임.
- 우리나라에서 양파 종자는, 일제(日帝) 이래로 오랫동안 일본 품종에 익숙해왔고, 2년 1세대 타식성 작물로 육종기간이 그만큼 길기 때문에, 오랫동안 민간의 자율적인 경쟁에 맡겨졌던 채소작물임에도 불구하고, 품종보호권 출원은 1997년 이래 2012년 12월 까지 39건에 불과한 반면에 품종생산·수입·판매신고는 1,135건에 이르는 등, 양파 육종에는 매우 소극적인 반면에 외국품종의 수입판매에 매우 적극적이어서, 지금도 양파 육종 전문 인력이 10여명에 불과한 극히 부진한 실정임.

2. 국내외 기술동향 분석

1) 육종기반 연구

- 양파는 다른 농작물들에 비해서 유전적 다양성이 매우 좁고, 재배종의 기원이 되는 야생종이 아직까지 발견되지 않고 있음.
- 양파육종의 출발점이자 소재인 양파(*Allium cepa* var. *cepa*)와 근연종의 유전자원을 수집-평가-보존-관리하는 기관은, 농촌진흥청 국립농업과학원의 농업유전자원정보센터와 양파 유전자원 관리기관으로 지정된 경남농업기술원의 양파연구소로, 농작물로 재배되는 양파 이외에 *A. fistulosum*(파), *A. porrum*(리크), *A. senescens*, *A. thunbergii*, *A. tuberosum* 등 *Allium*속의 유전자원도 보존·관리하고 있고, 농업유전자원정보센터는 세계 33개국에서 수집된 185점을 확보하고 있으며, 양파연구소는 34개국에서 수집한 926점을 보유하고 있으나, 이러한 유전자원이 신품종 육성에 널리 활용되기 위해서는 이들의 다양한 특성을 D/B화하고, 육종가들이 수시로 검색하고 분양받을 수 있어야 하지만, 10여 가지 주요 특성만 밝히고 있는 경우가 대부분으로, 예를 들면 양파 구의 색깔이 밝혀진 것이 58점(황색 51점, 적/자색 5점, 백색 2점 등)에 그치는 등, 매우 미진한 실정임.
- 또한 종자업체나 개인 육종가들이 보유하고 있는 유전자원은 밖으로 잘 알려지지 않지만, 유전적 다양성이 매우 빈약한 것으로 파악되고 있고, 특히 유전자원의 멸실 우려가 크고, 유전자원은 인류의 자원으로 널리 활용되어야 한다는 공공성이 있기 때문에 국가기관의 역할이 매우 중요함.
- 양파는 대부분의 *Allium*속 작물과 마찬가지로 8개의 기본 염색체를 가지고 있는 2년생 작물로 자식열세가 매우 심하여, 유전자 지도나 유전체 연구는 다른 농작물들에 비하여 상대적으로 뒤떨어져 있는 것으로 알려져 있음.

양파의 유전자지도 작성실적				
발표연도	유전자좌 수	분자표지 종류	유전자 지도 길이	인용문헌
1998	116	RFLP, RAPD	1,060 cM	King et al.(1998)
2000	262	AFLP	694 cM	van Heusden et al.(2000)
2005	234	ILP, SNP, SSR, RFLP	1,907 cM	Martin et al.(2005)
2012	1,776	ILP, SNP, SSR, RFLP, AFLP	Consensus map of multiple maps	McCallum et al.(2012)

2) 육종기술

□ 양파의 주요 육종형질

- 양파는 중앙아시아에서 순화된 이후 전 세계로 퍼져나가 각 지역에 맞게 적응되면서 다양한 품종 간의 변이가 만들어졌으며, 이러한 변이들 중에서 육종에 활용되는 중요한 형질들은, 형태적 특성(잎, 구, 꽃의 형태)과 병저항성이 있음.

양파의 주요 육종형질	
식물조직	주요 형질
잎	색깔, 길이, 입성(erectness)
구 (bulb)	구피두께, 성장점 숫자, 경도, 건물중, 당도, 매운맛, 저장력, 구피색, 구형, 구비대에 필요한 일장요구도
꽃	화경(scape)의 길이, 개화시기, bolting에 필요한 저온요구도

- 구의 매운 맛은, 양파를 주로 샐러드로 소비하는 미국과 유럽국가에서 매우 중요한 형질로, ‘덜 매운 양파’의 육종에 많은 노력을 기울이고 있고, 양파에 자주 발생하는 노균병과 흑색썩음균핵병 저항성에 대한 관심이 높아지고 있음.
- 양파는, 구 비대가 시작되는 시점까지 필요한 최소일장(minimum day-length)에 따라서, 단일계(short-day, 최소일장 11-12시간), 중일계(intermediate-day, 13-14시간)형, 장일계(long-day, 16시간 이상)로 나누며, 이에 따라서 일장이 연중 12시간으로 일정한 고위도에 위치한 동남아시아 등지에서는 단일계 품종이, 우리나라와 같이 중위도에 위치하여 가을에 파종하여 월동 후에 구 비대가 시작되어 늦은 봄이나 초여름에 수확하는 지역은 중일계 품종이, 인도와 같이 봄에 파종하여 구비대가 늦여름에 되어 초가을에 수확할 수 있는 고위도 지역에서는 장일계 품종이 재배되는 특성을 가지고 있음

□ 일대잡종(F1)

- 양파는 자가불화합성이 없고 1개의 화구(umbel)에 많게는 1000여개의 꽃이 피고, 각 꽃들은 2-4주에 걸쳐 순차적으로 개화하므로 물리적 제움에 의한 F1 종자의 생산은 불가능에 가깝기 때문에, 양파의 웅성불임성(Male-sterility)을 이용하는 것이 유일함.
 - 양파 웅성불임은 1925년 Dr. Jones가 Italian Red라는 품종에서 처음 발견한 CMS-S로서, 1개의 회복유전자가 CMS-S 세포질에 의해서 발생한 웅성불임을 가임으로 회복시켜주는 것으로 보고되었고(Jones and Emsweller 1936), 1965년에 Berninger에 의해서 CMS-S와는 회복유전양상이 다른 새로운 웅성불임인 CMS-T가 보고된 바(Berninger

1965; Schweisguth 1973), CMS-T는 임성회복이 3개의 독립된 회복유전자에 의해서 일어나고 웅성불임 또한 환경에 따라서 약간 불안정하다는 단점이 보고된 바 있음 (Havey 2000).

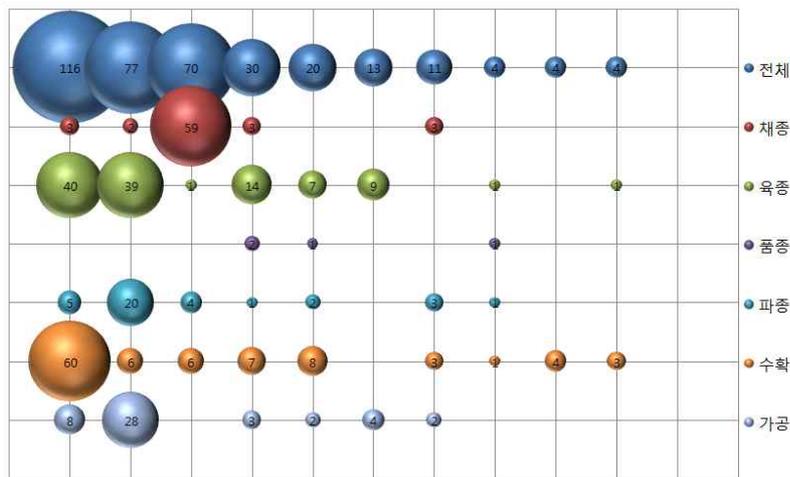
- 양과는 2년생 작물이므로 임성조사 및 자식검정을 통해서 웅성불임의 종류를 판별하는데 4~8년이 소요되어 교배종 개발에 가장 큰 장애요인이 되고 있기 때문에, 웅성불임의 종류를 쉽게 단기간 내에 판별할 수 있는 분자표지를 개발하려는 노력들이 꾸준히 이루어져 왔고(Havey 1995; Sato 1998; Engelke et al. 2003; Kim et al. 2009), 특히 전남대 김성길 교수 연구팀에서 단 한번의 PCR로 정상 및 2종류의 세포질을 판별할 수 있는 분자표지를 개발하여 웅성불임 종류를 판별하는 정확도와 효율을 높인 바가 있음.
- 양과의 웅성불임성을 이용한 F1(일대잡종) 품종의 개발을 위해서는, 웅성불임친과 유지친, 화분친을 각각 육성해야 하기 때문에 많은 시간과 노력이 필요하고, 특히 자식열세가 심하여 웅성불임친을 유지하는 과정에서 순계유지에 매우 많은 노력이 소요되어, 반수체로부터 완전한 배수체를 유도할 수 있는 기술과 웅성불임 계통의 식물체를 대량으로 증식할 수 있는 기술에 대한 요구가 매우 크며, 양과의 조직배양 기술은 반수체 육성을 통한 조기 고정세대 육성을 위한 배양과 웅성불임 모계통의 대량 증식을 위한 배양에 활용되는 중요한 기술임.
- 양과는 조직배양에서 재분화가 잘 되지 않고, 반수체 배양도 다른 작물에 일반적으로 이용되는 약배양이나 소포자배양도 아직은 성공한 사례가 없으나, 자방을 배양하면 유기율이 비록 낮기는 하지만 반수체가 유기되기 때문에 반수체 배양은 양과 육종에 매우 유용한 방법이 아닐 수 없음.
- 자방 배양은 개화 전의 꽃을 Sucrose 농도가 10%로 높은 배지에 치상하면 배지 위에서 자방의 비대가 일어나고, 배양 후 약 100일에서 200일 사이에 비대해진 자방을 뚫고 반수체가 자라나오게 되며, 유기된 반수체는 colchicine처리에 의한 염색체 배가가 쉽지 않고 일반적으로 spontaneous하게 염색체 배가가 일어나므로(Bohanec et al. 1995), 자식열세현상이 매우 강하고 한세대가 2년으로 긴 양과의 우수한 순계를 단기간 안에 확보하기 위해서는 반수체 배양이 매우 유용하기 때문에, 반수체 유기의 효율을 높이기 위한 연구가 매우 절실함.
- 양과 유전체의 크기가 매우 크기 때문에 전체 염기서열을 확보하는 것은 어렵지만, 양과 유전체의 BAC library를 일본의 Suzuki 연구그룹에서 작성한 바, BAC library는 48,000개의 clone으로 이루어져 양과 genome coverage가 0.3x 로 제작된 사례가 있음(Suzuki et al. 2001).
- 이렇게 제작된 BAC library에서 2개의 BAC clone을 sequencing하였는데 염기서열은 AT-rich(64.8%)하였고, 많은 수의 retroviral element와 transposon으로 이루어져 있음을 밝혔고, 460개의 BAC clone을 무작위로 선발하여 end-sequencing을 한 결과 오직

3개의 clone에서만 유전자가 탐색되었다고 밝히고 있음.

- 아울러 BAC end sequence 또한 AT-rich(63.4%)했으며 유전자의 빈도는 분석한 50만 base-pair에 한해서 168kb 당 1개의 유전자가 존재하여 지금까지 보고된 것 중 가장 낮은 빈도를 보였으며(Jakse et al. 2008), 이는 크기가 매우 큰 양과의 유전체가 대부분 retrotransposon과 같은 repetitive sequence로 이루어져 있다는 사실을 보여 줌.
 - 양과의 형질전환체 개발은, 내염성과 매운 맛을 크게 줄인 유전체가 2007년과 2008년에 만들어진 정도에 그치고 있음.
- 양과는 유전적 다양성이 매우 좁고, 재배종의 기원이 되는 야생종이 아직까지 발견되지 않고 있으며, 특히 노균병, 흑색썩음균핵병, 잎마름병 등과 같이 양과에서 주로 발생하는 병에 대한 저항성을 가진 유전자원을 발견하기 어렵기 때문에, *A. fistulosum*, *A. roylei*, *A. galanthum*과 같은 근연종으로부터 내병성 유용자원을 얻으려는 연구가 20세기 초부터 유럽에서 시작되었으며, *A. roylei*는 양과와 비교적 교배가 잘 되고, 노균병, 흑색썩음균핵병, 잎마름병, 탄저병, 그리고 총체벌레에 대한 저항성도 가지고 있어서, 유럽에서는 양과와의 중간교잡을 통한 노균병 저항성 품종이 개발되어 최근 출시되었으나, 국내 연구는 전무한 것으로 파악되고 있음.

3). 특허출원 및 논문 동향분석

- 2012년까지 최근 10년간의 양과관련 특허를 국가별 및 기술별로 살펴보면, 아래 그림에서 보는 바와 같이, 일본이 116건으로 가장 많고, 중국이 77건, 러시아가 70건 등의 순임.
- 일본은 양과 수확 및 육종 분야에 대한 특허 점유율이 높게 나타났으며, 중국은 육종, 가공, 파종 분야의 순으로 나타났으며, 러시아는 채종분야, 미국은 육종 분야, 한국은 육종과 수확 분야의 순으로 조사됨.



국가별 및 분야별 특허출원 현황

- 양과 육종분야 논문은, 전체 양과관련 논문의 74%로 압도적인 비중을 차지하고, 그 뒤를 이어 가공(10%), 채종(9%) 등의 순으로 나타남.
- 육종분야 연구 중에서는, 분자표지 연구논문이 가장 많은 30%를 차지하고, 그 뒤를 이어서 유전자 및 단백질의 기능연구(23%), 병리(13%), 재배방법(11%), 유전자변이(8%), 교잡(7%), 수분(5%), 용성불임(3%) 등의 순으로 조사되었음.

3. 국내외 정책동향 분석

1). 세계 종자시장과 종자전쟁

- 식물신품종에 대한 지적재산권 보호를 통해서 종자시장을 장악하려는 경쟁이 갈수록 치열해지는 ‘종자전쟁’이 진행되고 있고, 이는 세계 각국이 종자산업을 ‘새로운 성장동력’으로 인식하도록 하고 있음.
- 특히 WTO와 FTA 등에서, 지식기반에서 앞선 선진국들은 중진국들의 추격을 어렵게 하기 위하여 전분야에 대한 지적재산권 보호를 꾸준히 강화하고 또 강요해오고 있으며, 신품종에 대한 품종권 보호를 강화함으로써, 선진국들은 후진국과의 격차를 더 벌리고 유지하려는 노력을 강화해가고 있고, 우리나라는 UPOV 회원국으로, 현재 모든 작물에 대한 품종권(지적재산권)을 보호해주어야 함.
- 또한 유전공학 등의 과학기술의 발달로, 의도한 신품종 육성의 실패 위험이 크게 낮아지게 됨으로써, 유전공학 기술에 필요한 고가의 설비와 장치를 갖출 수 있는 자본력을 가진 대기업과 다국적 기업의 종자시장 점유율은 갈수록 확대되고 있음(10대 다국적 기업의 세계종자시장 점유율 : 14%(1996)→49%(2004)→67%(2007)→73%(2009))
- 세계 양과종자시장의 규모는 약 44억 US\$에 이르고, 장일계 품종이 그의 대부분인 93.3%를 차지하는 것으로 추정되고 있으며, 국내 양과종자 생산량은 연간 40여 톤에 불과하여, 매년 1,154만 US\$어치의 양과종자를 수입하고 있음.
- 우리 정부는 세계 수준의 종자 개발을 지원하는 첨단 육종지원 서비스 및 전문 인력 양성 프로그램 등을 제공하여 종자수출을 선도하는 글로벌 기업을 육성하기 위해 전북 김제에 「민간육종연구단지」를 조성 중에 있으며, 이와 더불어 민간 육종 분야의 글로벌 경쟁력 향상과 종자수출 확대를 위한 R&D 분야의 투자확대 등을 내용으로 한 Golden Seed Project 사업 등을 통해서 획기적인 지원에 나서고 있음.

2) 주요 국가의 정책동향

- 중국의 양파 재배면적은 세계에서 가장 넓은 100만여 ha이고, 재배품종도 황피, 홍피, 백피, 가공용 양파 외에도 내수를 위한 소형계 황피 및 홍피, 샐릿도 생산되며, 지역별로 장일계와 단일계, 중일계 등이 모두 재배되고 있어서 ‘양파강국’이라고 말할 수 있을 것임.
- 중국은 경제성장과 건강식품(고혈압 등)에 대한 수요증가로, 수출뿐 아니라 중국내 소비가 빠르게 성장하고 있으며, 수출은 주로 저장용이 일본과 한국에, 가공용은 주로 미국에 수출되고 있어서, 중국의 양파 종자시장은 상당한 폭으로 확대될 것으로 전망됨.
 - 이에 대비하여 중국정부는 양파의 육종, 가공, 파종, 수확, 채종 등의 전분야에 걸쳐서 연구개발을 강화하고 있는 바, 최근 10년간 세계적인 학술지에 게재된 양파육종에 대한 논문은 10편으로, 일본의 15편, 인도의 12편에 이어서 3위에 위치하며, 지난 2012년까지 등록된 양파와 관련된 특허는 육종부문 39건, 가공부문 28건, 파종 20건, 수확 6건, 채종 3건 등, 모두 96건으로 일본의 116건에 이어 2위에 위치하는 등, 이미 상당한 성과를 거두고 있는 것으로 보임.
- 2000년 12월 1일부터 시행된 종자법에 의하여, 국가자원(유전자원) 보호제도, 품종심사제도, 신품종보호제도, 종자생산경영허가제도, 종자상표제도, 종자검역제도, 유전자변형식물 안전평가제도 등을 도입하여 시행중에 있음.
 - 특히 종자생산경영허가제도는 ‘주요 농작물 종자, 상품종자, 유전자변형종자의 생산과 경영에 대하여 ’경영허가증‘을 받도록 한 제도로써, 종자 수출입업무에 종사하는 회사, 종자 육성, 생산, 경영이 결합된 자본금 1억원 이상인 회사가 대상이고, ’기타 농작물 종자경영허가증‘은 경영자 소재지의 현금 이상의 지방정부로부터 받아야 하도록 규정하고 있음.
 - 또한 중국내 교잡종 종자의 유통을 위해서는 5단계의 허가를 받아야 하는 바, 각 단계를 통과하지 못하여 다시 진행하게 되면 1년씩 기간이 연장되는 결과를 가져옴.
- 양파 재배면적이 중국에 이어 두 번째로 큰 인도에서도 전역에서 양파가 재배되고 있고, 기후가 다양하여 지역에 따라서 양파를 재배하는 시기와 횟수가 다르고, 대표적인 주산지인 Maharashtra주 지역에서는 연간 3차례나 파종이 가능함.
- 인도의 양파소비는 지난 10년간 양파가격이 4배나 오르는 등, 인도의 양파소비가 꾸준히 증가하고 있고, 특히 맵지 않은 저장양파의 미국, 영국, 일본 등지로의 꾸준한 수출을 확대해가기 위하여 양파에 대한 연구가 매우 활발함.
- 2012년까지 최근 10년간 세계적인 학술지에 발표된 양파 육종과 관련된 논문이 12편으로, 일본(15편)의 뒤를 이은 2위에 있으나, 특허출원 실적은 미미한 것으로 조사되었음.

- 인도의 종자수입은 1966년에 제정된 종자법에 따라서, 검역소의 수입허가, 수출국의 식물위생증명서, 수입항구에서의 탁송물 검사, 수입항구 검역소의 전생육검사를 거쳐서 허용되고 있음.
- 일본의 양파 육종은 장기간에 걸쳐서 발전해 왔고, Takii와 같은 민간종자업체에 의하여 주도되고 있으며, 이미 교배종이 절반 이상을 차지하고 있고, 조생종과 중만생종이 두루 재배되고 있으며, 북해도는 봄 파종, 그 외의 지역에서는 월동재배를 하고 있음.
- 일본은 모두 116건에 이르는 양파와 관련된 특허(수확 60건, 육종 40건, 가공 8건, 파종 5건, 채종 3건)를 가지고 있고, 세계적인 학술지에 게재된 육종과 관련된 논문이 최근 10년간 15편으로 가장 많으며, 민간기업들의 육종분야 특허출원이 두드러지는 바, ISEKI & amp CO LTD가 18건, Matsuyama Plow MFG CO LTD가 13건, Mitsubishi Agricult Mach CO LTD가 8건, Chiyoda Kiko KK가 6건, Seireiind CO LTD가 5건 등으로 조사되었음.
- 유럽 지역은 매운 맛이 덜한 감미계 양파가 주로 재배되고, 프랑스 북부지방에서는 황피계와 백피계를, 스페인에서는 백피계가 주로 재배되지만, 내수는 20%에 그치고 80% 가량을 수출하고 있으며, 네델란드는 생산량의 90%를 수출하고 있음.
- 유럽은 기술력이 앞선 네델란드와, 기후와 인건비 등에서 상대적으로 유리한 스페인은 양파 수출국이고, 영국, 독일, 벨기에, 프랑스 등은 양파 수입국임.
- 유럽의 양파육종은 네델란드가 가장 활발하고, 육종분야 특허 출원은 Seminis Vegetable Seeds INC., Nickerson Zwaan B.V., Stine Seed Farm INC., Leo Franca, Coumet B.V. 등과 같은 민간기업이 주도적인 역할을 하고 있음.

4. 기술수준 및 연구개발 인프라

1). 국내 양과 육종실적

- 양과가 국내에 처음 소개된 것은 20세기 초로 여겨지며, 일제 치하인 1930년대에 경남 창녕과 전남 무안지역에서 처음 재배된 것으로 알려져 있고, 1924년 경남도 종묘장에서 적옥총, 황옥총, 백옥총 등의 3품종을 도입하여 비교·시험하였고, 1940년대 이전에 일본으로부터 천주황 종자를 도입하여 소규모로 재배하기 시작한 것으로 전해지고 있음.
- 1956년 원예시험장에서 도입품종들의 선발시험과 동시에 우수한 천주황 계통을 분리·육성하여 민간종묘상에 원원종으로 분양하여 천주황 종자의 생산체계를 세웠고, 1953년 양과 응성불임 개체를 발견하여 양과 F1 품종육성을 시작한 이래, 1958년에 모계선발법을 통해서 처음으로 춘과양과 육성계통 76080을 선발하여 ‘대관령1호’로 명명하여 보급함.
- 1959년 원예시험장에서 ‘천주황’ 품종을 분리하여 얻은 응성불임계통을 이용하여 ‘원예1호’와 ‘원예2호’를 육성했고, 1960년대 이후에는 이들의 양친을 이용하여 F1종자 및 품종육성을 계속해왔으나, 종묘관리법의 제정으로 정부는 원예작물 종자의 관리만을 담당하게 됨에 따라서, 양과의 유전자원과 육성계통들이 민간 종묘회사로 이관되어 민간업체에 의한 품종개발이 계속되었음.
- 그러나 1997년의 외환위기로 국내 종묘회사들이 다국적 및 외국 기업들에 인수·합병됨으로써 그동안 축적되어 왔던 육종기반이 현저하게 약화되어 오늘에 이르고 있음.
- 하지만, 양과 육종에 대한 기초기술과 응용연구를 계속해온 농촌진흥청의 식량과학원(바이오에너지작물센터)에서 ‘맵시황’ 등 8개 품종과 교배종 품종의 중간모본 ‘원예30001’ 등 응성불임 7개 계통을 육성하였으며, 식량원 고령지 농업연구센터에서는 장일형 품종인 ‘대관황’(2007)과 응성불임계통 중간모본 ‘원예30007’(2010)을 육성하였고, 경남농업기술원(양과연구소)에서는 ‘오월동이’ 등 4개 품종을, 제주농업기술원에서는 제주지역에 적합한 ‘싱싱불’을 육성·보급하고 있는 등, 나름의 성과를 내놓고 있음.

2). 국내 양과육종 기술수준

- 양과의 유전자 지도는, 1998년에 116개의 유전자좌로 작성된 것을 시작으로, 2000년과 2005년, 그리고 2012년에는 1,776개의 유전자좌로 구성된 보다 발전된 유전자지도가 만들어졌으나, 우리나라는 이에 동참하지 못하고 있음.
- 2년생 작물인 양과는 응성불임을 판별하는데만 4년 이상이 소요되기 때문에, 응성불임의 종류를 쉽게 단기간 내에 판별할 수 있는 분자표지를 개발하려는 노력들이 꾸준히 이루어

져 왔고, 전남대학의 김성길 교수 연구팀에서 단 한번의 PCR로 정상 및 2종류의 세포질을 판별할 수 있는 분자표지를 개발한 바가 있으나(2009), 보다 신뢰성 있는 선발을 위해서는 여전히 보다 근접한 분자표지 개발이 필요함.

- 또한 자식검정을 통한 유전자형 확인에는 수많은 검정교배 자식세대를 포장에서 키워야 하므로 많은 공간과 노력이 소요되기 때문에 ‘회복유전자 선별용 분자표지’는 F1품종 육종에서 가장 중요한 도구이며, 회복유전자 분자표지는 2002년과 2005년에 이어서 2011년에 대량 육종계통에 활용할 수 있는 simple PCR marker가 개발된 바가 있음.
- 옹성불임성을 이용한 F1(일대잡종) 품종의 개발을 위하여 옹성불임친과 유지친, 화분친을 육성하고, 순계유지를 위한 양과의 조직배양 기술은, 1984년에 ‘천주황’ 품종의 제1, 2, 3, 4절편 상부와 생장점 배양을 통해서 ‘양과의 부위별 캘러스 유기에 필요한 생장조절제의 첨가에 관한 연구(박규찬)’가 국내에서 처음으로 행해진 이래, ‘양과의 재분화 및 기내 대량증식에 관한 연구(정해봉, 박규찬, 1997)’를 통해서 일시에 많은 식물체를 만들어내는 방법을 ‘창녕대고’, ‘황보석’, ‘삼다’ 등의 품종에 활용한 바가 있고, 2005년에는 추과종 양과(short-day type)와 춘과종 양과(long-day type)의 주요 품종들을 대상으로, 체세포배 발생 캘러스 유도 후 현탁배양을 통해서 재분화 능력을 비교한 연구결과가 발표되기도 하였음(조광수 등).
- 양과 반수체 배양에 대한 국내 최초의 연구는 1996년에 정해봉 등(1996)에 의하여 시작되었고, 1998년에는 미성숙 화뢰배양 조건을 식물체 재분화 및 기내 대량 부정아 유기 조건, 소화의 치상 적기 등을 규명했으며, 2000년에는 미성숙 화뢰배양으로 유기된 반수성 식물체를 순화온실에서 자연배가현상을 확인한 다음 모구로 재배한 뒤 채종한 종자를 파종하여 정상적인 식물체와 비교한 결과가 발표되었음(정해봉, 조광수).
- 양과의 형질전환체 개발은 내염성과 매운 맛을 크게 줄인 유전체를 2007년과 2008년에 만든 바가 있을 뿐이어서 세계적으로 많은 전문가들이 다양한 연구를 진행하고 있는 것으로 알려지고 있는데, 양과는 유전적 다양성이 매우 좁고 야생종이 아직 발견되지 않고 있으며, 병에 대한 저항성을 가진 유전자원을 발견하기 어렵기 때문에, *A. fistulosum*, *A. roylei*, *A. galanthum*과 같은 근연종으로부터 내병성 유용자원을 얻으려는 연구가 20세기 초부터 유럽에서 시작되었고, *A. roylei*는 양과와 비교적 교배가 잘 되고, 노균병, 흑색썩음균핵병, 잎마름병, 탄저병, 그리고 총채벌레에 대한 저항성도 가지고 있어서, 유럽에서는 양과와의 종간교잡을 통한 노균병 저항성 품종이 개발되어 최근 출시되었으나, 국내 연구는 전무한 것으로 파악됨.
- 구피색에 대한 유전연구는 세계적으로 1967년에 처음 시도되었지만, 2004년과 2005년에 전남대학교의 김성길 팀이 구피색을 달리하는 유전자형을 식별할 수 있는 분자표지를 개발했고, 2009년에는 국내의 황색 품종이 미국의 황색 품종과 다른 형태의 돌연변이를 가지고 있음을 확인했으며, 국내 황색 품종은 DFR유전자에 pre-mature stop codon이 있는 변이형과 DFR유전자 전체가 결실된 돌연변이 형태가 주류를 이루고 있음을 밝힌 바 있음.

□ 이와 같이, 국내의 양과 육종기술수준은 선진국에 비해 유전자원의 다양성과 육종기술에 대한 연구개발 등의 측면에서 상대적으로 크게 빈약한 편이나 최근 분자생물학적인 기법을 도입하여 육성계통에 대한 융성불임관련 세포질의 판별이나 유전자원에 대한 분석기법 도입 등을 통해서 단기간에 융성불임계통을 육성할 수 있는 등, 비록 연구의 폭과 층이 빈약한 편이긴 하지만, 중진국 수준에 이른 것으로 평가될 수 있기 때문에, 보다 우수한 연구환경을 조성해 나감으로써 ‘양과강국’으로의 도약을 도모하여야 할 것임.

5. 주요 이슈 및 전략방향

1). 주요 이슈

강점(Strength)	약점(Weakness)
○ Golden Seed Project 등 정부 지원 확대	○ 국내 육종 인력 태부족 ○ 민간 종자회사의 투자 부족 ○ 낙후된 분자유종 기술 ○ 국내에서 육성되는 품종공급국가 및 지역 제한적임.
기회(Opportunity)	위협(Threat)
○ 중국, 인도 등 신흥 종자시장의 성장 ○ 고정종이 우점하는 시장에 기술집약적 F1품종 점유 확대	○ 다국적 종자기업의 품종 육종관련 핵심기술에 대한 특허 장벽 ○ 각국의 핵심 유전자원 해외 반출 제한 ○ 신흥국의 자국 종자시장 보호제도 증가

2). 전략방향

SO전략	WO전략
○ 확대된 정부지원을 바탕으로 기술 집약적인 F1품종 개발 등 R&D 투자 확대 ○ 정부과제를 매개로 국내 육종 기술 및 유통 네트워크 구축	○ 국내 뿐만 아니라 해외 시장 개척에 적합한 육종 인력 양성 ○ 고부가가치 F1품종 육종에 필요한 시장을 선도할 수 있는 육종기반 기술 구축 ○ 현지 육종을 통한 수출지역 확대
ST전략	WT전략
○ 규모가 취약한 국내 종자회사에서 실행하기 어려운 중장기 기술개발에 대한 정부지원 확대 ○ 국가 연구소 중심으로 체계적인 유전자원 수집과 특성조사 및 민간 종자회사에 분양하는 일괄 시스템 구축	○ 낙후된 분자유종시스템 구축 및 인력 양성에 집중 투자 ○ 노균병 저항성 품종과 같이 고부가가치 품종 개발을 통한 기반연구와 현장육종 간의 효율적인 협력모델 개발

제3장. 목표 설정 및 프로젝트 도출

1. 목표 설정

□ 2021년 국산 종자자급률 20%에서 50%로 향상, 해외 종자수출 400만\$ 달성

프로젝트명	최종목표	목표시장 및 타겟품종
수입대체용 양과 품종개발	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 수입대체용 20개 개발 ▪ 국산종자 자급률 50%이상 달성 ▪ 웅성불임 유전자 분자표지 개발 ▪ 여교배 세대단축기술(MAB)개발 ▪ 순도검정용 분자마커 개발 	목표시장 : 국내 타겟형질 : 내병성, 기능성
중국·유럽 수출용 품종개발	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 수출용 품종 8개 개발 ▪ 수출액 400만\$ 달성 ▪ 세포융합 웅성불임 계통육성 	목표시장 : 중국, 유럽 타겟형질 : 단일계 조생종

□ 연차별 목표

연차별	주요 목표
1년차 (2013)	-유용 양과 및 근연종 유전자원 수집 -우수 계통 선발을 위한 교배를 통한 유전적 다양성 확대 -주요 형질 관련 분자표지 정보 수집 및 신뢰성 분석 -작형별 및 타겟시장별 목표 품종 특성 정의
2년차 (2014)	-수집된 유용 유전자원의 특성 평가 실시 -종내 및 종간 교잡 실시를 통한 다양한 계통 선발 -표준 유전자지도를 기반으로 원종 및 F1 순도검정용 분자표지 개발
3년차 (2015)	-내병성 유전자원 선발을 위한 병저항성 검정법 수립 -유용 유전자원으로부터 우수 계통 분리 -웅성불임 임성회복 유전자 선발용 분자표지 개발 및 선발법 확립 -민간 종자회사가 보유한 주요 육종계통에 대한 웅성불임 세포질 및 회복유전자 유전자형 분석 및 DB 구축 -우수 F1 품종 개발을 위한 다양한 조합작성 및 조합능력검정 실시
4년차 (2016)	-선발된 내병성 및 우수 유전자원의 특성을 우수계통에 도입 -노균병 저항성 계통 선발을 위한 병검정법 및 분자표지 개발 -표준 유전자지도를 기반으로 작형별 및 민간업체별 최적의 MAB시스템 선발 전략 수립 -분자표지를 이용한 원종 및 F1순도 검정법 확립 -병저항성 계통 육성을 위한 중간교잡 후대집단 육성 -다양한 F1 조합작성, 조합능력검정 실시 및 지역적응성 시험 실시

5년차 (2017)	-종간교잡 분리세대를 이용한 Introgression line 육성을 위한 여교배 실시 -MAB시스템을 이용한 노균병 저항성 계통 선발 -분자표지 대량 검정을 위한 high-throughput 분석 시스템 구축 -우수 F1 조합 지역 적응성 검정 및 우수 품종 출시
6년차 (2018)	-표준 유전자지도를 기반으로 한 주요 형질 연관 분자표지에 대한 주요 육종 계통 DB구축 -옹성불임 임성 회복유전자 분리 및 이를 기반으로 정확도 100%인 functional marker 개발 -주요 작형별 수입대체 주요 품종 출시 및 홍보
7년차 (2019)	-MAB시스템을 이용한 노균병 저항성 계통 개발 및 조합능력 검정 실시 -표준 유전자지도를 활용한 매운맛 등 기능성 형질에 대한 QTL 분석 실시 -주요 작형별 수입대체품종에 대한 홍보활동을 통한 국산품종 점유율 확대
8년차 (2020)	-종간교배를 통한 Introgression line 육성 및 주요병 저항성 계통 선발 및 보급 -노균병 저항성 품종 출시 -수입대체 주력 F1품종 출시 및 시장 점유율 확대
9년차 (2021)	-우수 신품종 조기출시를 위한 분자육종시스템 구축 완료 및 민간과 연구소간의 협력체계 구축 -수입대체용 우수 F1품종 보호출원 및 확대보급을 위한 홍보활동 강화 -새로운 수출시장 개척을 위한 다양한 품종 개발 및 현지 보급 확대

□ 단계별 목표

1단계 국산종자 비율 : 20%→30%, 수출목표 80만\$	2단계 국산종자 비율 : 30%→50%, 수출목표 400만\$
<ul style="list-style-type: none"> ▪ 유전자원 수집 및 특성조사 ▪ 옹성불임 유지계 및 화분친 육성 ▪ 기능성 고탍유 계통선발 ▪ 세대 단축기술 기반 구축 ▪ 옹성불임 회복 유전자 초정밀 지도 작성 ▪ 구피색, 노균병 저항성 MAB마커선발 ▪ 노균병 저항성 계통수집 및 여교배 실시 ▪ 순도검정 적합한 분자표지 선발 및 계통 D/B구축 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 우수 교배조합 선발 ▪ 육성계통의 기능성 성분분석 ▪ 선발조합 생산력 및 지역적응성 시험 검정 ▪ 품종개발 ▪ 육성품종해외 연락시험 및 수출 ▪ MAB시스템을 이용한 노균병 저항성계통 선발 ▪ 양과 유전체정보 기반 옹성불임 임성회복 유전자 분리 ▪ 분자표지 이용한 F1품종 순도검정 시스템 구축

2. 프로젝트 도출배경

- “2021년 국산 종자자급률 20%에서 50%로 향상, 해외 종자수출 400만 달러 달성”을 목적으로 6개 프로젝트를 도출함.

- 수입대체용 작기별 양과품종 개발
 - 국내 양과 종자의 70%이상이 일본 수입종자에 의존하고 있으며, 육성 품종 보급에 따른 생산비 절감 및 외화유출 경감을 위해 양과 품종육성에 대한 요구 증대
 - 연작과 환경변화에 따른 환경적응성 및 내병성 육종소재 개발 및 품종육성이 시급함.
 - 조생종 품종은 내한성이 요구되며, 중생 및 중만생종은 저장성이 좋고 순도가 균일한 고구형의 양과 및 내병성이 요구되고 있음.

- 중국 수출용 양과품종 개발
 - 중국은 세계 최대의 양과생산 국가이면서 종자 자급률이 취약하여 중국과 가장 인접해 있고 중일계 및 단일계 양과 재배·육성이 가능한 한국이 시장공략의 강점을 가지고 있어 중국 수출용 양과 품종개발이 필요함.
 - 현재 우리나라에서 육성한 중일계 및 단일계 품종이 접근할 수 있는 지역은 중국 산둥성 지역으로 국내에서 품종육성하여 수출 가능함.

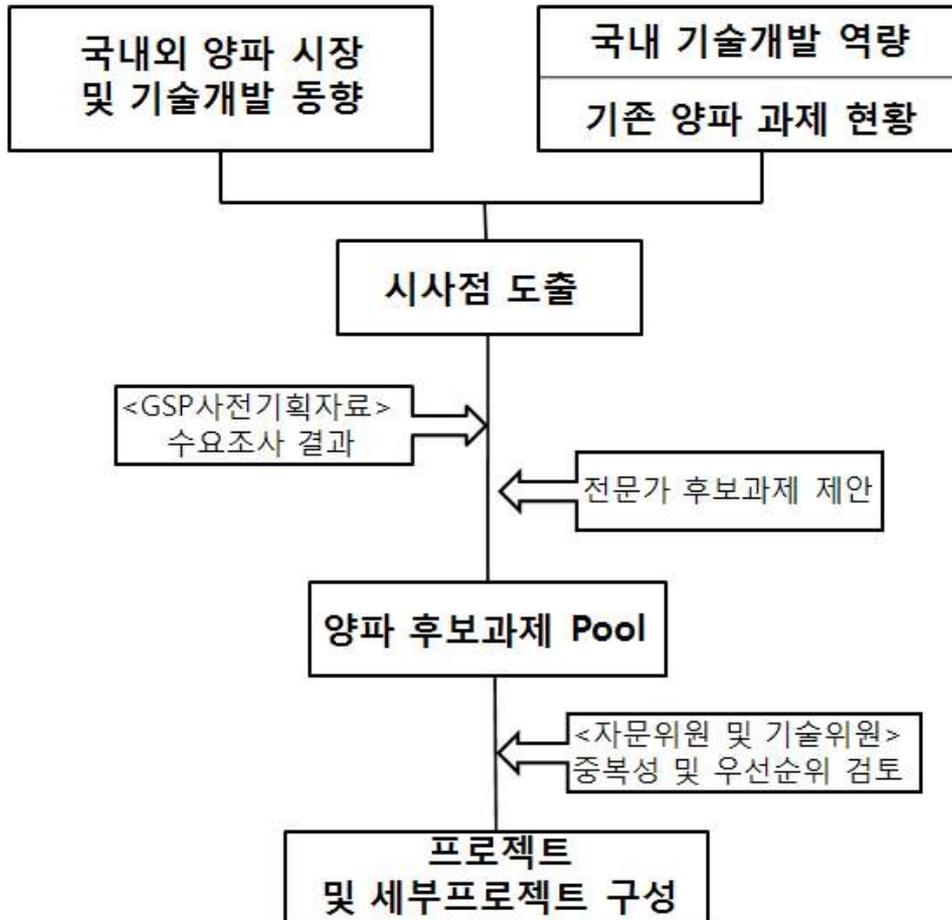
- 유럽 수출용 양과 품종개발
 - 유럽의 양과재배는 저장성에 대한 요구가 크고, 우리나라나 일본계 품종과 유사한 품종이 재배되고 있어 시장 개척이 용이함.
 - 스페인의 단일계 황색 품종시장이 F1 품종 비율이 높은 고가품 시장이므로 이 지역의 종자시장은 앞으로 크게 확대될 것으로 예상됨. 따라서 유럽 수출지역에 맞는 양과 품종개발이 필요함.
 - 프랑스, 독일, 터키, 스페인은 우리나라의 중일계 품종이 재배되는 지역으로 국내에서 품종육성하여 수출 가능함.

- 중간 내병성 품종육성을 위한 분자 육종기술 확립
 - 양과는 2년생 작물이며 유전체 크기가 매우 커서 다른 주요 작물에 비해 분자육종에 관한 연구가 크게 뒤쳐진 상태임.
 - 주요병에 대한 저항성 유전자원이 거의 전무한 실정으로 교배가 가능한 근연종에 저항성 도입이 필요함.

- 세포융합을 통한 우량 융성불임 계통 육성
 - 양과는 계통 육성기간이 최소 15년이 걸리기 때문에 조기 계통육성과 고순도 고정을 위한 세포융합을 이용한 핵치환 기술이 필요함.
 - 우수인자가 있는 도입종이 있다면 핵치환을 이용하여 선발한 다음 유전적으로 조기 고정하고 다양한 새로운 계통을 확보할 수 있음.

○ 기능성 양파품종 개발

- 2000년 이후 양파는 소비 및 생산량이 지속적으로 증가추세이나, 대부분 다수확 품종위주로 재배되고 있어 소비자 니즈에 맞는 기능성 성분이 높은 품종개발이 필요함.
- 플라보노이드 함량이 높은 자색양파의 저장성이 현저히 떨어짐에 따라 저장성이 높은 자색양파 품종 개발을 통해 틈새시장으로 자색 양파시장을 넓힐 필요가 있음.



3. 프로젝트 구성

□ 국내외 양파 종자시장 동향과 수요조사 결과를 토대로 전문가들이 양파 후보과제를 도출하고, 후보과제의 중요성과 중복성 등에 대한 검토과정을 거친후 최종 프로젝트 및 세부 프로젝트를 다음과 같이 구성하였음.

프로젝트명	세부 프로젝트명	비고
1. 수입 대체용 작기별 양파 품종개발	1) 내추대 및 다수성 중만생 양파 품종개발	우선 추진
	2) 내한성 조생종 양파 품종개발	
	3) 내병성 및 고저장성 중생종 양파 품종개발	
2. 중국 수출용 양파 품종개발	1) 내병성 및 다수확형 단일계 중만생종 양파 품종개발	우선 추진
3. 유럽 수출용 양파 품종개발	1) 내병성 및 고저장성 단일계 조생 및 중만생종 품종개발	우선 추진
4. 중간 내병성 양파 품종 육성을 위한 분자 육종 기술 확립	1) 양파 분자육종 기반 구축 및 주요 형질 관련 분자표지 개발	우선 추진
	2) 중간 원연교배를 통한 양파 품종개발	
5. 세포융합을 통한 우량 양파 융성불임 계통육성	1) 세포융합에 의한 우량 육종소재 및 융성불임친 개발	
6. 기능성 양파 품종개발	1) 기능성 및 용도별(생식, 조미용)유색양파 품종개발	후보 과제

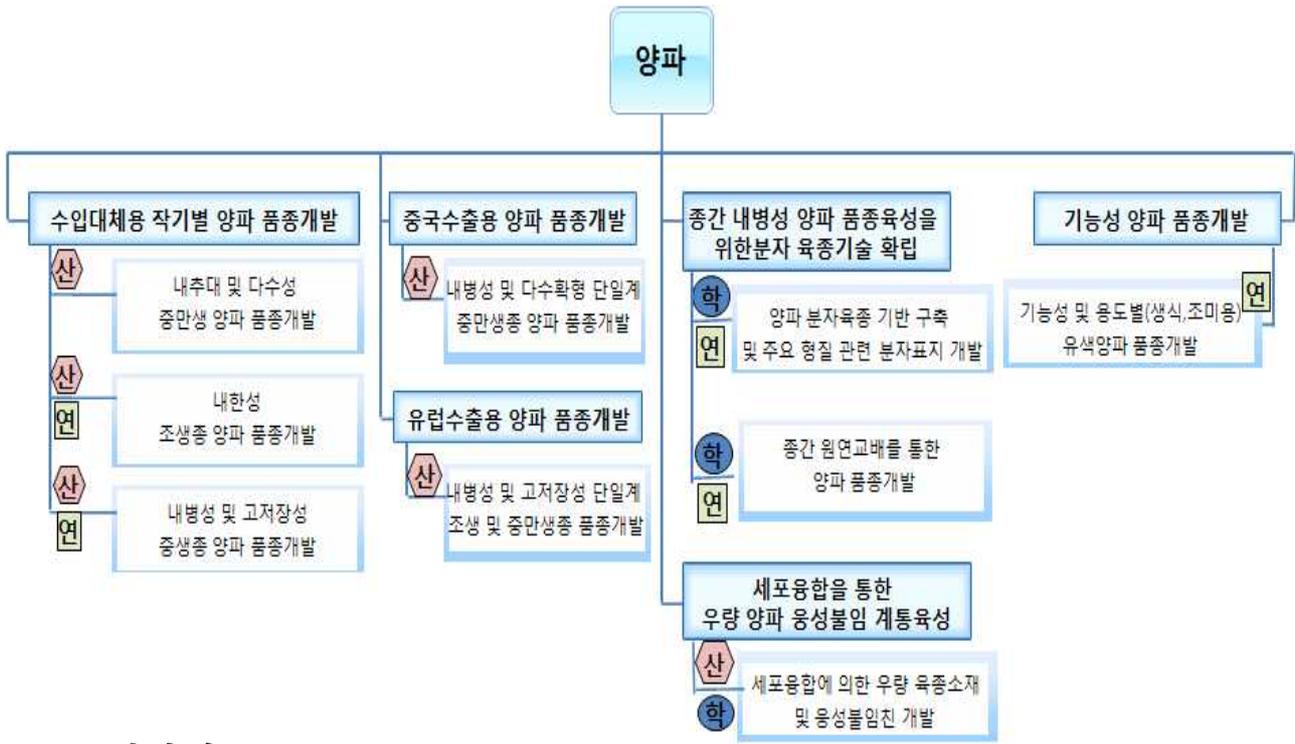
□ 양파 세부 프로젝트 주요내용

프로젝트명	세부프로젝트명	세부프로젝트 주요내용
수입 대체용 작기별 양파 품종개발	<ul style="list-style-type: none"> 내추대 및 다수성 중만생 양파 품종개발 내한성 조생종 양파 품종개발 내병성 및 고저장성 중생종 양파 품종개발 	<ul style="list-style-type: none"> 중일계 저장용 만생계 및 중생계 품종 개발 중일계 간이 저장용 중조생계 품종 개발 극조생계 및 초극조생계 품종 개발
중국 수출용 양파 품종개발	<ul style="list-style-type: none"> 내병성 및 다수확형 단일계 중만생종 양파 품종개발 	<ul style="list-style-type: none"> 중국 수출용 품종개발 국외 유전자원 수집 및 특성평가
유럽 수출용 양파 품종개발	<ul style="list-style-type: none"> 내병성 및 고저장성 단일계 조생 및 중만생종 품종개발 	<ul style="list-style-type: none"> 유럽 수출용 품종 개발 국외 유전자원 수집 및 특성 평가
중간 내병성	<ul style="list-style-type: none"> 양파 분자육종 기반구축 및 주요 	<ul style="list-style-type: none"> 유전자원 수집 및 분자표지 조합 개발

<p>양과 품종육성을 위한 분자 육종기술 확립</p>	<p>형질 관련 분자표지 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ 중간 원연교배를 통한 양과 품종개발 	<ul style="list-style-type: none"> - 음성불임 관련 유전자 및 병저항성 유전자 선발용 분자표지 개발 - 중간교잡을 통한 내병성 유전자 도입
<p>세포융합을 통한 우량 양과 음성불임 계통육성</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 세포융합에 의한 우량 육종소재 및 음성불임친 개발 	<ul style="list-style-type: none"> - 양과 여교배 세대 단축 기술 구축 - 세포융합을 통한 음성불임 계통육성
<p>기능성 양과 품종개발</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 기능성 및 용도별(생식,조미용)유색양과 품종개발 	<ul style="list-style-type: none"> - 여교배 및 세대 단축 기술을 이용한 고부가 가치 기능성 품종 개발

제4장. 프로젝트 추진체계 및 추진전략

1. 연구 추진체계



2. 성과지표

예상성과항목		1단계	2단계	총 계	주요 고려사항	
공 통 지 표	품종등록	국내	3	17	20	
	건수	국외	2	6	8	국내 품종등록 후 수출
	종자수출액		80만\$	400만\$	400만\$/년	최종년도 금액
	수입대체 효과		20억	120억	120억/년	최종년도 금액
	국내논문	SCI	4	6	10	
		등재학술지				
	국외논문	SCI	3	5	8	
		비SCI				
	국내특허	출원	1	4	5	
		등록				
국제특허	출원		2	2	목표국: 중국, 미국	
	등록					
매출액	국내	20억	120억	120억/년	최종년도 금액	
	국외	80만\$	400만\$	400만\$/년	최종년도 금액	
기술이전			5	5	목표금액 3억원	
특 성 지 표	인력양성	8	10	18		
	기반구축 실적					
	D/B 구축	1	2	3		
	분자마커	6	12	18		
	유용유전자					

3. 연구개발 소요 예산

프로젝트명	세부프로젝트명	구분	1단계				2단계					총계
			연구기간	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	
수입 대체용 작기별 양과 품종 개발	내추대 및 다수성 중만생 품종개발	정부(억원)	2.28	6.21	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	39.99
		민간(억원)	0.8	1.9	1.9	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	13.6
		합계	3.08	8.11	6.4	6	6	6	6	6	6	53.59
	내한성 조생종 양과 품종개발	정부(억원)	1.7	3.59	3.5	3.58	3.3	3.3	3.62	3.62	3.62	29.83
		민간(억원)	0.3	0.88	0.76	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	4.94
		합계	2	4.47	4.26	4.08	3.8	3.8	4.12	4.12	4.12	34.77
	내병성 및 고저장성 중생종 양과 품종개발	정부(억원)	1.4	3.03	3.5	3.53	3.44	3.44	3.54	3.54	3.54	28.96
		민간(억원)	0.4	1.17	0.8	1.09	0.81	0.81	0.81	1.09	1.67	8.65
		합계	1.8	4.2	4.3	4.62	4.25	4.25	4.35	4.63	5.21	37.61
중국 수출용 양과 품종 개발	내병성 및 다수확형 단일계 중만생종 양과 품종개발	정부(억원)	1.5	4.13	3.74	3.78	3.66	3.66	3.8	3.8	3.8	31.87
		민간(억원)	0.7	1.88	1.23	1.91	1.78	1.78	1.78	1.91	2.18	15.15
		합계	2.2	7.01	5.97	6.69	6.44	6.44	6.58	6.71	6.98	47.02
유럽 수출용 양과 품종 개발	내병성 및 고저장성 단일계 조생 및 중만생종 품종개발	정부(억원)	0.8	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	20.8
		민간(억원)	0.2	0.58	0.51	0.55	0.51	0.51	0.51	0.55	0.62	4.54
		합계	1	2.08	2.01	2.05	2.01	2.01	2.01	2.05	2.12	25.34
분자 육종 기술 확립 및 종간 내병성 품종 육성	양과 분자육종 기반 구축 및 주요 형질관련 분자표지 개발	정부(억원)	1.62	4.37	4.05	4.08	3.98	3.98	4.09	4.09	4.09	34.35
		민간(억원)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		합계	1.62	4.37	4.05	4.08	3.98	3.98	4.09	4.09	4.09	34.35
	종간 원연교배를 통한 양과 품종개발	정부(억원)	1.2	3.24	3	3.02	2.95	2.95	3.03	3.03	3.03	25.45
		민간(억원)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		합계	1.2	3.24	3	3.02	2.95	2.95	3.03	3.03	3.03	25.45
세포 융합을 통한 우량 양과 육성 불임 계통 육성	세포융합에 의한 우량 육종소재 및 융성불임친 개발	정부(억원)	0.62	1.46	1.54	1.51	1.47	1.47	1.52	1.52	1.52	12.63
		민간(억원)	0	0.89	0.9	1.05	1	1	1.5	1.05	1.13	8.52
		합계	0.62	2.35	2.44	2.56	2.47	2.47	3.02	2.57	2.65	21.15
기능성 양과 품종 개발	기능성 및 용도별(생식, 조미용)유색양과 품종개발	정부(억원)	0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	12
		민간(억원)	0	0.3	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	3.8
		합계	0	1.8	2	2	2	2	2	2	2	15.8
총합	총합	정부(억원)	11.12	30.03	27.83	28	27.3	27.3	28.1	28.1	28.1	235.88
		민간(억원)	2.4	7.6	6.6	7.1	6.6	6.6	7.1	7.1	8.1	59.2
		합계	13.52	37.63	34.43	35.1	33.9	33.9	35.2	35.2	36.2	295.08

4. 품목 총괄로드맵

단계별 목표	1단계				2단계					최종목표
	품종 개발을 위한 기반구축 및 육종소재 개발				품종 개발 및 개발품종 보급					수입대체 72억원 종자수출 400만\$ 달성
중점연구영역	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	프로젝트 목표
수입대체용 작기별 양과 품종개발	내추대 및 다수성 중만생 양과 품종개발	유전자원 수집 및 특성검정								품종개발6품종 종자 자급률 50%달성
		웅성불임 유지친 등록			웅성불임 유지친 등록(8건) 화분친 등록(10건)					
					지역적응성 시험 및 생산력 검정시험					
	내한성 조생종 양과 품종개발	국내외 유전자원 수집 및 우수계통 육성(30계통)			유전자원 D/B 구축 및 제공					품종개발 5건, 종자 자급률 50% 달성
		웅성불임개체 선발 및 교재조합 작성			웅성불임 순도평가 및 지역적응 시험					
	내병성 및 고저장성 중생종 양과 품종개발	유전자원 수집 및 특성검정			여교배를 통한 내병성 형질도입					품종개발 5건 종자자급률 50%달성
웅성불임 유지친 등록(10계통) 화분친 등록(10계통)			저장성,내한성,내병성 계통육성							
분리용 보합 및 여교배 계통육성 Test Cross 조합능력 및 계통 성능검정			품종등록(5건) 조합 성능검정 및 원종 증식							
중국수출용 양과 품종개발	내병성 및 다수확형 단일계 중만생종 양과 품종개발	유전자원 수집 및 특성조사 우수계통 육성			기능성 물질 검정 및 우수계통 육성					중국수출용 5품종 육성, 중국수출 300만\$ 달성
		우수계통 육성 조합 작성 및 선발			세대단축기술을 통한 품종육성 현지적응성 시험 및 품종개발 5품종					
		작형, 숙기별 품종시장 조사와 분석 육종방향 및 전략수립			기존 국내 육성품종의 현지 시범재배 수출시장 개척 및 확대					
유럽수출용 양과 품종개발	내병성 및 고저장성 단일계 조생 및 중만생종 품종개발	구의 특성, 생육 특성, 생산량 등의 품종에 대한 요구 조사			주도 품종의 변화와 재배환경 변화 조사					유럽수출용 품종 3품종 육성 유럽수출 100만\$달성
		분리계통 육성 및 품종 개발(1품종)			우수조합 현지 연락시험 유럽 수출용 단일계 품종 개발(2 품종)					
중간 내병성 양과 품종 육성을 위한 분자육종 기술 확립	양과 분자육종 기반 구축 및 주요 형질관련 분자표지 개발	노균병 저항성 분자표지 개발 MAB 전략 수립 및 여교배			노균병 저항성 계통 선발					MAB 기술개발, 웅성불임, 주요 형질, 순도검정 등 분자표지 개발
		웅성불임 연관된 분자표지 개발 유전자지도 작성			임성회복 유전자 관련 초정밀 지도작성					
		털 매운 계통, 당도가 높은 계통 등의 다양한 유전자원 수집			대표적 형질(매운맛, 당도 등)에 대한 QTL 분석과 주요 QTL 산발용 분자표지 개발					
		재배품종에 대한 분자표지 개발			원종계통의 homozyosity 분석 및 특정 마커 고정					

	중간 원연구배 를 통한 양과 품종 개발	유전자원 및 특성평가	유전자원 도입			중간교잡 내병성 계통 육성
		반수체 육종기술 개발	반수체를 이용한 계통육성			
세포융합 을 통한 우량 양과 육종기술 개발	세포융합 에 의한 우량 육종소재 및 용성불인 친 개발	양과 원형질체 확보와 재분화과정 구축	대량 세포융합체 확보 및 세대진전, 유전자원 확보기술 구축			양과 세포융 합 기술 확 립과 A, B line 10점 확 보
		비대칭 세포융합으로 양과융합체 선발	다양한 A, B line 구축을 통한 고순도 계통 개발			
		B line 핵으로 A line 핵 치환한 식물체 확보	Elite 고순도 F1 hybrid의 핵을 B line에 치환한 융합체 확보			
		융합 식물체 및 종자 확보	MS line과 핵치환하여 A, B line 융합체 확보 및 선발			
기능성 양과 품종개발	기능성 및 용도별 (생식,조 미용) 유색양과 품종개발	유전자원 특성조사		기능성 품종개발 및 보급		기능성 품 종 4품종
				생산력 검정 및 지역적응성 시험		

제5장. 프로젝트별 세부기획

제1절. 수입대체용 작기별 양과 품종개발 프로젝트

1. 연구개발 목표

- 수입대체용 품종 20개를 개발하여 2021년 종자자급률 현재 20%에서 50%로 달성하고 수입대체 효과 72억원 달성

1단계 ('13~'16)	2단계 ('17~'21)
품종개발을 위한 기반구축 및 육종소재 개발	품종개발 및 개발품종 보급
<ul style="list-style-type: none"> ○ 국내외 유전자원 수집 및 특성검정 <ul style="list-style-type: none"> - 신품종 개발(3건) ○ 지역적응성 및 생산력검정시험(3건) 	<ul style="list-style-type: none"> -국내외 유전자원 수집 및 특성검정 <ul style="list-style-type: none"> - 신품종 개발(17건) ○ 지역적응성 및 생산력 검정시험(3건)

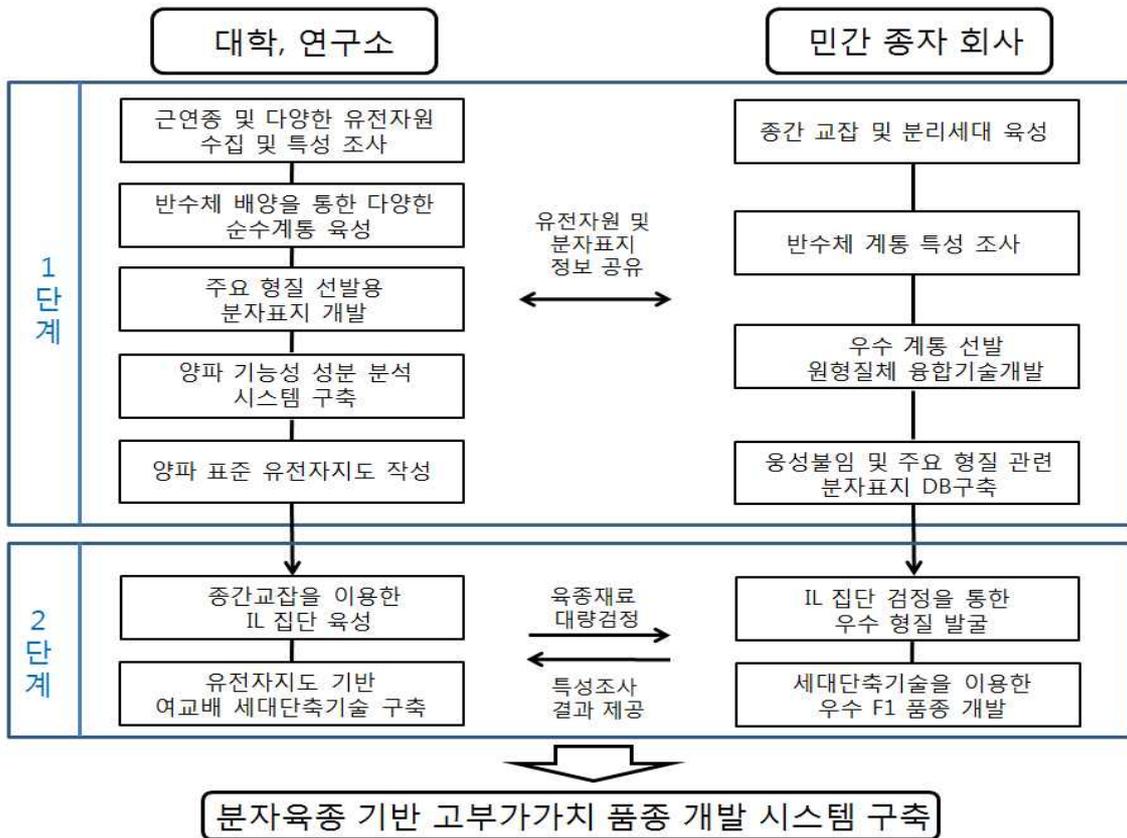
2. 연구개발 필요성

- 양과는 채소종자중 수입비중이 가장 높으며 국산품종의 개발이 요구되고 있음.
- 국내에서 재배되고 있는 국산종자의 자급률은 20%내외로 매우 미약하므로 국산종자의 자급률을 높여 수입대체를 함으로써 외화절약이 가능함.
- 수입종자의 가격이 국내산에 비해 높아 농가경영비 부담을 증가시키고 있어 국산품종의 보급률을 높임으로써 농가 경영비 부담을 줄일 수 있음.

3. 기존 연구와의 중복성 및 연계방안

- 양과 종자 개발과제는 ipet의 양과사업 기획과제로 추진된 바 있으나 2009년 완료되었고 현재는 신규과제와의 중복성이 없음.
- 기존의 과제에서 연구한 유전자원 및 채종기술을 품종개발에 활용하여 연구의 효율성 제고 추진

4. 프로젝트 추진체계



□ 프로젝트 Micro 로드맵

과제명		수입대체용 작기별 양과 품종개발									
단계별 목표		1단계				2단계					최종목표
		품종 개발을 위한 분자유종 기반구축 및 육종소재 개발				품종 개발 및 개발품종 보급 주요 형질 분자표지 개발 및 응용					
중점연구영역		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	기술별 목표
내추대 및 다수성 중만생 품종개발	육종소재 선발 및 계통육성	유전자원 수집 및 특성검정									품종개발6 품종 종자 자급률 50%달성
	웅성불입, 유지친, 화분친 계통육성	웅성불입 유지친 등록				웅성불입 유지친 등록(8건) 화분친 등록(10건)					
	지역적응성 시험					지역적응성 시험 및 생산력 검정시험					
내한성 조생종 양과 품종개발	육종소재 및 유용 유전자 탐색	국내외 유전자원 수집 및 우수계통 육성(30계통)				유전자원 D/B 구축 및 제공					품종개발 5건, 종자 자급률 50% 달성
	웅성불입 계통육성	웅성불입개체 선발 및 교재조합 작성				웅성불입 순도평가 및 지역적응 시험					
내병성 및 고저장성 중생종 양과 품종개발	육종소재 선발 및 계통육성	유전자원 수집 및 특성검정				여교배를 통한 내병성 형질도입					품종개발 5건 종자 자급률 50%달성
	웅성불입, 유지친, 화분친 계통육성	웅성불입 유지친 등록(10계통) 화분친 등록(10계통)				저장성,내한성,내병성 계통육성					
	교배조합	분리용 보합 및 여교배 계통육성 Test Cross 조합능력 및 계통 성능 검정				품종등록(6건) 조합 성능검정 및 원종 증식					

제2절. 중국 수출용 양파 품종개발 프로젝트

1. 연구개발 목표

- 중국 품종 5개를 개발하여 중국 수출 300만\$ 달성

1단계 ('13-'16)	2단계('17-'21)
중국 시장조사와 육종소재 개발	품종개발 및 수출
○ 유전자원 수집 및 특성조사 ○ 중국 시장조사 ○ 우수 계통선발 및 조합작성	○ 기능성 물질검정 및 우수계통 육성 ○ 중국 시장개척 ○ 현지 적응성 시험 및 품종 개발

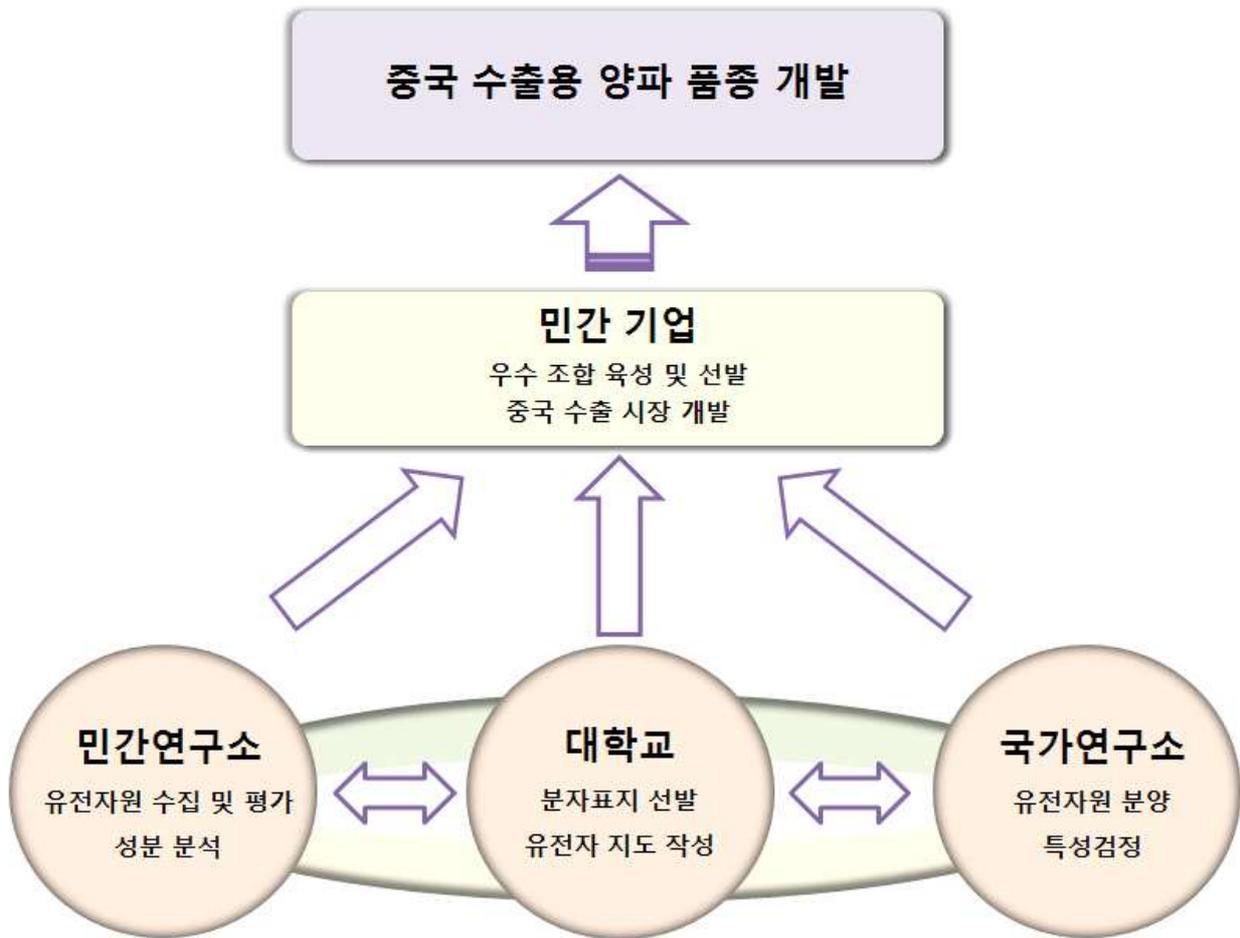
2. 연구개발 필요성

- 중국은 우리나라의 약 20배에 이르는 세계 최대 양파 생산국으로 우리나라는 중국과 인접하고 위도가 비슷하기 때문에 중국 환경에 적합한 양파 품종을 육성하여 수출할 수 있는 유리한 지역에 위치하고 있음

3. 기존 연구와의 중복성 및 연계방안

- 수출용 품종개발 ipet과제가 있었으나 2009년에 과제가 완료되었고 현재는 과제의 중복성이 없음.
- 수출용 품종개발 과제가 수행되어 품종등록은 되었으나 수출은 미미한 실정이며, 세포융합을 이용한 응성불임 계통육성은 양배추에서 수행한바 있으나 양파에서는 수행된 적이 없음.

4. 연구 추진체계



5. 프로젝트 Micro 로드맵

과제명		중국 수출용 양과 품종개발									
단계별 목표		1단계				2단계					최종목표
		중국 및 유럽 시장조사와 육종소재 개발				품종개발 및 수출					수출용 품종 8품종, 수출 400만US\$
중점연구영역		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	기술별 목표
내병성 및 다수확형 단일계 중만생종 양과 품종개발	유전자원 수집과 특성평가	유전자원 수집 및 특성조사 우수계통 육성				가능성 물질 검정 및 우수계통 육성					중국수출용 5품종 육성, 중국수출 300만\$ 달성
	품종개발	우수계통 육성 조합 작성 및 선발				세대단축기술을 통한 품종육성 현지적응성 시험 및 품종개발 5품종					
	시장개척	작형, 숙기별 품종시장 조사와 분석 육종방향 및 전략수립				기존 국내 육성품종의 현지 시범재배 수출시장 개척 및 확대					

제3절. 유럽 수출용 양과 품종개발 프로젝트

1. 연구개발 목표

- 유럽수출용 품종 8개를 개발하여 중국 수출 300만\$, 유럽수출 100만\$ 달성

1단계 ('13-'16)	2단계('17-'21)
유럽 시장조사와 육종소재 개발	품종개발 및 수출
○ 유전자원 수집 및 특성조사 ○ 유럽 시장조사 ○ 우수 계통선발 및 조합작성	○ 기능성 물질검정 및 우수계통 육성 ○ 유럽 시장개척 ○ 현지 적응성 시험 및 품종 개발

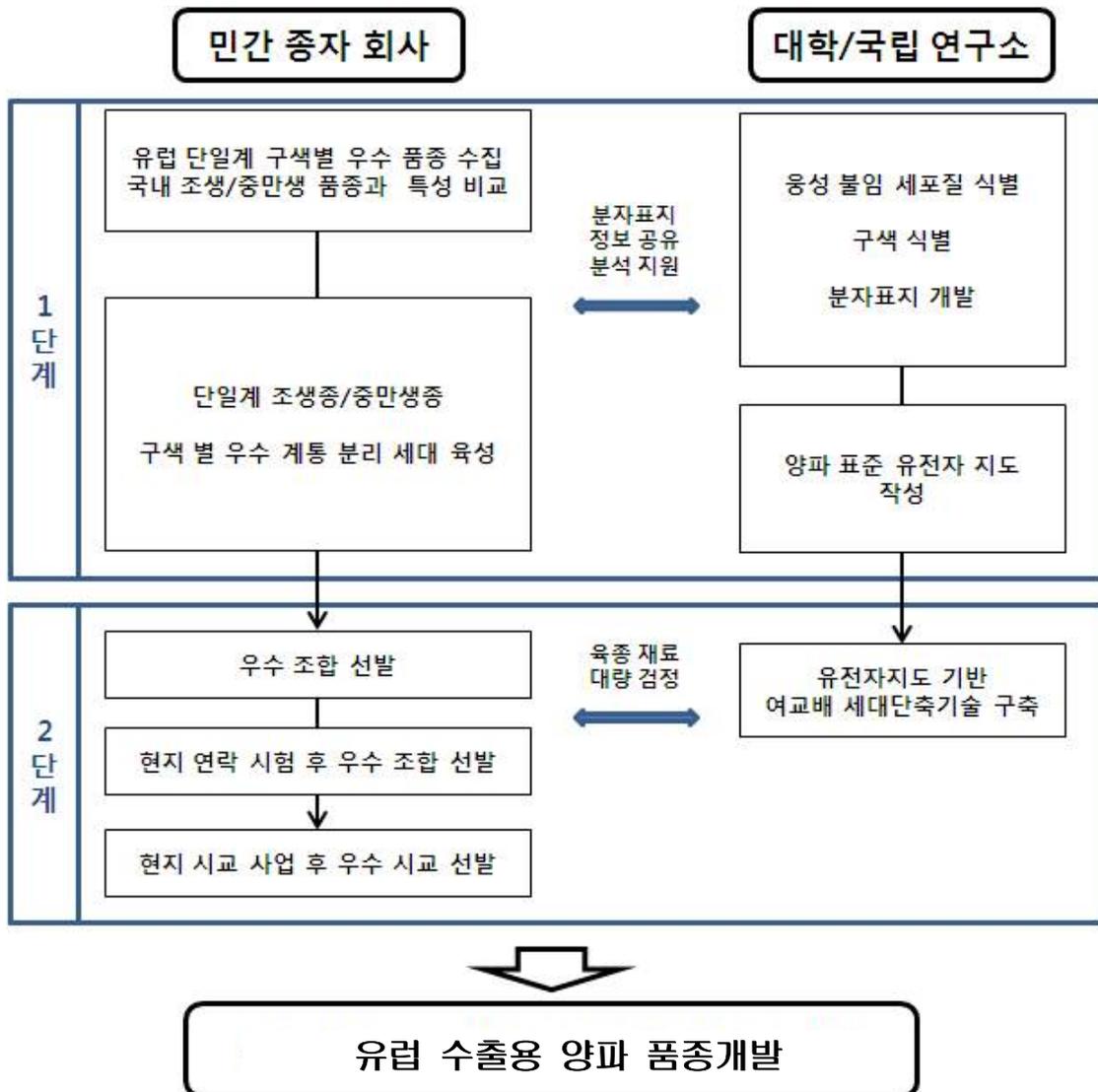
2. 연구개발 필요성

- 유럽의 양과 재배는 장일계 품종의 비중이 높은편이나 프랑스, 독일, 스페인, 터키 등은 우리나라와 비슷한 단일계 품종이 재배되고 있기 때문에 틈새시장 개척이 필요함.

3. 기존 연구와의 중복성 및 연계방안

- 수출용 품종개발 ipet과제가 있었으나 2009년에 과제가 완료되었고 현재는 과제의 중복성이 없음.
- 수출용 품종개발 과제가 수행되어 품종등록은 되었으나 수출은 미미한 실정이며, 세포융합을 이용한 응성불임 계통육성은 양배추에서 수행한바 있으나 양과에서는 수행된 적이 없음.

4. 연구 추진체계



5. 프로젝트 Micro 로드맵

과제명	유럽 수출용 양과 품종개발
------------	----------------

단계별 목표		1단계				2단계					최종목표
		유럽 시장조사와 육종소재 개발				품종개발 및 수출					유럽수출용 품종 3품종 육성 유럽수출 100만\$달성
중점연구영역		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	기술별 목표
내병성 및 고저장성 단일계 조생 및 중만생종 품종개발	유럽 시장조사 및 시장개척	구의 특성, 생육 특성, 생산량 등의 품종에 대한 요구 조사				주도 품종의 변화와 재배환경 변화 조사					유럽수출용 품종 3품종 육성 유럽수출 100만\$달성
	품종개발	분리계통 육성 및 품종 개발(1품종)				우수조합 현지 연락시험 유럽 수출용 단일계 품종 개발(2 품종)					

제4절. 중간 내병성 양과 품종육성을 위한 분자 육종기술 확립

세부프로젝트 1) 양과 분자육종 기반 구축 및 주요 형질관련 분자표지 개발

1. 연구개발 목표

- 양과 분자육종 기반구축 및 주요 형질 관련 분자표지 개발
 - 유전자지도 기반 여교배 세대단축기술 (Marker assisted backcrossing: MAB) 개발
 - MAB를 이용한 노균병 저항성 계통 개발
 - 옹성불임 임성 회복유전자 선발용 분자표지 개발
 - 양과 F1종자 순도검정 및 향상용 분자표지 개발

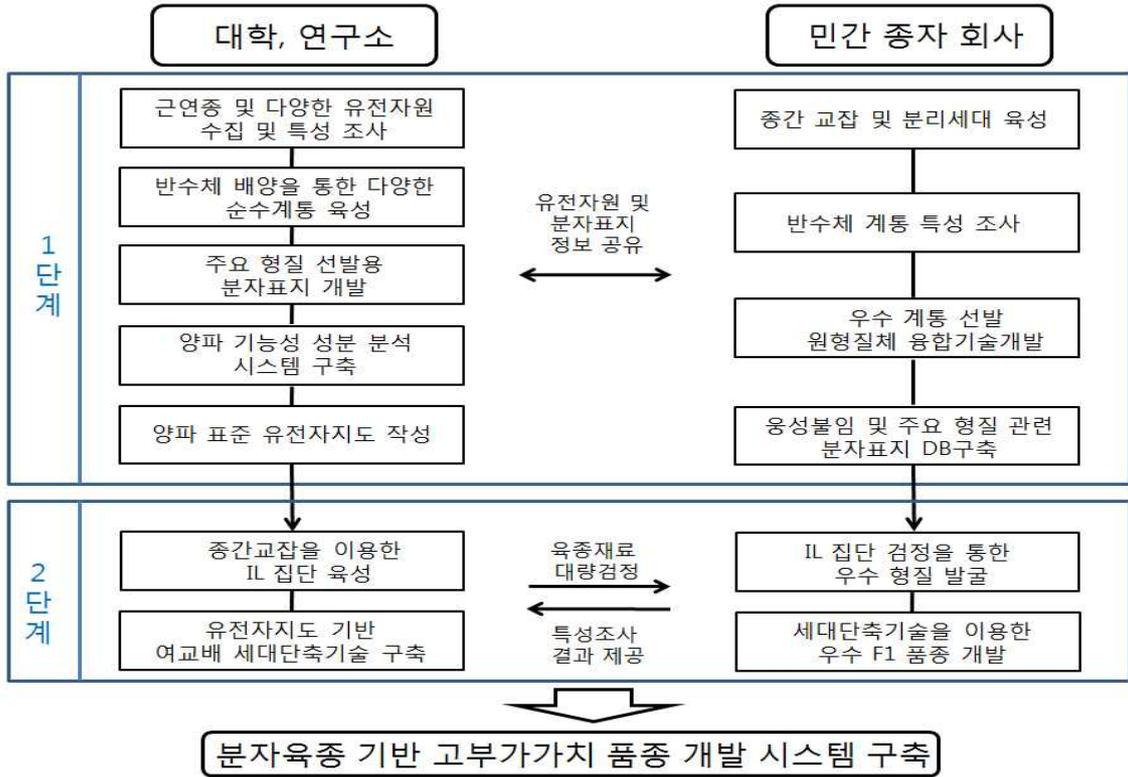
2. 연구개발 필요성

- 양과의 F1품종 육성을 위해서 채종이 간편한 옹성불임을 이용하는데 옹성불임을 판별하는 분자마커의 개발이 필수적이며 양과 표준 유전자지도 기반 여교배 구축이 필요함.

3. 기존 연구와의 중복성 및 연계방안

- 양과 분자육종 시스템 구축 및 옹성불임 관련 유전자 분자표지 개발
 - 농촌진흥청에서 양과 분자육종시스템 구축 및 옹성불임 관련 유전자 선발용 분자표지 개발 과제를 진행하였지만 이 과제는 2012년 종료 되므로 중복성에는 문제가 없음. 따라서 이 과제에서 발굴된 성과를 적극 활용하면 기술개발 기간을 크게 단축 시킬수 있을 것으로 생각 됨.
- 분자육종기술을 이용한 고기능성 유색양과 품종개발
 - 양과 구피색 선발용 분자표지를 이용한 기능성 유색양과 품종 개발을 하는 농림부 주관 과제가 있지만 이 과제는 내년 6월에 종료 되므로 기간이 거의 겹치지 않으므로 중복성은 문제가 되지 않을 것으로 생각 됨. 따라서 이 과제에서 나온 성과물을 이용한다면 보다 효율적으로 기술개발을 할 수 있을 것으로 생각 됨.

4. 연구추진체계



5. 프로젝트 Micro 로드맵

과제명	중간 내병성 양파 품종육성을 위한 분자 육종기술 확립
------------	-------------------------------

단계별 목표	1단계				2단계					최종목표
	품종 개발을 위한 분자유종 기반구축 및 육종소재 개발				품종 개발 및 개발품종 보급 주요 형질 분자표지 개발 및 응용					
중점연구영역	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	기술별 목표
양파 분자유종 기반 구축 및 주요 형질 관련 분자표지 개발	여교배 세대단축기술(MAB) 개발	노균병 저항성 분자표지 개발 MAB 전략 수립 및 여교배			노균병 저항성 계통 선발					MAB 기술개발, 용성불임, 주요 형질, 순도검정 등 분자표지 개발
	용성불임 관련 분자표지 개발	용성불임 연관된 분자표지 개발 유전자지도 작성			임성회복 유전자 관련 초정밀 지도작성					
	주요 형질관련 분자표지 개발	덜 매운 계통, 당도가 높은 계통 등의 다양한 유전자원 수집			대표적 형질(매운맛, 당도 등)에 대한 QTL 분석과 주요 QTL 산발용 분자표지 개발					
	F1종자 순도검정용 분자표지 개발	재배품종에 대한 분자표지 개발			원종계통의 homozyosity 분석 및 특정 마커 고정					

세부프로젝트 2) 중간 원연교배를 통한 양과 품종개발

1. 연구개발 목표

- 중간 및 종내 원연 교배를 통한 양과 유전적 다양성 확대와 우수계통 개발
 - 근연종 및 다양한 양과 유전자원 수집 및 특성조사
 - 중간 교잡을 통한 내병성 형질 도입
 - 양과 반수체 배양을 통한 다양한 계통 개발

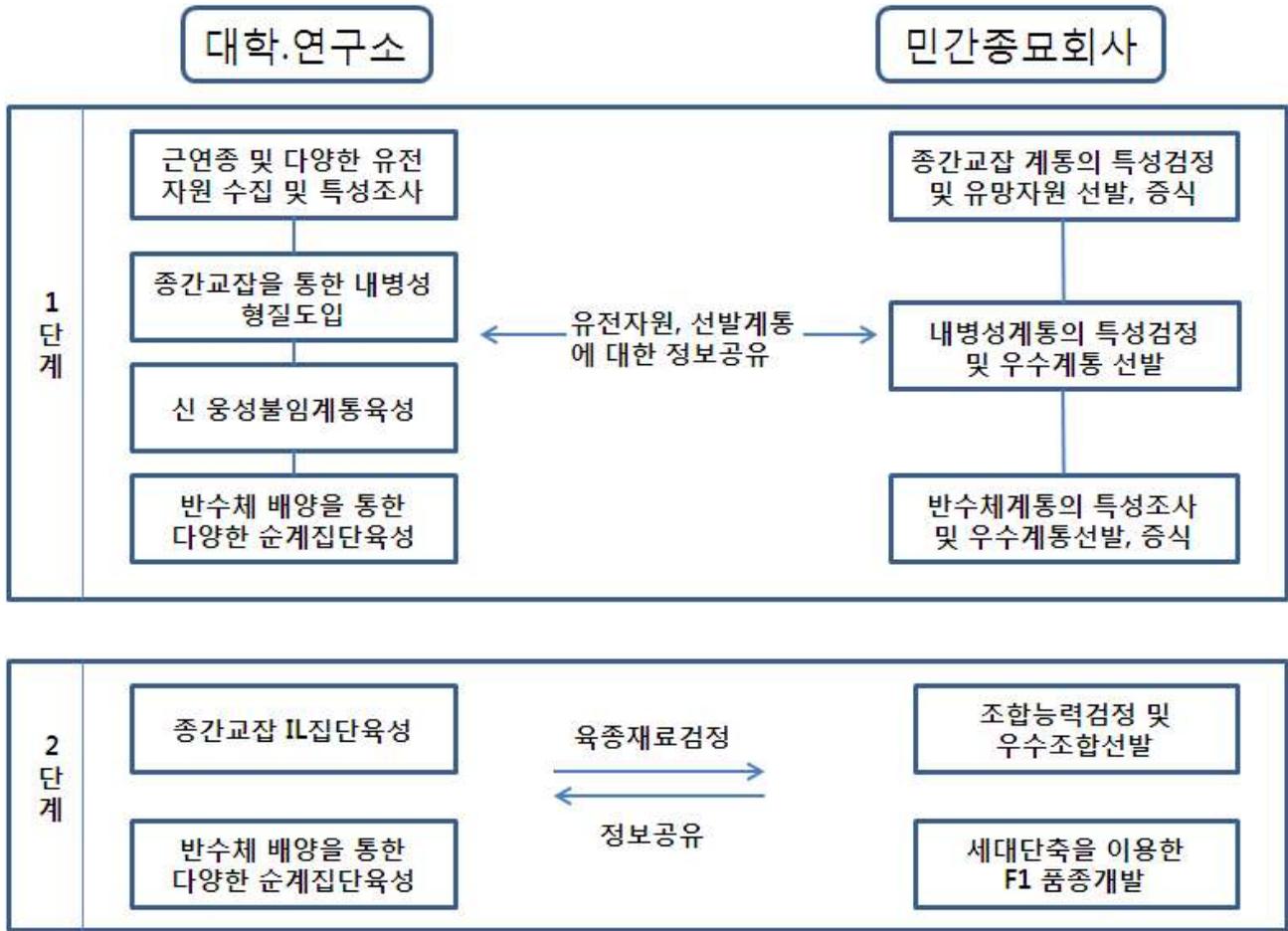
2. 연구개발 필요성

- 내병성 품종 개발
 - 양과는 야생종이 존재하지 않으며 재배종의 유전적 다양성은 매우 좁아 주요 병에 대한 저항성 자원이 전무한 실정
 - 최근 노균병, 흑색썩음균핵병 등 주요병에 대한 피해가 확대되고 있는 추세로 농약 과다사용에 의한 식품안전성 및 환경오염 문제가 대두되고 있어 내병성 품종 개발이 절실히 요구되고 있음
 - 최근 유럽에서는 중간교잡을 통한 노균병 저항성 품종이 40년 간의 연구 끝에 출시되어 고가로 판매되고 있어 고부가가치 품종 개발을 위해서는 다양한 내병성 품종 개발이 필요함.
- 반수체 배양을 통한 다양한 순수계통 개발
 - 양과는 자식열세 현상이 심한 작물로 반복된 자가수정을 통하여 순수계통을 육성하는 것을 불가능함.
 - F1 품종에 이용되는 양친의 유전적 순도가 떨어져 결국 F1품종의 균일성이 떨어지는 문제가 발생
 - 반수체 배양을 통한 순수계통을 이용하여 고순도 F1품종 개발이 필요함.
 - F1품종 개발이 필요한 유지친을 육성하기 위해서는 10년 이상의 오랜 기간이 소요되는데 반수체 배양을 통하여 유지친을 육성할 경우 단기간 내에 다양한 유지친 계통을 육성할 수 있어 다양한 고부가가치 F1품종을 단기간 내에 육성할 수 있음.

3. 기존 연구와의 중복성 방안

- 중간 및 종내 원연 교배를 통한 양과 유전적 다양성 확대
 - 농촌진흥청에서 양과 중간교잡을 이용하여 형질도입하는 연구가 진행되고 있지만 연구인력 및 연구내용이 협소하여 이 과제와 연계될 경우 보다 심도 있는 연구가 이루어져 조기에 유용한 유전적 변이 확보 및 양과 경쟁력 향상에 기여할 것으로 생각됨

4. 연구추진체계



5. 프로젝트 Micro 로드맵

과제명		종간 내병성 양과 품종육성을 위한 분자 육종기술 확립									
단계별 목표	1단계				2단계					최종목표	
	품종 개발을 위한 분자육종 기반구축 및 육종소재 개발				품종 개발 및 개발품종 보급 주요 형질 분자표지 개발 및 응용					종간교잡 내병성 계통 육성	
중점연구영역		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	기술별 목표
종간 원연교배를 통한 양과 품종 개발	종간교잡	유전자원 및 특성평가				유전자원 도입					종간교잡 내병성 계통 육성
	반수체 육종기술	반수체 육종기술 개발				반수체를 이용한 계통육성					

제5절. 세포융합을 통한 우량 양과 음성불임 계통 육성

1. 연구개발 목표

- 세포융합을 통한 음성불임 및 유지친 조합 단기 개발
 - 양과의 육종기간을 단축하기 위한 비대칭 세포융합 기술 구축 및 응용
 - 계통 육성시 A line(MS)과 B line(유지친)의 핵이 동일하게 핵치환하여 고순도 계통을 확보하며 육종기간을 단축하게 함.

2. 연구개발 필요성

- 세포융합기술을 활용한 음성불임 계통육성은 양과에 제한되어 있는 음성불임 계통의 확보로 양과품종 육성의 효율성을 높이는데 활용할 수 있음.

3. 기존 연구와의 중복성 및 연계방안

- 수출용 품종개발 ipet과제가 있었으나 2009년에 과제가 완료되었고 현재는 과제의 중복성이 없음.
- 수출용 품종개발 과제가 수행되어 품종등록은 되었으나 수출은 미미한 실정이며, 세포융합을 이용한 음성불임 계통육성은 양배추에서 수행한바 있으나 양과에서는 수행된 적이 없음.

4. 연구 추진체계

○ 1단계

- 양과의 세포융합 전체과정 1년 안에 완결
- 육성부서로 부터 대량 융합을 위한 A, B line 확보 및 핵치환
- 식물체를 육종부서로 이전: 핵 치환된 A, B line 5점

○ 2단계

- 대량 세포융합체 확보 및 육종부서로 이전: 핵 치환된 A, B line 5점
- Elite 고순도 F1 hybrid의 핵을 B line에 치환 및 융합체 확보
 - ▷화퇴배양 실시하여 고순도 고정을 통한 유전자원 확보
 - ▷MS line과 핵치환하여 A, B line 융합체 확보 및 선발
 - ▷육종부서로 이전: 최소 2점의 elite 신계통 확보

5. 프로젝트 Micro 로드맵

과제명	세포 융합을 통한 우량 양과 융성불임 계통육성
------------	---------------------------

단계별 목표		1단계				2단계					최종목표
		중국 및 유럽 시장조사와 육종소재 개발				품종개발 및 수출					양과 세포융합 기술 확립과 A, B line 10점 확보
중점연구영역		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	기술별 목표
세포융합에 의한 우량 육종소재 및 융성불임친 개발	비대칭 세포융합기술 구축 및 활용	양과 원형질체 확보와 재분화과정 구축				대량 세포융합체 확보 및 세대진전, 유전자원 확보기술 구축					양과 세포융합 기술 확립과 A, B line 10점 확보
		비대칭 세포융합으로 양과융합체 선발				다양한 A, B line 구축을 통한 고순도 계통 개발					
		B line 핵으로 A line 핵 치환한 식물체 확보				Elite 고순도 F1 hybrid의 핵을 B line에 치환한 융합체 확보					
		융합 식물체 및 종자 확보				MS line과 핵치환하여 A, B line 융합체 확보 및 선발					

제 6절. 기능성 양파 품종개발

1. 연구목표

- 기능성 및 용도별 유색양파 품종 개발
 - 퀴세틴 및 플라보노이드 고함유 유색양파 품종개발 3품종
 - 양파즙 및 음료용 품종개발 1품종
 - F1 품종 육성용 숙기별 중간모본 육성

2. 연구필요성

- 양파종자 수입액은 채소종자의 24%를 차지하며 중·만생종이 70%이상으로 수입대체를 위한 조, 중만생종 F1품종육성이 시급함.
- 양파는 국내 뿐 만아니라 전 세계적으로 양념, 건강 기능성식품, 의약식품으로 이용되고 있는 중요한 채소 중 하나이며 주산지는 전남, 경남, 경북으로서 주로 남부지역에 집중
- 2000년 이후 양파는 건강식품으로 인식되면서 소비가 증가하여 생산량은 전체적으로 증가하는 추세이며 1인당 소비량은 28.6kg/년으로서 매년 3% 이상 증가하고 있음
- 양파 1인당 소비량도 1995년~2010년 연평균 2% 증가했으며 2010년산 1인당 소비량은 국내 생산량 증가로 2009년산보다 5% 증가한 29.9kg으로 소비는 증가할 것으로 전망됨
- 소비량의 지속적 증가는 식생활 패턴의 서구화와 웰빙·건강식품으로서 강점 부각 등이 주요 원인임
- 소비자의 양파 소비용도는 조미용 76%, 생식용 15%, 절임용 6%임
- 국내생산 양파의 대부분은 요식업체나 가정용으로 소비되고 있으나 기존의 생식, 조미용 위주의 소비에서 다양한 가공식품이 개발되고 소비가 증가추세임
- 가공제품의 다양화 : 생식, 조미용 → 양파즙 음료, 양파엑기스, 양파김치, 양파고추장, 양파식초, 양파라면, 양파스낵 등
- 특히 최근에 건강 및 다이어트 식품으로 양파즙의 소비량이 급증 하고 있는 추세이며 가공 및 생산업체가 증가함
- 이러한 현상은 미국 등 선진국에서 더욱 두드러지는 현상이며 한정된 자원에서 독립적인 자원을 확보하는 방법 등을 모색해야 할 필요성이 절실함
- WTO 체제와 FTA(자유무역협정)하에서 퀴세틴, 항산화 물질 등의 기능성 성분이 다량 함유된 품종을 개발하면 경쟁력 있는 시장선도형 농산물을 확보하고 고부가가치 양파 가공산업의 양성에도 기여할 것임

3. 기존 연구와의 중복성 및 연계방안

- 국내에서 양파 기능성에 관한 연구 수준은 ‘부가가치 재고를 위한 기능성양파 우량품종선발 시험’(2004, 제주도농업기술원)등이 있었으나 대부분이 기존에 유통되는 외국이나 국내 품종의 퀴세틴, 플라보노이드, Pyruvic acid 등의 분석을 통한 선발시험 위주로 진행되었음.
- 기존의 분석 성분이나 방법 등을 이용하고 보완하여 고기능성 유색양파 품종 개발에 차별성을 두고자 함

- 농림수산식품부에서 2009년에 수행 완료한 ‘수입대체 및 수출용 중·만생종 양파 품종육성’ 과제로 새로미 등 황색양파 4품종과 럭키레드 등 적색양파 2품종이 개발되었으나 고혈압, 심혈관계 질환이 지속적으로 증가하고 소비자들의 기능성 식품에 대한 관심이 증가하는 등의 추세에 맞춰 앞으로 기능성 품종개발 확대가 필요함
- 일본 문부과학성 2030년 기술예측보고서에 따르면 개인 맞춤형 기능성 품종 및 식품의 연구개발 수준이 2015년 최고 수준에 오를 것으로 예측될만큼 기능성 품종의 중요도가 높아짐

4. 연구추진체계



5. 프로젝트 Micro로드맵

과제명		기능성 양과 품종개발									
단계별 목표		1단계				2단계					최종목표
		품종 개발을 위한 분자유종 기반구축 및 육종소재 개발				품종 개발 및 개발품종 보급 주요 형질 분자표지 개발 및 응용					기능성 품종 4품종
중점연구영역		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	기술별 목표
기능성 및 용도별(생식,조미용)유색양과 품종개발	유용유전자원 확보 및 선발	유전자원 특성조사				기능성 품종개발 및 보급					기능성 품종 4품종
	플라보노이드 고함유 자색양과 품종					생산력 검정 및 지역적응성 시험					

목 차

제1장 개요	1
1. 상세기획 필요성	1
2. 상세기획 내용	3
3. 상세기획 참여인력정보	8
제2장 국내외 동향 및 환경 분석	9
1. 국내외 시장현황 및 전망	9
2. 국내외 기술동향 분석	31
3. 국내외 정책동향 분석	60
4. 기술수준 및 연구개발 인프라 분석	65
5. 주요 이슈 및 전략방향	69
제3장 목표 설정 및 프로젝트 도출	71
제1절. 목표 설정	71
1. 최종 목표	71
2. 연차별 목표 및 단계별 목표	74
3. 목표 설정 근거	77
제2절. 프로젝트 구성	80
1. 프로젝트 도출배경	80
2. 프로젝트 구성 및 내용	83
3. 프로젝트 간 연관관계	86
제4장 추진체계 및 추진전략	89
1. 연구 추진체계	89
2. 연구 추진전략	90
3. 성과지표 설정 방안	91
4. 연구개발 소요예산	95
5. 품목 총괄로드맵	96
6. 성과 확산 방안	97

7. 사업화 및 수출확대 전략	98
------------------------	----

제5장 프로젝트별 세부기획 99

제1절. 수입대체용 작기별 양과 품종개발 프로젝트 99

1. 연구개발 목표	99
2. 연구개발 필요성	100
3. 기존 연구와의 중복성 및 연계방안	103
4. 프로젝트 추진체계 및 추진전략	104
5. 프로젝트 Micro 로드맵	105
6. 세부프로젝트 추진계획	106

제2절. 중국 수출용 양과 품종개발 프로젝트 127

1. 연구개발 목표	127
2. 연구개발 필요성	127
3. 기존 연구와의 중복성 및 연계방안	129
4. 프로젝트 추진체계 및 추진전략	129
5. 프로젝트 Micro 로드맵	131
6. 세부프로젝트 추진계획	132

제3절. 유럽 수출용 양과 품종개발 프로젝트 139

1. 연구개발 목표	139
2. 연구개발 필요성	140
3. 기존 연구와의 중복성 및 연계방안	141
4. 프로젝트 추진체계 및 추진전략	142
5. 프로젝트 Micro 로드맵	143
6. 세부프로젝트 추진계획	144

제4절. 중간 내병성 품종육성을 위한 분자 육종기술 확립 프로젝트 151

1. 연구개발 목표	151
2. 연구개발 필요성	152
3. 기존 연구와의 중복성 및 연계방안	153
4. 프로젝트 추진체계 및 추진전략	154
5. 프로젝트 Micro 로드맵	155

6. 세부프로젝트 추진계획	156
제5절. 세포융합을 통한 우량 양과 음성불임 계통 육성 프로젝트	175
1. 연구개발 목표	175
2. 연구개발 필요성	176
3. 기존 연구와의 중복성 및 연계방안	176
4. 프로젝트 추진체계 및 추진전략	177
5. 프로젝트 Micro 로드맵	178
6. 세부프로젝트 추진계획	179
제6절. 기능성 양과 품종개발 프로젝트	188
1. 연구개발 목표	188
2. 연구개발 필요성	189
3. 기존 연구와의 중복성 및 연계방안	189
4. 프로젝트 추진체계 및 추진전략	190
5. 프로젝트 Micro 로드맵	191
6. 세부프로젝트 추진계획	192
제6장 기대효과	197
1. 정책적 기대효과	197
2. 기술적 기대효과	197
3. 경제적 기대효과	197

표 차례

[표 1-1] 세계의 양파 생산 및 교역 현황	2
[표 2-1] 양파 생산 및 소비 현황	9
[표 2-2] 장일성 양파 (Long Day)	11
[표 2-3] 단일 월동성 양파(Over winter Short day)	12
[표 2-4] 단일성 양파 (Short Day)	12
[표 2-5] 인도의 주요 지역별 생산면적과 생산량	13
[표 2-6] 인도 양파의 지역별 재배시기	14
[표 2-7] 인도에서 재배되는 양파 종류	15
[표 2-8] 인도 양파의 주산지인 Maharashtra에서 재배되는 양파 종류	15
[표 2-9] 일본 F1 양파의 재배면적과 시장규모	17
[표 2-10] 일본양파의 선도품종자료	17
[표 2-11] 유럽양파의 선도품종	18
[표 2-12] 연도별 양파 재배면적 및 생산량 추이	19
[표 2-13] 양파 주산지 도별 재배면적	20
[표 2-14] 연도별 및 품종군별 양파 재배면적	21
[표 2-15] 양파의 Type별 종자시장 규모(2012)	24
[표 2-16] 지역별로 선호하는 양파의 크기	25
[표 2-17] 주요 지역별 양파 선호품종의 특성	26
[표 2-18] 우리나라의 양파종자 생산 및 수출입 추이	27
[표 2-19] 작형별 주요 유통품종	29
[표 2-20] 양파의 품종출원과 등록 및 품종생산·수입판매신고 실적	30
[표 2-21] 양파의 주요 병해와 내병성 자원	32
[표 2-22] 주요국가의 양파 유전자원 보유 현황	33
[표 2-23] 양파 유전자 지도 작성실적	35
[표 2-24] 양파의 주요 육종형질	36
[표 2-25] 현재까지 발표된 양파 형질전환체 연구실적	44
[표 2-26] 특허검색을 위한 기술분류	50
[표 2-27] 세부 기술 분야별 특허검색식	51
[표 2-28] 기술 분류별 분석대상 특허건수	51
[표 2-29] 양파 육종 분야 주요 연구소	59
[표 3-1] 중국 시장 내 소비량, 생산량, 수입량	78

그림 차례

[그림 2-1] 세계 양파의 재배면적 (2012, 농우바이오)	9
[그림 2-2] 인도 양파의 가격추이(1999-2011)	16
[그림 2-3] 연중 인도의 양파 가격(2010)	16
[그림 2-4] 채소종자 수출액	20
[그림 2-5] 채소종자 수입액	21
[그림 2-6] 세계 양파의 종자생산량 (2012, 농우바이오)	24
[그림 2-7] 양파의 품종 분화도(이길복, 2004)	31
[그림 2-8] 현재까지 제작된 가장 정밀한 양파 유전자지도(Martin et al. 2005)	34
[그림 2-9] 국내와 일본 품종의 양파에 존재하는 3종의 세포질 분포(Kim et al. 2009)	38
[그림 2-10] 양파 세포질 식별용 분자표지 (Kim et al. 2009)	38
[그림 2-11] 양파 응성불임 임성회복 유전자(Ms) 연관 유전자지도	39
[그림 2-12] A - F Gellan-gum으로 고형화시킨 재분화조성1(D1)배지에 치상시킨 꽃 및 배주 에서 형성된 다양한 형태의 shoot들	41
[그림 2-13] 배주, 지방 및 화퇴 배양에 의한 배와 유식물체의 유기 결과	42
[그림 2-14] 지방을 뚫고 나오는 반수체 양파	43
[그림 2-15] 양파에서 allinase에 의해서 전구물질이 분해되어 lachrymatory factor(눈물 나게 하는 물질)가 생성되는 과정	46
[그림 2-16] 안토시아닌 합성경로와 합성경로에 관여하는 효소를 만드는 유전자의 돌연변이 에 의해서 발생한 다양한 양파 구피색	48
[그림2-17] 연도별 특허출원 동향	52
[그림2-18] 국가별 특허출원 현황	52
[그림2-19] 연도별 패밀리 특허 현황	53
[그림2-20] 패밀리 특허 진입 국가 현황	53
[그림2-21] 기술별 특허출원 현황	54
[그림2-22] 기술(IPC)포트폴리오	55
[그림2-23] 국가별 특허출원 현황	55
[그림2-24] 주요 출원인 현황	56
[그림2-25] 국가별 주요출원인 현황	56
[그림2-26] 연도별 논문 현황	57
[그림2-27] 국가별 논문 게재 현황	57
[그림2-28] 양파 육종 분야 논문	58
[그림2-29] 기술별 논문 현황	59

제1장. 개요

1. 상세기획 필요성

□ 세계 종자시장의 경쟁 심화

○ 식물신품종에 대한 지적재산권 보호를 통한 종자시장 장악을 위한 경쟁이 갈수록 치열해지고 있고, 세계 각국이 종자산업을 '새로운 성장동력'으로 인식하고 있음.

- 이는 WTO, FTA 등에서, 선진국들은 중진국들의 추격을 피하기 위해서 과학기술과 지식의 발달을 기반으로 한 지적재산권의 보호를 꾸준히 강화해오고 있고, 농업분야의 지적재산권으로 매우 중요한 의미를 가진 품종권 보호를 통해서 선-후진국간의 격차를 유지하려는 노력을 강화하고 있음을 통해서도 알 수 있으며, 우리나라는 UPOV 회원국으로, 현재 모든 작물에 대한 품종권(지적재산권)을 보호해주어야 함.
- 또한 지속가능성과 생물자원에 대한 관심이 높아지면서 유전자원의 보호를 지속적으로 강화해가고 있으며(종자전쟁), 특히 지난 20세기에는 특정한 기능성을 가진 유용물질을 대부분 석유화학 등을 통한 화학적 합성물질로부터 얻었으나, 석유자원의 한계와 부작용 등으로, 지난 19세기까지와 같이, 다시 천연(생물)자원에서부터 얻으려는 노력들이 강화되면서, 식물자원에 대한 보호와 관심이 갈수록 높아지고 있음.
- 여기에 더하여, 유전공학을 비롯한 과학기술의 발달로, 의도한 신품종 육성의 실패와 불확실성이 크게 줄어들고 있어서, 유전자 조작과 같은 고가의 시설과 장비를 갖출 수 있는 자본력과 전문인력을 갖춘 다국적 및 대기업의 종자시장 점유율이 갈수록 확대되고 있으며, 10대 다국적 기업의 세계종자시장 점유율이 14%(1996) → 49%(2004) → 67%(2007) → 73%(2009)로 갈수록, 그리고 빠른 속도로 확대되고 있음을 통해서 알 수 있음.
- 우리 정부는 이에 적극적으로 대처하고, 신품종 육종과 같은 지식기반농업의 발전을 통하여 농업선진국으로 도약하기 위하여, 2012년부터 '21년까지 GSP 사업을 추진 중에 있음.

□ 양파와 그 종자의 중요성 증대

○ 양파는 그의 생산과 소비가 세계적인 작물이고, 우리나라의 대표적인 월동 노지 재배작물임.

< 표1-1. 세계의 양파 생산 및 교역 현황 >

재배면적	371만 5천 ha	토마토에 이은 2위 작물
생 산 량	7,400만 톤	토마토-수박에 이은 3위 작물
교 역 량	23억 US\$	토마토-고추에 이은 3위 작물(생산량의 약 8%)
1인당 연간소비량	6.2kg	
주요 생산국	중국, 인도, 미국, 이집트, 이란, 터키, 파키스탄	

- 우리나라에서 양파는 매년 2만여 ha에서 100만여 톤이 생산되고, 국민 1인당 소비량이 25.5kg의 세계평균의 4배가 넘고, 특히 아주 중요한 월동 노지재배작물이며, 최근 들어 그의 기능성에 대한 관심이 높아지고 있는 매우 중요한 작물임에도 불구하고 종자의 대부분을 수입에 의존하고 있음.
- 양파종자의 세계시장 규모는 약 44억 US\$에 이르고, 장일계 품종이 그의 대부분인 93.3%를 차지하는 것으로 추정되고 있음.
- 우리나라의 양파종자 생산량은 연간 40여 톤에 불과하여, 연간 1,154만 US\$어치의 종자를 주로 일본으로부터 수입하고 있어서, 우리나라의 채소류 종자 수입액 중에서 가장 많은 액수를 차지하고 있으며, 중만생종은 80% 이상, 조생종은 95% 이상을 수입종자에 의존하고 있음. 특히, 우리의 양파 수출입이 내수시장의 수급(가격)안정이 불가피할 경우를 제외하고는 거의 없다는 점에서, 내수를 목적으로 한 양파의 종자를 대부분 수입에 의존하고, 이로 인하여 농가의 양파생산에 투입된 경영비 중에서 종묘비의 비중이 18.8%에 이르고 있는 등, 양파종자의 수입의존도를 낮추기 위한 노력이 매우 시급하고 절실한 과제가 아닐 수 없음.
- 양파는 2년 1세대의 타식성 작물로 육종기간이 길고, 우리나라는 특히 일제 이래로 일본 품종에 익숙하여, 양파 육종에 종사하는 우리 전문인력은 10명 내외에 불과한 등, 극히 부진한 실정임.
- 그러나 양파는 우리에게 가장 중요한 노지 월동재배 작물로서 국민 1인당 연간 소비량이 25.5kg으로 세계 평균의 4배가 넘는 정도로 많이 먹고, 최근에는 그의 기능성 물질에 대한 새로운 관심이 높아지고 있는 매우 중요한 작물임에도 불구하고, 그의 종자를 지금까지와 같이 수입에 의존하거나 민간에게만 맡겨서는 안 될 것임.

2. 상세기획 내용

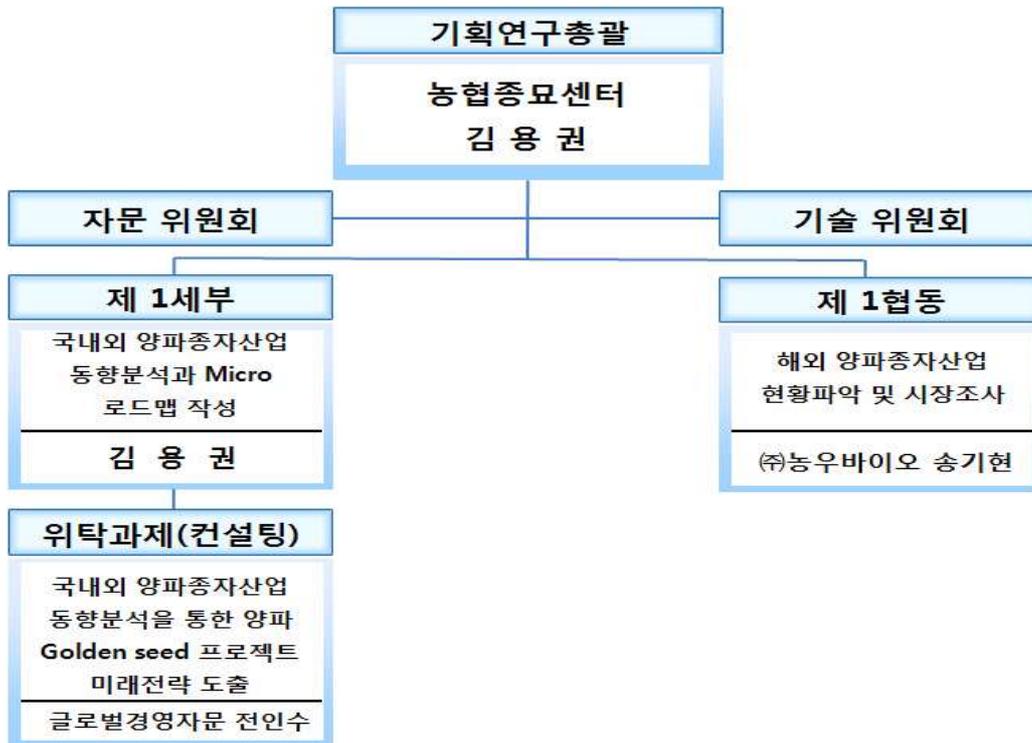
1) 주요 기획내용

□ 전체과제 수행 Framework

- 본 과제는 양파 국내외 동향 및 환경분석, 목표설정 및 프로젝트 도출, 추진 방법 및 추진전략, 세부 프로젝트 도출, 기대성과 및 활용방안 등 총 5개 영역으로 구분하여 연구 하였음.

국내외 동향 및 환경분석	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 국내외 시장동향 분석 ▪ 국내외 기술동향 분석 ▪ 국내외 정책동향 분석 ▪ 기술수준 및 연구개발 인프라 분석 ▪ 주요 이슈 및 전략방향 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 문헌자료 수집 및 분석 ▪ 특허검색 및 분석솔루션활용 ▪ 연구자 및 자문가 활용 ▪ 현지출장
목표설정 및 프로젝트 도출	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 최종목표 ▪ 연차별 목표 및 단계별 목표 ▪ 프로젝트 구성 및 내용 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 기존자료 활용 ▪ 국내외 동향 및 환경분석 자료 활용 ▪ 연구자 및 자문가 활용
추진방법 및 추진전략	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 연구 추진체계 ▪ 연구 추진전략 ▪ 총괄 로드맵 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 연구진 브레인스토밍 (분야별 조사) ▪ 세부 추진과제 후보 도출 ▪ 투자 우선순위 선정
세부 프로젝트 도출 (마이크로 로드맵)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 연구개발 목표 ▪ 연구개발 필요성 ▪ 프로젝트 Micro 로드맵 ▪ 세부 프로젝트 추진계획 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 프로젝트별 전문가 참여 ▪ 자문위원 총괄검토
기대효과	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 정책적 기대효과 ▪ 기술적 기대효과 ▪ 경제적 기대효과 ▪ 활용방안 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 분과위원 의견수렴 ▪ 연구진 및 자문가 의견수렴

□ 양파 GSP 상세기획 과제구성



□ 기술위원회 명단

기술위원	소속	직책
서전규	경북대학교	교수
김성길	전남대학교	교수
신용준	신경대학교	교수
이영석	前농수산대학교	교수
한지학	㈜농우바이오	소장
송기현	㈜농우바이오	팀장
서설현	(유)양파나라	대표
김재왕	신미네유통	소장
하인종	양파연구소	부장
박태훈	씨앗과 사람들	대표

품종개발 분야	소속	육종기반 분야	소속
이을태	바이오에너지 센터	김성길	전남대학교
조동연	(유)양파나라	김철우	바이오 에너지 센터
김진문	농협중요센터	한지학	㈜농우바이오
정효진	전남농업기술원	김선영	양파 연구소
송기현	㈜농우바이오	김윤성	농협중요
민웅기	동부팜한농	강점순	부산대학교
김성배	제주농업기술원	최인후	바이오에너지 센터
최준화	미래클종묘		
김도훈	아시아종묘		
박태훈	씨앗과 사람들		
문진성	창녕 양파연구소		

□ 추진경과

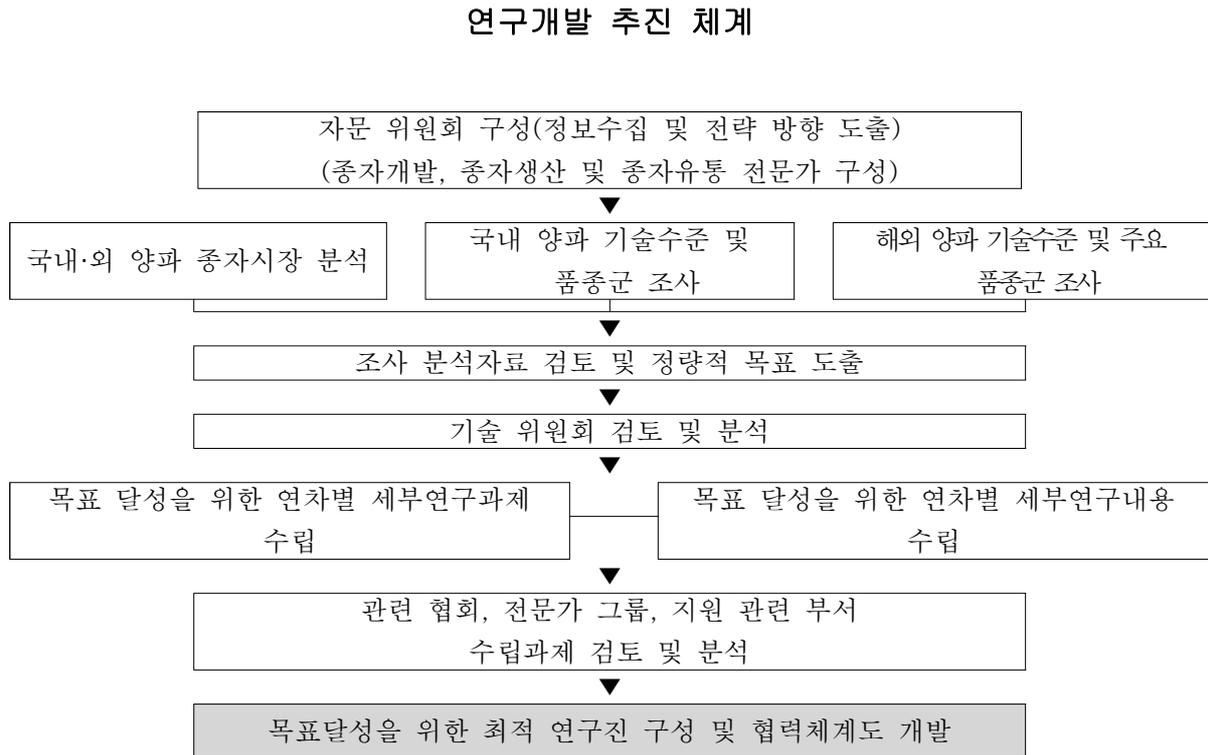
구분	주요 진행 사항	진행 방법	추진 기간
자문위원회	상세기획 초안작성 모임 -상세기획 목차별 들어갈 내용 협의 -다음 기술위원회 일정 협의	회의 개최	2012. 11. 5
기술위원회 및 자문위원회	상세기획 보고서 내용 토의 -각 파트별 보고서 취합 -보고서 내용 보완사항 토의	회의 개최	2012. 11. 23
기술위원회	양파 상세기획 기술위원회 및 자문위원회 -양파 상세기획 진행내용 보고 -상세기획 항목별 작성자 구성 -상세기획에 포함할 내용정리	회의 개최	2012. 11. 27
기술위원회 및 자문위원회	양파 상세기획 중간보고 내용정리 -양파 중간보고 내용편집 -PPT자료 토의	회의 개최	2012. 12. 4
기술위원회 및 자문위원회	양파 상세기획 중간발표자료 점검 -발표자료 내용 토의 -발표 ppt슬라이드 내용점검 -양파 상세기획 보고서 내용 점검	회의 개최	2012. 12. 8
분과회의	상세기획 본문작성 토의 -본문정리(신용준, 이영석) -RFP연구내용 결정 -RFP 세부기획자 결정	회의 개최	2012. 12. 18
기술위원회 및 자문위원회	양파 상세기획 세부과제 내용 토론 -양파 중과제 과제수 결정 : 2개 중과제로 하기로함 -양파 중과제 책임자 결정 : 제1과제(김진문), 제2과제(김성길) -세부과제 제목 결정 -세부과제 RFP 작성자 결정 -양파 상세기획 자체 진도회 평가 및 장소결정	회의 개최	2013. 2. 28

□ 분과위원회 주요활동



2) 추진체계 및 추진전략

□ 연구개발 추진 체계



□ 연구개발 추진전략

1단계	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 전문가 위원회 구성 ▪ 기술위원회 구성
2단계	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 국내외 양파 종자시장 분석 ▪ 국내 양파 기술수준 및 품종군 조사 ▪ 국외 양파 기술수준 및 품종군 조사
3단계	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 조사 분석자료 검토 및 정량적 목표 도출
4단계	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 전문가 위원회 검토 및 분석 ▪ 전문가 그룹, 지원 관련부서 수립과제 검토 및 방향성 분석
5단계	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 양파 GSP 목표달성을 위한 세부과제별 RFP작성

3. 상세기획 참여인력정보

No.	과제구분	소속	직위	성명	연락처 (이메일/전화)
1	제1세부 (주관)	농협종묘센터	부사장	김 용 권	
2		농협종묘센터	장장	김 진 문	
3		농협종묘센터	부장	강 순 철	
4		양파나라	대표	서 섭 현	
5		농협종묘센터	대리	성 은 성	
6		농협종묘센터	대리	박 성 우	
7		농협종묘센터	차장	이 강 조	
8		농협종묘센터	연구원	이 영 석	
9	제1세부 위탁	글로벌경영 자문	대표	전 인 수	
10		신경대학교	교수	신 용 준	
11		글로벌경영 자문	연구원	조 승 완	
12	제1협동 (세부)	농우바이오 R&D본부	이사	한 지 학	
13		농우바이오 R&D본부	수석 연구원	송 기 현	
14		농우바이오 R&D본부	선임	장 인 창	
15		농우바이오 R&D본부	연구원	김 규 현	
16		농우바이오 해외사업부	주임	김 준 호	
17		농우바이오 R&D본부	연구원	김 현 정	

제2장. 국내외 동향 및 환경 분석

1. 국내외 시장현황 및 전망

1) 양파산업의 동향과 전망

□ 세계 양파산업의 동향과 전망

- 양파는 세계적인 작물로, <표 2-1>에서 보는 바와 같이, 그의 생산과 교역 규모가 토마토, 수박, 고추 등과 함께 3대 채소작물이고, 국내에서도 고추, 마늘과 함께 3대 양념채소일 뿐만이 아니라 매우 중요한 월동 노지재배 작물임.

<표 2-1> 양파 생산 및 소비 현황

구 분	세 계	우 리 나 라
재 배 면 적	371.5만 ha 수준 (토마토에 이은 2위 작물)	2만 1천 ha 수준
생 산 량	7,420만톤 수준 (토마토-수박에 이은 3위 작물)	100만 톤 수준
교 역 액	23억 US\$ 수준 (토마토-고추에 이은 3위 작물)	
1인당 연간 소비량	6.2kg	25.5kg
주요 재배지역	인도, 중국, 미국, 이집트, 이란, 터키, 파키스탄 등	전남, 전북, 경남, 경북

- 양파는 인도와 중국이 포함된 서남아시아에서 가장 많이 재배하고 있으며, 유럽, 아프리카, 미주, 동남아시아, 중동, 중앙아시아 순임(그림 2-1).



[그림 2-1] 세계 양파의 재배면적 (2012, 농우바이오)

- 2011년 FAOStat에 따르면 2008년 기준으로 전세계의 양파생산은 중국과 인도가 주도하고 있는 바, 중국은 가장 많은 2,082만 Mt를 생산하여 세계생산량(7,235만 Mt)의 약 28%를 생산하고, 인도(19%), 미국(5%), 터키와 파키스탄(각 3%)이 그 뒤를 잇고 있으며, 우리나라는 104만 Mt로 1.5% 정도를 차지하는 것으로 나타남(부표 1).
 - 양파 재배면적은 생산량과 비례하며, 중국이 약 100만 ha로서 세계(372만 ha)에서 27%를 차지하여 가장 넓고, 인도(22.5%), 파키스탄(4.1%), 방글라데시(3.4%) 등이 그 뒤를 잇고 있고, 우리나라는 0.4%를 차지하고 있음.
- 양파의 수출량은, 2011년 FAO가 밝힌 2008년 실적에서 수출량이 가장 많은 10대 수출국을 살펴보면, 인도가 167만 Mt로 전체 수출량 610.8만 Mt의 27.4%를 차지하여 가장 많고, 네델란드(18%), 중국(8.9%), 미국(5.3%), 멕시코(4.6%), 스페인(4.2%), 아르헨티나(3.3%), 폴란드(2.3%), 에집트(1.7%) 등의 순임(부표 2).
- 양파 수입량은 2009년을 기준으로 10대 수입국을 살펴보면, 말레이시아가 45만 6천여 Mt으로 가장 많은 양을 수입했고, 러시아(37만 7천여 Mt), 영국(35만 8천여 Mt), 파키스탄(32만 4천여 Mt), 미국(30만 9천여 Mt), 사우디아라비아(27만 1천여 Mt), 독일(23만 2천여 Mt), 일본(20만 8천여 Mt), 캐나다(16만 2천여 Mt), 벨기에(14만 5천여 Mt) 등의 순임(부표 3).
- 전반적인 재배기술수준을 대표하는 지표인 단위면적당 생산량은, 우리나라가 가장 많은 672.5t/ha로 세계평균인 194.4t/ha의 3.5배에 이르고, 미국(548.5t/ha), 일본(527.4t/ha), 독일(455.8t/ha), 네델란드(431.3t/ha), 영국(407.2t/ha) 등의 순으로 나타남(부표 3).
- 그러나 9만 ha 이상의 재배면적을 가진 6대 재배면적 국가들의 단위면적당 생산량은, 가장 많은 중국이 207.9t/ha으로 우리나라의 1/3 수준에 불과하고, 러시아(187.2t/ha), 인도(162.6t/ha), 파키스탄(131.6t/ha), 인도네시아(93t/ha), 방글라데시(71t/ha) 등의 순으로 나타남으로써, 향후 신품종에 대한 수요가 매우 클 것으로 예상됨.
- 중국의 양파산업
- 중국의 양파재배면적은 세계에서 가장 넓은 100만 ha 수준으로, 크게 황피(黃皮), 홍피(紅皮), 백피(白皮), 가공용 양파로 구분되며, 주로 외국에서 수입한 F1 품종이 대부분이지만, 내수를 목표로 한 소형계 황피 및 홍피, 샐릿 등도 재배되고 있음.
 - 수출용 양파는 황피 양파가 80% 수준으로 대부분을 차지하고 있고, 주로 일본 업체의 품종들이 많이 재배되고 있으며, 최근 고가의 일본 품종 및 수입종자에 맞선 한국 등의 저가 품종 종자들이 틈새시장을 만들어가고 있는 것으로 파악되고 있으며, 가공용 양파는 미국 업체의 품종이 주도하고 있음.

- 가공용 양과는 주로 백피 양과가 사용되고 있으며, 백피 양과는 특히 신강지역 위그르족의 소비가 크게 증가하고 있는 것으로 전해지고 있음.
- 중국은 지역별로 재배하는 품종에 차이가 있는 바, 서북부 지역은 장일성(Long Day) 및 중일성(Intermediate) 품종들이 재배되고, 우리나라와 비슷한 위도의 산동성과 강소성의 중부지역은 단일성 월동(Over winter Short-day) 품종이, 남부와 서남부 지역은 단일성(Short-Day) 품종이 주로 재배되지만, 장일성 품종이 전체 양과재배면적의 60%를 차지하고 있고, 수출을 주도하고 있음.
- 장일성 양과는, <표 2-2>에서 보는 바와 같이, 미국계 품종이 대부분을 차지하고 있고, 원형(圓形)계 대구(大球)형 품종의 재배면적이 장일성 재배면적의 70% 가량을 차지하고 있음.

[표 2-2] 장일성 양과 (Long Day)

No.	품종명 (색상)	종자수입가 (US\$)	종자업체	면적	주요특성
1	VISION (黃)	200	SEMINIS(미)	20%	수량성
2	VAQUERO (黃)	220	NUNHEAM(미)	20%	균일성, 수량성
3	PANDORA (黃)	220	NUNHEAM(미)	10%	고품질
4	SWARE (黃)	220	SEMINIS(미)	5%	수량성, 균일성
5	BABARO (黃)	220	SEMINIS(미)	5%	수량성, 균일성
6	FOTRESS (黃)	180	SEMINIS(미)	5%	중형계, 저장성
7	SALSA (紅)	280	NUNHEAM(미)	5%	스페인계
8	STERING (白)	170	SEMINIS(미)	5%	수량성
9	가무이 (黃)	220	Takii(일)	10%	내병성, 저장성
10	복성 (黃)	200	Takii(일)	10%	내병성, 저장성
11	노부-153 (黃)	220	Takii(일)	10%	내병성, 저장성
12	빠싸이(黃)	190	NUNHEAM(미)	5%	고품질
13	Chrismatic (黃)	240	SEMINIS(미)	5%	고품질

자료 : (주)농우바이오, 2012

- 단일성 월동(Over winter Short-day) 품종은 전체 양과재배면적의 30% 가량을 차지하는데, 황피(黃皮)는 주로 수출용으로, 홍피(紅皮)계는 주로 내수용으로 재배되고 있으며, 일본계 품종이 주를 이루고 있음(표 2-3).

[표 2-3] 단일 월동성 양파(Over winter Short day)

No.	품종명 (색상)	종자가격 (US\$)	종자업체	면적	주요특성
1	黃金大玉葱 (黃)	170	무사시노(일)	15%	조숙, 내병성, 수량성
2	錦球 (黃)	200	金子公司(일)	5%	조숙
3	地球 (黃)	90	Takii(일)	5%	저장성, 수량성
4	二紅 (紅)	140	한단채소연구소(중)	15%	
5	愛知翠玉 (紅)	230	愛知公司(일)	5%	중만생, 수량성
6	赤玉類型 (紅)	110	무사시노(일)	20%	
7	黃皮常規種	50	중국 중국	5%	

자료 : (주)농우바이오, 2012

- 단일성 양파는 광범위한 지역에서 널리 재배되고 있으나, 전체 양파재배면적의 10% 가량을 차지하며, 홍피계와 황피계의 재배면적이 증가하고 있고, 주로 미국계 품종이 재배되고 있음(표 2-4).

[표 2-4] 단일성 양파 (Short Day)

No.	품종명 (색상)	종자가격 (US\$)	종자업체	면적	주요특성
1	太陽一號 (黃)	210	NUNHEAM(미)	10%	조숙계, 내병성
2	太陽二號 (黃)	210	NUNHEAM(미)	10%	조숙계, 내병성
3	薩維那 (黃)	210	SEMINIS(미)	5%	편형계, 조숙계
4	紅冠(紅)	180	NUNHEAM(미)	5%	편형계, 만생종
5	自留種 (紅)	50	F2 중국	50%	
6	科葱紅系列	110	중국 과총	40%	내병성, 내포장성
7	농민자체생산	50	F2 중국	50%	
8	美洲獅 (黃)	170	SEMINIS(미)	40%	중숙계
9	美洲豹 (黃)	170	SEMINIS(미)	30%	
10	黃金 (白)	180	SEMINIS(미)	10%	

자료 : (주)농우바이오, 2012

- 전반적인 양파의 중국내 소비가 빠르게 증가하고 있어서, 양파의 중국 내수소비가 양파 종자시장에 지대한 영향을 미칠 것으로 판단되며, 특히 건강식품에 대한 인식이 확산되면서 양파즙과 같은 단순한 1차 가공식품이 소비되기 시작한 단계에 들어섬으로써, 양파 소비가 더욱 확대되고 생산도 그만큼 늘어나서 양파종자에 대한 수요도 더 커질 것으로 보임.

○ 인도의 양파산업

- 인도는 <표 2-5>에서 보는 바와 같이, 인도 전역에서 양파가 널리 재배되고 있지만, Maharashtra주에서 가장 많이 재배하고 있고, Maharashtra주의 Nasik 지역은 양파시장으로써의 중요한 역할을 담당하고 있으며, 매운맛이 강하고 저장성이 높은 품종을 우수한 상품으로 취급하고 있음.

[표 2-5] 인도의 주요 지역별 생산면적과 생산량

No.	State	Area (1,000ha)	Production (Mt)	Productivity (tons/ha)
1	Andhra Pradesh	26.00	244.00	9.38
2	Bihar	28.75	329.88	11.47
3	Gujarat	35.50	750.00	21.13
4	Karnataka	53.00	395.00	7.45
5	Madhya Pradesh	39.55	517.35	13.08
6	Maharashtra	111.65	2,409.18	21.58
7	Orissa	60.45	522.47	8.64
8	Rajasthan	37.75	570.00	15.10
9	Tamilnadu	30.50	320.50	10.51
10	Uttar Pradesh	69.50	778.75	11.21
11	Haryana	16.00	329.00	20.56
12	Other	45.50	563.00	12.37
Total		554.15	7,729.13	(13.95)

자료 : NAFED Report (2009-2010)

- 인도는 기후가 다양하여 지역에 따라서 양파를 파종하는 시기와 횃수가 다른데, <표 2-6>에서 보는 바와 같이, Maharashtra주 지역에서는, 지역별로 다소의 차이는 있지만, 5-6, 8-9, 10-11월, 혹은 3-4, 5-6, 9-10월 등으로 각각 3차례에 걸쳐서 파종할 수 있기 때문에 생산량이 다른 지역에 비하여 월등하게 많으며, 그로 인하여 양파거래에 있어서도 중요한 역할을 하고 있음.

[표 2-6] 인도 양파의 지역별 재배시기

No.	Seasons	Sowing	Transplanting	Harvesting
1	Maharashtra and some parts of Gujarat			
	1. Kharif	May-June	July-Aug	Sep-Dec
	2. Early Rabi or late Kharif	Aug-Sept	Sept-Oct	Jan-Mar
	3. Rabi	Oct-Nov	Dec-Jan	Apr-May
2	Tamil Nadu/Karnataka/A.P.			
	1. Early Kharif	Mar-Apr	Apr-May	July-Aug
	2. Kharif	May-June	July-Aug	Oct-Nov
	3. Rabi	Sept-Oct	Nov-Dec	Mar-Apr
3	Rajasthan/Haryana/Punjab/Uttar Pradesh and Bihar			
	1. Kharif	May-June	July-Aug	Nov-Dec
	2. Rabi	Oct-Nov	Dec-Jan	May-June
4	West Bengal and Orissa			
	1. Kharif	June-July	Aug-Sept	Nov-Dec
	2. Late Kharif	Aug-Sept	Oct-Dec	Feb-Mar
5	Hills			
	1. Rabi	Sept-Oct	Oct-Nov	June-July
	2. Summer(long day type)	Nov-Dec	Feb-Mar	Aug-Sept

자료 : NAFED Report (2009-2010)

- 인도에서 재배되고 있는 양파 품종은, <표 2-7>에서 보는 바와 같이, 생산성이 높은 Agrifound Dark Red와 저장성이 좋은 Agrifound Light Red, Agrifound Rose(Scarlet red)가 많이 재배되고, Agrifound Rose(Brick red)와 Arad(H)(yellow)와 같이 맵지 않은 양파는 주로 USA, 영국, 일본 등지로 수출되고 있기 때문에, 황색계의 덜 매운 품종 개발이 필요할 것으로 생각함.

[표 2-7] 인도에서 재배되는 양파 종류

Variety	Color	Shape	Maturity	TSS	Productivity	Remarks
Agrifound Dark Red	Dark red	Global round, medium to big	90-100 days from transplanting	12-13	300-400	Medium storer
Agrifound Light Red	Light red	Global round, medium to big, Compact	120 days from transplanting	13-14	300-325	Good storer
Agrifound Rose	Scarlet red	Flatish round, 2.5-3.5cm diameter	95-110 days from sowing	16-18	190-200	Good storer
Agrifound Rose	Brick red	5-6 bulblets, bulblet of 2-2.5cm size	66-67 days from sowing	15-17	180-200	Good storer
Arad (H)	Yellow	Big-sized global round bulbs of 6-8 cm diameter	90-100 days after transplanting	9-10	500-800	Poor storer

자료 : NAFED Report (2009-2010)

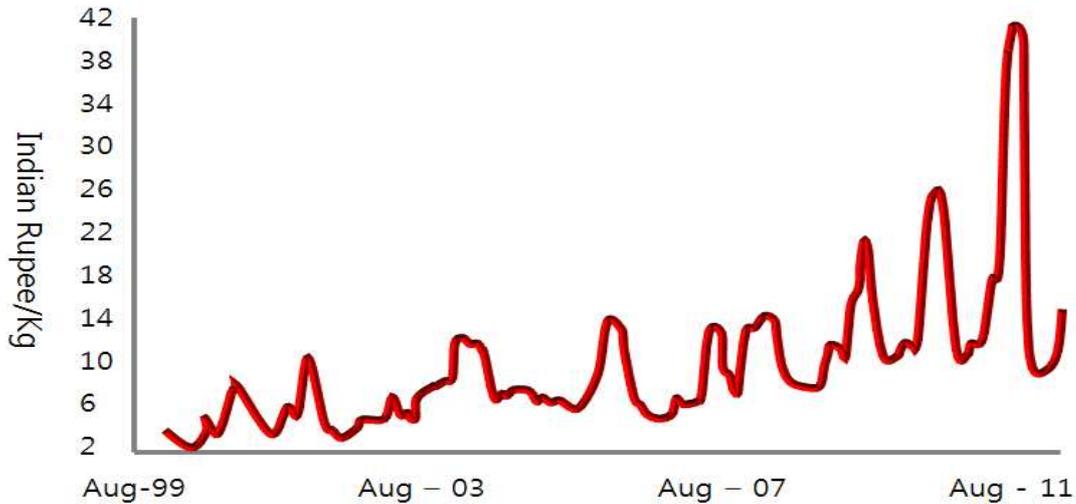
- 인도에서 재배면적이 가장 넓고, 큰 소비시장을 갖고 있는 Maharashtra주에서 재배되는 양파는 주로 Phule Safed, Baswant-780 등으로 양파의 건조가 용이한 특성이 있어서 연중 재배되며, 가공용으로 많이 사용됨(표 2-8).

[표 2-8] 인도 양파의 주산지인 Maharashtra에서 재배되는 양파 종류

No.	Variety	Season	Color	Remarks
1	N-53	Kharif	Red	Poor storage
2	Baswant-780	Kharif	Red	Poor storage
3	N2-4-1	Rabi	Brick-red	Good storage
4	N-257-9-1	Rabi	White	Good storage
5	Phule Safed	All year	White	Good for dehydration
6	Phule Suvarna	Late Kharif/Rabi	Yellow red	Good for export to Europe
7	AFDR	Late Kharif/Rabi	Dark red	Fairly good for storage
8	AFLR	Rabi	Light red	Good storage

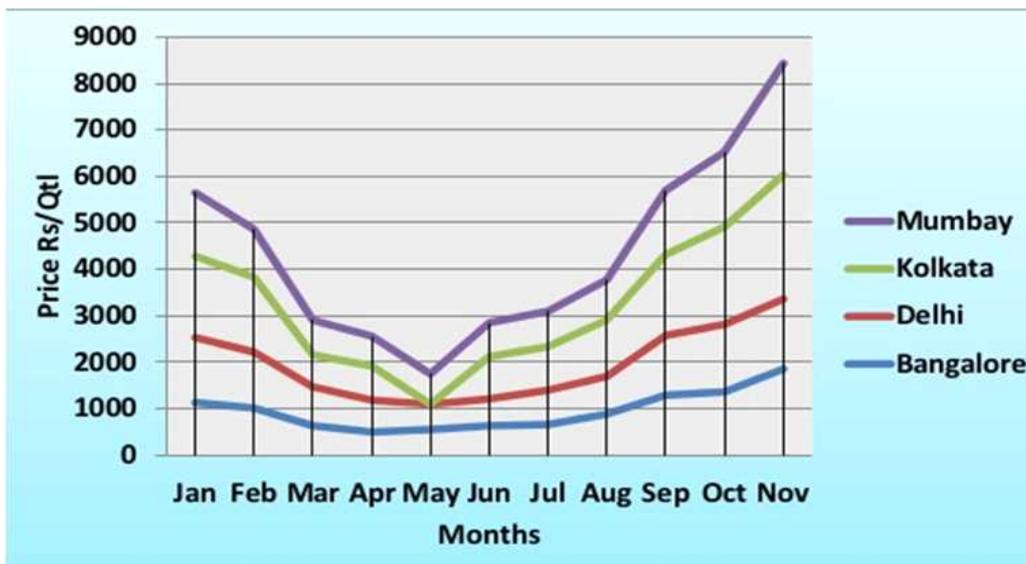
자료 : NAFED Report (2009-2010)

- 인도의 양파 가격은, <그림 2-2>에서 보는 바와 같이, 지난 12년간 가파르게 상승하여, 2011년에는 1999년에 비하여 약 4배 정도가 올랐다는 것은, 앞으로 양파 생산이 늘어나야 할 상황에 놓여 있다는 것을 뜻하는 것으로 풀이해야 할 것임.



[그림 2-2] 인도 양파의 가격추이(1999-2011)

- 또한 양파가 수확되는 봄과 초여름에는 양파가격이 떨어지고, 가을과 겨울에 가격이 높게 형성되는 패턴을 가지고 있기 때문에(그림 2-3), 봄과 초여름에 수확하여 저장했다가 가을과 겨울에 출하할 수 있는 저장성이 높은 품종을 통해서 시장을 개척해나갈 수 있을 것으로 생각됨.



[그림 2-3] 연중 인도의 양파 가격(2010)

자료 : NAFED Report (2009-2010)

- 이상에서 살펴본 바를 종합하면, 저장성이 높고 덜 매운 황색계 품종을 통해서 인도시장 진출을 시도하는 것이 바람직할 것으로 생각함.

○ 일본의 양파산업

- 일본은 약 2만 4천여 ha의 양파를 재배하고 있고, 그의 절반가량을 F₁ 품종이 차지하고 있으며, <표 2-9>에서 보는 바와 같이, 조생종과 중만생종이 두루 재배되고 있고, 북해도는 봄 파종, 그 외의 지역에서는 월동재배를 하고 있으며, Takii와 같이 오랜 양파육종의 경험과 역사를 가진 자국 종자업체의 품종을 신뢰하고 있음.

[표 2-9] 일본 F₁ 양파의 재배면적과 시장규모

Type	Region	Cultivation (Month)	Area (Ha)	Value (만US\$)
1. Short day Intermediate&Long Day	북해도	파종 : 3 수확 : 8~10	13,110	3,860
2. Short Day Intermediate&Long Day	사가, 호고, 아이치 외 대다수	파종 : 9 수확 : 4~6	9,890	2,910

자료 : 농우바이오, 2012

- 일본의 양파재배는, <표 2-10>에서 보는 바와 같이, 장기간의 육성프로그램이 진행된 다끼이와 같은 자국회사의 품종이 선도하고 있는 바, 북하야테2호는 부드럽고 매운맛이 적어 생식 등의 다양한 용도로 사용되고 있고, 오호츠크1호, 슈퍼 북단풍은 내병성과 저장성이 우수하며, 소닉, 칠보조생7번, 귀금은 구비대가 빠르고 내한성, 내병성이 좋으며, 수량이 안정적임

또한 터보, 아툼, 타잔, 히어로는 내병성과 비대성, 저장성이 좋고, 매운맛이 적으며, 네오아스, 단풍3호는 저장성이 좋은 고구(高球)형 품종으로, 대체로 저장성과 내병성이 우수하고, 구(球)의 모양이 양호한 특성을 갖추고 있음.

[표 2-10] 일본양파의 선도품종자료

Type	Variety	Company	Price (USD/kg)	Sowing (Month)	Harvesting (Month)
Short day	북하야테2호	다끼이	--	3	8~9
Intermediate&Long Day	오호츠크1호	칠보	--	3	10~11
	슈퍼 북단풍	칠보	--		
Short Day	소닉	다끼이	2,395	9	3~ 4
	칠보조생7번	칠보	1,880		
	귀금	카네코	1,500		
Intermediate&Long Day	터보	다끼이	1,900	9~10	5~6
	아툼	다끼이	1,900		
	타잔	칠보	1,611		
	히어로	카네코	1,883		
	네오어스	다끼이	945	9	6
	단풍3호	칠보	945		

자료: (주)농우바이오, 2012

○ 유럽의 양파산업

- 유럽은 고임금과 최근의 이상기후로 인해, 건조양파에서 신선, 냉장 양파로의 기호 변화를 보이고 있으며, 연중 소요되는 건조 양파의 수입처 또한, 미국과 이집트에서 인도와 중국으로 변화되는 추세임
- 프랑스는, 북부지방을 중심으로 2010년 6월 이래의 이상고온으로 인하여 양파의 수확시기가 늦어지고 구중이 증가하는 경향을 보이고 있는데, 주로 황피계와 백피계 양파가 재배되고 있음.
- 스페인에서는 백피계 양파가 주로 재배되고 있으며, 생산량의 80%는 독일, 영국, 프랑스, 벨기에로 수출되며, 나머지 20%는 내수용으로 출하되고 있어서, 네델란드와 더불어 유럽의 주요 양파 수출국임.
- 네델란드는 재배면적보다는 기술력에 의한 단위면적당 생산량이 많은 국가로서, 생산량의 90%가 수출되고, 수출량의 30% 정도가 독일, 프랑스, 영국 등의 EU 국가에, 25% 정도가 러시아, 25% 정도가 아프리카, 10% 정도가 아시아, 나머지 10% 정도가 미국 등의 기타 국가에 수출되는 등, 세계 각지에 수출하고 있음.
- 유럽은 기술력에서 앞선 네델란드와 같은 양파 수출국이 있고, 영국, 독일, 벨기에, 프랑스와 같은 양파 수입국도 함께 있어서, 유럽의 양파시장은 기술력에서 앞선 수출국과 고품질에 대한 요구가 상대적으로 강한 수입국으로 형성되어 있는 셈이기 때문에, 고품질의 저장성이 뛰어나고 가격경쟁력을 가진 품종이 시장을 주도하고 있음.
- 유럽의 양파 품종은 네델란드가 선도해가고 있다고 볼 수 있는데, 현재는 네델란드에서는 Nunhems사(미)의 Granero, Radar 및 Universo, Kaneko사(일)의 Takaniski가 인기를 얻고 있으며(표2-11), 이 품종들은 구가 단단하고 건물중(乾物重)이 높아서 저장성이 우수한 고품질 양파로 특히 수출용으로 적합한 것으로 알려짐.

[표 2-11] 유럽양파의 선도품종

Type	Color	Variety	Company	Price (US\$/kg)	Cultivation	Remarks
Short Day Intermediate Day Long Day	Yellow Red	Takaniski Granero Radar Universo	Kaneko(일) Nunhems(미) Nunhems(미) Nunhems(미)	80~300	1. Long Day 파종 : 2~3월 수확 : 6~8월 2. Short Day 파종 : 8~9월 수확 : 5~6월	Bunching & Dry onions Shelf-life

자료: (주)농우바이오, 2012

□ 국내 양파산업의 동향과 전망

- 우리나라에서 양파는 2010년 이래 연간 2~2.2만여 ha에서 120~150만여 톤이 생산되고 (표 2-12), 국민 1인당 연간소비량이 세계 평균인 6.2kg의 4배가 넘고, 특히 우리나라의 몇 안 되는 월동작물 중에서 매우 중요한 노지 재배작물로 그의 의미가 매우 클 뿐만이 아니라, 최근 들어 양파에 함유된 기능성 물질에 대한 새로운 관심이 높아지고 있는 등, 우리에게서 매우 중요한 농작물임에도 불구하고, 그의 종자를 대부분 수입에 의존하고 있음.

[표 2-12] 연도별 양파 재배면적 및 생산량 추이

연 도	1980	1990	2001	2003	2005	2007	2008	2009	2010	2011	2012
재배면적(ha)	7,741	10,327	18,995	12,352	16,737	17,751	15,392	18,514	22,113	22,976	20,965
생산량(천톤)	275	558	1,074	745	1,023	1,213	1,035	1,372	1,411	1,520	1,196
수량(kg/10a)	3,551	5,358	5,653	6,033	6,114	6,836	6,725	7,412	6,384	6,615	5,705

자료 : 농림수산식품부, 「작물통계」

- 양파의 단위면적당 생산량은 신품종의 도입, 육묘 및 재배기술의 발달 등으로 꾸준히 향상되어 왔고, 2009년의 7,412kg/10a를 정점으로 다시 낮아졌지만, 2003년 이래 늘 6,000kg/10a 이상을 유지해 왔고, 최근의 이상기후로 인하여 2012년에는 5,705kg/10a 까지 악화되었지만, 주요생산국인 미국, 일본, 중국 등에 비해서는 여전히 매우 높음.

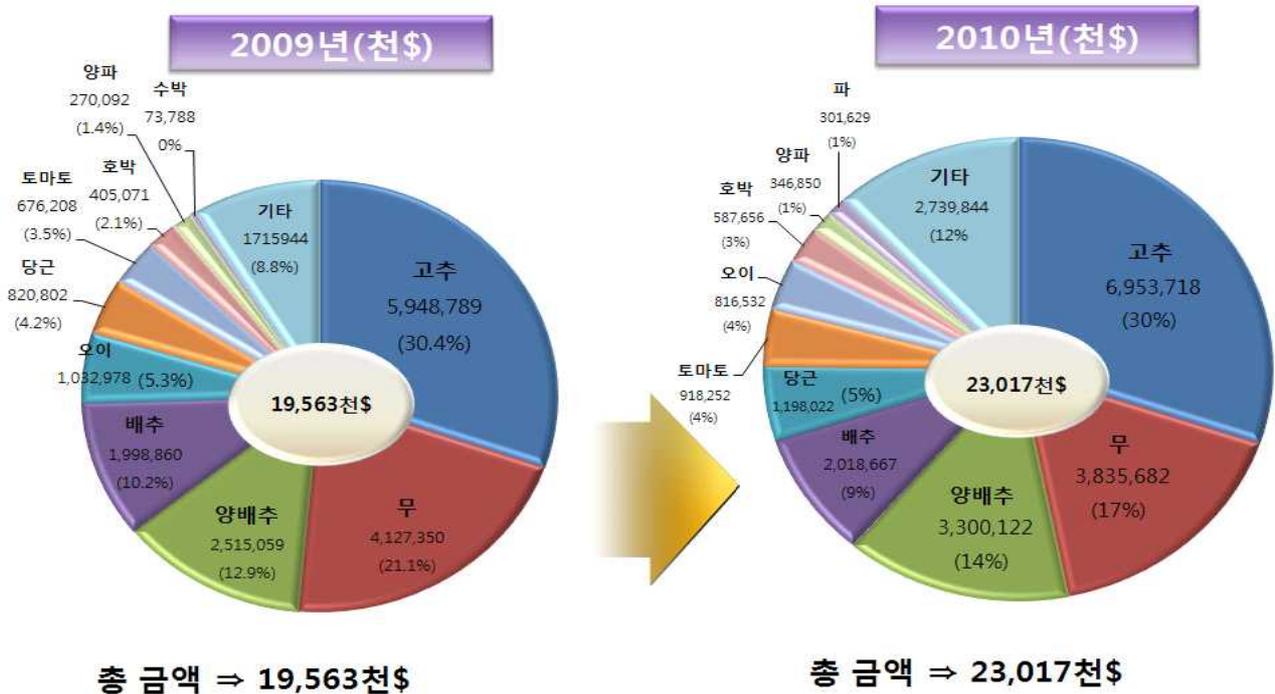
○ 양파 주산지 도별 재배면적은 전남이 53.2%로 가장 많고, 경남 19.4%, 경북12.2% 순임

[표2-13] 양파 주산지 도별 재배면적

연도	면적 및 비율	전남	경남	경북	제주	전북	충남	전국
1990	면적(ha)	3,364	1,838	1,839	238	120	85	7,062
	비율(%)	44.2	24.2	24.2	3.1	1.6	1.1	100
1995	면적(ha)	7,774	3,334	2,750	799	474	409	15,817
	비율(%)	49.1	21.1	17.4	5.1	3.0	2.6	100
2000	면적(ha)	8,072	3,374	3,215	793	487	243	16,773
	비율(%)	48.1	20.1	19.2	4.7	2.9	1.4	100
2005	면적(ha)	8,653	3,042	2,688	775	736	291	16,737
	비율(%)	51.7	18.2	16.1	4.6	4.4	1.7	100
2010	면적(ha)	11,754	4,282	2,695	1,196	1,302	390	22,113
	비율(%)	53.2	19.4	12.2	5.4	5.9	1.8	100

○ 채소 종자중 양파 종자 수출액은 2010년 약 35만\$로 매우 미미한 수준임

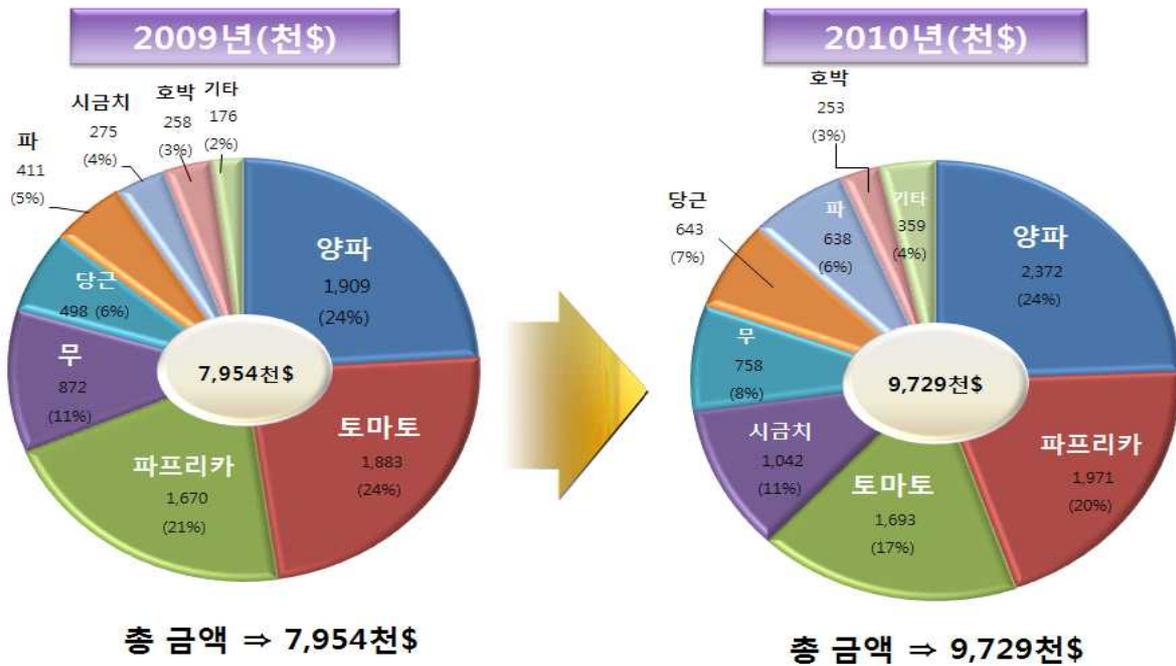
[그림 2-4] 채소종자 수출액



자료 : 한국 종자협회

○ 채소종자중 종자수입액은 2,372천\$로 전체 수입종자의 24%를 차지하며 수입종자중 가장 비중을 많이 차지하고 있음

[그림 2-5 채소종자 수입액]



자료 : 한국 종자협회

- 우리나라에서 양파는 숙기에 따라서 조생종과 중만생종으로 구분되는데, 조생종은 주로 제주도와 남부해안지역에서 재배되고, 만생종은 남부 이북지역에서 전국적으로 재배되고 있음.
- 우리나라의 양파시장은 주로 저장용으로 재배되는 중만생종에 의하여 좌우되며, 조생종과 중만생종의 재배면적 구성은 2011년 현재 12% : 88%로 조사(표 2-14)되었으나, 저온저장고의 보급과 저장기술의 발달로 중만생종의 저장양파 출하가 조생종의 수확 및 출하시기인 4월까지 늘어나면서, 2007년 이래 조생종의 재배면적이 줄어들고 있음.
- 특히 중만생종은 저온저장시설과 저장기술의 발전을 통해서 출하기간을 길게 연장할 수 있게 되어 농가소득의 향상과 함께 소득 안정화에도 기여하게 됨으로써 그의 재배면적이 증가하고 있음.

[표 2-14] 연도별 및 품종군별 양파 재배면적

년 도	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	
재배면적(ha)	16.8	16.7	15.3	17.8	15.4	18.5	22.1	23.0	
비율 (%)	조생종	9.5	15.0	17.0	18.0	12.0	13.4	11.6	11.6
	만생종	90.5	85.6	83.0	82.0	88.0	86.6	88.4	88.4

주) 한국농촌경제연구원, 「2012년 농업전망」

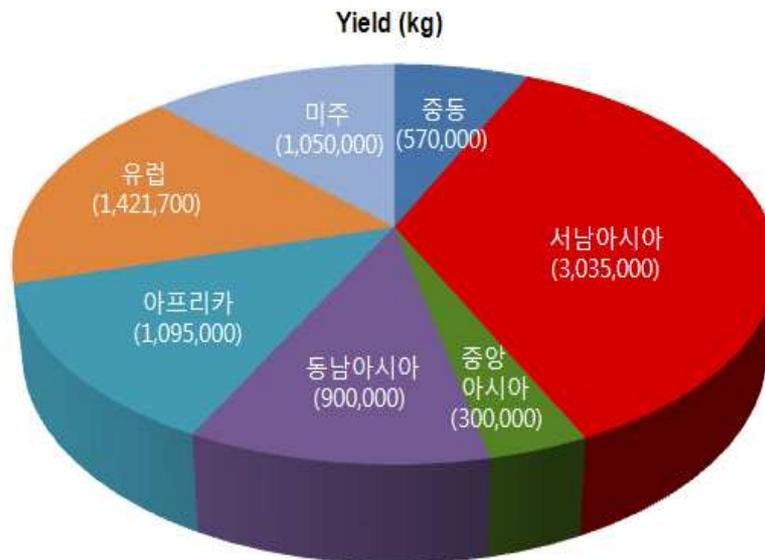
- 각종 통계에서는 ‘봄양파’로도 알려진 조생종과 ‘저장양파’로도 불리는 중만생종으로 구분하고 있으나, 재배작형을 기준하면 초극조생, 조생, 중조생, 중만생, 만생의 5가지로 구분할 수 있음.
- 초극조생 재배는 3월말~4월초 수확을 위해 재배하는 작형으로, 제주도와 고흥반도, 그리고 남해안 일부의 비닐하우스에서 8월 하순~9월 초에 파종하고, 매년 약 1,000ha 정도가 재배되는 것으로 추정되고 있으나, 저장성이 거의 없어서 저장양파의 수급상황에 따라서 가격과 재배면적의 변화가 매우 심한 편임. 재배품종은 가장 숙기가 빠른 하마에미, 그리고 다까니시끼, 마루시노310, 하마나타까라 등이 대표적인 수입 품종이고, 국내육성으로는 삼일황, 라피도300, 금황, 싱싱볼 등이 있음.
- 극조생 재배는 4월초부터 5월초까지 수확하는 작형으로, 남해안에서 750ha 정도가 재배되고 있으며, 저장성은 없지만 상대적으로 긴 수확기간으로 인하여 가격변동에 따른 출하량 조절이 용이하여 관심이 높아지고 있음. 재배품종은 국내육성 교배품종이 90%에 이르는 것으로 추정되며, 숙기가 빠른 순으로, 빅마마, 한터410, 해피볼, 조생나로, 쓰바메, 우리황, 유알황, 극조생볼, 미래황 등이 있음.
- 조생 재배는 5월초부터 5월 중순까지 수확 가능한 작형으로, 재배면적은 800ha정도이며, 이 시기의 양파가격이 비교적 안정적이고, 일부 품종들은 간이 저장도 가능하여, 재배면적이 조금씩 늘어나고 있음. 대표적인 재배품종은 한터430, 한터505, 톱스타, 퍼팩트, 조생썬더볼 등으로 국내 육성품종이 60% 정도를 차지하는 것으로 추정되고 있음.
- 중조생 재배는 5월 중·하순에 수확하여 10월까지 간이 저장, 혹은 12월까지 냉장보관도 할 수 있어서 중만생이나 만생 재배와 뚜렷하게 구분하기는 어렵지만, 벼농사와 초여름의 잦은 비를 피하기 위해서 수확을 앞당길 수 있기 때문에 농가들의 관심이 높아지고 있는 작형임. 대표적인 품종으로 대황(풍), 미들황, 어얼리7, 520등이 있음.
- 중만생 재배는 우리의 대표적인 작형으로 6월 초·중순에 수확하여 저장이 가능한 작형이지만, 대부분의 종자를 수입에 의존하고 있으나, 국내 육성품종들도 조금씩 시장을 넓혀가기 시작한 것으로 파악되고 있음. 생산수입판매 신고 절차의 형식을 빌어서 대부분 국내육성품종으로 등록이 되어있지만, 품종명칭에 관계없이 크게 분류하면 터보계 품종과 중생 고까네계 및 카타마루계로 분류할 수 있으며, 근래에 선보이기 시작한 국내 육성품종들로는 하드볼, 수라볼, 왕중왕, 넘버원 등이 있음.
- 만생종 재배는 김장배추나 김장무의 뒤를 잇는 후작이나 자가소비용 작형으로, 내한성이 강하고 저장성도 좋은 편이나, 수확시기가 장마철과 겹치고 숙기가 늦어지는 단점으로 인하여 재배가 줄어들고 있음. 대표적인 품종은 천주중·대고지만, 대부분은 일반종 품종이나 F2채종으로 얻은 종자가 사용되고 있는 것으로 알려지고 있음.

- 2000년대에 들어서면서 양파 소비가 건강식품으로까지 확대되면서, 국민1인당 연간소비량이 매년 3%씩 증가하여 2011년에는 30kg에 이를 것으로 추정되고 있음.
- 양파는 그의 3/4 가량이 조미용으로 소비되고, 생식용 15%, 절임용 6% 등의 순으로 소비되고 있으나, 최근 들어 건강기능성 음료로 개발된 양파즙, 양파발효즙, 양파식초 등에 대한 수요 증가에 따라서 양파 가공업체들도 증가하고 있으며, 이러한 추세는 앞으로도 상당기간 지속될 것으로 보임.
- 우리나라 양파는 수확 후 절반가량이 저온저장고에 저장된 다음에 연중 수요에 맞춰서 공급되기 때문에 다른 채소류에 비하여 가격진폭이 크지 않아서 농가소득도 그만큼 안정적인 편임.
- 우리나라의 양파소비는 65% 가량이 6~8cm(중형) 크기의 양파이고, 8~9cm(대형)가 30% 가량, 9cm 이상(특대) 4% 가량인 것으로 알려져 있으나, 대량소비처인 음식점 등에서의 소비는, 가정에서의 소비와는 달리, 껍질을 까고 씻고 잘게 자르는 등의 전처리 과정을 거친 양파나 조리된 양파의 소비가 점차 늘어나고 있기 때문에 손질이 쉬운 대형의 소비비중이 더 커질 수 있는 여지가 있을 것으로 생각됨.

2) 양파 종자산업의 동향과 과제

□ 세계시장

- 양파 종자는 세계적으로 8,400여 톤이 생산되는데, <그림 2-6>에서 보는 바와 같이, 인도와 중국이 포함된 서남아시아가 3,000여 톤으로 제일 많고, 유럽, 아프리카, 미주, 동남아시아, 중동, 중앙아시아의 순임.



[그림 2-6] 세계 양파의 종자생산량 (2012, 농우바이오)

- 양파종자의 세계시장 규모는 약 44억 US\$에 이르고, 장일계 품종이 대부분을 차지하고 있음(표 2-15).

[표 2-15] 양파의 Type별 종자시장 규모(2012)

계통별	종자소요량(kg)		종자금액(천\$)	
	Mt	%	US\$	%
Long Day	20,520	95.7	41억 400만	93.3
Short Day	775	3.6	2,325만	5.3
Interme. Day	152.7	0.7	6,108만	1.4
Total	21,447.7	100.0	43억 9,758만	100.0

자료:(주)농우바이오,2012

- 양파 종자시장은 크게 F₁ 품종과 재래종 시장으로 구분할 수 있는 바, 유럽의 선진국들과 중국, 일본, 한국 등은 F₁ 품종이 주로 재배되고, 적도 부근과 아프리카 국가들은 주로 재래종 품종이 재배되고 있음.
- 양파는 2년 1세대의 타식성 작물로 육종기간이 상대적으로 길기 때문에, 육종 역사가 깊고, 육종기간을 단축할 수 있는 생명공학 기법을 갖춘 몇몇 업체들에 의해서 시장이 주도되고 있음¹⁾.
- 양파 종자시장은, 최근 수십 년간 꾸준히 증가하고 있는 세계 양파소비량과 함께 그의 규모가 증가할 것이며, 양파와 양파 종자시장은 앞으로도 중국과 인도를 중심으로 발전해갈 것이고, 특히 이들 국가가 기존의 재래종에서 F₁ 품종으로 점차 바뀔 것이기 때문에 F₁ 품종에서 앞선 다국적 기업과 일본 업체들이 앞 다퉈 나갈 것으로 예상됨.
- 중국과 인도의 종자업체들은 주로 재래종을 생산·유통해오고 있었지만, 최근 들어서 F₁ 품종에 대한 수요가 늘어나면서, 전문인력을 확보하고 육종연구소를 설립하는 등, 내수 시장을 지키고 확대하려는 노력을 강화하고 있기 때문에, 이들 국가에 양파종자를 수출하려는 업체들과의 경쟁이 매우 심해질 것으로 보임.
- 양파종자의 가격은, 전체적으로는 kg당 평균 200US\$로 알려져 있으나, 이는 장일(long day)계가 200US\$/kg, 단일(short day)계가 300US\$/kg, 중일(intermediate day)계가 400US\$/kg 수준이지만, 종자소요량의 95% 이상을 장일계가 차지하고 있기 때문임.
- 주로 소비되는 양파의 크기(구(球)의 지름)는, <표 2-16>에서 보는 바와 같이, 지역별로 조금씩 차이가 는 바, 유럽과 일본에서는 구(球)가 큰 60~70mm의 황색계통의 품종이, 중동지역은 중간크기인 40~60mm, 동남아시아 지역에서는 25~30mm의 소구(小球) 품종이 주로 소비되는 것으로 파악되고 있음.

[표 2-16] 지역별로 선호하는 양파의 크기

No.	Country	Size (mm)
1	Middle East and Gulf(Dubai, Sharjah, Doha, Muscat, Bahrain, Dammam, Saudi, Arabia, Kuwait)	40-60
2	Malaysia, Singapore, Port Kelang & African Ports	25-30
3	Sri Lanka	25-30
4	Bangladesh, Pakistan & Nepal	25-30
5	Europe	60-70
6	Japan	60-70

Source: MSAMB, Pune (2008)

1) (미)Nunheam, (미)Seminis, (일)다끼이, (화)Bejo, ()Fito 등에 의해서 주도되고 있음.

- 국가별, 지역별로 재배되는 양파구의 크기와 색상, 재배 방법(장일성, 중일성, 단일성, 단일 월동성)은 재배지의 시장과 수출국의 시장 기호, 문화적인 영향 및 기후 조건 등에 따라서 차이가 있고, 이러한 요구를 충족시킴으로써 이러한 지역들의 종자시장에 진입하겠다는 관점에서, 일부 주요 지역의 양파 품종에 대한 요구를 요약하면 <표 2-17>에서 보는 바와 같음.

[표 2-17] 주요 지역별 양파 선호품종의 특성

지 역 별	선호품종의 특성
중국 雲南省, 四川省	국조생종, 원형(圓形), 구 직경 8cm 이상
중국 山東省, 江蘇省, 河南省 (黃皮)	5~6월 수확형, 수량성 및 저장성 우수
중국 山東省, 江蘇省, 河南省, 湖北省, 陝西省 (紅皮)	5~6월 수확형, 수량성 우수
러시아 흑해 연안지역	6월 수확형, 조숙성, 내한성, 내추대성
우크라이나 지역	6월 수확형, 내한성, 내추대성
스페인 남부지역	8월초 파종, 11~12월 수확형, 조숙성(극조생)

자료: ㈜농우바이오, 2012

- 모든 지역에서 공통적으로 요구하고 있는 품종특성은, 수량성, 균일성, 저장성, 내건성, 내병성, 매운 맛 등이고, 특히 양파의 pink root(*Pyrenochaeta terrestris*(syn. *Phoma terrestris*) 계통과, 흑색썩음균핵병 (*Sclerotium cepivorum*)에 대한 내병성이 강한 품종에 대한 요구가 매우 커지고 있고, 최근 들어서는 기능성 물질에 대한 관심이 높아지고 있기 때문에, 다양한 유색 품종과 Flavonoid를 많이 함유한 기능성 양파, 그리고 특히 항암물질로 알려진 퀘세틴 함량이 많은 기능성 품종에 대한 요구가 커지고 있어서 이러한 품종의 개발에도 관심을 높여나가야 할 것임.

□ 내수시장

- 우리나라의 양파종자 생산량은 연간 40여 톤에 불과하여, 연간 1,154만 US\$어치의 종자가 주로 일본으로부터 수입되어, 우리나라의 채소류 종자 수입액 중에서 가장 많은 액수를 차지하고 있음(표 2-18).

[표 2-18] 우리나라의 양파종자 생산 및 수출입 추이²⁾

양파종자 생산량	40.4톤(해외채종 77.5% + 국내채종 22.5%)
양파종자 수입액	('00)893.6만 US\$→('05)750.2만 US\$→('10)1,154.4만 US\$
양파종자 수출액	('00)29.9만 US\$→('05)13.1만 US\$→('10)34.7만 US\$

자료: ㈜농우바이오, 2012

- 우리나라의 양파종자 수요는, 재배지역과 작형에 따라서 조금씩 다르지만, 중만생종 품종이 80%를 차지(조생종 품종 20%)하고 있음.
- 제주도와 고흥 및 일부 비닐하우스에서 3월말~4월초 수확을 위해 재배하는 초극조생종의 재배면적은 약 1,000ha 정도로, 종자 소요량은 2톤 정도(약 20억원)가 되지만, 0.8톤 정도만 국내산 종자가 사용되고, 1.2톤 정도(60%)는 수입에 의존하고 있으며, 종자가격은 kg당 평균 수입종은 130만원, 국내육성품종은 80만원 정도인 것으로 파악됨.
- 남해안지역에서 4월초부터 5월초까지 수확하는 극조생종의 재배면적은 약 750ha 정도로 종자 소요량은 1.5톤(약 13억원) 정도로 파악되고 있으며, 90% 정도를 국내 교배종이 차지하고 있고, 종자가격은 kg당 평균 80만원 정도인 것으로 파악됨.
- 남부지역에서 5월초부터 5월 중순까지 수확하는 조생종의 재배면적은 약 800ha로, 종자 소요량은 1.6톤(약 11억원) 정도이고, 국내 육성품종이 60% 정도를 차지하고 있는 것으로 추정되고 있으며, kg당 평균 종자가격은 65만원 수준인 것으로 파악됨.
- 5월 중·하순에 수확하여 12월까지 냉장보관도 할 수 있는 중조생은, 대략 중만생종 시장의 15% 정도로 파악되고 있고³⁾, 특히 2011-2012년 이상 고온으로 인한 수확량감소와 지속적인 지구 온난화 추세로 인하여 선호도가 높아지는 추세이며, 대황(풍), 미들황, 어얼리7, 520 등의 품종이 공급되고 있음.

2) p.21의 채소종자 수입액과 위자료의 수입액이 차이가 나는 것은 p.21의 자료출처는 한국종자협회의 자료이므로 회원사로 등록되어 있는 종묘회사의 수입액만을 조사한 것으로서 ㈜농우바이오의 양파종자 수입액과는 다소 차이가 있을 수 있음.

3) 중조생과 중만생은 모두가 저장이 가능하기 때문에 그의 구분이 어렵지만, 수확기의 잦은 비와 다른 농작물들의 수확시기, 특히 벼농사와의 경합으로 인한 높은 인건비를 피해서 수확을 앞당길 수 있는 품종이라는 점에서 그의 수요가 증가하고 있기 때문에 따로 분류할 필요가 있을 것임.

- 저장 양파의 대부분을 차지하고 있는 중만생종은 종자의 대부분을 수입에 의존⁴⁾하고 있고, 종자 소요량은 약 27톤(약 160억원)인데, 국내육성품종은 2.5~3톤 정도로 10% 정도에 그쳤지만, 국내육성품종들의 점유율이 차츰 높아지기 시작한 것으로 알려지고 있으며, 종자가격은 kg당 평균 55만원 정도인 것으로 파악되고 있음.

- 만생종은, 내한성이 상대적으로 강하고 저장성도 좋은 편이나, 구의 순도나 숙기가 늦은 편이고, 수확시기가 장마철과 겹쳐서 양파주산지의 경우 품종의 선호도가 낮고, 일부 김장배추나 월동배추 후작용, 자가소비를 위한 가정원예용 등으로 그의 재배가 점차 줄어들고 있는 추세임.

- 이상에서와 같은 양파의 작형별 종자 수급상황을 종합하면, 우리나라의 양파종자 수요는 중만생종 품종이 80%를 차지(조생종 품종 20%)하고 있으며, 중만생종의 85% 이상을, 조생종은 절반가량을 수입에 의존하고 있다고 요약할 수 있을 것임.

- 이는 특히 양파수출이 규칙적이거나, 수출용 양파를 따로 생산하지 않는 우리나라의 입장에서 보면, 국내소비를 위하여 재배되는 양파의 종자를 대부분 수입에 의존하고 있는 구조를 가지고 있다는 것이고, 이로 인하여 농가의 양파생산에 소요되는 경영비 중에서 종묘비의 비중이 18.8%에 이르는 등, 양파종자의 수입의존도를 낮추기 위한 노력이 매우 시급하고 절실한 과제가 아닐 수 없음.

○ 우리나라에서 양파 종자는, 일제(日帝) 이래로 오랫동안 일본 품종에 익숙해왔고, 2년 1세대의 타식성 작물로 육종기간이 상대적으로 길기 때문에, 오랫동안 민간의 자율적인 경쟁에 맡겨졌던 채소작물 종자임에도 불구하고 육종을 시도하기 어려운 환경에 놓여 있었고,⁵⁾ 지금도 양파 육종을 하고 있는 전문인력이 10여명에 그치는 등, 극히 부진한 실정임.

- 우리나라에서 주로 재배되는 양파의 품종을 작형별로 살펴보면 <표 2-17>에서 보는 바와 같이, 전체적으로는 모두 30여 가지 품종이 주로 재배되고 있고, 수입품종은 모두 일본 품종임을 알 수 있음.

- 또한 국내 육성품종은 조생종 품종으로 갈수록 다양해지지만, 만생종 품종으로 가면 다양하지 못함을 알 수 있는데, 재배면적과 종자 소요량은 중만생종이 85% 이상을 차지하고 있어서, 시장규모가 크고, 그래서 파급효과도 그만큼 더 큰 중만생종 개발이 상대적으로

4) 생산수입판매 신고 절차의 형식을 빌어 대부분 국내육성품종으로 등록이 되어있지만, 터보계 품종과 증생고까네계 및 카타마루계로 분류될 수 있으며, 특히 동일한 품종임에도 불구하고 판매업체별로 이름을 달리하거나 판매경로나 방식을 달리하여 재배농가들을 혼란스럽게 하고 신뢰를 떨어뜨리는 부작용을 낳는 경우도 있음.

5) 우리나라는 1962년부터 새로운 종자산업법이 제정된 1997년까지, 식량작물에 대해서는 '주요 농작물 종자법'을 통해서 그의 육종-종자생산-보급을 직접 관리하고, 채소 등의 원예작물에 대해서는 민간이 자율적으로 육종-종묘의 생산-보급을 하되 '종묘관리법'을 통해서 정부가 관리하고 감독하는 이원적 체제를 오랫동안 유지해왔기 때문에, 아직까지는 그렇게 만들어진 구조가, 약간의 변화가 없는 것은 아니지만, 대체로 그대로 유지되고 있으며, 양파는 채소작물로서 민간에 맡겨져 있었지만, 민간이 뛰어들기에는 risk가 매우 큰 작물에 속하는 것으로 알려지고 있음.

로 더 급하고 절실한 것으로 보아야 할 것임.

[표 2-19] 작형별 주요 유통품종

품종군별	파종시기	수확시기	주요 재배지역	주요 품종
초극조생	8/25-9/5	3월하-4월초	제주, 고흥, 하우스	(일)하마에미, (일)다까니시키, (일)마루시노310, (일)하마나타카라, (국)삼일황, (국)라피도300, (국)금황, (국)싱싱볼
극조생	9/1-9/10	4월초-5월초	남해안, 거제	(일)쓰바메, (일)빅마마, (일)한터410, (국)해피볼, (국)조생나로, (국)우리황, (국)유알황, (국)극조생볼, (국)미래황
조생		5월초-5월중		(국)한터430, (국)한터505, (국)톱스타, (국)퍼팩트, (국)조생썬더볼
중조생	9/20-9/25	5월중-5월하	전국	(국)대황(풍), (국)미들황, (국)어일리7, (국)한터520
중만생		6월초-6월중	전국	(일)터보계, (일)카타마루계, (일)중생고까네계, (국)하드볼, (국)수라볼, (국)왕중왕, (국)넘버원
만생	9/25-	6월하	전국	(국)천주중고, (국)대고

자료: ㈜양파나라

- 한편 국내에서 육성되어 국립종자원에 품종권 보호를 출원한 품종은, <표 2-20>에서 보는 바와 같이, 2012년 11월 말까지 국내에서 육성되어 품종권 보호를 신청한 출원품종은 모두 39건이고(외국에서 육성되어 우리나라에 직접 품종권 보호를 신청하거나 등록된 품종은 없음), 품종권이 등록된 품종은 21건에 이르는 반면에 품종생산·수입·판매신고 건수는 1,135건에 이르고 있으며, 이는 곧 우리나라 양파 종자의 대부분이 외국에서 육성된 품종을 들여와서 생산·수입·판매된 품종이라는 것을 뜻함.
- 또한 우리나라의 양파 육종은 아직까지 정부(국가와 지자체)가 민간보다 많은 것을 확인할 수 있는바, 이는 양파가 2년 1세대 타식성 작물로 육종기간이 상대적으로 길고, 이미 오래 전부터 일본 품종에 익숙해 있어서 양파 육종의 상업적 성공을 확신하기 어려워 민간의 적극적인 참여가 어려웠기 때문일 것으로 생각됨.

[표 2 - 20] 양파의 품종출원과 등록 및 품종생산·수입판매신고 실적(1997~2012. 11)

구 분	국 내						외국
	합 계	개인	종자업계	지자체	국가	기타	
출 원	39	-	14	6	19	-	-
등 록	21	-	10	4	7	-	-
품종생산·수입 판매신고	1,135	2	1,107	2	1	23	-

자료: 국립종자원, 「품종보호공보 제170호」, 2012. 12. 15

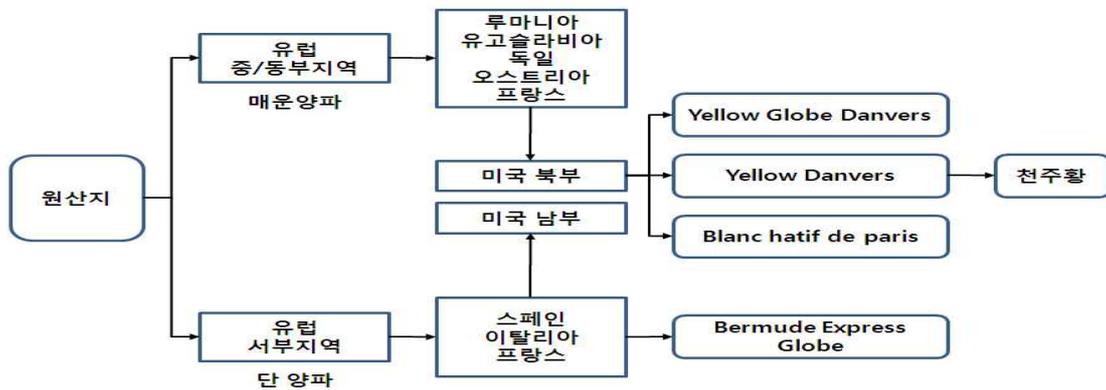
- 그러나 양파는 우리에게 가장 중요한 노지 월동채배 작물로서 국민 1인당 연간소비량도 세계 평균의 4배가 넘을 정도로 많이 먹는 채소이고, 그의 기능성 물질에 대한 새로운 관심이 높아지고 있는 매우 중요한 농작물의 종자를, 지금까지와 같이 수입에 의존하거나 민간에게만 맡겨서는 안 될 것임.

2. 국내외 기술동향 분석

1) 육종기반 연구

□ 유전자원

- 양파는 크게 유럽 중부와 동부의 ‘매운 양파(신미계)’와 유럽 서부의 ‘단 양파(감미계)’로 나누어지고, 매운 양파는 미국의 북부지역으로, 단 양파는 미국의 남부지역으로 확대된 것으로 알려져 있으며(그림 2-7), 국내 도입은 기록상으로 1906년 서울 뚝섬에 있었던 원예모범장이 처음이고, 1912년에는 ‘Yellow danvers’ 등이 도입되었다는 기록이 있음(이길복, 2004).



[그림 2-7] 양파의 품종 분화도(이길복, 2004)

- 감미계 양파는 이탈리아와 스페인계 품종으로 매운 맛이 적고, 껍질이 희고 조생이며 저장성이 약하고, 신미계 양파는 미국계 품종들이 많고 매운맛이 강하고 중만생종이면서 저장성이 좋다는 특징을 가지고 있음.
- 양파 껍질의 색깔은 흰색, 황색, 자색(붉은색)의 3가지가 있으나, 인도에서 자색 양파를 자주 볼 수 있을 뿐, 세계적으로는 황색 양파가 압도적으로 많이 재배되고 있음.
- 양파 구의 모양은 편편형, 편원형, 원형, 타원형, 원추형에 이르기 까지 매우 다양하고, 국내에서는 조생종은 편편형, 중만생종은 편원형이 주류를 이루어 왔으나 최근에는 조생종이나 중만생종 모두 원형에 가까운 품종이 개발되고 있음.

- 양파는 다른 농작물들에 비해서 유전적 다양성이 매우 좁고, 재배종의 기원이 되는 야생종이 아직까지 발견되지 않고 있음.
- 특히 주요 병(노균병, 흑색썩음균핵병, 잎마름병 등)에 대한 저항성을 가진 유전자원을 발견하기 어려워서 근연종(*A. fistulosum*, *A. roylei*, *A. galanthum* 등)으로부터 병저항성 유용자원을 얻으려는 연구가 20세기 초부터 유럽에서 시작되었음.
- *A. roylei*는 양파와 비교적 교배가 잘 되고, 노균병, 흑색썩음균핵병, 잎마름병, 탄저병 등의 병과 총채벌레에 대한 저항성을 가지고 있는 것으로 알려져 있어서, 유럽에서는 양파와의 중간교잡을 통한 노균병 저항성 품종이 개발되어 최근 출시되었음.
- 양파의 주요 병해에 대한 내병성 자원은 <표 2- 21>에서 보는 바와 같이, 노균병과 시들음병, 분홍빛뿌리썩음병에 대해서는 각각 한 가지 이상씩의 유전자원이 알려져 있지만, 세계적인 양파 병해인 흑색썩음균핵병에 대한 내병성 자원은 *Allium*속의 근연종에서도 아직 발견되지 않았음.

<표 2-21> 양파의 주요 병해와 내병성 자원

병 명	병 원 균	내병성 자원
노균병 (Downy mildew)	<i>Peronospora destructor</i>	<i>Allium roylei</i> PI243009
시들음병 (Fusarium basal rot)	<i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>cepa</i>	'Early Yellow Globe' 'Ohotsuku 1' 'Kita momiji 2000' 'Super kita momiji'
분홍빛뿌리썩음병 (Pink root)	<i>Phoma terrestris</i>	'Early Grano' (중도)

- 양파육종의 출발점이자 소재인 양파(*Allium cepa* var. *cepa*)와 근연종의 유전자원을 수집-평가-보전-관리하는 기관은, 우리나라에서 모든 농작물 유전자원을 관리하고 있는 농촌진흥청 국립농업과학원의 농업유전자원정보센터와 양파유전자원 관리기관으로 지정된 경남농업기술원의 양파연구소임.

- 이들 기관에서는 농작물로 재배되는 양파 이외에 *A. fistulosum*(파), *A. porrum*(리크), *A. senescens*, *A. thunbergii*, *A. tuberosum* 등 *Allium*속의 유전자원도 보존·관리하고 있음.
- 농업유전자원정보센터는 세계 33개국에서 수집된 185점을 확보하고 있고, 양파연구소는 34개국에서 수집한 926점을 보유하고 있음(표 2-22).

<표 2-22>. 주요국가의 양파 유전자원 보유 현황

구 분	한 국		AVRDC (대만)	USA-ARS (미국)	CGN (네덜란드)
	농업유전자원 정보센터	양파연구소			
점 수	185	926	483	1004	224
원산지 수	33	34	40	62	37

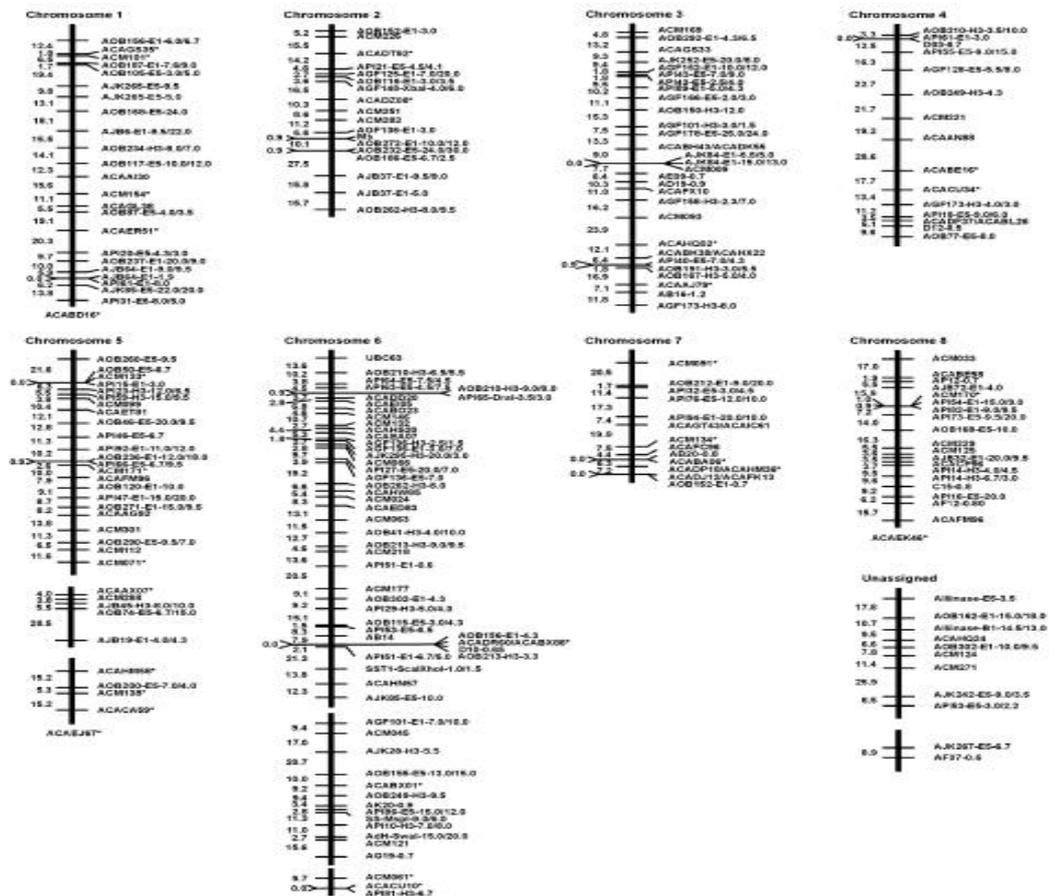
- 그러나 보유하고 있는 유전자원을 신제품 육성에 널리 활용되기 위해서는 이들의 다양한 특성을 분석하여 검색할 수 있도록 D/B화 되어야 하겠지만, 농업유전자원센터 D/B에 등록된 양파 유전자원의 특성은 대부분 주요 특성 10여개 항목만 수록되어 있거나 누락된 경우가 많아서, 예를 들면 양파 구의 색깔이 밝혀진 것이 58점(황색 51점, 적/자색 5점, 백색 2점 등)에 그치는 등, 매우 미진한 실정임.
- 종자업체 등의 민간이 보유하고 있는 유전자원은 밖으로 잘 알려지지 않는다는 특성이 있으나, 유전적 다양성이 매우 빈약한 것으로 파악되고 있는 바, 특히 유전자원을 전 세계에서 수집하고 보존하고 관리할 수 있는 자원과 역량에 한계가 있기 때문인 것으로 보임.
- 따라서 유전자원의 수집과 관리 및 분양에 대한 국가기관의 역할이 매우 중요하고, 특히 유전자원은 전 인류의 자원일 뿐만 아니라, 육종의 출발점으로서의 소재인 유전자원이 신제품 육성에 널리 활용되도록 하여야 한다는 공공성을 가지고 있다는 점에서, 종자강국으로의 도약을 위한 육종 활성화를 중요한 정책과제로 제시하고 있는 우리 정부의 역할은 매우 획기적으로 강화되어야 할 것임.

□ 유전자 지도

○ 양파는 대부분의 *Allium*속 작물과 마찬가지로 8개의 기본 염색체를 가지고 있고, 그의 크기가 약 15,290Mb이고 17.9 pg의 DNA를 1C nucleus가 가지고 있어서 옥수수 유전체의 6배, 벼 유전체의 36배, *Arabidopsis* 유전체의 107배나 큰 유전체를 가지고 있고, 2년생 작물이며 자식열세가 매우 강하기 때문에 양파의 유전자 지도 및 유전체 연구는 다소 뒤떨어져 있음.

- 양파 유전자 지도는 1998년에 처음으로 보고된 바, 14개의 RAPD marker, 110개의 RFLP marker로 이루어진 low-density linkage map으로 12개의 linkage group으로 이루어져 있다고 밝히고 있음(King et al. 1998).

• 2001년에 128개의 EST sequence에 기초해서 26개의 SSCP marker를 King이 보고한 linkage map에 추가하였고, 2005년에는 같은 연구그룹에서 11,008개의 EST sequence를 확보한 다음 그 중에서 벼의 유전자와 상동성이 높은 276개의 EST를 선별하여 104개의 SNP와 indel을 찾았고 46의 SSR polymorphism을 찾아서 168개의 새로운 marker를 기존의 유전자 지도에 추가 하였고, 이렇게 완성된 유전자 지도는 총 1,907cM으로 14개의 linkage group으로 이루어져 있음(그림 2-8, Martin et al. 2005).



[그림 2-8] 현재까지 제작된 가장 정밀한 양파 유전자지도(Martin et al. 2005)

- 양파 유전자 지도는, <표 2-23>에서 보는 바와 같이, 비록 여러 차례의 보완을 거쳤지만 여전히 다른 작물의 유전자 지도에 비하여 해상도가 크게 뒤떨어져 있다고 볼 수 있으며, Martin et al.(2005)은 양파 유전자 지도에 위치된 EST와 유사한 벼의 유전자 위치를 비교한 결과 양파의 유전체와 벼의 유전체 사이에는 거의 colinearity가 없다는 사실이 발견되었고, 이는 곧 앞으로의 양파 유전체 연구에 있어서 비교적 유전체 정보가 많이 축적된 벼의 유전체 정보를 이용하기가 어렵다는 것을 뜻하기 때문에 양파의 유전체 연구는 독립적으로 수행되어야 할 것으로 생각됨.

<표 2-23> 양파 유전자 지도 작성실적

발표 연도	유전자좌 수	분자표지 종류	유전자 지도 길이	인용문헌
1998	116	RFLP, RAPD	1,060 cM	King et al.(1998)
2000	262	AFLP	694 cM	van Heusden et al.(2000)
2005	234	ILP, SNP, SSR, RFLP	1,907 cM	Martin et al.(2005)
2012	1,776	ILP, SNP, SSR, RFLP, AFLP	Consensus map of multiple maps	McCallum et al.(2012)

2) 육종기술

□ 양파의 주요 육종형질

- 양파는 중앙아시아에서 순화된 이후 전 세계로 퍼져나가 각 지역에 맞게 적응되면서 다양한 품종 간의 변이가 만들어졌으며, 이러한 변이들 중에서 육종에 활용되는 중요한 형질들은, <표 2-24>에서 보는 바와 같은 형태적 특성(잎, 구, 꽃의 형태)과 병저항성이 있음.

[표 2-24] 양파의 주요 육종형질

식물조직	주요 형질
잎	색깔, 길이, 입성(erectness)
구 (bulb)	구피두께, 성장점 숫자, 경도, 건물중, 당도, 매운맛, 저장력, 구피색, 구형, 구비대에 필요한 일장요구도
꽃	화경(scape)의 길이, 개화시기, bolting에 필요한 저온요구도

- 잎은 직립한 형태가 통기성과 작업성이 좋아 선호되고 있으며 구는 성장점 숫자가 적은 계통이 미국과 유럽에서 선호되고 있으나, 주로 조리용 소비가 많은 국내에서는 크게 중요하지 않게 여기고 있는 반면에 국내에서 자주 발생하는 노균병과 흑색적응균핵병에 대한 저항성에 대한 관심은 매우 높음.
- 구의 매운맛은 양파를 주로 샐러드로 소비하는 미국과 유럽국가에서 매우 중요한 형질로, ‘덜 매운 양파’의 육종과 많은 노력을 기울이고 있음.
- 구의 저장성은 매우 중요한 형질로, 부패 외에도 sprouting을 억제하는 것이 중요한 과제가 되고 있는 바, 양파는 일반적으로 수확 후 휴면에 들어가기 때문에 곧바로 sprouting이 일어나지 않지만, 휴면의 강도는 품종 간에 차이가 큼⁶⁾.
- 구피의 색깔은 크게 흰색, 노란색, 붉은색으로 나누어지고, 황금색과 연녹색(chartreuse)도 일부 보고되고 있으나, 우리나라는 노란색 품종이 대부분을 차지하고 있고, 최근 들어 적색 품종에 대한 관심이 높아지고 있는 추세임. 이는 양파의 구피색을 구성하는 flavonoid 화합물이 다양한 기능성을 가지고 있어서 앞으로 다양한 구피색을 가진 품종을 개발하면 소비자들의 기능성 양파에 대한 요구를 충족시킬 수 있을 것으로 생각됨.
- 구 비대가 시작되는 시점까지 필요한 최소일장(minimum day-length)에 따라서, 최소일

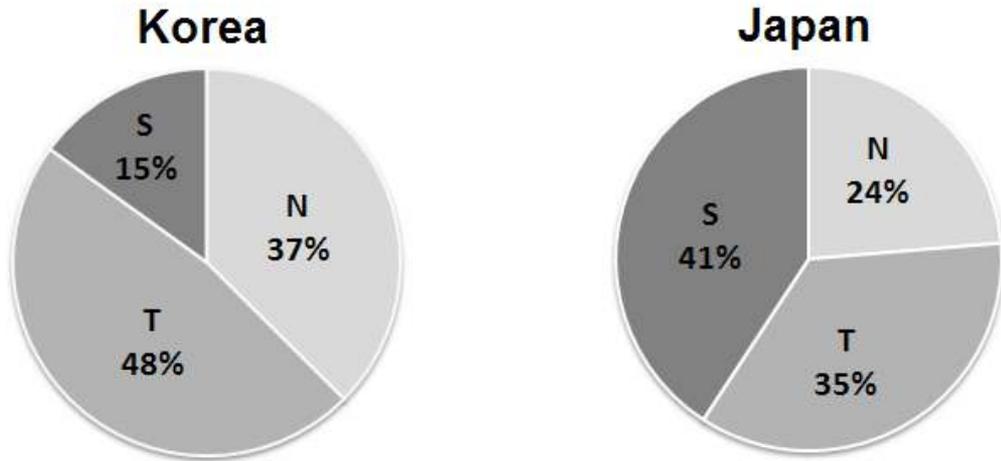
6) 국내의 적색 양파 품종은 휴면의 강도가 약해 sprouting이 조기에 일어나는 문제를 해결하여야 할 것임.

장이 11-12시간이면 단일(short-day)형, 13-14시간이면 중일(intermediate-day)형, 16시간 이상이면 장일(long-day)형으로 나누며, 이에 따라서 일장이 연중 12시간으로 일정한 고위도에 위치한 동남아시아 등지에서는 단일형 품종이, 우리나라와 같이 중위도에 위치하여 가을에 파종하여 월동 후에 구 비대가 시작되어 늦은 봄이나 초여름에 수확하는 지역은 중일형 품종이, 인도와 같이 봄에 파종하여 구비대가 늦여름에 되어 초가을에 수확할 수 있는 고위도 지역에서는 장일형 품종이 재배되는 특성을 가지고 있음.

□ 일대잡종(F1)

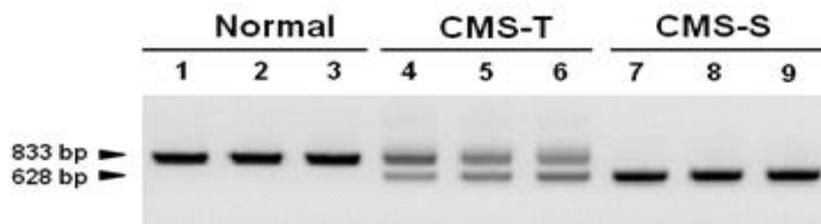
○ 웅성불임성(Male-sterility) 연구

- 고정종만 재배되어 왔던 양파의 육종은 20세기에 들어서서 시작된 바, 1925년 미국의 UC Davis에 근무하던 Henry Jones에 의해서 웅성불임 양파가 발견됨으로써 F1 품종이 개발될 수 있는 길이 열리게 되었으며, 아직도 고정종이 많이 재배되고는 있지만, 병에 강하고 초세가 좋고 수확량이 많고 높은 균일도를 가진 F1품종의 비율은 꾸준히 늘어나고 있음.
- 양파는 자가불화합성이 없고 1개의 화구(umbel)에 많게는 1000여개의 꽃이 피고, 각 꽃들은 2-4주에 걸쳐 순차적으로 개화하므로 물리적 제웅에 의한 F1 종자의 생산은 불가능에 가깝기 때문에, 양파의 웅성불임을 이용하는 것이 유일함.
- 양파 웅성불임은 2종류가 존재하는데 처음 발견된 것은 1925년 Dr. Jones가 Italian Red라는 품종에서 발견한 것으로 CMS-S라 하며 1개의 회복유전자가 CMS-S 세포질에 의해서 발생한 웅성불임을 가임으로 회복시켜 주는 것으로 보고되었고(Jones and Emsweller 1936), 1965년에 Berninger에 의해서 CMS-S와는 회복유전양상이 다른 새로운 웅성불임인 CMS-T가 보고된 바가 있으나(Berninger 1965; Schweisguth 1973), CMS-T는 임성회복이 3개의 독립된 회복유전자에 의해서 일어나고 웅성불임 또한 환경에 따라서 약간 불안정하다는 단점이 보고된 바 있음(Havey 2000).
- 유럽은 주로 CMS-T를 이용하고, 미국은 대부분 CMS-S를 이용하는 것으로 알려져 있으며(Havey 2000), <그림 2-9>에서 보는 바와 같이, 우리나라에서 육성된 품종들은 약 48%이상이 CMS-T를 가졌고, CMS-S를 가진 것은 15%에 불과한 반면에 일본 품종들은 CMS-S의 비율이 41%로 가장 많고 CMS-T의 비율은 35%인 것으로 알려지고 있음(Kim et al. 2009).



[그림 2-9] 국내와 일본 품종의 양과에 존재하는 3종의 세포질 분포(Kim et al. 2009)

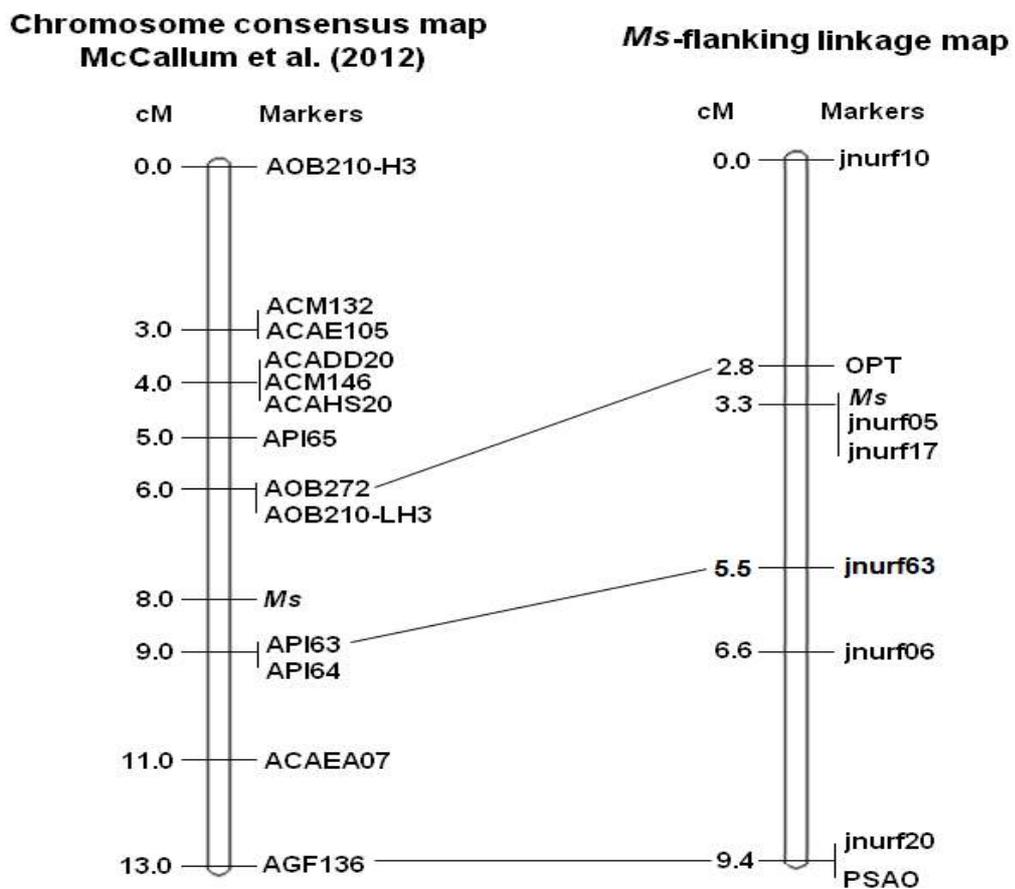
- 양과는 2년생 작물이므로 임성조사 및 자식검정을 통해서 웅성불임의 종류를 판별하는데 짧게는 4년에서 길게는 8년까지 소요되어 F₁품종 개발에 가장 큰 장애요인이 되고 있기 때문에, 웅성불임의 종류를 쉽게 단기간 내에 판별할 수 있는 분자표지를 개발하려는 노력들이 꾸준히 이루어져 왔음(Havey 1995; Sato 1998; Engelke et al. 2003; Kim et al. 2009).
- 특히 전남대 김성길 교수 연구팀에서 단 한번의 PCR로 정상 및 2종류의 세포질을 판별할 수 있는 분자표지를 개발하여 웅성불임 종류를 판별하는 정확도와 효율을 높인 바가 있음(그림 2-10).



[그림 2-10] 양과 세포질 식별용 분자표지 (Kim et al. 2009)

- 웅성불임을 회복시키는 회복유전자의 유전자형은 다양한 유지친 계통을 단기간 내에 개발하기 위해서는 반드시 필요하고, 자식검정을 통해서 유전자형을 확인하는 데는 오랜 시간과 수많은 검정교배 자식세대를 포장에서 키워야 하므로 많은 공간과 노력이 소요되기 때문에 회복유전자 선별용 분자표지는 양과 F₁품종 육종에서 가장 중요한 도구가 된다고 할 수 있음.

- 회복유전자(Ms)에 대한 분자표지는 연관된 RFLP marker가 개발되어 SSCP(single-strand conformation polymorphism) marker로 전환시킨 보고가 있으나 (Gökçe et al. 2002; Martin et al. 2005), RFLP와 SSCP는 대량의 육종계통을 대상으로 이용하기 어렵다는 단점을 보완한 simple PCR marker 가 개발되었음(Bang et al. 2011).
- 이들 분자표지들은 Ms locus와 약 1 cM정도 떨어져 있고, 가장 최근에는 회복유전자와 0.05cM 떨어진 분자표지(jnurf05 marker)가 전남대 김성길 교수 연구진에 의하여 개발되었지만(그림 2-11), 보다 신뢰성 있는 선발을 위해서는 여전히 다수의 보다 근접한 분자표지 개발이 필요함.



[그림 2-11] 양과 웅성불임 임성회복 유전자(Ms) 연관 유전자지도

○ 조직배양과 반수체 배양

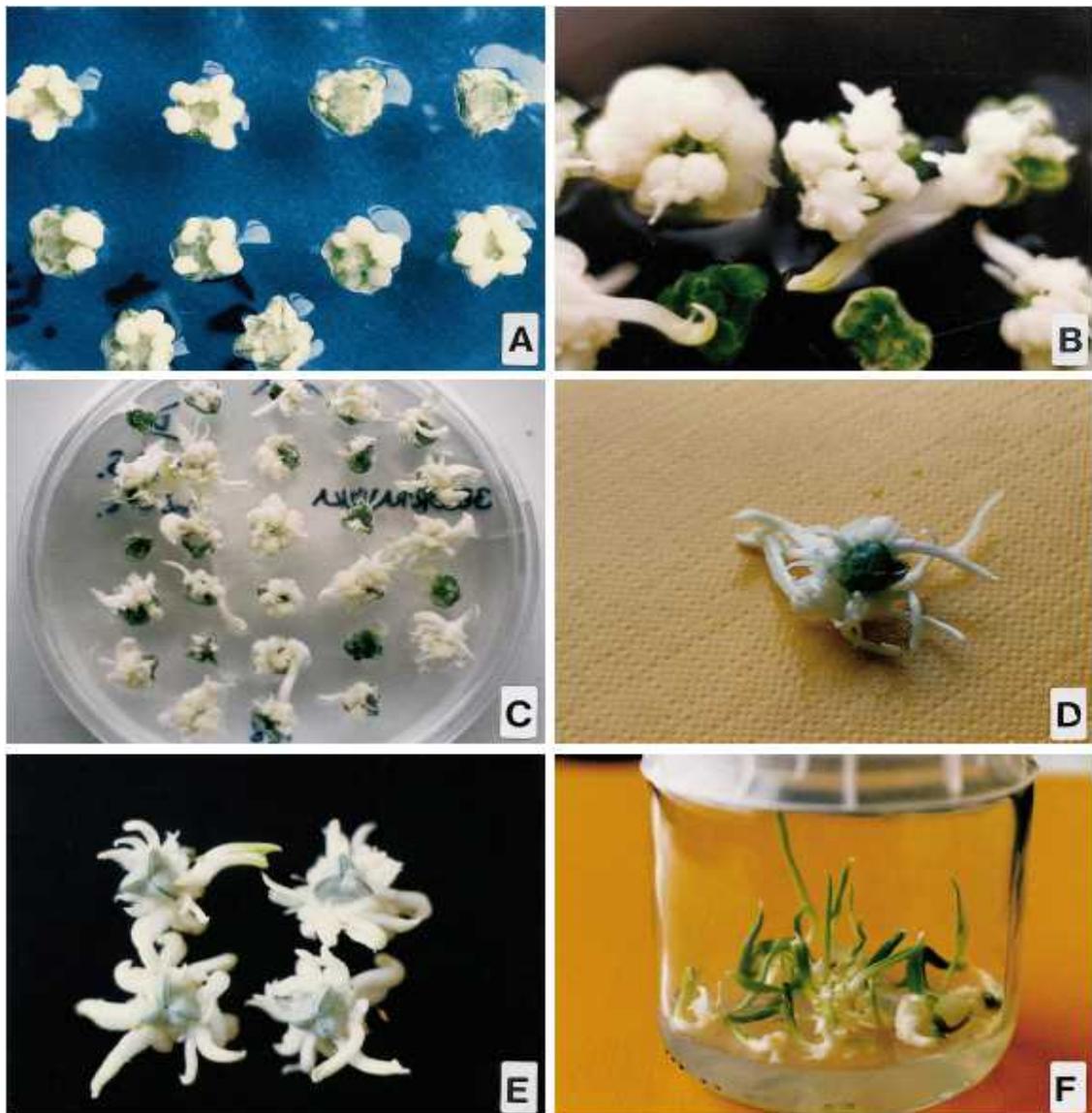
- 양과의 웅성불임성을 이용한 F1(일대잡종) 품종의 개발을 위해서는, 웅성불임친과 유지친, 화분친을 각각 육성해야 하기 때문에 많은 시간과 노력이 필요하고, 특히 자식열세가 심하여 웅성불임친을 유지하는 과정에서 순계유지에 매우 많은 노력이 소요되어, 반수체로부터 완전한 배수체를 유도할 수 있는 기술과 웅성불임 계통의 식물체를 대량으로 증

식할 수 있는 기술에 대한 요구가 매우 크며, 양파의 조직배양 기술은 반수체 육성을 통한 조기 고정세대 육성을 위한 배양과 응성불임 모계통의 대량 증식을 위한 배양에 활용되는 중요한 기술임.

- 국내 양파의 조직배양에 관한 최초의 연구는 양파의 부위별 캘러스 유기에 필요한 성장 조절제의 첨가에 관한 연구(박규찬, 1984)로, ‘천주황’ 품종의 제1, 2, 3, 4절편 상부와 성장점을 절취하여 배양하였을 때, 캘러스 유기 효율은 Kinetin 1mg/ℓ+NAA 1mg/ℓ 배지 조건에서 성장점 절편이 가장 양호했고, 캘러스 유기에 가장 적합한 pH 조건은 배양 8주 후 pH 6.0에서 72%의 가장 높다는 것을 밝힌 것임.
- 순원기배양방법을 이용한 양파의 재분화 및 기내 대량증식에 관한 연구(정과 박, 1997)는, 구의 아래 부분에 위치하는 두축경(disc)과 화경의 선단에 형성되는 화구 배양은 모식물과 유전적으로 동일한 식물체의 보존을 위해서는 유용할 수 있으나, 일대잡종 채종을 위한 모구를 생산하기에는 증식률이 낮고 조직의 치상 및 계대배양시 일시에 많은 노력이 투입되어야 하기 때문에 일대잡종친의 증식에 적절하지 않다는 단점을 가지고 있어서, 이를 대체할 수 있는 방법으로 1년생 식물의 성장점에 엽원기 1-2매를 붙인 경정조직을 치상하여 순원기를 유기하고, 이것을 계대배양으로 증식하였다가 필요한 시기에 기관분화 배지에 치상하여 일시에 많은 식물체를 만들어내는 방법을 활용한 것임.
- ‘순원기’란 성장점의 체세포조직을 가시광선하에서 중력의 방향을 바꾸어주면서 특정한 배지에 배양하였을 때 생겨나는 dome 형태의 조직체로서 이들이 작은 덩어리를 형성해서 증식하는 배양체를 의미하는 바, ‘창녕대고’, ‘황보석’, ‘삼다’ 품종의 모구에서 가장 어린 엽원기 1-2매가 붙은 경정조직을 치상하여 유기된 조직체를 ‘shoot primordium (순원기)’로 정의함.
- 이렇게 정의된 순원기의 유기 효율이 가장 높은 성장조절제 종류 및 농도별 효과를 탐색한 결과, 성장조절제를 Picloram에서 2, 4-D로 바꾸고 pH 5.8일 때 순원기 유기율이 60%로 가장 높았고, 광량조건 8,000 lux에서는 최대 81.3%까지 향상되었으며, 기관 분화시에도 배지에 함유되는 성분에 따라 차이가 발생했는데, gelrite 0.2%일 때 shoot 형성이 가장 양호하였으며, 반대로 Agar 0.4%일 때 뿌리 형성이 87%로 가장 양호했고, 순원기로 배양한 식물체를 모식물의 주아를 파종하여 얻어진 식물체와 비교한 결과에서도 ‘황보석’, ‘삼다’ 두 품종 모두 형태적으로 유사했다고 밝혔음.
- 체세포배 발생 캘러스 유도 후 현탁배양을 통해서 재분화 능력을 비교한 연구(조 등, 2005)는, 가을에 파종하여 봄에 수확하는 추파양파(short-day type)와 봄에 파종하여 가을에 수확하는 춘파양파(long-day type)의 두 가지 재배 작형에 대한 주요 품종들을 대상으로 하였음.
- 체세포배발생 캘러스의 경우 쉽게 부서지는 특성을 가지고 있어서 물기를 많이 포함하는 비체세포배발생 캘러스와 쉽게 구분되는 특징이 있고, 체세포배발생 캘러스는

picloram 단독함유 MS 배지에서 가장 높은 유도율을 보였고, shoot 재분화는 2,4-D와 BA가 혼합된 처리구에서 가장 높은 효율을 보였으며, 기존의 다른 조직배양 연구와는 달리, 대량 배양을 위한 현탁배양을 시도한 바, 현탁배양한 켈러스는 kinetin 함유 배지에서 shoot를 유도하고 NAA 포함 발근배지에서 발근 후 순화하여 완전한 식물체를 만들어냈다고 밝히고 있음.

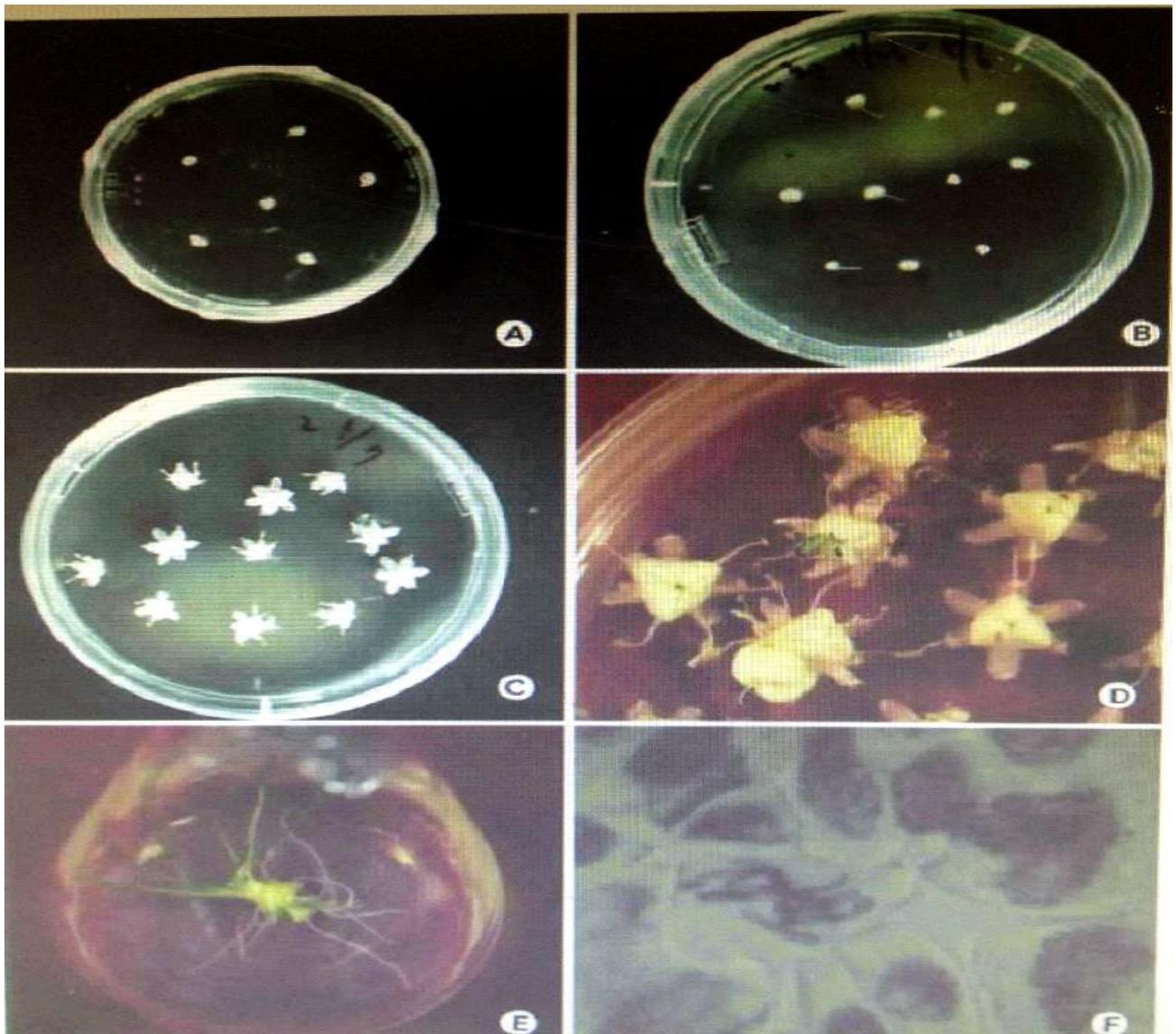
- 외국의 경우 2단계에 걸친 소화 혹은 자방 배양을 통해 직접 체세포배유기 양파를 배양한 사례가 보고된 바(Luthar와 Bohanec, 1999), 소화는 2,4-D와 BAP를 포함한 유기배지에서 6일간 배양한 후 소화 혹은 분리한 자방을 TDZ를 포함하는 재분화 배지로 치상하면서 지지성분을 gellan gum로 넣고 sucrose농도를 최적화 하였을 때 12가지 품종 및 계통의 특성별로 켈러스에서 shoot가 생성된 비율이 최대 9.2%에서 최소 1.1%까지 다양한 재분화율이 확인되었다고 밝히고 있음(그림 2-12).



[그림 2-12] A - F Gellan-gum으로 고형화시킨 재분화조성1(D1)배지에 치상시킨 꽃 및 배주에서 형성된 다양한 형태의 shoot들. A, 자방 기조부에서 구형구조의 발생 초기; B, C 자방에서

시작되는 다수의 shoot 형성의 두 단계; D 계대배양 후 형성된 다양한 shoot들; E 꽃에서 형성된 multiple shoot; F 식물생장호르몬을 넣지 않은 배지에서 형성된 multiple shoot들(Luthar 와 Bohanec, 1999).

- 국내에서 양파의 반수체 배양에 관해서는 정해봉 등(1996)의 연구가 최초로, 배양조직별 유식물체 유기율이 미숙 화뢰배양 1.0%, 자방배양 0.5%, 배주 배양 0.07% 등의 순으로 나타났고, 배양조직별 반수체 유기율은 모든 배양조직에서 매우 낮아 미숙 화뢰배양이 0.17%, 배주배양이 0.02%이었다고 밝혔음(그림 2-13).



[그림 2-13] 배주, 자방 및 화뢰 배양에 의한 배와 유식물체의 유기 결과(A, 배주 배양; B, 자방 배양; C, 화뢰 배양; D, 수분되지 않은 소화에서 발아한 모습; E, 유식물체로 분화된 모습; F, Metaphase 상태에서 관찰되는 반수체. 정해봉 등, 1996. 농업논문집. 299쪽)

- 정해봉 등(1998)은 미성숙 화퇴배양 조건을 식물체 재분화 및 기내 대량 부정아 유기 조건, 소화의 치상 적기 등을 규명하였고, 미숙 화퇴배양으로 얻어진 식물체의 형태적 특성 유지에 대한 연구(정과 조, 2000)를 통해서, 미성숙 화퇴배양으로 유기된 반수성 식물체를 순화온실에서 자연배가현상을 확인한 다음 모구로 재배한 뒤 채종한 종자를 과중하여 정상적인 식물체와 비교하였음.
- 그 결과 외관상 초형, 엽색 등 질적인 형질은 유사하였으나, 품종별로 초장, 도복시기, 구중 등 양적인 형질에서는 분리 현상이 확인되었고, 시험에 사용된 'Granex yellow'의 경우 엽수는 7.4 ± 0.52 로 거의 차이가 없었으나 'Lockyer gold'는 7.5 ± 1.10 이었으며, 엽초장에서도 'Granex yellow'가 11.4 ± 0.88 인 반면 'Lockyer gold'는 15.2 ± 3.17 이었으며, 반수체 유기 후 배수체화한 식물체에서 채종한 종자를 재배하였을 때 특성의 변화가 일대잡종인 'Granex yellow' 보다 고정종인 Lockyer gold'에서 더 크게 나타났음을 확인하였음.
- 양과는 조직배양에서 재분화가 잘 되지 않고, 반수체 배양도 다른 작물에 일반적으로 이용되는 약배양이나 소포자배양도 아직은 성공한 사례가 없으나, 자방을 배양하면 유기율이 비록 낮기는 하지만 반수체가 유기되기 때문에 반수체 배양은 양과 육종에 매우 유용한 방법이 아닐 수 없음.
- 자방 배양은 개화 전의 꽃을 Sucrose 농도가 10%로 높은 배지에 치상하면 배지 위에서 자방의 비대가 일어나고, 배양 후 약 100일에서 200일 사이에 비대해진 자방을 찢고 반수체가 자라나오는 것을 확인할 수 있음(그림 2-14).



[그림 2-14] 자방을 찢고 나오는 반수체 양과

- 또한 유기된 반수체는 colchicine처리에 의한 염색체 배가가 쉽지 않고 일반적으로 spontaneous하게 염색체 배가가 일어나므로(Bohanec et al. 1995), 자식열세현상이 매우 강하고 한세대가 2년으로 긴 양파의 우수한 순계를 단기간 안에 확보하기 위해서는 반수체 배양이 매우 유용하기 때문에, 반수체 유기 효율을 높이기 위한 연구가 매우 절실함.

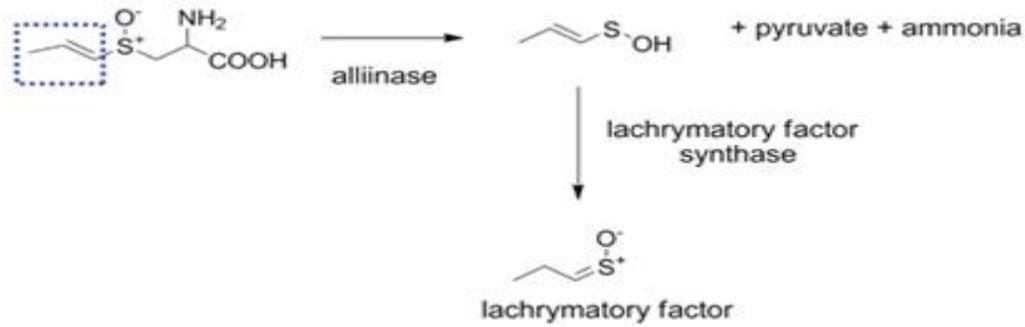
□ 양파 유전체 연구

- 앞에서 살펴본 바와 같이, 양파 유전체의 크기가 워낙 크기 때문에 전체 염기서열을 확보하는 것이 쉽지 않지만, 양파 유전체의 BAC library를 일본의 Suzuki 연구그룹에서 작성한 바, BAC library는 48,000개의 clone으로 이루어져 양파 genome coverage가 0.3x로 제작된 사례가 있음(Suzuki et al. 2001).
 - 이렇게 제작된 BAC library에서 2개의 BAC clone을 sequencing하였는데 염기서열은 AT-rich(64.8%)하였고, 많은 수의 retroviral element와 transposon으로 이루어져 있음을 밝혔고, 460개의 BAC clone을 무작위로 선발하여 end-sequencing을 한 결과 오직 3개의 clone에서만 유전자가 탐색되었다고 밝히고 있음.
- 아울러 BAC end sequence 또한 AT-rich(63.4%)했으며 유전자의 빈도는 분석한 50만 base-pair에 한해서 168kb 당 1개의 유전자가 존재하여 지금까지 보고된 것 중 가장 낮은 빈도를 보였으며(Jakse et al. 2008), 이는 크기가 매우 큰 양파의 유전체가 대부분 retrotransposon과 같은 repetitive sequence로 이루어져 있다는 사실을 보여 준다고 하겠음.
- 양파의 형질전환체 개발은 <표 2-25>에서 보는 바와 같이, 내염성과 매운 맛을 크게 줄인 유전체가 2007년과 2008년에 만들어진 정도에 그치고 있음.

<표 2-25> 현재까지 발표된 양파 형질전환체 연구실적

발표 연도	대상형질	Transgene	형질전환체의 특징	인용문헌
2007	내염성	zinc-finger protein gene (OSISAP1)	내염성 향상	Xu and Cui(2007)
2008	매운맛	LF synthase gene	덜 맵고, thiosulfinate의 종류와 함량을 증가시킴	Eady et al.(2008)

- 양파는 재분화와 형질전환이 매우 어려워 1990년대에 particle bombardment 방법들이 시도되었으나 별다른 성과가 없었고, 2000년에 Agrobacterium을 통한 형질전환체가 처음으로 보고된 바가 있으나(Eady et al. 2000), 2007년 중국의 Xu 연구 그룹에서 particle bombardment 방법을 통해서 zinc-finger protein gene(OSISAP1)을 형질전환시킨 내염성 유전체를 만든 바가 있음.
- 양파를 자를 때 눈물이 나게 하는 매운 맛을 크게 줄인 형질전환 양파는 2008년에 만들어진 바(Eady et al. 2008), 이는 유전적 및 유전체 정보가 거의 없는 양파에서 중요한 형질을 결정하는 유전자를 클로닝하고 나아가 형질전환을 통해서 만든 성과로서 양파에서 있어서의 대표적인 GMO 연구사례라 할 수 있음.
- 2002년, 일본의 Imai 연구그룹에서 양파에서 분리한 allinase crude extract로 부터 lachrymatory factor(LF) synthase를 분리하여 유전자를 클로닝 하는데 성공하여 양파에만 LF synthase라는 효소를 생산하는 유전자가 존재하여 양파를 자를 때 눈물이 나게 한다는 사실을 최초로 밝혔음(Imai et al. 2002).
- 그로부터 형질전환과 RNAi를 이용하여 LF synthase를 불활성화시켜 LF의 양을 크게 줄이고 양파에 미량만 존재하던 thiosulfinate 종류의 함량을 크게 증가시킨 양파를 만들어냄으로써(Eady et al. 2008), 양파의 매운 맛을 크게 줄인 품종을 가능하게 하였음.
- 양파와 다른 Allium속 작물들이 가지는 특유의 맛은 S-alk(en)yl-L-cysteine S-oxide 라는 전구물질이 효소(allinase)에 의해서 분해될 때 발생하는 organosulfur compound에 의해서 생성되는데, 이러한 전구물질의 양이 많을수록 매운맛은 강해짐.
- 양파에는 전구물질로 PeCSO가 가장 많은 양이, PCSO는 가장 적은 양이 존재하는데, 양파와 마늘의 맛이 다른 이유는 이러한 전구물질의 종류와 비율이 조금씩 다르기 때문임.
- 양파세포에는 전구물질 분해효소인 allinase가 액포에, 전구물질은 세포질에 있는데, 양파를 칼로 자르면 세포가 파괴되어 액포의 allinase가 세포질의 전구물질을 pyruvate, ammonia와 sulfenic acid로 만드는데, 마늘에서는 불안정한 sulfenic acid는 allicin과 같은 다양한 휘발성 물질을 만들지만, 양파에서는 sulfenic acid가 LF synthase라는 효소에 의해서 양파 특유의 눈물을 나게 만드는 lachrymatory factor가 만들어 짐(그림 2-15).



[그림 2-15] 양파에서 alliinase에 의해서 전구물질이 분해되어 lachrymatory factor(눈물 나게 하는 물질)가 생성되는 과정

□ 내병성 품종 연구

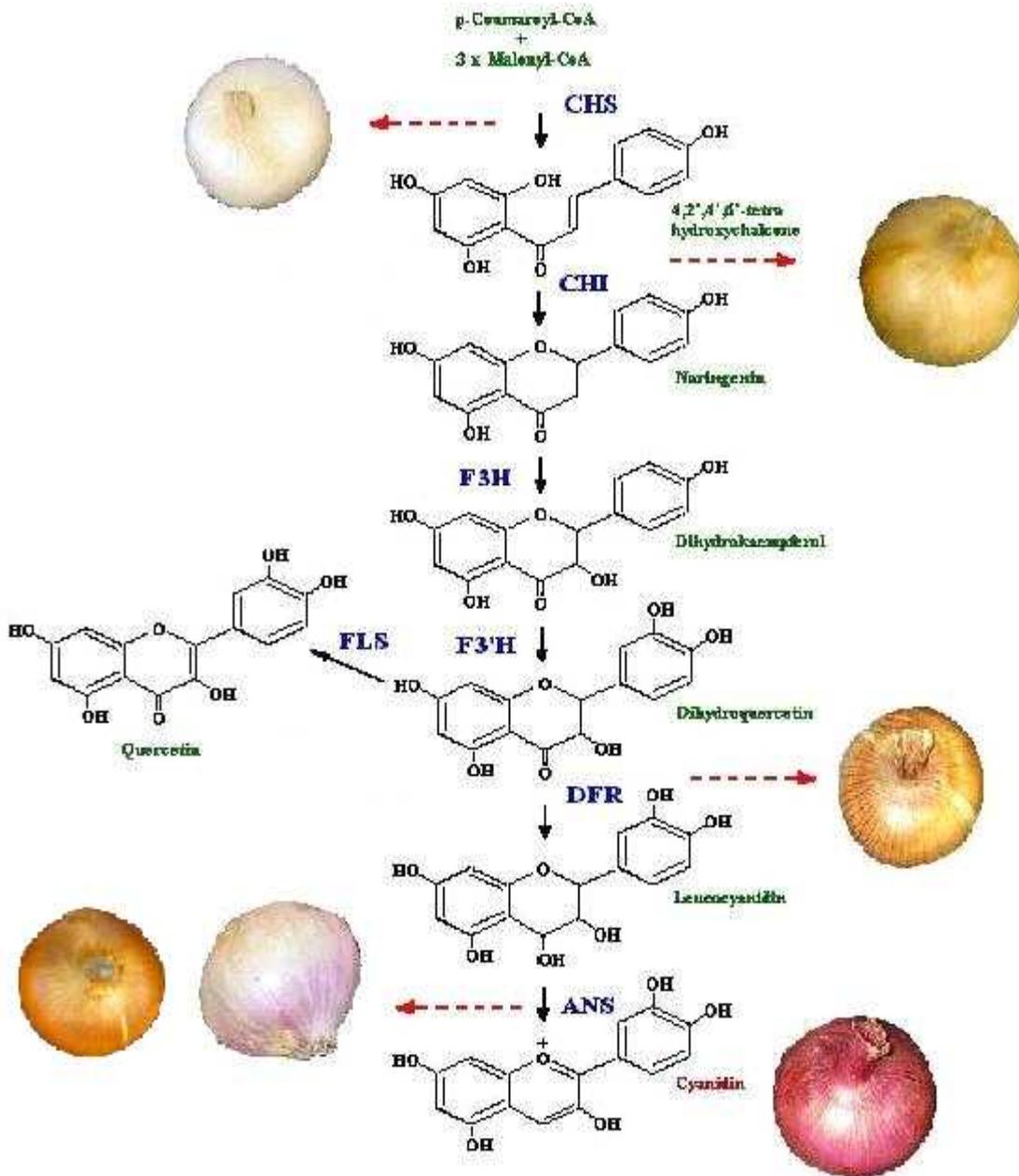
- 양파는 유전적 다양성이 매우 좁고, 재배종의 기원이 되는 야생종이 아직까지 발견되지 않고 있으며, 특히 노균병, 흑색썩음균핵병, 잎마름병 등과 같이 양파에서 주로 발생하는 병에 대한 저항성을 가진 유전자원을 발견하기 어렵기 때문에, *A. fistulosum*, *A. roylei*, *A. galanthum*과 같은 근연종으로부터 내병성 유용자원을 얻으려는 연구가 20세기 초부터 유럽에서 시작되었음.
- *A. roylei*는 양파와 비교적 교배가 잘 되고, 노균병, 흑색썩음균핵병, 잎마름병, 탄저병, 그리고 총채벌레에 대한 저항성도 가지고 있어서, 유럽에서는 양파와의 종간교잡을 통한 노균병 저항성 품종이 개발되어 최근 출시되었으나, 국내 연구는 전무한 것으로 파악됨.
- 그러나 양파에는 박테리아 감염에 의한 병이 8종, 곰팡이에 의한 병이 23종, 바이러스에 의한 병이 2종 등, 33종의 병해가 보고되고 있기 때문에 내병성 품종에 대한 연구가 매우 절실한 실정임.

□ 기능성 품종 연구

- 양파 구피색은 크게 백색, 황색, 적색 품종이 있고 국내에서는 황색 품종이 대부분을 차지하고 있지만, 최근 소비자들의 기능성 식품에 대한 관심과 샐러드 소비의 증가 등에 의해서 적색품종의 소비가 증가하고 있는 등, 구피색은 매우 중요한 육종 목표형질 중의 하나임.
- 구피색에 대한 유전연구는 1967년 El-Shafie와 Davis에 의해서 처음으로 이루어졌고, 이 연구를 통해서 양파의 구피색을 결정하는 5개의 locus를 밝힌 바 있고(El-Shafie and Davis 1967), 1991년에는 Koops가 이들 5개의 locus가 양파의 안토시아닌 합성경로에 있는 효소를 만드는 유전자와 관련이 있다는 것을 밝힌 바가 있으며(Koops et al.

1991), 이후 미국 Texas A&M 대학의 연구팀에 의해서 황색과 적색의 차이를 결정하는 유전자가 안토시아닌 합성경로에 있는 DFR 효소를 만드는 유전자임을 밝히고, 이들 유전자형을 식별할 수 있는 분자표지를 개발하였음(Kim et al. 2004a; Kim et al. 2005a).

- 국내에서 주로 재배되는 황색 품종은, 미국의 황색 품종과는 다른 형태의 돌연변이를 가지고 있음을 확인했고, 국내 황색 품종은 DFR유전자에 pre-mature stop codon이 있는 변이형과 DFR유전자 전체가 결실된 돌연변이 형태가 주류를 이루고 있음을 밝혔음(Kim et al. 2009).
- 한편 미국에서 주로 재배되는 황색 품종과 브라질에서 주로 재배되는 황색 품종을 교배하면, F1에서 열은 적색의 양과가 나오는데 이러한 현상은 브라질 황색 품종의 경우 DFR 유전자가 아닌 ANS 유전자의 돌연변이에 의해서 황색이 나온다는 사실을 보고한 바 있고, 따라서 미국 황색 품종과 브라질 적색 품종을 교배하면 DFR 유전자와 ANS유전자의 complementation에 의해서 적색이 나온다는 사실을 밝혔으며(Kim et al. 2005b), 양과의 연분홍색 형질은 ANS 유전자의 발현 감소에 기인한다는 사실을 밝힌 바 있음(Kim et al. 2004b).
- 백색 품종은, 안토시아닌 합성경로의 첫 번째 단계를 촉매하는 chalcone synthase(CHS)의 유전자 발현이 현저하게 감소됨으로서 백색이 된다는 것을 밝혔고(Kim et al. 2005c), 특이한 색깔의 돌연변이인 gold color양과의 색 발현은 chalcone isomerase(CHI)를 만드는 유전자에 돌연변이가 생겨서 발생한다는 사실이 보고되었음(Kim et al. 2004c).
- 이와 같이 양과의 구피색은 안토시아닌 합성경로에 있는 효소들을 만드는 유전자 또는 이들 효소를 만드는 유전자들의 발현을 조절하는 조절유전자의 돌연변이에 의해서 발생함을 알 수 있음(그림 2-16).



[그림 2-16] 안토시아닌 합성경로와 합성경로에 관여하는 효소를 만드는 유전자의 돌연변이에 의해서 발생한 다양한 양파 구피색

- 양파 구의 fructan 축적에 영향을 미치는 유전자(Frc locus)를 QTL 분석을 통해서 밝히려는 연구(Martin et al. 2005)와, QTL 분석과 병행하여 대파(*Allium fistulosum*)에 shallot(*Allium cepa*)의 monosomic addition lines을 이용해서 양파의 5번 염색체에 양파의 구비대를 유도하는 유전자가 위치한다는 것을 밝힌 연구(Hang et al. 2004)가 있었고, 최근에는 monosomic line의 분석과 candidate gene approach를 이용하여 양파 구에서 fructan 축적을 조절하는 유전자들을 찾는데 성공했음(Yaguchi et al. (2008).

- 셀러드 시장이 큰 미국에서는 ‘덜 매운 양파’의 개발에 많은 노력을 기울이고 있는데, Wisconsin 대학의 Dr. Havey 연구그룹은 지난 2007년에 Sulfur assimilation에 관여하는 candidate 유전자를 분리집단에서 mapping하고, 이렇게 mapping된 region이 양파의 매운맛과 높은 연관 관계를 보인다는 사실을 밝혔고, 분리집단 분석을 통하여 매운맛의 광의의 유전력이 약 0.78-0.80으로 측정되었다고 밝힘(McCallum et al. 2007).

3) 특허출원 및 논문 동향분석

□ 분석 개요

○ 이 특허 동향분석의 목적은, 양과의 육종 기술에 대한 특허 동향을 분석하여, 주요국가의 특허출원동향 및 경쟁력 현황 등을 파악하고, 각 분야별 핵심 특허 및 출원자 분석을 통해 양과 육종 기술에 대한 R&D 전략 수립 및 IP 전략 수립에 대한 객관적인 타당성을 제공하는데 있으며, 정량분석과 각 특허가 갖는 기술적인 내용에 대한 정성분석을 함께 하였음.

○ 분석범위

- 활용 DB : WIPS, KIPRIS DB
- 검색 범위 : Title(제목)/Abstract(요약)/Claim(청구항)을 대상으로 검색
- 검색 구간 : 특허(~2012년 분석일) 논문(최근 10년)
- 검색식 작성 방법 : 대상기술 관련 핵심 키워드 추출 및 조합을 통해 세부기술 분야별 특허 검색식 작성
- 특허검색을 위한 기술별 분류(<표 2-26> 및 <표 2-27>)

<표 2-26> 특허검색을 위한 기술분류

구분	기술 분류	분류코드	기술설명
육종(A)	채종	A1	- 종자저장, 종자처리, 종자처리방법
	육종	A2	- 분자표지, 1대잡종, 옹성불임, 교잡, 종간교배, 유용형질, 형질전환, 유용유전자원, 조직배양 및 유전자 기능연구
	품종	A3	- 새로운 형질, 유용형질
	파종	A4	- 파종방법 및 장치, 재배 방법
	수확	A5	- 수확장치 및 수확방법
가공(B)	가공	B1	- 수확 후 가공 방법

<표2-27> 세부 기술 분야별 특허 검색식

구분	검색식	
양파	양파* 파* 어니언* (알리움 세파)* 샬롯트* onion* (Allium cepa)* Allium* shallots* (green bulb)*(dry bulb)* ※ 기술분야 검색 수행시 and 조합으로 사용하였음	
육종	분자표지	분자표지*DNA* 유전자* 마커* 농업형질* 유전형질*유전자지도*게놈*내병충성*내재해성*우량품종*(molecular marker)*(DNA chip)* gene* marer* (quantitative trait loci)* QTL* genome* earliness* (insect disease resistance)*
	종간교잡	교잡* 교배* 이종교잡* 종간교배* 역교잡* 1대잡종* 하이브리드* 수분* 육종* 융성불임* 세포질융성불임* crossing* breed* hybrid* interbreeding* (male sterility)*
	조직배양	캘러스* 형질전환* 조직배양* callus* transformation*(tissue adj culture)
	종자처리	종자* 씨드* 코팅* 소독* 프라이밍* seed* coating* steriliz* priming*

○ 분석대상 특허선정

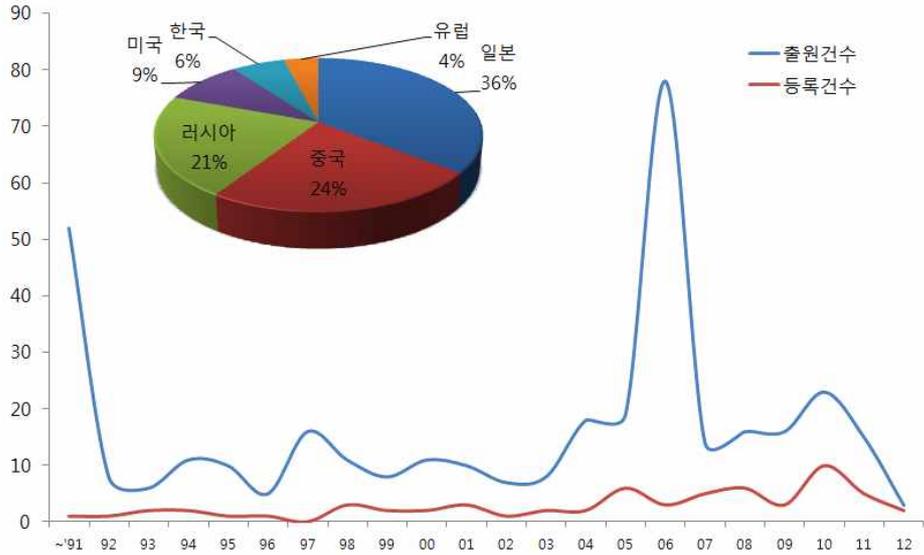
- 양파는 Allium 속에 속함으로, 같은 Allium속인 파와 마늘이 일부 직접적 또는 간접적으로 적용되는 경우에 한하여 분석 범위에 포함시킴.
- 1차 대상건 추출 시 특허(1200여건) 및 논문(124건)이 추출되었으나, 식료품 및 의료 분야의 특허를 전수검사를 통해 제외시킨 후, <표 2-26>에서 보는 바와 같이 분석대상 특허를 추출함.

<표2-28> 기술 분류별 분석대상 특허건수

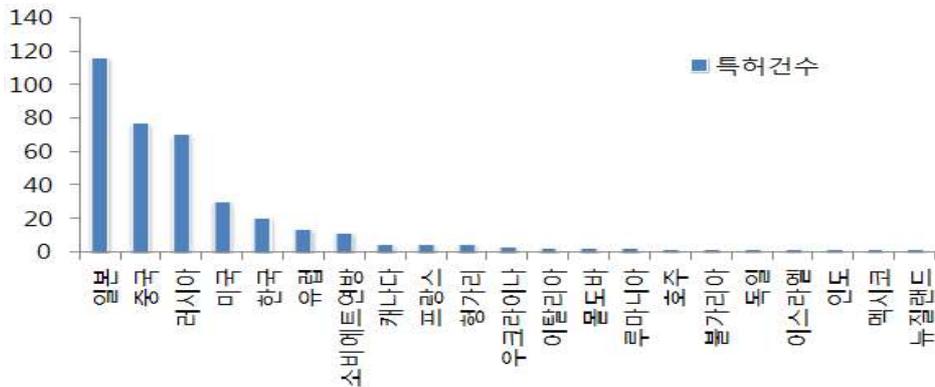
구분	기술 분류	분류코드	분석대상	
			특 허	논 문
육종(A)	채종	A1	72	8
	육종	A2	117	68
	품종	A3	5	2
	파종	A4	20	-
	수확	A5	95	5
기타(B)	가공	B1	56	9
합계			365	92

□ 특허출원 동향분석

- 양파의 육종과 관련된 특허는 전 세계적으로 2005~2007년 사이에 출원건수가 급격히 증가하였으며, 출원 점유율로는 일본(36%), 중국(24%), 러시아(21%), 미국(9%), 한국(6%) 순으로 나타남(<그림 2-17>, <그림 2-18>).

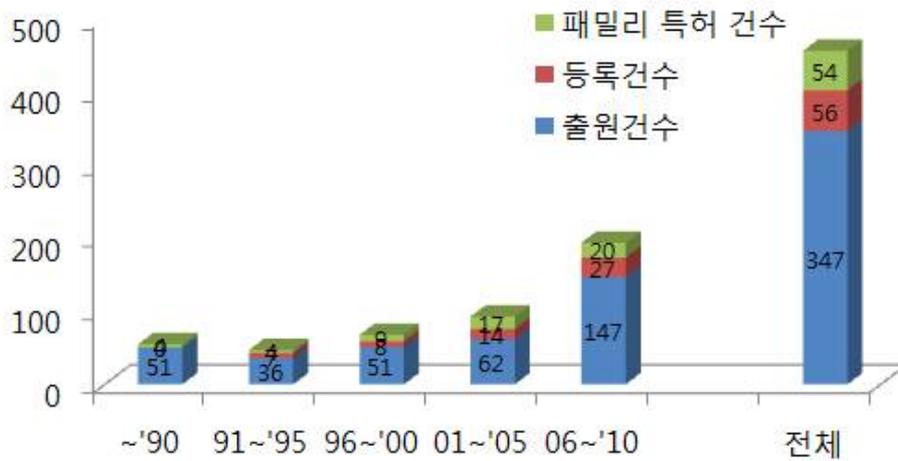


<그림2-17> 연도별 특허출원 동향



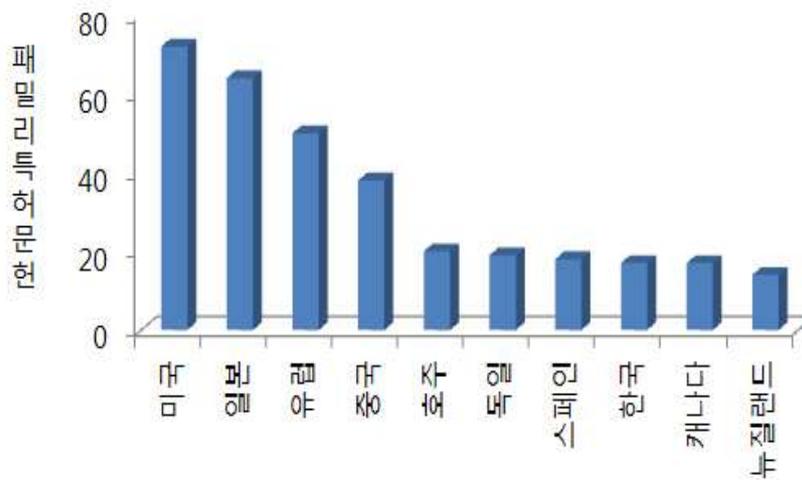
<그림2-18> 국가별 특허출원 현황

- 양과 육종과 관련된 특허의 출원건수는 꾸준히 증가하고 있고, 특허 출원시 패밀리 특허건수도 함께 증가하고 있는 것으로 나타남(그림 2-19).



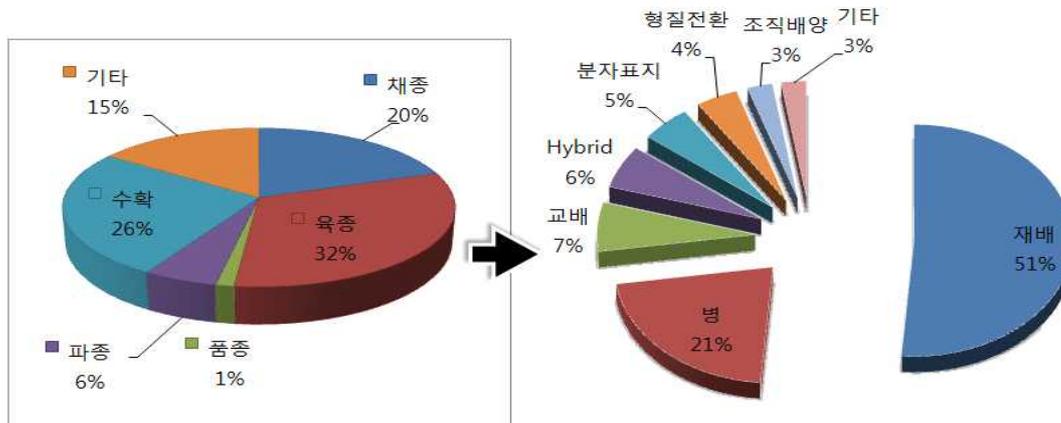
<그림2-19> 연도별 패밀리 특허 현황

- 패밀리 특허가 진입하는 국가를 살펴보면, <그림 2-20>에서 보는 바와 같이, 미국, 일본, 유럽, 중국, 호주 순으로 나타남.



<그림2-20> 패밀리 특허 진입 국가 현황

○ 기술별 특허를 살펴보면, <그림 2-21>에서 보는 바와 같이, 육종(32%), 수확(26%), 채종(20%), 파종(6%), 품종(1%) 순으로 나타났으며, 육종 분야에 대한 세부기술별로는 재배(51%), 병리(21%), 교배(7%), 하이브리드(6%), 분자표지(5%), 형질전환(4%), 조직배양(3%), 기타(3%) 순으로 나타남.



<그림2-21> 기술별 특허출원 현황

- 최근 주요 특허기술 분야는 양파의 수확물의 저장기술(A01F), 양파의 수확을 위한 절단 기술(A01G), 양파 또는 구근의 단부 절제 또는 껍질 벗기기 위한 장치(A01H) 등이 있으며, 과거 주요 기술로는 조직배양기술에 의한 식물의 번식(A01D) 등이 있음(그림 2-22).

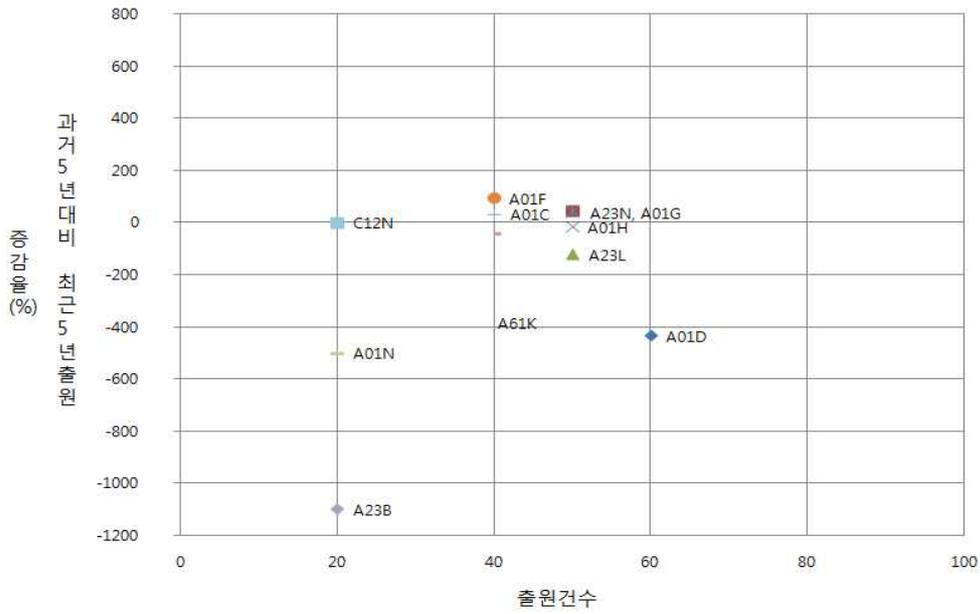
*세로축: [최근 5년 출원건수-과거 5년 출원건수]/최근 5년 출원건수*100

A01F 농업 수확물 또는 원예 수확물의 저장

A01G 원예; 채소, 화훼, 버, 과수, 포도, 호프 또는 해초의 재배; 임업; 관수(과실, 채소, 호프 또는 이에 유사한 것의 따기 A01D-046/00; 조직배양기술에 의한 식물의 번식 A01H-004/00; 양파 또는 구근의 단부 절제 또는 껍질 벗기기를 위한 장치 A23N-015/08; 단세포 조류의 배양 C12N-001/12; 식물세포배양 C12N-005/00)

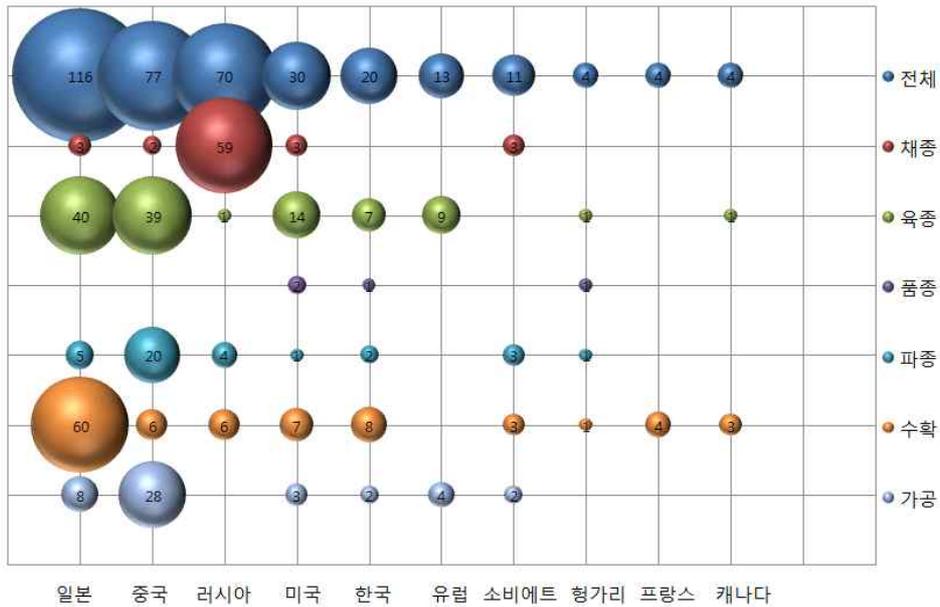
A23N 달리 분류되지 않는 수확된 과일, 채소 또는 꽃의 구근을 대량으로 처리하기 위한 기계 또는 장치; 채소 또는 과일의 껍질을 벗기기 위한 것; 사료를 제조하기 위한 장치(질 또는 목초를 절단하기 위한 기계 A01F-029/00; 쇠해, 예. 촌단 B02C; 절단, 예. 단재, 얇은 조각(slice B26B, B26D))

A01C식부; 파종; 시비(토양의 일반적 토(土)작업과 결합한 것 A01B-049/04; 농작업기 또는 기구의 부품, 세부 또는 부속구일반 A01B-051/00 ~ 75/00)



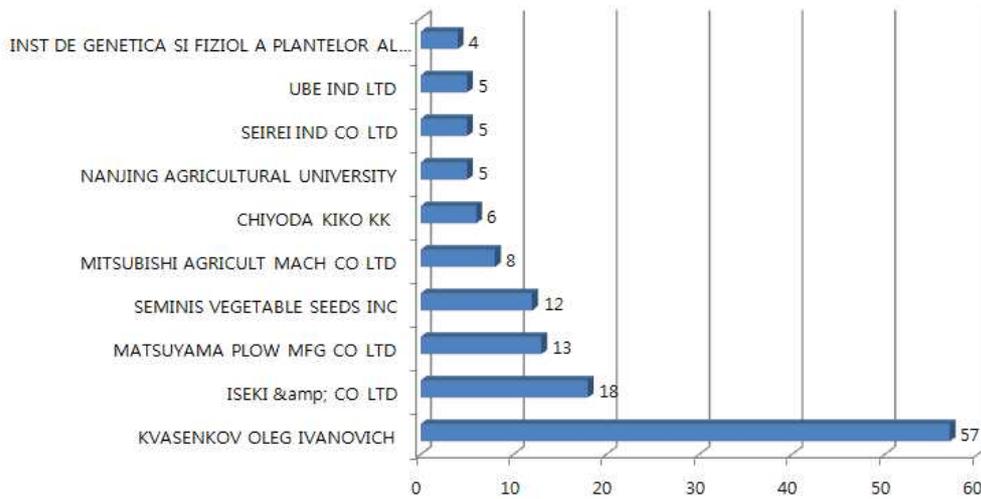
<그림2-22> 기술(IPC)포트폴리오

- 국가별 및 기술별로 특허 점유율을 살펴보면, <그림 2-23>에서 보는 바와 같이, 일본은 양과 수확 및 육종 분야에 대한 특허 점유율이 높게 나타났으며, 중국은 육종, 가공, 파종 분야의 순으로 나타났으며, 러시아는 채종분야, 미국은 육종 분야, 한국은 육종과 수확 분야의 순으로 조사됨.



<그림2-23> 국가별 특허출원 현황

- 양과 육종분야의 특허는, 러시아의 Kvasenkov oleg ivanovich가 57건을 출원하여 압도적인 위치를 차지하고 있고, 그 뒤를 이어서 일본의 ISEKI & amp(18건), Matsuyama plow mfg(13건), 미국의 세미니스종자회사(12건), 일본의 Mitsubishi agricult mach(8건) 등의 순으로 조사되었음(그림 2-24).



<그림2-24> 주요 출원인 현황

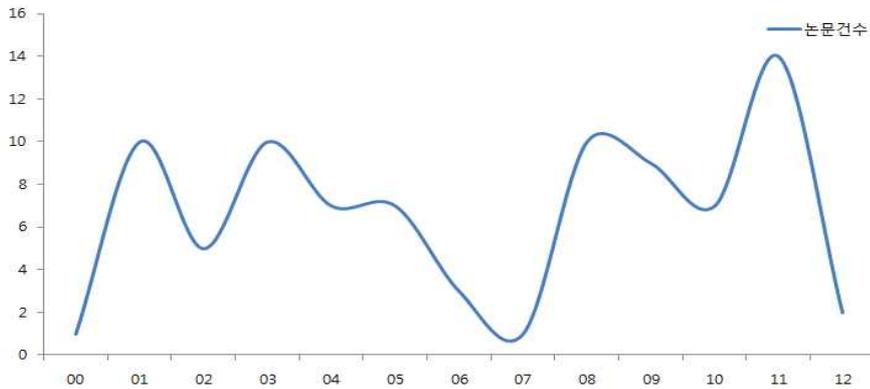
- 양과육종 특허출원 주요 국가인 일본, 중국, 미국, 유럽 등의 주요 출원인을 살펴보면, <그림 2-25>에서 보는 바와 같이, 일본과 미국, 유럽의 농업관련 기업들이 강세를 보이는 반면 중국과 한국의 경우, 대학이나 개인이 출원인인 경우가 많은 것으로 나타남.



<그림2-25> 국가별 주요출원인 현황

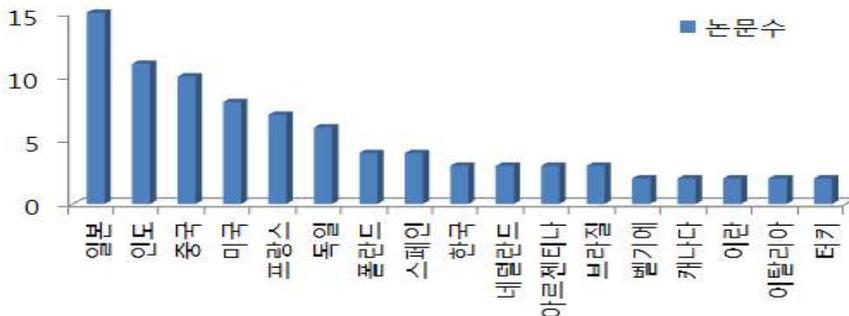
□ 논문 동향분석

- 지난 10년 동안, 양과 육종분야의 논문게제 건수를 살펴보면, <그림 2-26>에서 보는 바와 같이, 2001년, 2003년, 2006년에는 각각 10건 정도의 논문이 게제 되었고, 2011년에는 14건에 이르렀지만, 2002년 5건, 2004년과 2005년에는 각각 7건, 2007년 1건, 2010년 7건 등으로 나타남으로써 매년 증감이 반복된 패턴을 보이고 있음.



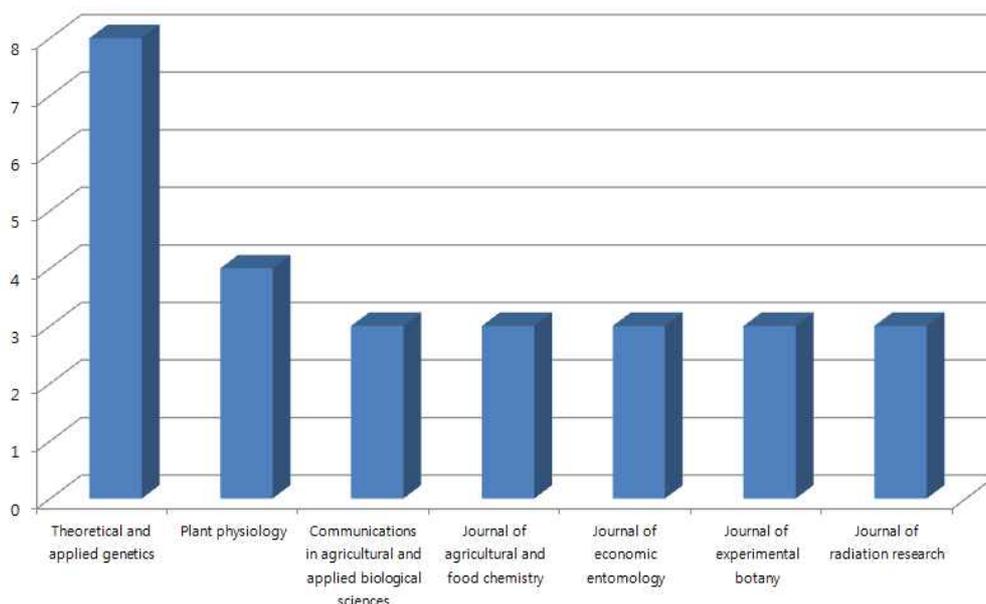
<그림2-26> 연도별 논문 현황

- 양과 육종분야 논문의 국가별 게제 실적을 살펴보면, 일본이 15건으로 가장 많고, 인도 12건, 중국 10건, 미국 8건, 프랑스 7건, 독일 6건 등의 순인 것으로 나타났고, 한국은 3건으로 네델란드, 아르헨티나, 브라질과 함께 공동 9위를 차지한 것으로 조사되었음(그림 2-27).



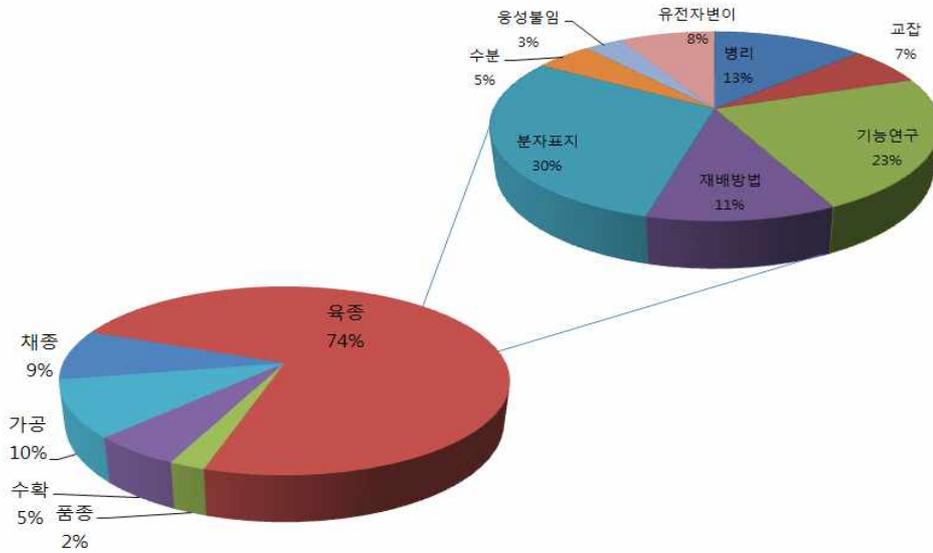
<그림2-27> 국가별 논문 게제 현황

- 양과 육종분야의 연구논문이 가장 많이 실린 학술지는, <그림 2-28>에서 보는 바와 같이, 8편이 실린 TAG(Theoretical and Applied Genetics)이고, 4편이 실린 Plant physiology가 그 뒤를 이은 것으로 조사되었고, TAG는 주로 식물 유전학, 식물 유전체학, 바이오테크놀로지 등의 분야 논문들을 게재한 학술지임(2011년 기준 IF, 3.297).



<그림2-28> 양과 육종 분야 논문

- 양과 육종분야 논문은, <그림 2-28>에서 보는 바와 같이, 육종분야가 74%로 압도적인 비중을 차지하고, 가공(10%), 채종(9%) 등의 순으로 나타났으며, 세부기술별로는 분자표지 연구논문이 가장 많은 30%를 차지하고, 그 뒤를 이어서 유전자 및 단백질의 기능연구(23%), 병리(13%), 재배방법(11%), 유전자변이(8%), 교잡(7%), 수분(5%), 옹성불임(3%) 등의 순으로 나타남.



<그림2-29> 기술별 논문 현황

- 양과 육종 분야에 연구는, 주로 대학교에서 주도하고 있고, 아시아의 중국, 인도, 일본이 상대적으로 활발한 편이고, 유럽의 네덜란드와 프랑스, 미국, 브라질, 한국 등의 대학들도 연구논문을 발표한 것으로 조사됨(표 2-29).

국가	연구소	논문수
브라질	Sao Paulo State University	3
일본	Tottori University	3
네덜란드	Wageningen University	3
미국	Washington University	3
중국	China Agricultural University	2
중국	Chinese Academy of Medical Sciences & Peking Union	2
중국	Nanjing Agricultural University	2
프랑스	Centre de Biophysique Moleculaire (CNRS)	2
인도	Central Food Technological Research Institute	2
인도	Indian Veterinary Research Institute	2
인도	DDU Gorakhpur University	2
일본	Hiroshima University	2
한국	Chonnam National University	2

<표2-29> 양과 육종 분야 주요 연구소

3. 국내외 정책동향 분석

□ 세계 종자시장과 종자전쟁

- 식물신품종에 대한 지적재산권 보호를 통해서 종자시장을 장악하려는 경쟁이 갈수록 치열해지는 ‘종자전쟁’이 소리없이 진행되고 있으며, 이는 세계 각국이 종자산업을 ‘새로운 성장동력’으로 인식하도록 하고 있음.
- WTO와 FTA 등에서, 지식기반에서 앞선 선진국들은 중진국들의 추격을 어렵게 하기 위하여 전분야에 대한 지적재산권 보호를 꾸준히 강화하고 또 강요해오고 있음.
- 농업분야에서 지적재산권으로 매우 중요한 의미와 비중을 가진 품종권 보호를 강화함으로써, 선진국들은 후진국과의 격차를 더 벌리고 유지하려는 노력을 강화해가고 있음.
- 이를 통해서, 선진국들은 자신들의 종자로 후진국들의 농업생산을 좌우할 수 있는 힘을 키워가고 있고, 우리나라는 UPOV 회원국으로, 현재 모든 작물에 대한 품종권(지적재산권)을 보호해주어야 함.
- 또한 생물자원과 지속가능성에 대한 관심이 높아지면서 유전자원의 보호를 지속적으로 강화해가고 있고, 우리에게 유용한 기능성 물질을 지난 20세기에는 대부분 석유화학 등을 통한 화학적 합성을 통해서 얻어왔으나, 합성물질로부터의 부작용이나 석유자원의 고갈 등으로, 지난 19세기까지와 같이 다시 생물자원과 같은 천연물질로부터 얻으려는 노력이 강화됨으로써, 식물자원에 대한 보호와 관리를 갈수록 강화해가고 있음.
- 특히, 유전공학 등의 과학기술의 발달로, 목표로 한 신품종 육성의 성공가능성이 크게 높아졌고, 유전공학 기술에 필요한 고가의 설비와 장치를 갖추 수 있는 자본력을 가진 대기업과 다국적 기업의 종자시장 점유율은 갈수록 확대되고 있음(10대 다국적 기업의 세계종자시장 점유율 : 14%(1996)→49%(2004)→67%(2007)→73%(2009))
- 우리 정부도 이에 적극적으로 대처하고, 종자산업과 같은 지식에 기반한 농업발전을 통해서 농업선진국으로 도약하기 위하여, 2012년부터 '21년까지 GSP 사업을 추진 중에 있음.

□ 양파 종자산업과 육성정책

- 양파는 재배면적, 생산량, 교역량 등이 3위 안에 드는 세계적인 채소작물이고, 우리나라의 대표적인 월동 노지재배작물임.

- 양파종자의 세계시장 규모는 약 44억 US\$에 이르고, 장일계 품종이 그의 대부분인 93.3%를 차지하는 것으로 추정되고 있음.
 - 양파종자의 국내생산은 연간 40여 톤에 불과한 반면, 연간 1,154만 US\$어치의 종자를 수입하여, 우리나라의 채소류 종자 수입액 중에서 가장 많은 액수를 차지하고 있음.
 - 양파는 2년 1세대의 타식성 작물로 육종기간이 길고, 우리는 특히 일제 이래로 일본 품종에 익숙하여, 양파 육종에 종사하는 우리 전문인력은 10여명에 불과할 정도로 매우 부진함.
 - 그러나 양파는 우리에게 가장 중요한 노지 월동재배 작물로서 국민 1인당 연간소비량이 25.5kg으로 세계 평균의 4배가 넘을 정도로 많이 소비되고, 최근에는 그의 기능성 물질에 대한 관심이 높아지고 있는 매우 중요한 작물이기 때문에, 양파 종자의 수입의존도를 낮추기 위한 노력이 매우 절실하고 시급함.
- 농림수산식품부는 세계 수준의 종자 개발을 지원하는 첨단 육종지원 서비스 및 전문 인력 양성 프로그램 등을 제공하여 종자수출을 선도하는 글로벌 기업을 육성하기 위해 전북 김제에 「민간육종연구단지」를 조성 중에 있으며, 이와 더불어 민간 육종 분야의 글로벌 경쟁력 향상과 종자수출 확대를 위한 R&D 분야의 투자확대 등을 고려한 사업을 추진 중에 있음.
 - 농식품 산업의 미래성장 동력인 R&D, 종자산업, 생명산업, 식품산업 및 수산업 등의 육성을 위한 예산을 크게 확대함.
 - R&D 예산 규모를 2012년 2,912억 원에서 3,094억 원으로 6.3% 늘렸고, 종자 및 생명산업분야도 전년대비 6.9% 증가한 1,635억 원으로 확대하였으며, 민간육종전문단지 조성 예산은 29억 원에서 61억 원으로 2배 이상, Golden seed 프로젝트 예산은 23억 원에서 230억 원으로 10배를 늘리는 등, 획기적인 지원에 나서고 있음.

□ 주요 국가의 정책동향

○ 중국

- 중국의 양파소비는 우리나라와 비슷한 흐름으로 파악되고 있는 바, 경제성장과 건강식품(고혈압)에 수요의 증가로, 수출뿐 아니라 중국내 소비가 빠르게 성장하고 있음.
- 중국의 양파 재배면적은 세계에서 가장 넓은 100만여 ha에 이르며, 재배품종도 황피, 홍피, 백피, 가공용 양파 외에도 내수를 위한 소형계 황피 및 홍피, 샐릿도 생산되며, 지역별로 장일계와 단일계, 중일계 등이 모두 재배되고, 수출과 내수가 모두 중요한 소위 ‘양파강국’이라고 말할 수 있을 것임.
- 수출은 주로 저장용이 일본과 한국에, 가공용은 주로 미국에 수출되고 있으나, 중국내 소비가 급신장되고 있어서, 중국내 소비가 양파와 양파 종자시장을 좌우할 것으로 봄.
- 중국 전역에서 양파가 재배되지만, 재배하는 품종은 지역별로 상당한 차이가 있는데, 서북부 지역은 장일성(Long Day) 및 중일성(Intermediate) 품종들이, 산동성과 강소성의 중부지역은 단일성 월동(Over winter Short-day) 품종이, 남부와 서남부 지역은 단일성(Short-Day) 품종이 주로 재배되지만, 장일성 품종이 전체 재배면적의 60%를 차지하고 있고, 수출을 주도하고 있으며, 70% 이상이 교배종으로 전환이 된 것으로 파악되고 있음.
- 이와 같이, 양파는 중국 전역에서 재배되고, 중국내 소비가 빠르게 증가하고 있으며, 건강식품에 대한 인식이 확산되면서 양파즙과 같은 단순한 1차 가공식품이 소비되기 시작한 단계에 들어섬으로써, 양파의 소비와 생산이 확대되어 양파종자에 대한 수요도 더 커질 것으로 보임.
- 따라서 중국정부는 양파의 육종, 가공, 파종, 수확, 채종 등의 전분야에 걸쳐서 연구개발을 강화하고 있고, 이미 상당한 성과도 거두고 있는 것으로 파악되고 있음.
- 최근 10년간 세계적인 학술지에 게재된 양파육종에 대한 논문은 10편으로, 일본의 15편, 인도의 12편에 이어서 3위에 위치하며(그림 2-25), China Agricultural Univ., Nanjing Agricultural Univ., Chinese Academy of Medical Sciences & Peking Union 등이 연구논문을 주도한 것으로 파악되고 있음(표 2-27).
- 또한 지난 2012년까지 등록된 양파와 관련된 특허는, 육종부문 39건, 가공부문 28건, 파종 20건, 수확 6건, 채종 3건 등, 모두 96건으로 일본의 116건에 이어서 2위에 위치하며(그림 2-21), Nanjing Agricultural Univ., Zhang Jiemei, Tong Yanling, Liu Guangshan, Northeast Agricultural Univ. 등이 특허 출원을 주도한 것으로 파악됨(그

림 2-23).

- 2000년 12월 1일부터 시행된 종자법에 의하여, 국가자원(유전자원) 보호제도, 품종심사제도, 신품종보호제도, 종자생산경영허가제도, 종자상표제도, 종자검역제도, 유전자변형 식물 안전평가제도 등이 도입됨.
 - 특히 종자생산경영허가제도는 '주요 농작물 종자, 상품종자, 유전자변형종자의 생산과 경영에 대하여 '경영허가증'을 받도록 한 제도로서, 종자 수출입업무에 종사하는 회사, 종자육성, 생산, 경영이 결합된 자본금 1억원 이상인 회사가 대상이고, '기타 농작물 종자경영허가증'은 경영자 소재지의 현금 이상의 지방정부로부터 받아야 하도록 규정하고 있음.
 - 또한 중국내 교잡종 종자의 유통을 위해서는 5단계의 허가를 받아야 하는 바, 1단계는 Pre-Restratation, 2단계는 Restratation Trial 1, 3단계는 Restratation Trial 2, 4단계는 Field Demo, 5단계는 Approval, 그리고 각 단계를 통과하지 못하여 다시 진행하면 1년씩 기간이 연장되는 결과를 가져옴.

○ 인도

- 양과 재배면적이 중국에 이어 두 번째로 큰 인도에서도 전역에서 양과가 재배되고 있고, 기후가 다양하여 지역에 따라서 양과를 재배하는 시기와 횡수도 똑같지 않는데, 대표적인 주산지인 Maharashtra주 지역에서는 연간 3차례나 파종할 수 있음.
- 다만 중국과 다른 점은 장일계 품종이 대부분을 차지한다는 점이고, 추대현상으로 인하여 장일계 재배가 불가능한 우리나라와 크게 다른 점임.
- 인도의 양과 가격은 지난 10년간 4배로 오르는 등, 인도의 양과소비가 꾸준히 증가하고 있고, 특히 맵지 않은 저장양과의 미국, 영국, 일본 등지로의 꾸준한 수출을 확대해가기 위하여 양과에 대한 연구가 매우 활발함.
- 세계적인 학술지에 게재된 최근 10년간의 양과 육종과 관련된 논문이 12편으로, 가장 많은 일본(15편)의 뒤를 잇고 있으며(그림 2-25), Central Food Technological Research Inst., Indian Veterinary Research Inst., DDU Gorakhpur Univ. 등이 논문을 발표하고 있으나(표 2-27), 특허출원 실적은 미미한 것으로 조사되었음(그림 2-16).
- 인도의 종자수입은 1966년에 제정된 종자법에 따라서, 검역소의 수입허가, 수출국의 식물위생증명서, 수입항구에서의 탁송물 검사, 수입항구 검역소의 전생육검사를 거쳐서 허용되고 있음.

○ 일본

- 일본은 오래 전부터 양파를 재배해왔고, 육종도 장기간에 걸쳐서 발전해 왔으며, 육종연구도 Takii와 같은 민간종자업체에 의하여 주도되고 있음.
- 따라서 일본은 이미 교배종이 절반 이상을 차지하고 있고, 조생종과 중만생종이 두루 재배되고 있으며, 북해도는 봄 파종, 그 외의 지역에서는 월동재배를 하고 있음.
- 오랜 경험으로, 일본은 모두 116건에 이르는 양파와 관련된 특허(수확 60건, 육종 40건, 가공 8건, 파종 5건, 채종 3건)를 가지고 있으며(그림 2-21), 세계적인 학술지에 게재된 육종과 관련된 논문이 최근 10년간 가장 많은 15편에 이르고(그림 2-25), Tottori Univ.와 Hiroshima Univ.가 많은 논문을 게재한 것으로 파악됨(표 2-27).
- 또한 민간기업들의 육종분야 특허출원이 두드러지는 바, ISEKI & amp CO LTD가 18건, Matsuyama Plow MFG CO LTD가 13건, Mitsubishi Agricult Mach CO LTD가 8건, Chiyoda Kiko KK가 6건, Seireiind CO LTD가 5건 등으로 조사되었음(그림 2-22).

○ 유럽

- 유럽 지역에서는 매운 맛이 덜한 감미계 양파를 주로 재배하고 있고, 프랑스 북부지방에서는 황피계와 백피계를, 스페인에서는 백피계가 주로 재배되지만, 내수는 20%에 그치고 80% 가량을 수출하고 있으며, 네델란드는 생산량의 90%를 수출하고 있음.
- 유럽은 기술력이 앞선 네델란드와, 기후와 인건비 등에서 상대적으로 유리한 스페인은 양파 수출국이고, 영국, 독일, 벨기에, 프랑스 등은 양파 수입국임.
- 유럽의 양파 품종은 네델란드가 가장 활발하고, 육종분야 특허 출원은 Seminis Vegetable Seeds INC., Nickerson Zwaan B.V., Stine Seed Farm INC., Leo Franca, Coumet B.V. 등과 같은 민간기업이 주도적인 역할을 하고 있는 것으로 파악됨(그림 2-23).
- 유럽의 양파종자산업은, 여타의 농작물 종자에서와 마찬가지로 민간육종과 민간기업에 의해서 주도되는 단계에 이르고, 정부는 품종심사와 품종권 보호, 공정거래 감시 등의 공적이고 관리자적인 역할을 담당하게 됨으로써, 효율과 경쟁을 통한 성장과 발전의 토대를 앞서서 갖춘 것으로 보아야 할 것임.

4. 기술수준 및 연구개발 인프라 분석

□ 국내 양파 육종실적

- 양파가 국내에 처음 소개된 것은 20세기 초로 여겨지며, 일제 치하인 1930년대에 경남 창녕과 전남 무안지역에서 처음 재배된 것으로 알려져 있음.
- 1924년 경남도 종묘장에서 적옥총, 황옥총, 백옥총 등의 3품종을 도입하여 비교·시험하였고, 1940년대 이전에 일본으로부터 천주황 종자를 도입하여 소규모로 재배하기 시작했고, 일부 농가에서는 양파 종자의 생산을 위하여 제주도, 무안, 진주 등지에서 양파 채종을 시도했으나 채종기술이 부족하여 종자의 생산에 어려움이 많았음.
- 1956년에는 원예시험장에서 도입품종들의 선발시험과 동시에 우수한 천주황 계통을 분리·육성하여 민간종묘상에 원원종으로 분양하여 천주황 종자의 생산체계를 세움.
- 1953년부터 양파 육성불임 개체를 발견하여 양파 F1 품종육성에 시작했고, 육성불임성을 이용한 우량조합능력을 가진 개체를 선발하여, 1958년에 모계선발법을 통해서 처음으로 춘파양파 육성계통 76080을 선발하여 ‘대관령1호’로 명명함.
- 1959년 원예시험장에서 ‘천주황’ 품종을 분리하여 얻은 육성불임계통을 이용하여 채종한 ‘원예1호’와 ‘원예2호’를 육성했고, 1960년대 이후에는 이들의 양친을 이용하여 F1종자 및 품종육성을 계속해왔음.
- 그러나 종묘관리법 제정으로 정부는 원예작물 종자의 관리만을 담당하게 됨에 따라서, 양파의 유전자원과 육성계통들이 민간 종묘회사로 이관되어 민간업체에 의한 품종개발이 계속되었으나, 1997년의 외환위기로 국내 종묘회사들이 다국적 및 외국 기업들에 인수·합병됨으로써 그동안 축적되어 왔던 육종기반이 현저하게 약화되어 오늘에 이르고 있음.
- 반면, 양파 육종에 대한 기초기술과 응용연구를 계속해온 농촌진흥청의 식량과학원(바이오에너지작물센터)과 경남농업기술원(양파연구소)과 같은 공공연구기관을 비롯하여, 일부 종묘업체와 개인 육종가들이 양파육종에 나서고 있고, 나름의 성과물을 내놓고 있음.
- 현재까지 식량원 바이오에너지작물센터에서는 ‘맵시황’등 8품종을 개발하였고, 교배종 품종의 중간모본 ‘원예30001’ 등 육성불임계통 7계통을 육성하였으며, 식량원 고령지 농업연구센터에서는 장일형 품종인 ‘대관황’(2007)과 육성불임계통 중간모본 ‘원예30007’(2010)을 육성하였음.
- 경남농업기술원의 양파연구소에서는 ‘오월동이’ 등 4품종이 육성되고 있고, 제주농업기술원에서는 제주지역에 적합한 ‘싱싱볼’을 육성하여 보급하고 있음.

□ 국내 양과육종 기술수준

- 양과의 유전자 지도는, 1998년에 116개의 유전자좌로 작성된 것을 시초로(King et al.), 2000년(van Heusden et al.)과 2005년(Martin et al.), 그리고 2012년에는 1,776개의 유전자좌로 구성된 보다 발전된 유전자지도(McCallum et al.)가 만들어졌으나, 우리나라는 이에 동참하지 못하고 있음.
- 양과는 2년생 작물로 웅성불임의 종류를 판별하는데 짧게는 4년 길게는 8년까지 소요되어 교배종 개발을 어렵게 하는 가장 큰 요인이 되기 때문에, 웅성불임의 종류를 쉽게 단기간 내에 판별할 수 있는 분자표지를 개발하려는 노력들이 꾸준히 이루어져 왔고, Havey(1995), Sato(1998), Engelke(2003) 등에 이어서, 전남대학의 김성길 교수 연구팀에서 단 한번의 PCR로 정상 및 2종류의 세포질을 판별할 수 있는 분자표지를 개발하여 웅성불임 종류를 판별하는 정확도와 효율을 높인 바가 있으나(2009), 보다 신뢰성 있는 선발을 위해서는 여전히 다양한 보다 근접한 분자표지 개발이 필요함..
- 웅성불임 회복유전자의 유전자형은 다양한 유지친 계통을 단기간 내에 육성하기 위하여 필수적이지만, 자식검정을 통한 유전자형 확인에는 수많은 검정교배 자식세대를 포장에서 키워야 하므로 많은 공간과 노력이 소요되기 때문에 ‘회복유전자 선별용 분자표지’는 F1품종 육종에서 가장 중요한 도구임.
 - 회복유전자(Ms)에 대한 분자표지 개발은 2002년(Gökçe)과 2005년(Martin)에 이어서 2011년에 대량육종계통에 활용하기 어렵다는 기존의 단점을 보완한 simple PCR marker를 개발한 바가 있음 개발되었음(Bang et al.).
- 양과의 조직배양 기술은, 웅성불임성을 이용한 F1(일대잡종) 품종의 개발을 위하여 웅성불임친과 유지친, 화분친을 육성하고, 순계유지를 보장해야 하기 때문에, 반수체로부터 완전한 배수체를 유도하고 웅성불임 계통의 식물체를 대량으로 증식하기 위한 중요한 기술로, 1984년에 ‘천주황’ 품종의 제1, 2, 3, 4절편 상부와 성장점 배양을 통해서 ‘양과의 부위별 캘러스 유기에 필요한 성장조절제의 첨가에 관한 연구(박규찬)’가 국내에서 처음으로 행해졌음.
 - 또한 1997년의 ‘양과의 재분화 및 기내 대량증식에 관한 연구(정해봉, 박규찬)’를 통해서 양과 성장점의 체세포조직을 가시광선 하에서 중력의 방향을 바꾸어주면서 특정한 배지에 배양하였을 때 생겨나는 dome 형태의 조직체인 순원기 배양법을 통해서, 1년생 식물의 성장점에 엽원기 1-2매를 붙인 경정조직을 치상하여 순원기를 유기하고, 이것을 계대 배양으로 증식하였다가 필요한 시기에 기관분화 배지에 치상하여 일시에 많은 식물체를 만들어내는 방법을 ‘창녕대고’, ‘황보석’, ‘삼다’ 등의 품종에 활용한 바가 있음.
 - 2005년에는 추과종 양과(short-day type)와 춘과종 양과(long-day type)의 주요 품종들을 대상으로, 체세포배 발생 캘러스 유도 후 현탁배양을 통해서 재분화 능력을 비교한 연구결과(조광수 등)를 발표하기도 하였음.

- 양과 반수체 배양에 대한 국내 최초의 연구는 1996년에 정해봉 등(1996)에 의하여 시작되었고, 1998년에는 미성숙 화퇴배양 조건을 식물체 재분화 및 기내 대량 부정아 유기 조건, 소화의 치상 적기 등을 규명했으며, 2000년에는 미숙 화퇴배양으로 얻어진 식물체의 형태적 특성 유지에 대한 연구(정해봉과 조광수)를 통해서, 미성숙 화퇴배양으로 유기된 반수성 식물체를 순화온실에서 자연배가현상을 확인한 다음 모구로 재배한 뒤 채종한 종자를 파종하여 정상적인 식물체와 비교한 결과를 발표한 바가 있음.
- 양과 유전체는 워낙 크기 때문에 전체 염기서열을 확보하는 것이 쉽지 않지만, 2001년에 일본의 Suzuki 팀은 48,000개의 clone으로 이루어져 양과 genome coverage가 0.3x 로 BAC library를 제작한 바가 있으나, 우리나라는 아직 이에 대한 시도가 없는 실정임.
 - 양과의 형질전환체 개발은 내염성과 매운 맛을 크게 줄인 유전체를 2007년과 2008년에 만든 바가 있을 뿐이어서 세계적으로 많은 전문가들이 다양한 연구를 진행하고 있는 것으로 알려지고 있음.
- 양과는 유전적 다양성이 매우 좁고 야생종이 아직 발견되지 않고 있으며, 병에 대한 저항성을 가진 유전자원을 발견하기 어렵기 때문에, *A. fistulosum*, *A. roylei*, *A. galanthum* 과 같은 근연종으로부터 내병성 유용자원을 얻으려는 연구가 20세기 초부터 유럽에서 시작되었음.
 - *A. roylei*는 양과와 비교적 교배가 잘 되고, 노균병, 흑색썩음균핵병, 잎마름병, 탄저병, 그리고 총채벌레에 대한 저항성도 가지고 있어서, 유럽에서는 양과와의 중간교잡을 통한 노균병 저항성 품종이 개발되어 최근 출시되었으나, 국내 연구는 전무한 것으로 파악됨.
 - 그러나 양과에는 박테리아, 곰팡이, 바이러스 등에 의한 병이 33종이나 보고되고 있기 때문에 내병성 품종에 대한 연구가 매우 절실한 실정임.
 - 구피색에 대한 유전연구는 1967년 El-Shafie와 Davis에 의해서 처음으로 이루어진 이래, 전남대학의 김성길 팀은 2004년과 2005년에 구피색을 달리하는 유전자형을 식별할 수 있는 분자표지를 개발했고, 2009년에는 국내의 황색 품종이 미국의 황색 품종과 다른 형태의 돌연변이를 가지고 있음을 확인했고, 국내 황색 품종은 DFR유전자에 pre-mature stop codon이 있는 변이형과 DFR유전자 전체가 결실된 돌연변이 형태가 주류를 이루고 있음을 밝힌 바가 있음.
- 이상에서 살펴본 바와 같이, 국내의 양과 육종기술수준은 선진국에 비해 유전자원의 다양성과 육종기술에 대한 연구개발 등의 측면에서 상대적으로 크게 빈약한 편이나 최근 분자생물학적인 기법을 도입하여 육성계통에 대한 옹성불임관련 세포질의 판별이나 유전자원에 대한 분석기법 도입 등을 통해서 단기간에 옹성불임계통을 육성할 수 있는 등, 비록 아직은 연구의 폭과 층이 매우 좁고 얇은 상태이긴 하지만, 중진국 수준에 위치하는 것으로 평가될 수 있기 때문에, 보다 우수한 연구환경을 조성해 나감으로써 ‘양과강국’으로의 도약을 도모하여야 할 것임.

- 특히 IMF 외환위기 이후 국내의 주도적인 종묘업체를 인수·합병한 다국적 기업에 의하여, 다른 채소작물에 비하여 수익성이 낮고 장기간의 투자를 요하는 양파 육종보다는 외국산 종자의 수입판매에 의존함으로써 민간의 양파육종 기반은 매우 취약한 실정이기 때문에 정부의 역할이 매우 중요하다고 하겠음.

□ 양파육종의 전후방 산업 수준

- 양파육종의 원재료인 양파(*Allium cepa* var. *cepa*) 유전자원은 우리나라에서 모든 농작물 유전자원을 관리하고 있는 농촌진흥청 국립농업과학원의 농업유전자원정보센터와 양파유전자원 관리기관으로 지정된 경남농업기술원의 양파연구소이고, 여기에는 양파 외에도 *A. fistulosum*(파), *A. porrum*(리크), *A. senescens*, *A. thunbergii*, *A. tuberosum* 등 *Allium*속의 유전자원도 보존.
 - 농업유전자원정보센터는 세계 33개국에서 수집된 185점을 확보하고 있고, 양파연구소는 34개국에서 수집한 926점을 보유하고 있으나, 이들에 대한 특성은 지극히 기초적인 10여개 항목만 제공되고 있어서 다양한 특성을 분석하고, 이를 검색할 수 있는 D/B화가 매우 시급함.
 - 종자업체나 개인육종가들이 보유하고 있는 유전자원은 밖으로 잘 알려지지 않고 있으나, 체계적인 보전과 활용이 어렵고 멸실 우려도 높은 편임.
 - 특히 유전자원은 지구적 자원일 뿐만 아니라, 육종의 출발점으로서의 소재인 유전자원이 신품종 육성에 널리 활용되도록 하여야 한다는 공공성을 가지고 있다는 점에서, 종자강국으로의 도약을 위한 육종 활성화를 중요한 정책과제로 제시하고 있는 우리 정부의 역할은 매우 획기적으로 강화되어야 할 것임.
- 양파의 국내 채종은 기후조건 등으로 불리하기 때문에, 우리나라의 환경에 적합한 채종기술을 개발하고, 다른 한편으로는 다른 작물들과 함께, 보다 효율적이고 안정적인 해외채종을 위한 기반과 체제를 구축하고, 타식성 작물에게 필수적인 수분매개충의 안정적인 대량생산기술과 적기공급체계를 구축하는 것도 중요한 정책과제라고 하겠음.
- IMF 외환위기를 계기로 국내에 진입한 다국적 종자업체들을 통해서 종자의 정선, 검사, 가공 등의 기술과 시설 등이 부분적으로 도입되기는 했지만, 그의 활용이 특정 업체에 한정되어 있는 등, 전반적인 고품질 종자생산에 충분히 기여하지 못하고 있는 실정임.
- 양파 종자산업은, 육종소재인 유전자원 → 육종 → 품종권 등록 → 종자의 생산-정선-검사-가공 등을 거쳐서 판매되는 모든 과정이 균형과 조화를 이룬 성장을 도모해야 할 것임.

5. 주요 이슈 및 전략방향

1) 주요 이슈

강점(Strength)	약점(Weakness)
<ul style="list-style-type: none"> ○ Golden Seed Project 등 정부 지원 확대 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 국내 육종 인력 태부족 ○ 민간 종자회사의 투자 부족 ○ 낙후된 분자유종 기술 ○ 국내에서 육성되는 품종공급국가 및 지역 제한적임.
기회(Opportunity)	위협(Threat)
<ul style="list-style-type: none"> ○ 중국, 인도 등 신흥 종자시장의 성장 ○ 고정종이 우점하는 시장에 기술집약적 F1품종 점유 확대 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 다국적 종자기업의 품종 육종관련 핵심기술에 대한 특허 장벽 ○ 각국의 핵심 유전자원 해외 반출 제한 ○ 신흥국의 자국 종자시장 보호제도 증가

2) 전략방향

SO전략	WO전략
<ul style="list-style-type: none"> ○ 확대된 정부지원을 바탕으로 기술 집약적인 F1품종 개발 등 R&D 투자 확대 ○ 정부과제를 매개로 국내 육종 기술 및 유통 네트워크 구축 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 국내 뿐만 아니라 해외 시장 개척에 적합한 육종 인력 양성 ○ 고부가가치 F1품종 육종에 필요한 시장을 선도할 수 있는 육종기반 기술 구축 ○ 현지 육종을 통한 수출지역 확대
ST전략	WT전략
<ul style="list-style-type: none"> ○ 규모가 취약한 국내 종자회사에서 실행하기 어려운 중장기 기술개발에 대한 정부지원 확대 ○ 국가 연구소 중심으로 체계적인 유전자원 수집과 특성조사 및 민간 종자회사에 분양하는 일괄 시스템 구축 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 낙후된 분자유종시스템 구축 및 인력 양성에 집중 투자 ○ 노균병 저항성 품종과 같이 고부가가치 품종 개발을 통한 기반연구와 현장육종 간의 효율적인 협력모델 개발

제3장. 목표 설정 및 프로젝트 도출

제1절. 목표 설정

1. 최종 목표

- 2021년 국산 종자자급률 20%에서 50%로 향상, 해외 종자수출 400만\$ 달성

내용	최종목표	목표시장 및 타겟품종
수입대체용 양과 품종개발	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 수입대체용 20개 개발 ▪ 국산종자 자급률 50%이상 달성 ▪ 융성불임 유전자 분자표지 개발 ▪ 여교배 세대단축기술(MAB)개발 ▪ 순도검정용 분자마커 개발 	목표시장 : 국내 타겟형질 : 내병성, 기능성
중국·유럽 수출용 양과 품종개발	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 수출용 품종 8개 개발 (국내용 등록 후 수출) ▪ 수출액 400만\$ 달성 ▪ 세포융합 융성불임 계통육성 	목표시장 : 중국, 유럽 타겟형질 : 단일계 조생종

- 국산종자 자급률 50%이상 달성

- 국내 품종개발이 미흡하여 수입에 의존하는 양과의 신품종을 개발하여 국내에 공급함으로써 수입품종 대체를 통한 농가 생산비용 및 경영비 절감.

- 수출액 400만\$ 달성

- 수출용 품종을 개발하여 수출함으로써 해외시장 개척을 통하여 종자대국이 될 수 있는 기반구축.

- FTA, UPOV 등 향후 로열티 지불에 대응하여 지적 재산권 확보

- 분자유종 기술개발 구축으로 육종효율 증진

- 융성불임, 관련 유전자 분자표지개발, 여교배, 세대단축 기술개발(MAB), 순도검정용 분자마커 개발을 활용한 육종효율 증진.

□ 과학기술적 목표

- 유용 유전자원 수집 및 특성 분석을 통한 우수 자원 선발
 - 노균병 등 내병성 근연종 수집 및 특성 조사
- 유전적 다양성 확대를 통한 우수 계통 선발
 - 종간교잡을 통한 내병성 계통 선발 및 반수체 배양을 통한 순계 육성
- 주요 형질 관련 분자표지 개발
 - 옹성불임 임성 회복 유전자 및 구피색 관련 유전자 선발용 분자표지 개발
- 분자육종 시스템 구축
 - 표준 유전자지도 기반 여교배 세대단축기술 (Marker-assisted backcrossing:MAB) 구축
 - 분자표지 대량 검정 시스템 개발
 - 기 개발된 주요 형질 선발용 분자표지를 이용한 주요 육종 계통 DB구축
- 경제적인 종자 생산 체계 구축
 - F1 종자 순도 검정 및 순도 향상을 위한 분자표지 개발
- 수입대체 및 수출시장 개척용 우수 품종 개발
 - 수입대체 및 신규 용도 고기능성 F₁ 품종 개발

□ 산업경제적 목표

품 목	목표시장	사업목표 (2021년 기준)		
		국산종자비율(%) (현재 ->2021년)	수입대체 금액 (억 원)	수출 목표금액 (만 달러)
양파	국내, 중국 산둥성, 동북3성, 유럽	20 -> 50	72	400 (현재 35만\$)

□ 환경적 차원의 목표

- 내병성 품종 개발을 통한 농약 사용 절감
 - 내병성 품종 개발 및 보급 확대를 통하여 생산비에서 농약대가 차지하는 비중을 감소시키며 농약 과다사용으로 인한 환경오염 문제를 완화시키는 것을 목표로 함

- 내재해성 품종 개발을 통한 농경지 확대 차단과 녹지 보호
 - 내재해성 품종 개발을 통하여 재배지의 이동 및 확대되는 것을 방지함으로써 자연 녹지를 보존

2. 연차별 목표 및 단계별 목표

1) 연차별 목표

연차	연도	주요 목표
1년차	2013	<ul style="list-style-type: none"> - 유용 양과 및 근연종 유전자원 수집 - 우수 계통 선발을 위한 교배를 통한 유전적 다양성 확대 - 주요 형질 관련 분자표지 정보 수집 및 신뢰성 분석 - 작형별 및 타겟시장별 목표 품종 특성 정의
2년차	2014	<ul style="list-style-type: none"> - 수집된 유용 유전자원의 특성 평가 실시 - 종내 및 종간 교잡 실시를 통한 다양한 계통 선발 - 표준 유전자지도를 기반으로 원종 및 F1 순도검정용 분자표지 개발
3년차	2015	<ul style="list-style-type: none"> - 내병성 유전자원 선발을 위한 병저항성 검정법 수립 - 유용 유전자원으로부터 우수 계통 분리 - 옹성불임 임성회복 유전자 선발용 분자표지 개발 및 선발법 확립 - 민간 종자회사가 보유한 주요 육종계통에 대한 옹성불임 세포질 및 회복유전자 유전자형 분석 및 DB 구축 - 우수 F1 품종 개발을 위한 다양한 조합작성 및 조합능력검정 실시
4년차	2016	<ul style="list-style-type: none"> - 선발된 내병성 및 우수 유전자원의 특성을 우수계통에 도입 - 노균병 저항성 계통 선발을 위한 병검정법 및 분자표지 개발 - 표준 유전자지도를 기반으로 작형별 및 민간 회사별 최적의 MAB 시스템 선발 전략 수립 - 분자표지를 이용한 원종 및 F1순도 검정법 확립 - 병저항성 계통 육성을 위한 종간교잡 후대집단 육성 - 다양한 F1 조합작성, 조합능력검정 실시 및 지역적응성 시험 실시
5년차	2017	<ul style="list-style-type: none"> - 종간교잡 분리세대를 이용한 Introgression line 육성을 위한 여 교배 실시 - MAB시스템을 이용한 노균병 저항성 계통 선발 - 분자표지 대량 검정을 위한 high-throughput 분석 시스템 구축 - 우수 F1 조합 지역 적응성 검정 및 우수 품종 출시
6년차	2018	<ul style="list-style-type: none"> - 표준 유전자지도를 기반으로 한 주요 형질 연관 분자표지에 대한 주요 육종 계통 DB구축 - 옹성불임 임성 회복유전자 분리 및 이를 기반으로 정확도 100%인 functional marker 개발 - 주요 작형별 수입대체 주요 품종 출시 및 홍보
7년차	2019	<ul style="list-style-type: none"> - MAB시스템을 이용한 노균병 저항성 계통 개발 및 조합능력 검정 실시 - 표준 유전자지도를 활용한 매운맛 등 기능성 형질에 대한 QTL 분석 실시

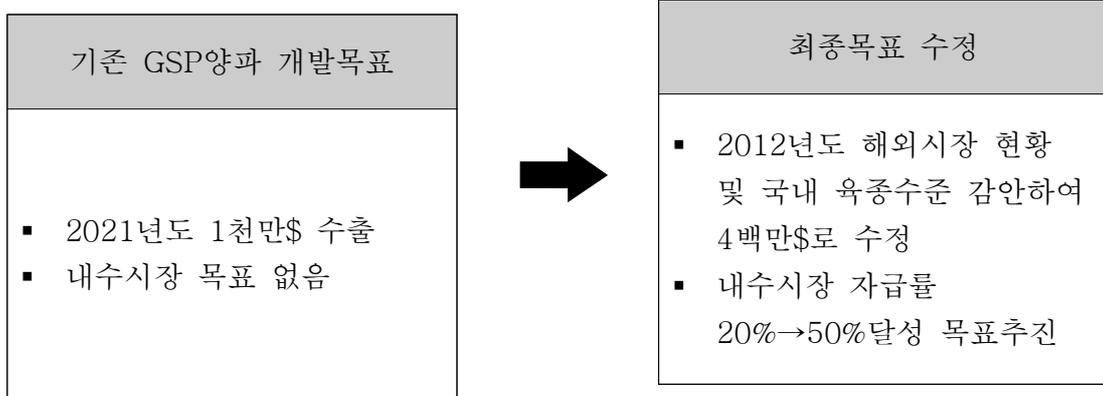
		- 주요 작형별 수입대체 품종에 대한 대민 홍보 활동을 통한 국산품 종 점유율 확대
8년차	2020	- 중간교배를 통한 Introgression line 육성 및 주요병 저항성 계통 선발 및 보급 - 노균병 저항성 품종 출시 - 수입대체 주력 F1품종 출시 및 시장 점유율 확대
9년차	2021	- 우수 신품종 조기출시를 위한 분자육종시스템 구축 완료 및 민간 과 연구소간의 협력체계 구축 - 수입대체용 우수 F1품종 보호출원 및 확대보급을 위한 홍보활동 강화 - 새로운 수출시장 개척을 위한 다양한 품종 개발 및 현지 보급 확 대

2) 단계별 목표

<p style="text-align: center;">1단계</p> <p style="text-align: center;">국산종자 비율 : 20%→30%, 수출목표 80만\$</p>	<p style="text-align: center;">2단계</p> <p style="text-align: center;">국산종자 비율 : 30%→50%, 수출목표 400만\$</p>
<ul style="list-style-type: none"> ▪ 유전자원 수집 및 특성조사 ▪ 웅성불임 유지계 및 화분친 육성 ▪ 기능성 고탍유 계통선발 ▪ 세대 단축기술 기반 구축 ▪ 웅성불임 회복 유전자 초정밀 지도 작성 ▪ 구피색, 노균병 저항성 MAB마커선발 ▪ 노균병 저항성 계통수집 및 여교배 실시 ▪ 순도검정 적합한 분자표지 선발 및 계통 D/B구축 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 우수 교배조합 선발 ▪ 육성계통의 기능성 성분분석 ▪ 선발조합 생산력 및 지역적응성 시험 검정 ▪ 품종개발 ▪ 육성품종해외 연락시험 및 수출 ▪ MAB시스템을 이용한 노균병 저항성계통 선발 ▪ 양과 유전체정보 기반 웅성불임 임성회복 유전자 분리 ▪ 분자표지 이용한 F₁품종 순도검정 시스템 구축

3. 목표 설정 근거

- GSP상세기획시 양과 최종목표가 설정되어 있었으나, 상세기획 단계에서 시장상황과 국내 양과 기술수준을 감안하여 목표를 수정하였음.



- 최종목표는 수입대체 품종개발과 보급에 중점을 두고, 수출용은 현재 국내에서 육성된 품종이 공급가능한 중국 산동성지역과 유럽지역을 목표로 하였음.

- 장기적으로는 세계적으로 재배면적이 큰 장일형 양과 품종이 육성되어야 하므로 현재 장일형 품종의 육성은 국내에서 할 수 없으므로 해외에서 육성하는 것이 바람직함.

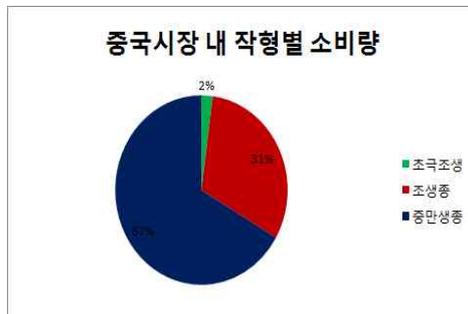
□ 중국 시장 내 300만\$의 수출을 목표로 함. 목표 근거 설정에 관한 내용은 아래와 같음

○ 중국 시장 내의 각 항목별 소비량, 생산량, 수입량은 1\$를 1,065원의 기준으로 설정하면 아래의 표와 같음(표 3-1)

[표3-1 중국 시장 내 소비량, 생산량, 수입량

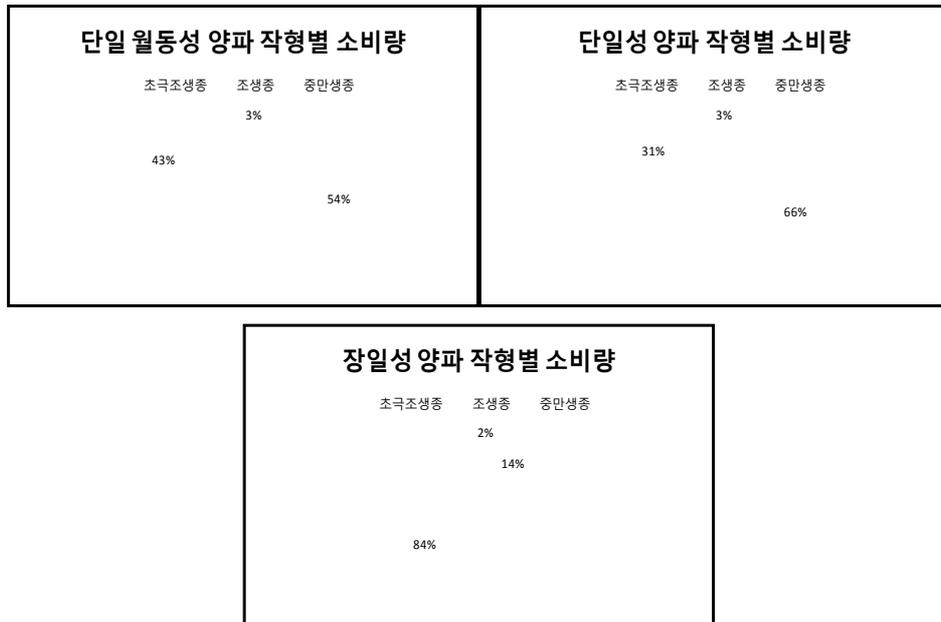
	소비량		생산량		수입량	
	kg	금액(원)	kg	금액(원)	kg	금액(원)
초극조생	4,200	483,510,000	2,300	78,810,000	1,900	404,700,000
조생종	260,000	7,188,750,000	248,000	4,047,000,000	12,000	3,141,750,000
중만생종	101,000	15,314,700,000	52,000	2,215,200,000	49,000	13,099,500,000
총계	365,200	22,986,960,000	302,300	6,341,010,000	62,900	16,645,950,000

※ 1 US\$ = 1,065원 기준



- 중국시장 내 작형별 소비량은 초극조생종 2%, 조생종 31%, 중만생종 67%임. 금액으로는 총 소비량 230억 대비 초극조생종이 4.8억, 조생종이 71억, 중만생종이 153억
- 종자 소비량은 장일계 75%, 중일계 21%, 단일계 4%임. 총 금액 63억 중, 초극조생종이 0.7억, 조생종이 40억, 중만생종이 22억
- 종자 수입량은 장일계 86%, 중일계 9%, 단일계 5%임. 총 금액 166억 중 중만생종이 130억, 조생종이 31억, 초극조생이 4억원
- 위의 두 가지 도표 비교 시, 단일계 품종은 소비량 대비 종자 수입률은 약 98%, 중일계는 38%, 장일계는 99%이며, 총 소비량 대비 수입률은 약 86%를 나타냄. 따라서 1차 수출시장을 소비량 대비 수입률이 가장 높은 중일계와 장일계 품종으로 선택함

○ 각 작형별 양파의 소비량은 아래의 도표와 같음



- 각 작형별 양파는 단일월동성 양파 중 조생종이 54%, 단일성 양파 중 조생종이 66%, 장일성 양파 중 중만생종이 84%를 이룸

○ 작형별로 중국시장 점유율을 분석하면 아래 표와 같음

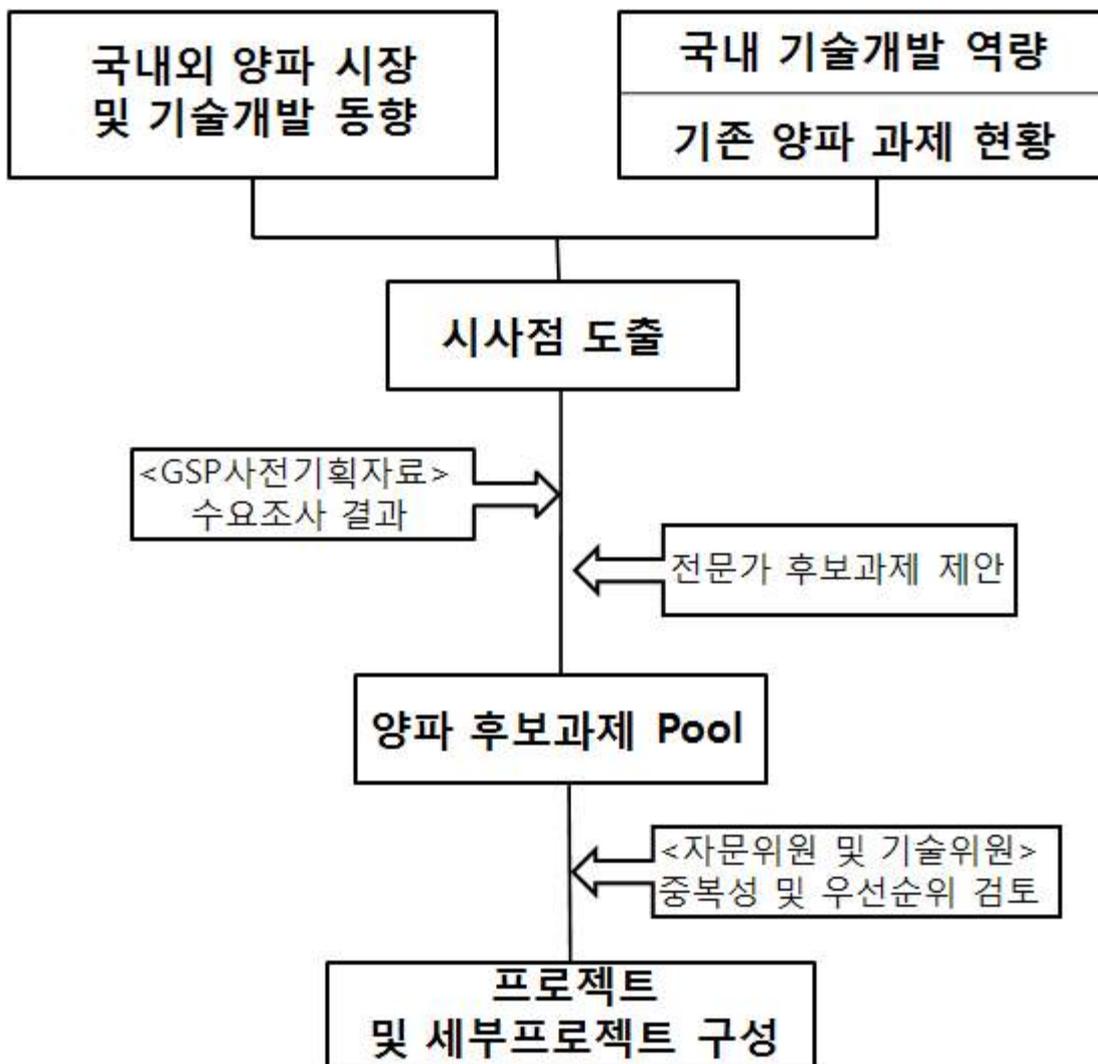
작형	소비량 대비 점유율	수입량 대비 점유율	대체유무
초극조생종	2%	3%	×
조생종	31%	19%	○
중만생종	67%	79%	○

- 작형별 수입량 대비 점유율 분석자료를 참고로 중만생종이 79%, 조생종이 19%로 나타남
- 분석결과, 중국시장이 국외로부터 수입하는 두 품종의 수입량(약 166억)을 대체하여 수출하는 전략 통해서 300만\$의 수출 목표를 산출함

제2절. 프로젝트 구성

1. 프로젝트 도출배경

- 국내외 양파 종자시장 동향과 수요조사 결과를 토대로 전문가들이 양파 후보과제를 도출하였고, 후보과제에 대한 중요성 및 중복성에 대한 검토과정을 거친후 최종 프로젝트 및 세부 프로젝트를 구성하였음.
- 프로젝트 도출을 위해 4회의 기술위원회 및 자문회의와 2회의 분과회의를 거쳐 상세기획의 내용을 수정 보완 하였음.
- 최종적으로 기술위원회를 거쳐 최종 프로젝트 구성안을 확정하였음.



□ “2021년 국산 종자자급률 20%에서 50%로 향상, 해외 종자수출 400만 달러 달성”을 목적으로 6개 프로젝트를 도출함.

○ 수입대체용 작기별 양과품종 개발

- 국내 양과 종자의 70%이상이 일본 수입종자에 의존하고 있으며, 육성 품종 보급에 따른 생산비 절감 및 외화유출 경감을 위해 양과 품종육성에 대한 요구 증대
- 연작과 환경변화에 따른 환경적응성 및 내병성 육종소재 개발 및 품종육성이 시급함.
- 조생종 품종은 내한성이 요구되며, 중생 및 중만생종은 저장성이 좋고 순도가 균일한 고구형의 양과 및 내병성이 요구되고 있음.

○ 중국 수출용 양과품종 개발

- 중국은 세계 최대의 양과생산 국가이면서 종자 자급률이 취약하여 중국과 가장 인접해 있고 중일계 및 단일계 양과 재배·육성이 가능한 한국이 시장공략의 강점을 가지고 있어 중국 수출용 양과 품종개발이 필요함.
- 현재 우리나라에서 육성한 중일계 및 단일계 품종이 접근할 수 있는 지역은 중국 산둥성 지역으로 국내에서 품종육성하여 수출 가능함.

○ 유럽 수출용 양과 품종개발

- 유럽의 양과재배는 저장성에 대한 요구가 크고, 우리나라나 일본계 품종과 유사한 품종이 재배되고 있어 시장 개척이 용이함.
- 스페인의 단일계 황색 품종시장이 F1 품종 비율이 높은 고가품 시장이므로 이 지역의 종자시장은 앞으로 크게 확대될 것으로 예상됨. 따라서 유럽 수출지역에 맞는 양과 품종개발이 필요함.
- 프랑스, 독일, 터키, 스페인은 우리나라의 중일계 품종이 재배되는 지역으로 국내에서 품종육성하여 수출 가능함.

○ 중간 내병성 품종육성을 위한 분자 육종기술 확립

- 양과는 2년생 작물이며 유전체 크기가 매우 커서 다른 주요 작물에 비해 분자유종에 관한 연구가 크게 뒤쳐진 상태임.
- 주요병에 대한 저항성 유전자원이 거의 전무한 실정으로 교배가 가능한 근연종에 저항성 도입이 필요함.

○ 세포융합을 통한 우량 음성불임 계통 육성

- 양과는 계통 육성기간이 최소 15년이 걸리기 때문에 조기 계통육성과 고순도 고정을 위한 세포융합을 이용한 핵치환 기술이 필요함.
- 우수인자가 있는 도입종이 있다면 핵치환을 이용하여 선발한 다음 유전적으로 조기 고정하고 다양한 새로운 계통을 확보할 수 있음.

○ 기능성 양파품종 개발

- 2000년 이후 양파는 소비 및 생산량이 지속적으로 증가추세이나, 대부분 다수확 품종위주로 재배되고 있어 소비자 니즈에 맞는 기능성 성분이 높은 품종개발이 필요함.
- 플라보노이드 함량이 높은 자색양파의 저장성이 현저히 떨어짐에 따라 저장성이 높은 자색양파 품종 개발을 통해 틈새시장으로 자색 양파시장을 넓힐 필요가 있음.

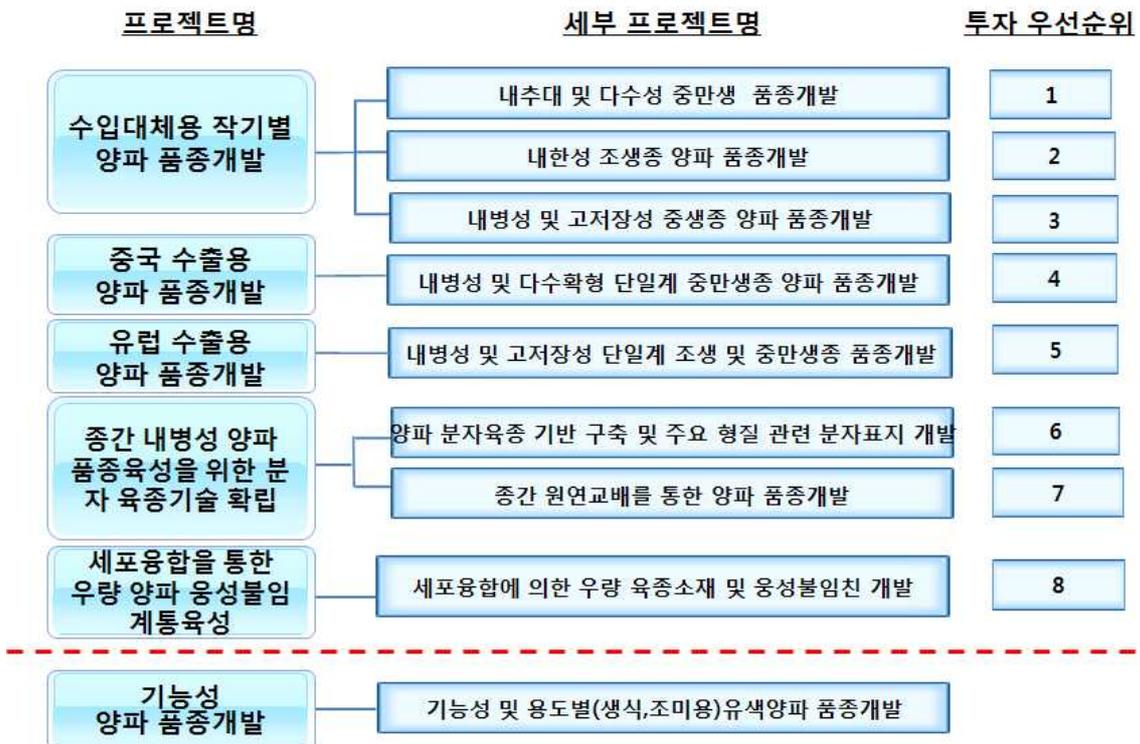
2. 프로젝트 구성 및 내용

1) 프로젝트 구성안

□ 프로젝트 구성

프로젝트명	세부 프로젝트명	비고
1. 수입 대체용 작기별 양파 품종개발	1) 내추대 및 다수성 중만생 양파 품종개발	우선 추진
	2) 내한성 조생종 양파 품종개발	
	3) 내병성 및 고저장성 중생종 양파 품종개발	
2. 중국 수출용 양파 품종개발	1) 내병성 및 다수확형 단일계 중만생종 양파 품종개발	우선 추진
3. 유럽 수출용 양파 품종개발	1) 내병성 및 고저장성 단일계 조생 및 중만생종 품종개발	우선 추진
4. 중간 내병성 양파 품종육성을 위한 분자 육종기술 확립	1) 양파 분자육종 기반 구축 및 주요 형질 관련 분자표지 개발	우선 추진
	2) 중간 원연교배를 통한 양파 품종개발	
5. 세포융합을 통한 우량 양파 육성불임 계통육성	1) 세포융합에 의한 우량 육종소재 및 육성불임친 개발	우선 추진
6. 기능성 양파 품종개발	1) 기능성 및 용도별(생식, 조미용)유색양파 품종개발	후보 과제

□ 프로젝트 구성 우선순위



□ 프로젝트 구성 및 내용 최종안

프로젝트명	세부 프로젝트명	세부프로젝트 주요 연구내용
수입대체용 작기별 양파 품종개발	내추대 및 다수성 중만생 양파 품종개발	○ 국내외 양파 유전자원 수집보존 및 특성조사 ○ 중만생계 고품질, 다수성, 내재해성의 물임계, 유지계 및 화분진 육성 ○ F1 교배조합 작성 및 우수조합 선발
	내한성조생종 양파 품종개발	○ 다양한 양파 유전자원 수집 및 특성조사 ○ 조생계 고품질, 다수성, 내재해성 융성불임계통 및 화분진 육성 ○ F1 교배조합 작성 및 우수조합 선발
	내병성 및 고저장성 중생종 양파 품종개발	○ 유전자원 수집 및 특성조사 ○ 중생계 다수성, 저장성이 우수한 융성불임계, 유지계 및 화분진 육성 ○ 교배조합 작성 및 우수조합 선발
중국 수출용 양파 품종개발	내병성 및 다수확형 단일계 중만생종 양파 품종개발	○ 다양한 양파 유전자원 수집 및 특성조사 ○ 중국 수출용 양파 품종 개발 ○ 중국 양파종자 수출시장 개척
유럽 수출용 양파 품종개발	내병성 및 고저장성 단일계 조생 및 중만생종 품종개발	○ 유럽 및 중동 지역 양파 종자 시장 및 요구 특성조사 ○ 육종 자원 수집 및 선발 ○ 수출용 계통 육성
중간 내병성 양파 품종육성을 위한 분자 육종기술 확립	양파 분자유종 기반구축 및 주요 형질 관련 분자표지 개발	○ MAB 기술 개발 ○ 융성불임 관련 유전자 선발용 분자표지 개발 ○ MAB를 이용한 주요 형질 도입
	중간 원연교배를 통한 양파 품종개발	○ 근연종 및 다양한 양파 유전자원 수집 및 특성조사 ○ 중간 교잡을 통한 내병성 형질 도입 ○ 양파 구피색 판별용 분자표지 개발
세포융합을 통한 우량 양파 융성불임 계통육성	세포융합에 의한 우량 육종소재 및 융성불임진 개발	○ 양파 원형질체 확보 및 융합체의 재분화 과정 구축 ○ 비대칭 세포융합(핵치환)에 의한 양파 융합체 선발 ○ B line의 핵으로 A line의 핵을 치환 후 식물체확보
기능성 양파 품종개발	기능성 및 용도별(생식,조미용) 유색양파 품종개발	○ 양파 유전자원 수집 및 기능성분 조사 ○ 기능성 성분 고품유, 다수성, 환경스트레스 내성 ○ F1조합 생산력 검정 및 지역적응시험

2) 양파 세부 프로젝트 주요내용

프로젝트명	세부프로젝트명	세부프로젝트 주요내용
수입 대체용 작기별 양파 품종개발	<ul style="list-style-type: none"> 내추대 및 다수성 중만생 양파 품종개발 내한성 조생종 양파 품종개발 내병성 및 고저장성 중생종 양파 품종개발 	<ul style="list-style-type: none"> 중일계 저장용 만생계 및 중생계 품종 개발 중일계 간이 저장용 중조생계 품종 개발 극조생계 및 초극조생계 품종 개발
중국 수출용 양파 품종개발	<ul style="list-style-type: none"> 내병성 및 다수확형 단일계 중만생종 양파 품종개발 	<ul style="list-style-type: none"> 중국 수출용 품종개발 국외 유전자원 수집 및 특성평가
유럽 수출용 양파 품종개발	<ul style="list-style-type: none"> 내병성 및 고저장성 단일계 조생 및 중만생종 품종개발 	<ul style="list-style-type: none"> 유럽 수출용 품종 개발 국외 유전자원 수집 및 특성 평가
중간 내병성 양파 품종육성을 위한 분자 육종기술 확립	<ul style="list-style-type: none"> 양파 분자유종 기반구축 및 주요 형질 관련 분자표지 개발 중간 원연교배를 통한 양파 품종 개발 	<ul style="list-style-type: none"> 유전자원 수집 및 분자표지 조합 개발 융성불임 관련 유전자 및 병저항성 유전자 선발용 분자표지 개발 중간교잡을 통한 내병성 유전자 도입

세포융합을 통한 우량 양과 융성불임 계통육성	<ul style="list-style-type: none"> 세포융합에 의한 우량 육종소재 및 융성불임친 개발 	<ul style="list-style-type: none"> 양과 여교배 세대 단축 기술 구축 세포융합을 통한 융성불임 계통육성
기능성 양과 품종개발	<ul style="list-style-type: none"> 기능성 및 용도별(생식,조미용)유색양과 품종개발 	<ul style="list-style-type: none"> 여교배 및 세대 단축 기술을 이용한 고부가 가치 기능성 품종 개발

3) 기본과제와의 중복성 검토

○ 양과 종자 개발과제는 ipet의 양과사업 기획과제로 추진된 바 있으나, 연구가 완료된 상태이며 현재는 신규과제의 중복성이 없음.

소과제명	연구내용	연구기간	지원기관
분자육종기술을 이용한 고기능성 유색양과 품종개발	품종개발, 마커개발 품질성분 분석, 마커 대량분석	2008. 6- 2013. 6.	iPET
수입대체 및 수출용 중·만생종 양과 품종 육성	품종개발 및 시장 개척	2006. 6- 2009. 5	iPET
중국 양과 종자 시장 개척 및 국내 수입대체를 위한 품종 육성 및 년한 단축을 위한 기술 개발	품종개발 및 시장개척	2008. 6- 2013. 6.	iPET
양과 F1 품종육성을 위한 계통 육성 및 분자육종 시스템 구축	품종개발, 마커개발	2008. 6- 2012. 12.	농진청

3. 프로젝트 간 연관관계

○ 유전자원 수집 및 정보 공유

- 많은 시간과 노력이 소요되는 유전자원 수집 평가를 육종기반에서 수행하고 수행결과 선발된 우수 계통에 대한 정보 및 계통을 품종개발 연구팀에 분양
- 품종 개발 연구팀에서는 육종기반 연구팀에서 분양 받은 계통을 대상으로 다양한 분리집단을 육성하고 육성된 분리집단을 다시 육종기반 연구팀에 분양하여 주유 형질에 대한 유전양상 분석 및 분자표지 개발을 수행

○ 분자육종 시스템을 활용한 신품종 조기 출시

- 품종 개발 연구팀에서는 목표시장 분석 및 선호 품종을 정의하고 정의된 목표품종에 들어갈 주요 목표 형질을 설정한다.
- 설정된 목표를 가지고 품종개발 전략을 육종기반과 공동으로 수립하여 최적화된 목표형질 선발법을 개발
- 목표 형질을 효율적으로 선발할 수 있는 분자표지를 개발 및 기 개발된 분자표지를 최적화 시켜서 최단기간 내에 목표 형질을 우수 계통에 도입

○ 기술 및 산업 동향에 대한 정보 공유

- 정기적인 전략회의를 통하여 육종기반 연구팀에서는 최신 기술 개발 트렌드를 소개해서 적시에 품종개발 연구팀에서 활용할 수 있도록 정보를 제공
- 품종개발 연구팀에서는 국내외 상품시장의 트렌드를 정기적으로 조사하여 목표시장에서 선호하는 형질의 정보 및 품종 샘플을 육종기반 연구팀에 제공하여 트렌드에 발빠르게 대처할 수 있는 전략을 공동으로 수립

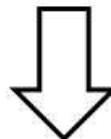
○ 소규모 민간 종자회사에 대한 분자육종 시스템 제공

- 양과 육종기술을 보유한 민간 종자회사는 1개사를 제외하고는 모두 규모가 영세하고 분자육종 시스템이 전혀 구축되어 있지 않아 육종 기반 연구팀에서는 이들 영세한 민간 종자회사에 분자육종 시스템을 제공하고 기술 적용에 대한 컨설팅을 실시하여 기술 경쟁력에서 떨어지지 않도록 조치
- 육종기반 연구팀에서는 영세한 민간 종자회사를 대상으로 정기적으로 기술 워크숍을 실시하여 새로운 분자육종 기술에 대한 소개 및 세부 육종 프로젝트에 대한 분자육종기술 접목에 대한 컨설팅을 실시

<품종개발 연구 프로젝트와 육종기반 연구 프로젝트 간의 협력 체계>

품종 개발 연구	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ 유전자원 특성조사 ▪ 우수 계통 선발 ▪ 우수 조합 작성 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 우수 F1 품종 출시 ▪ 목표 시장 동향 분석 ▪ 원종증식 및 F1채종

- 주요 육종계통 DB정보
- 분자육종 시스템 제공
- 주요 기술개발 동향



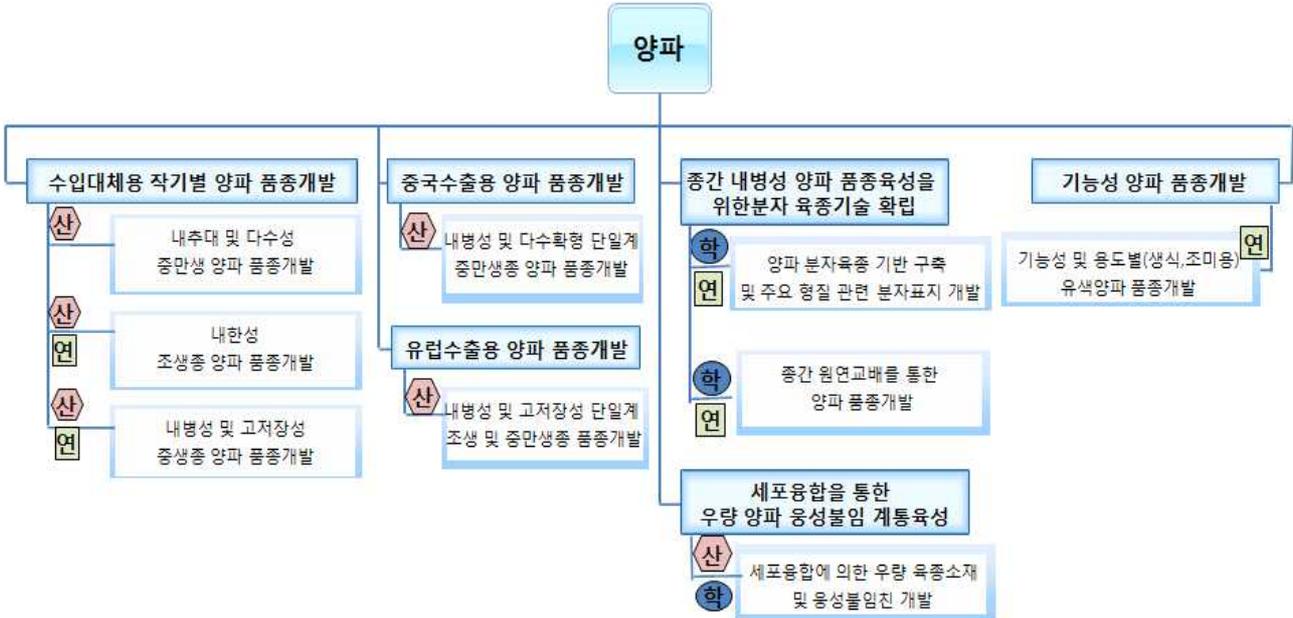
- 주요 형질 분리집단 제공
- 계통 정보 제공

육종 기반 연구	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ 분자표지 대량 검정 시스템 구축 ▪ 유전자원 수집 및 평가 ▪ 분자표지 육종계통 DB구축 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 주요 형질 선발용 분자표지 개발 ▪ MAB 시스템 구축 ▪ 품종 순도검정 시스템 구축

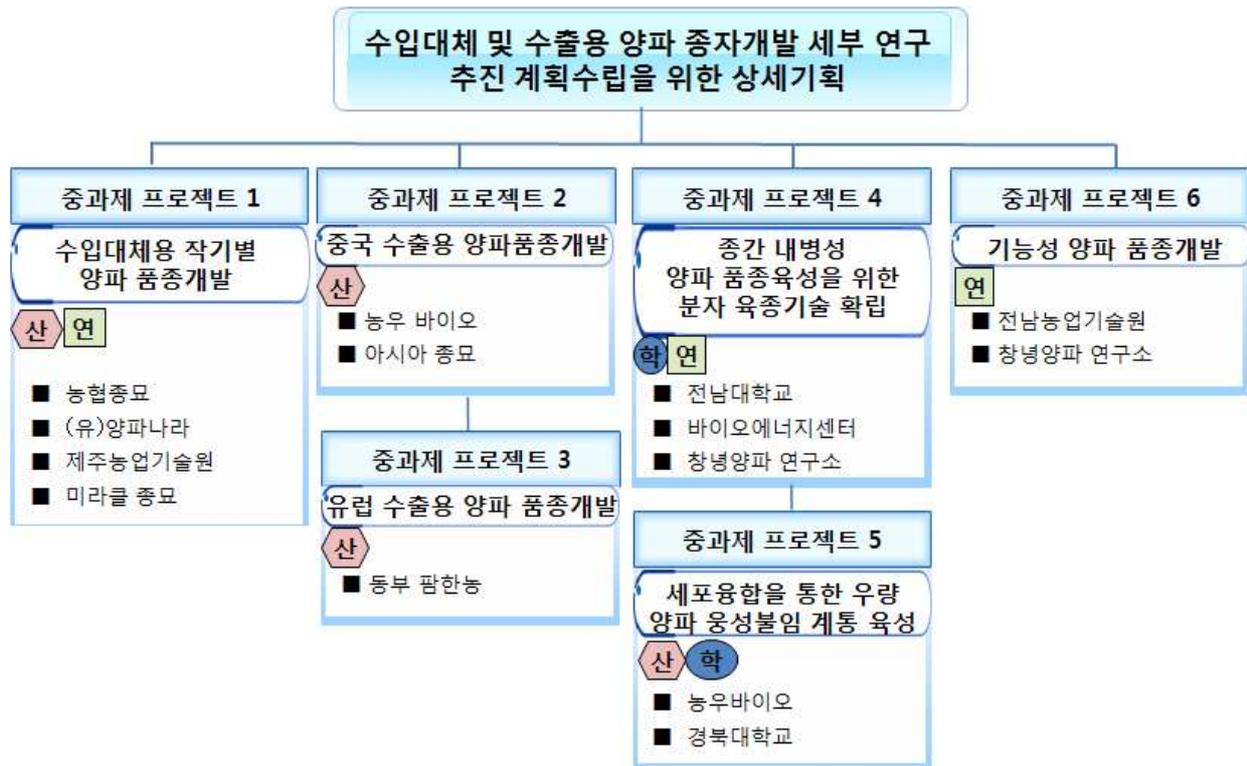
제4장. 프로젝트 추진체계 및 추진전략

1. 연구 추진체계

□ 산학연 협력체계를 구축하여 품종개발 및 보급



□ 프로젝트 추진체계 및 연구팀 구성(안)



2. 연구 추진전략

○ 기술 개발 추진 방향

- 국내 양과 품종 육성 기술은 선진국에 비해 크게 뒤쳐져 있으며, 품종 개발이 미미한 상황임
- 품종 육성기간이 긴 양과의 특성상, 자본력이 약한 국내 회사의 투자가 미진하였음
- 양과 품종 개발을 위한 전통 육종 능력은 충분하지만 유전자원 특성조사 및 분자유종 시스템 구축이 필요

○ 연구 추진전략

- 산학연간 역할분담 및 협력강화로 양과육종 업그레이드 촉진

내용	추진전략
수입대체용 양과 품종개발	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 교배종 품종육성을 위한 옹성불임 계통 선발 이용 ▪ 해외 협력기관과의 협력증진 및 유전자원 수집확대 ▪ 개발된 국산품종의 보급방안 확립 ▪ 육종효율증진을 위한 유용한 분자마커 개발 및 응용 ▪ 종속간 교잡을 통한 새로운 내병성 및 기능성 형질 도입
중국·유럽수출용 양과 품종개발	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 해외시장 및 정책 동향분석을 통한 판매시장 결정 ▪ 해외수출을 위한 전략수립 ▪ 세포융합을 이용한 옹성불임 계통육성

3. 성과지표 설정 방안

1) 최종 성과지표

□ 품종등록 건수 (총 28 품종)

- 수입대체 및 수출용 신품종 (F1품종) 보호출원 및 등록 건수(28건)
- 국내 양파 종자시장의 80%를 차지하고 종자 수입도 85%이상을 차지하는 중만생종 품종을 주력으로 개발하여 수입대체 효과를 극대화 시키는 것을 목표로 품종개발 성과지표를 잡음
- 수출용 품종 개발은 전 세계에서 양파 재배 면적이 가장 넓은 중국시장을 1차 목표로 설정하여 1단계에서 동향분석에 주력하고 2단계부터 본격적인 품종 출시를 계획함.

표. 양파 작형별 품종개발 최종 목표

작형	목표 품종 수
중만생종	6
중생종	5
조생종	5
가공용	4
수출용	8
합계	28

□ 수입대체 효과 (총 120 억원/년)

- 현재 국내 양파 종자시장 규모는 약 240억원으로 추정 됨.
- 현재는 70-80%를 일본 품종이 점유하고 있음
- 2단계 사업이 종료되는 시점에서는 국산 품종 점유율 50% (120억원)를 최종목표로 잡음.

□ 국내 SCI 논문 (총 10건)

- 유전자원 특성 검정 및 유용 형질에 대한 유전양상 분석에 관한 기반연구
- 개발된 분자표지 및 유전자의 유전자형의 국내 계통 분포 조사 및 DB구축에 관한 연구

□ 국외 SCI 논문 (총 8건)

- 주요 형질에 대한 분자표지 개발 및 적용에 관한 연구
- 양파 종간교잡 및 후대 분리집단의 병저항성 등 형질 분리에 관한 연구
- 표준 유전자지도를 기반으로 구축된 MAB를 활용한 형질 도입에 관한 연구

- 주요 형질을 결정하는 유전자 분리 및 이를 기반으로 개발된 기능성 분자표지에 관한 연구

□ 국내 특허 출원 (총 5건)

- 주요 형질 연관된 분자표지 및 이를 활용한 계통 선발에 관한 기술
- 중간 교잡 및 교잡 1세대 및 분리집단의 육성에 관한 기술

□ 국제 특허 출원 (총 2건)

- 옹성불임 임성 회복유전자 분리 및 이를 기반으로 개발된 functional marker
- 양과 구피색 결정 유전자 분리 및 이를 기반으로 개발된 functional marker

□ 국내 매출액 (연간 120억원)

- 순수 국내 기술로 개발된 품종 판매로 발생한 국내 매출액
- 전체 시장의 50% 점유율 기준

□ 국외 매출액 (연간 400만 불)

- 1차 목표 시장인 중국 시장을 목표로 개발된 품종으로 발생한 국외 매출액(300만불)
- 사업 2단계에는 유럽시장도 진출하여 국외 매출액 증가에도 기여할 것으로 예상 됨(100만 불).

□ 기술이전 (5건)

- 현재 규모가 영세하여 분자유종 시스템이 전혀 없는 종자회사를 대상으로 주요형질 선발용 분자표지 및 분자표지를 이용한 품종 순도검정 시스템에 관한 기술을 이전
- 중간교잡을 통해서 육성된 주요병 저항성 계통에 대한 기술이전 실시

□ 인력양성 (18명)

- 육종기반 연구 프로젝트를 중심으로 학사, 석사, 및 박사급 연구인력을 배출
- 분자유종기술 및 관행육종 지식을 겸비한 핵심 육종인력 양성

□ D/B 구축 (3건)

- 주요 형질 (옹성불임성) 관련 분자표지 유전자형에 대한 육종 계통 D/B 구축
- MAB 시스템 도입을 위하여 주요 분자표지 조합에 대한 육종 계통 D/B 구축

□ 분자마커 (18건)

- 주요 형질 (옹성불임 임성회복, 구피색, 노균병 저항성, 매운맛, 고풍성분, 기능성 물질) 선발용 분자마커 개발
- 표준 유전자지도 작성 및 MAB 구축에 필요한 분자마커 개발

2) 단계별 성과지표

예상성과항목		1단계	2단계	총계	주요 고려사항	
공 통 지 표	종자개발 건수					
	품종등록 건수	국내	3	17	20	국내품종 등록 후 수 출추진
		국외	2	6	8	
	종자수출액					
	수입대체 효과	20억	120억	120억/년	최종년도 금액	
	국내논문	SCI	4	6	10	
		등재학술지				
	국외논문	SCI	3	5	8	
		비SCI				
	국내특허	출원	1	4	5	
		등록				
	국제특허	출원		2	2	목표국: 중국, 미국
		등록				
매출액	국내	20억	120억	120억/년	최종년도 금액	
	국외	80만\$	320만\$	400만\$/년	최종년도 금액	
기술이전			5	5	목표금액 3억원	

특 성 지 표	인력양성	8	10	18		
	기반구축 실적					
	D/B 구축	1	2	3		
	분자마커	6	12	18		
	유용유전자					

3) 연차별 성과관리 계획(안) 및 지표

예상성과항목		1년차	2년차	3년차	4년차	5년차	6년차	7년차	8년차	9년차	합계	
공통 지표	품종등록	국내			3	2	3	4	4	4	20	
		국외			2		2	2	1	1	8	
	수입대체 효과				5억	20억	30억	40억	60억	80억	120억	연간
	논문	국내 SCI		1	1	2	1	1	1	1	2	10
		국외 SCI		1	1	1	1	1	1	1	1	8
	기술이전(건)						1	1	1	1	1	5
	특허출원	국내				1		1	1	1	1	5
		국제					1			1		2
	매출액	국내				20억	30억	40억	60억	80억	120억	연간
		국외				50만\$	70만\$	100만\$	150만\$	250만\$	400만\$	연간
특성 지표	인력양성		2	2	2	2	2	2	2	2	18	
	D/B구축					1	1	1				3
	분자마커		1	1	2	2	2	2	2	3	3	18

4. 연구개발 소요예산

프로젝트명	세부프로젝트명	구분	1단계				2단계					총계
			연구기간	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	
수입 대체용 작기별양과 품종개발	내추대 및 다수성 중만생 품종개발	정부(억원)	2.28	6.21	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	39.99
		민간(억원)	0.8	1.9	1.9	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	13.6
		합계	3.08	8.11	6.4	6	6	6	6	6	6	53.59
	내한성 조생종 양과 품종개발	정부(억원)	1.7	3.59	3.5	3.58	3.3	3.3	3.62	3.62	3.62	29.83
		민간(억원)	0.3	0.88	0.76	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	4.94
		합계	2	4.47	4.26	4.08	3.8	3.8	4.12	4.12	4.12	34.77
	내병성 및 고저장성 중생종 양과 품종개발	정부(억원)	1.4	3.03	3.5	3.53	3.44	3.44	3.54	3.54	3.54	28.96
		민간(억원)	0.4	1.17	0.8	1.09	0.81	0.81	0.81	1.09	1.67	8.65
		합계	1.8	4.2	4.3	4.62	4.25	4.25	4.35	4.63	5.21	37.61
중국 수출용 양과 품종개발	내병성 및 다수확형 단일계 중만생종 양과 품종개발	정부(억원)	1.5	4.13	3.74	3.78	3.66	3.66	3.8	3.8	3.8	31.87
		민간(억원)	0.7	1.88	1.23	1.91	1.78	1.78	1.78	1.91	2.18	15.15
		합계	2.2	7.01	5.97	6.69	6.44	6.44	6.58	6.71	6.98	47.02
유럽 수출용 양과 품종개발	내병성 및 고저장성 단일계 조생 및 중만생종 품종개발	정부(억원)	0.8	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	20.8
		민간(억원)	0.2	0.58	0.51	0.55	0.51	0.51	0.51	0.55	0.62	4.54
		합계	1	2.08	2.01	2.05	2.01	2.01	2.01	2.05	2.12	25.34
분자육종 기술 확립 및 중간 내병성 품종 육성	양과 분자육종 기반 구축 및 주요 형질관련 분자표지 개발	정부(억원)	1.62	4.37	4.05	4.08	3.98	3.98	4.09	4.09	4.09	34.35
		민간(억원)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		합계	1.62	4.37	4.05	4.08	3.98	3.98	4.09	4.09	4.09	34.35
	중간 원연구배를 통한 양과 품종개발	정부(억원)	1.2	3.24	3	3.02	2.95	2.95	3.03	3.03	3.03	25.45
		민간(억원)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		합계	1.2	3.24	3	3.02	2.95	2.95	3.03	3.03	3.03	25.45
세포 융합을 통한 우량 양과 육성 불임 계통 육성	세포융합에 의한 우량 육종소재 및 융성불임친 개발	정부(억원)	0.62	1.46	1.54	1.51	1.47	1.47	1.52	1.52	1.52	12.63
		민간(억원)	0	0.89	0.9	1.05	1	1	1.5	1.05	1.13	8.52
		합계	0.62	2.35	2.44	2.56	2.47	2.47	3.02	2.57	2.65	21.15
기능성 양과 품종개발	기능성 및 용도별(생식, 조미용)유색양과 품종개발	정부(억원)	0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	12
		민간(억원)	0	0.3	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	3.8
		합계	0	1.8	2	2	2	2	2	2	2	15.8
총합	총합	정부(억원)	11.12	30.03	27.83	28	27.3	27.3	28.1	28.1	28.1	235.88
		민간(억원)	2.4	7.6	6.6	7.1	6.6	6.6	7.1	7.1	8.1	59.2
		합계	13.52	37.63	34.43	35.1	33.9	33.9	35.2	35.2	36.2	295.08

5. 품목 총괄로드맵

과제명

수입대체 및 수출용 양과 종자개발 세부 연구추진 계획수립을 위한 상세기획

단계별 목표		1단계				2단계					최종목표 수입대체 72억원 종자수출 400만\$ 달성
		품종 개발을 위한 기반구축 및 육종소재 개발				품종 개발 및 개발품종 보급					
중점연구영역		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	프로젝트 목표
수입대체 용 작기별 양과 품종개발	중만생종 품종개발	유전자원 수집 및 특성검정									품종개발6품 종 종자 자급률 50%달성
		웅성불임 유지친 등록				웅성불임 유지친 등록(8건) 화분친 등록(10건)					
						지역적응성 시험 및 생산력 검정시험					
	조생종 품종개발	국내외 유전자원 수집 및 우수계통 육 성(30계통)				유전자원 D/B 구축 및 제공					품종개발 5건, 종자 자급률 50% 달성
		웅성불임개체 선발 및 교재조합 작성				웅성불임 순도평가 및 지역적응 시험					
	중생종 품종개발	유전자원 수집 및 특성검정				여교배를 통한 내병성 형질도입					품종개발 5건 종자자급률 50%달성
웅성불임 유지친 등록(10계통) 화분친 등록(10계통)				저장성,내한성,내병성 계통육성							
분리용 보합 및 여교배 계통육성 Test Cross 조합능력 및 계통 성능검정				품종등록(6건) 조합 성능검정 및 원종 증식							
중국수출 용 양과 품종개발	내병성 및 다수확형 단일계 중만생종 양과 품종개발	유전자원 수집 및 특성조사 우수계통 육성				기능성 물질 검정 및 우수계통 육성					중국수출용 5품종 육성, 중국수출 300만\$ 달성
		우수계통 육성 조합 작성 및 선발				세대단축기술을 통한 품종육성 현지적응성 시험 및 품종개발 5품종					
		작형, 숙기별 품종시장 조사와 분석 육종방향 및 전략수립				기존 국내 육성품종의 현지 시범재배 수출시장 개척 및 확대					
유럽수출 용 양과 품종개발	내병성 및 고저장성 단일계 조생 및 중만생종 품종개발	구의 특성, 생육 특성, 생산량 등의 품 종에 대한 요구 조사				주도 품종의 변화와 재배환경 변화 조사					유럽수출용 품종 3품종 육성 유럽수출 100만\$달성
		분리계통 육성 및 품종 개발(1품종)				우수조합 현지 연락시험 유럽 수출용 단일계 품종 개발(2 품종)					
중간 내병성 양과품종 육성을 위한 분자 육종기술 확립	양과 분자육종 기반 구축 및 주요 형질관련 분자표지 개발	노균병 저항성 분자표지 개발 MAB 전략 수립 및 여교배				노균병 저항성 계통 선발					MAB 기술개 발, 웅성불 임, 주요 형 질, 순도검정 등 분자표지 개발
		웅성불임 연관된 분자표지 개발 유전자지도 작성				임성회복 유전자 관련 초정밀 지도작성					
		덜 매운 계통, 당도가 높은 계통 등의 다양한 유전자원 수집				대표적 형질(매운맛, 당도 등)에 대한 QTL 분석과 주요 QTL 산발용 분자표지 개발					
		재배품종에 대한 분자표지 개발				원종계통의 homozyosity 분석 및 특정 마커 고정					

	중간 원연구배 를 통한 양과 품종 개발	유전자원 및 특성평가		유전자원 도입		중간교잡 품종육성
		반수체 육종기술 개발		반수체를 이용한 계통육성		
세포융합 을 통한 육종기술 개발	세포융합 에 의한 우량 육종소재 및 유성불임 친 개발	양과 원형질체 확보와 재분화과정 구축		대량 세포융합체 확보 및 세대진전, 유전 자원 확보기술 구축		양과 세포융 합 기술 확 립과 A, B line 10점 확 보
		비대칭 세포융합으로 양과융합체 선발		다양한 A, B line 구축을 통한 고순도 계 통 개발		
		B line 핵으로 A line 핵 치환한 식물체 확보		Elite 고순도 F1 hybrid의 핵을 B line에 치환한 융합체 확보		
		융합 식물체 및 종자 확보		MS line과 핵치환하여 A, B line 융합체 확보 및 선발		
기능성 양과 품종개발	기능성 및 용도별 (생식,조 미용) 유색양과 품종개발	유전자원 특성조사		기능성 품종개발 및 보급		기능성 품 종 4품종
				생산력 검정 및 지역적응성 시험		

6. 성과 확산 방안

- 연구과제에서 개발된 분자표지 등은 짧은 시간 내에 산업화 할 수 있을 것으로 예상하며 개발한 분자표지는 품종개발팀에 제공하여 육종가들이 사용할 수 있도록 산업화 추진
- 또한 개발된 품종은 개발회사에서 바로 산업화가 가능하며, 현재 종자산업법상 품종보호 제도가 정착되어 있기 때문에 개발회사가 원하면 언제든지 품종보호를 하여 품종보호 신청
- 본 과제에서 얻어진 결과물은 크게 2가지로 나눌 수 있는데, 신품종 개발과 분자표지 및 유용 유전자이다. 모든 종자는 민간기업에서 증식 보급 할 수 있으므로 개발 초기부터 민간 종자업체를 주축으로 과제를 수행하여 본 사업단의 최종 목표인 국산종자의 자급률을 높일 계획임
- 수준 높은 특허와 논문은 우리나라의 기술 경쟁력을 높여 주기 때문에 국제사회에서 우리의 기술력을 인정받는 계기가 마련되며, 특허 및 품종 등 지식재산권으로 얻어진 연구 성과는 실용화·산업화될 수 있도록 상시 국내외 기업에 홍보추진

7. 사업화 및 수출 확대전략

□ 사업화 전략

○ 사업화 추진 방안

- 양파 품종 육성을 추진해 온 민간 법인 기업 및 개인 육종가와 연구기관의 협력을 통해 사업화를 지원
- 양파의 품종 육성에는 다른 채소 작물보다 3~4배의 시간과 자금이 소요되어 국내 종묘업체의 자본력으로 투자하기에 한계가 있으므로, 육종 기반 구축을 위한 정부의 적극적인 투자가 필요
- 기존에 소수 개인 육종가 중심으로 진행되던 품종 개발을 종묘회사와 개인육종가의 협력을 전제로 한 컨소시엄 형태로 사업화 추진 필요

□ 국내보급 방안

○ 국내 품종전시포 설치

- 주산지 품종전시포 설치하여 재배자가 개발품종의 성능을 평가하도록 함
- 유통조직, 양파 협의회, 생산자 자조회를 통한 개발품종의 홍보

□ 수출확대 전략

○ 해외 시장조사 및 기술동향 분석

- 수출 대상국가의 시장분석 및 정책동향 분석
- STP분석을 통한 수출지역 및 대상품종 선정

○ 해외 전시포 설치

- 해외 전시포를 통한 개발품종의 특성과약 및 홍보

제5장. 프로젝트별 세부기획

제1절. 수입대체용 작기별 양과 품종개발 프로젝트

1. 연구개발 목표

□ 최종목표

- 중만생종 양과 품종 개발
 - 고품질 F₁ 양과 품종 육성 : 6품종
 - 국내 양과 종자 자급률 증대 : 20% 내외 → 50% 이상

- 조생계 우수계통 및 품종 개발
 - 양과 수입대체 조생계 F1 품종육성
 - 내병, 다수, 고기능성 양과 F1 품종육성 : 5품종
 - 조생종 양과 융성불임계통(A,B-line) 및 화분친육성 : 융성불임계 4계통, 화분친 10계통

- 중생계 양과 품종 개발 및 보급
 - 양과 수입대체 중생계 F1 품종육성 및 보급
 - 다수확 + 저장성 + 재배안정성을 가진 고품질 품종 육성 : 5품종
 - 시장점유 및 유통 : 50%

□ 단계별 목표

프로젝트 목표	단계별 목표	
	1단계	2단계
내추대 및 다수성 중만생 양과 품종개발	<ul style="list-style-type: none"> ○ 수입, 국산 중만생종 품종 성능 비교 검정 <ul style="list-style-type: none"> - 육종방향 도출 ○ 중만생종 육종소재 선발 및 계통 육성 <ul style="list-style-type: none"> - 저장성, 내한성, 추대성, 내병성 등 우량 형질을 가진 자원선발 및 계통 육성 ○ 고품질, 저장성, 다수성, 내재해성 등이 우수한 융성불임, 유지친 및 화분친 육성 <ul style="list-style-type: none"> - 융성불임, 유지친 계통 육성 - 화분친 계통 육성 ○ 교배조합 작성 및 검정 <ul style="list-style-type: none"> - 구색 (황색, 적색, 백색), 용도(가공성 등)별 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 우수 교배조합 선발 <ul style="list-style-type: none"> - 저장성, 다수성, 재배안정성 등 ○ 선발 조합 생산력 및 지역적응성 검정 ○ 수입대체용 중만생종 품종 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 주산지역별 환경에 적합한 조합 선발 <ul style="list-style-type: none"> - 최적, 최악 재배환경에 변이가 적은 조합 선발 ○ 육성 품종 해외 연락시험, 지역적응 검정 <ul style="list-style-type: none"> - 국산 중만생 품종 수출가능 지역 및 시장 조사 <ul style="list-style-type: none"> - 해외 현지 수량성, 재배안정성이 우수한 수출용 품종 선발

<p>내한성 조생종 양과 품종개발</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 유전자원수집 및 특성조사 - 내병, 다수성 응성불임계, 유지계 및 화분친 육성 - 세대단축기술 기반 구축 	<ul style="list-style-type: none"> - 교배조합작성 및 우수조합선발 - F1조합 능력검정 및 지역적응성시험 - 품종출원 및 생산판매
<p>내병성 및 고저장성 중생종 양과 품종개발</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 유전자원 수집 및 특성조사 <ul style="list-style-type: none"> - 저장성, 내한성, 추대성등 유용형질을 가진 계통수집 및 특성조사 - 노균병 등 병저항성 자원 특성검정 및 선발 ○ 중생계 다수성 및 저장성이 우수한 응성불임계, 유지계 및 화분친 육성 <ul style="list-style-type: none"> - 응성불임 및 유지계통육성 - 화분친 계통육성 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 교배조합작성 및 우수조합선발 ○ 저장성, 수량성, 재배안정성(내병성, 분구, 추대생리) 등이 우수한 조합 작성 ○선발조합의 생산성 검정 및 원종증식 ○ 조합 성능검정 및 지역적응성시험 ○ 조합 성능검정(저장성, 수량성, 재배안정성 등) ○ 지역연락시험을 통한 재배환경과 재배방법에 적합한 F1조합 선발 ○ 유통시설을 이용한 우수조합의 저장성 시험 및 검정

2. 연구개발 필요성

□ 중만생종 품종 개발 요구도 증가

○ 육종기반 빈약

- 양과는 2년에 1세대 경과하는 타식성 작물로 종자 육종에 소요되는 시간이 오래 걸리고 선진국에 비해 육종 역사가 짧고 외환위기 이후 종묘산업의 붕괴로 품종개발 인력, 투자 및 육종소재 부족으로 경쟁력이 떨어짐
- 교배종 품종 육성을 위해서는 우수한 응성불임계와 유지계 확보가 필수적이지만 여러 세대의 여교잡과 자식계통을 검정하여야 하는 고전육종방법에 의존하고 있어 긴 육종 기한과 소요비용이 많아 품종 개발 지연
- 다양한 병해에 대한 저항성이나 농업적인 형질을 개선하기 위해 필요한 유전자원이 한정되어 있고 대부분의 육종소재들을 외국에서 도입된 재료에 의존
 - 국내 종자회사 보유 유전자원은 유전적 다양성이 크게 제한되어 있고 주요 유전자원을 일본에서 수입한 품종에서 분리한 계통을 이용하여 고부가가치 품종 개발을 위해서는 다양한 유전자원으로부터 유용한 계통 육성이 필요

○ 종자 수입의존도 증가

- 양과는 매우 중요한 채소작물이며, 세계 채소 재배면적별로 토마토, 고추에 이어 3위로 양과 소비는 세계적으로 꾸준히 증가하는 추세임
- 생산량의 지속적인 증가에 따라 종자 소요량과 수입량도 증가하고 있으며, 양과 종자의 80% 이상이 일본으로부터 수입되고 있음
- 국내에서 육성되어 품종보호 등록된 품종은 21품종이고 2011년 11월 기준 보호신청 출원된 품종은 39개, 그리고 생산수입판매 신고된 1,135개의 품종이 1,107개 종묘회사에서 공급되고 있음

- 국내재배품종의 대부분이 수입품종에 의존하고 있어 국산 품종의 자급률은 20% 내외로 국산 품종의 경쟁력이 매우 취약한 실정이며, 종묘비가 생산비에서 차지하는 비율이 약 14%로 생산비 증가의 원인이 되고 있음
- 국내 양파 종자의 보급은 해외의존도가 높아 전체 채소 종자 수입액의 24%를 차지하고 있고, 국내재배품종의 약 70%이상 해외채종에 의존하고 있고 농가 재배 주요 품종은 수입품종으로 전체 재배 면적의 약 70% 점유되는 것으로 추정됨
- 국내 유통되는 수입종자 가격은 국내산보다 60-70% 고가이며 종묘비가 생산비의 16%를 차지하고 있어 종자가격 안정 및 수입대체 가능한 우수품종육성이 시급함
- 지속적인 중만생종 재배면적 증가에 따른 상대적 요구도가 큼
 - 국내 양파 재배면적 및 생산량은 2001년까지 지속적으로 증가하였으나, 이후 양파의 가격에 따라 16~22만ha 범위에서 재배면적의 진폭이 비교적 큰 작물로 농업생산액 증가와 더불어 고소득 작목으로 자리매김함
 - 조생종의 재배면적은 주로 저장용으로 재배되는 중만생종 재배면적의 영향을 받으며 2007년 18%를 정점으로 점차 감소하고 있는 추세
 - 조생종의 재배면적 감소의 원인은 출하시기의 가격불안정이 재배면적의 감소의 원인이 되고 있는 반면 중만생종은 산지의 저온창고 증설과 농가소득이 상대적으로 안정되어 재배면적 증가의 원인이 되고 있음
- 연작, 기후변동으로 병해충 다발생 및 수량 감소
 - 국내 양파 생산은 전남, 경남, 경북이 주산지로 재배기간 경과에 따른 노균병, 흑색썩음균핵병, 분홍색뿌리썩음병, 총채벌레 등의 병해충 발생이 많아지고 내병성, 내충성 품종개발이 필요
 - 국내에는 시판 품종의 내병성 평가 수준만 이루어질 뿐 유전자원에 대한 내병성 선별과 이용이 극히 미흡함
 - 겨울철 저온, 5월 고온 등 기후변동에 의한 생육 저하, 수량 감소 발생이 빈번해짐에 따라 환경저항성, 내재해성 품종개발 필요

□ 조생종 품종 개발의 필요성

- 양파는 시장에서 주로 ‘봄양파(조생종)’와 ‘저장양파(중만생종)’으로 구분하고 있으나, 작형을 기준하면 초극조생종, 조생종, 중조생종, 중만생종, 만생종의 5가지로 구분할 수 있으며, 초극조생을 포함한 넓은 의미의 조생종은 구비대의 한계일장이 12~14시간인 단일형 품종(Short-day-type)에 속함.
- 초극조생 재배는 3월말부터 4월초 사이에 수확하는 작형으로, 제주도와 고흥반도, 그리고 남해안 일부의 비닐하우스에서 약 1,000ha 정도가 재배되는 것으로 추정되고 있으나, 저장성이 거의 없어서 저장양파의 수급상황에 따라서 가격과 재배면적의 변화가 매우 심한 편이고, 대부분 고정종 품종으로 국내산 품종이 부분적으로 재배되고 있기는 하지만 수입품종이 90% 이상을 차지하는 것으로 추정되어 국산화가 시급함.
- 극조생 재배는 4월초부터 5월초까지 수확하는 작형으로, 남해안에서 750ha 정도가 재배되고 있으며, 저장성은 없지만 상대적으로 긴 수확기간으로 인하여 가격변동에 따른 출하량 조절이 용이하여 관심이 높아지고 있음.

- 조생 재배는 5월초부터 5월 중순까지 수확하는 작형으로, 재배면적은 800ha정도이며, 이 시기의 양파가격이 비교적 안정적이고, 일부 품종들은 간이 저장도 가능하며, 재배면적이 조금씩 늘어나고 있음
- 또한 조생종 양파는 주로 건강식품으로 생식용으로 소비되고 있어 맛과 기능성 성분이 강화된 품종의 개발이 요구 되고 있음.
- 농가에서 주로 재배되는 조생종 품종은, 초극조생종과 극조생종을 포함하여, 월동기와 구비대기의 기상환경변화에 매우 민감하여, 특히 최근의 이상기후로 인한 추대, 분구, 열구 등의 생리장해 현상이 빈번하게 발생하여 작황을 좌우하게 되어, 환경변화에 다소 둔감한 고정종 품종이 개발·보급되고 있고, F1 품종의 보급도 차츰 증가하고 있으나, 농가가 재배하는 품종의 약 75% 이상을 수입품종에 의존하고 있어서 우수한 품종의 국내육종과 국내산 품종의 보급을 확대해나갈 수 있는 대책이 시급함.
- 따라서 조생종 품종의 육성은 기상환경변화로 인한 추대, 분구, 열구 등 생리장해 현상의 발생을 최소화하여 작황의 불안정성을 해소할 수 있는 환경 stress 저항성이 높은 품종을 육성해야 함.
- 또한 지금까지의 조생종 품종은 대부분 고정종으로, 균일성과 수량이 낮아서 F1 품종에 대한 관심과 요구가 커지고 있으나, 국내에서 개발된 조생종 품종은 수입된 고정종으로부터 선발·육성한 품종들이 대부분이어서 육종소재가 매우 빈약한 실정으로 새로운 형질의 유용자원들의 도입과 개량이 시급함.

□ 중생종 품종 개발의 필요성

- 수입종자의 가격이 국내산의 1.6~1.7배에 이르러 종묘비가 전체 경영비의 16%를 차지함으로써, 종자가격의 억제와 안정화를 도모하고 수입의존도를 낮출 수 있는 중생종 양파 품종의 육성이 매우 절실함.
- 그러나 국내 종자업체의 활발한 양파육종을 저해하는 요인들로 인하여 정부의 적극적인 지원과 산학관연의 집중적인 노력이 절실함.
 - 양파는 1세대 재배에 2년이 경과하는 타식성 작물로 육종 소요기간이 다른 채소 작물에 비해 2~3배 이상 길기 때문에 자본력이 취약한 민간업체의 적극적인 참여를 기대하기 어려움.
 - 우수한 품질의 교배종 육성을 위해서는 우수한 형질의 육성불임계와 유지계 확보가 필수적이지만, 국내 대부분의 종자업체들은 여러 세대의 여교잡과 자식검정의 전통적인 육종 방법에 의존함으로써, 세계적인 양파 육종업체들에 비해서 훨씬 많은 시간과 노력과 비용이 소요되고 있음.
 - 또한 육종의 원재료가 되는 육종소재들도 대부분을 해외도입에 의존함으로써 선진국들의 유전자원 분양 여하가 우수한 품종 개발의 중요한 변수로 작용하고 있음.
- 지구온난화와 이상기후 등으로 재배환경이 바뀌고, 농업인구의 노령화와 인건비 상승 등의 생산여건이 지속적으로 악화됨에 따라서 수확량은 감소하고 생산비가 증가하고 있음.
- 수확기의 잦은 비와 높은 인건비, 그리고 벼농사의 모내기 등과 겹치면서, 수확을 앞당길 수 있는 중생종에 대한 개발 요구가 갈수록 커지고 있음.

- 또한 생육기간중의 일기불순 등으로 추대나 분구 등의 생리장애와 연작 및 환경변화에 의한 토양 전염성에 병해의 발생이 잦아지고 있어서 수량과 품질이 떨어지는 피해가 커지고 있기 때문에, 내병성과 재배안정성이 높은 품종이 개발되어야 함.

3. 기존 연구와의 중복성 및 연계방안

□ 중만생종 품종 개발

- 수입대체 및 수출용 추파양과 품종육성과 채종체계 확립(2003, 농우바이오)
 - 농림부(2003)에서 수행한 “수입대체 및 수출용 추파양과 품종육성과 채종체계 확립(농우바이오)” 과제 수행 결과 극조생, 조생 및 중생종 품종이 개발되었음
 - 본 기획과제와 중복성은 없으나 중생종 품종 개발을 위해 육성된 웅성불임친, 화분친의 경우 중만생종 품종 개발을 위한 모계, 부계친으로 활용 가능성이 높음
- 수입대체 및 수출용 중·만생종 양과 품종 육성(2009, 농협 NH종묘센터)
 - 농림수산식품부(2009)에서 수행한 “수입대체 및 수출용 중·만생종 양과 품종 육성(농협 NH종묘센터)” 과제 수행 결과 황색 양과 4품종, 적색 양과 2품종 등록되어 일정 부분 중만생종 양과 종자 수입대체 효과와 수입품종 가격인하 효과가 있었으나 종자 자급률의 현저한 증가는 없었고 수출을 위해 중국에서 지역적응성 검정은 실시하였으나 구체적인 종자 수출은 없었음
 - 과제 수행에 따라 다수의 유전자원 확보 및 수입 일본 품종과 유사한 품질의 품종을 개발할 수 있는 웅성불임친, 유지친 및 화분친 등이 다수 육성되었고 육성 노하우가 축적됨
 - 따라서 확보된 계통과 노하우를 바탕으로 하고 기 육성된 품종의 열위 형질을 개선할 수 있는 유전자원 도입, 계통 육성, 대학/국립, 지자체 연구소와 협력하여 기획과제를 수행 시 효율적인 품종 육성 및 수입 품종과 경쟁력있는 고품질의 중만생종 육성 가능

□ 조생종 품종 개발

- 농림수산식품부의 ‘수입대체 및 수출용 중·만생종 양과 품종육성’ 과제(2009년 종료)가 수행된 바 있으나, 조생종 품종개발은 아직 연구과제로 수행된바 없음.
- 양과 조생종 품종육성은 종묘회사, 국공립연구기관 등에서 수행하는 연구내용에 대부분 포함되어 있으나, 독립적인 연구과제로 채택이 되어 수행된 적은 없음. 다만 그동안의 연구결과와 진행 중인 연구의 결과들이 상호 활용된다면 좋은 결과를 얻는데 상당한 상승효과가 있을 것으로 생각됨.
- 농촌진흥청에서 수행한 ‘양과 분자육종시스템 구축 및 웅성불임 관련 유전자선발용 분자표지 개발’ 과제(2012년 종료)의 양과 웅성불임성 판별 분자표지와 같은 성과물을 활용하면 육성소재 개발 및 품종개발을 효율적으로 추진할 수 있을 것으로 기대됨.

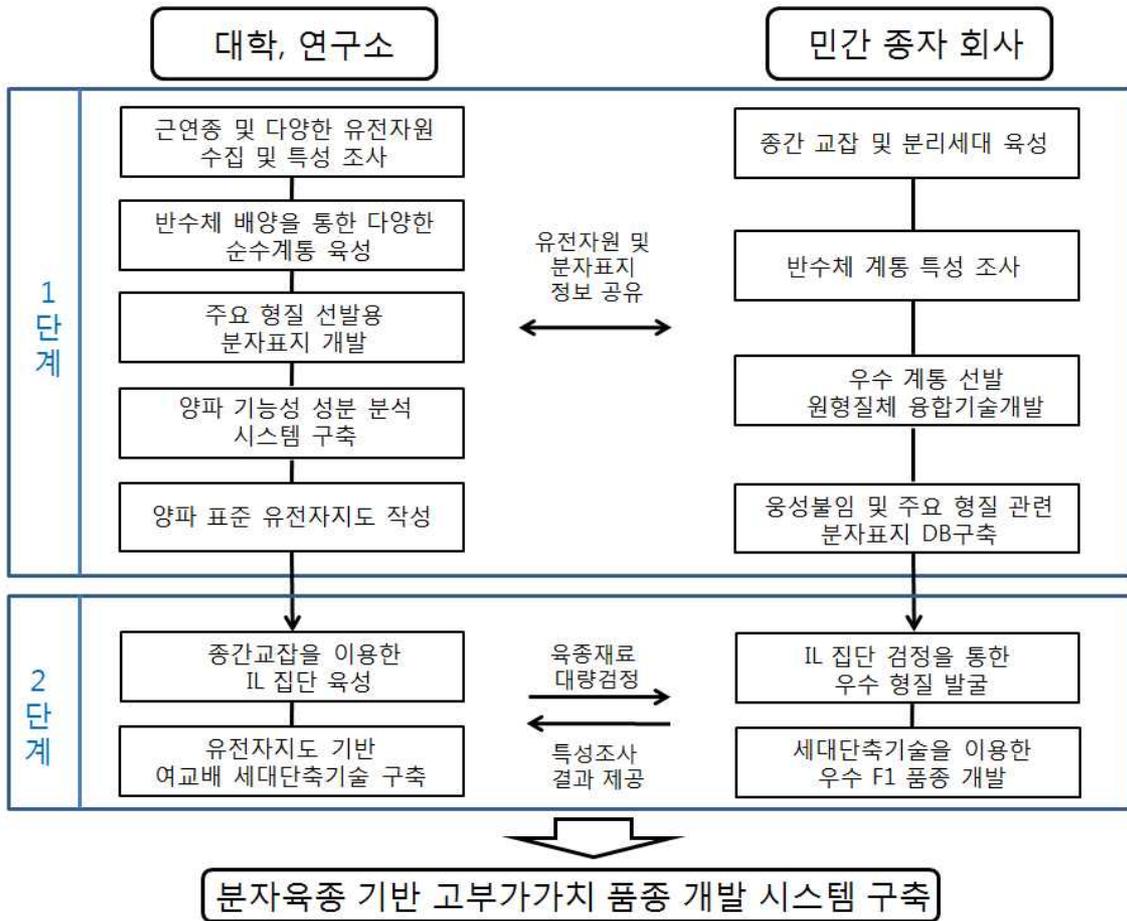
□ 중생종 품종 개발

- 현재 국내에 보급되어 재배되는 품종들이 거의 없고, 중생종 개발과 관련된 연구가 거의 없기 때문에 기존 연구와의 중복성은 없을 것으로 생각됨.
- 그러나 농촌진흥청에서 수행한 ‘양과 분자육종시스템 구축 및 웅성불임 관련 유전자 선

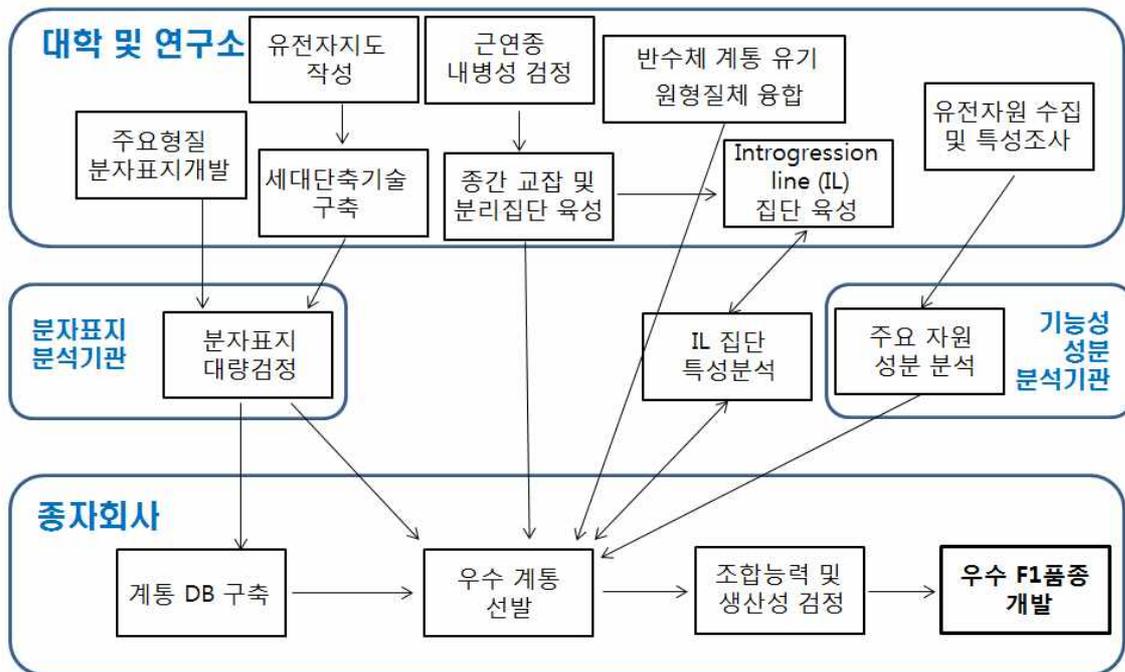
발용 분자표지 개발' 과제(2012년 종료 예정)의 양과 융성불임성 판별 분자표지의 성과물을 활용할 수 있을 것으로 보이기 때문에, 육성소재의 개발과 증생종 양과 품종의 개발이 효과적으로 추진될 수 있을 것임.

4. 프로젝트 추진체계 및 추진전략

□ 프로젝트 추진체계



□ 프로젝트 추진전략



5. 프로젝트 Micro 로드맵

과제명		수입대체용 작기별 양과 품종개발									
단계별 목표		1단계				2단계					최종목표
		품종 개발을 위한 분자유종 기반구축 및 육종소재 개발				품종 개발 및 개발품종 보급 주요 형질 분자표지 개발 및 응용					
중점연구영역		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	기술별 목표
내추대 및 다수성 증만생 품종개발	육종소재 선발 및 계통육성	유전자원 수집 및 특성검정									품종개발6품종 증자 자급률 50%달성
	웅성불임, 유지친, 화분친 계통육성	웅성불임 유지친 등록				웅성불임 유지친 등록(8건) 하분친 등록(10건)					
	지역적응성 시험	육성조합능력 검정				지역적응성 시험 및 생산력 검정시험					
내한성 조생종 양과 품종개발	육종소재 및 유용 유전자 탐색	국내외 유전자원 수집 및 우수계통 육성(30계통)				유전자원 D/B 구축 및 제공					품종개발 5건, 증자 자급률 50% 달성
	웅성불임 계통육성	웅성불임개체 선발 및 교재조합 작성				웅성불임 순도평가 및 지역적응 시험					
	육종소재 선발 및 계통육성	유전자원 수집 및 특성검정				여교배를 통한 내병성 형질도입					
내병성 및 고저장성 증생종 양과 품종개발	웅성불임, 유지친, 화분친 계통육성	웅성불임 유지친 등록(10계통) 화분친 등록(10계통)				저장성,내한성,내병성 계통육성					품종개발 5건 증자자급률 50%달성
	교배조합	분리용 조합 및 여교배 계통육성 Test Cross 조합능력 및 계통 성능검정				품종등록(6건) 조합 성능검정 및 원종 증식					

6. 세부프로젝트 추진계획

1) 세부프로젝트1 : 내추대 및 다수성 중만생 양파 품종개발

(1) 세부프로젝트 도출 배경

□ 중만생종 품종 개발 요구도 증가

○ 중만생종 수입의존도 증가

- 중만생종 시장의 국내 품종의 점유율은 15~20% 정도임
- 국내재배품종의 대부분이 수입품종에 의존하고 있어 국산 품종의 자급률은 20% 내외로 국산 품종의 경쟁력이 매우 취약한 실정이며, 종묘비가 생산비에서 차지하는 비율이 약 14%로 생산비 증가의 원인이 되고 있음
- 국내 양파 종자의 보급은 해외의존도가 높아 전체 채소 종자 수입액의 24%를 차지하고 있고, 국내재배품종의 약 70%이상 해외채종에 의존하고 있고 농가 재배 주요 품종은 수입품종으로 전체 재배 면적의 약 70% 점유되는 것으로 추정됨
- 국내 유통되는 수입종자 가격은 국내산보다 60-70% 고가이며 종묘비가 생산비의 16%를 차지하고 있어 종자가격 안정 및 수입대체 가능한 우수품종육성이 시급함

○ 지속적인 중만생종 재배면적 증가에 따른 상대적 요구도가 큼

- 조생종의 재배면적은 주로 저장용으로 재배되는 중만생종 재배면적의 영향을 받으며 2007년 18%를 정점으로 점차 감소하고 있는 추세
- 조생종의 재배면적 감소의 원인은 출하시기의 가격불안정이 재배면적의 감소의 원인이 되고 있는 반면 중만생종은 산지의 저온창고 증설과 농가소득이 상대적으로 안정되어 재배면적 증가의 원인이 되고 있음

○ 연작, 기후변동으로 병해충 다발생 및 수량 감소

- 국내 양파 생산은 전남, 경남, 경북이 주산지로 재배기간 경과에 따른 노균병, 흑색썩음균핵병, 분홍색뿌리썩음병, 총채벌레 등의 병해충 발생이 많아지고 내병성, 내충성 품종개발이 필요
- 겨울철 저온, 5월 고온 등 기후변동에 의한 생육 저하, 수량 감소 발생이 빈번해짐에 따라 환경저항성, 내재해성 품종개발 필요

(2) 최종 목표

□ 수입대체용 중만생 양과 품종 개발

○ 중만생종 양과 품종 개발

- 저장성이 강한(황색, 적색, 백색) 고품질 F₁ 양과 품종 육성 : 4품종
 - 용도(다수확, 가공용 등)별 고품질 F₁ 양과 품종 육성 : 2품종
- #### ○ 국내 양과 종자 자급률 증대 : 20% 내외 → 50% 이상
- 종자 수입대체로 3,240\$/년 절감(기준 : 2011년 종자수입액)

(3) 추진방법 및 전략

□ 중만생종 양과 품종 개발 추진방법

○ 수입, 국산 중만생종 품종 성능 비교 검토

- 제1단계(2013~2016)
 - 저장성, 순도, 균일성 등 성능 비교
 - 국산 품종 열위형질 파악 및 육종 방향 도출
- 제2단계(2017~2021)
 - 육성 품종 최적, 최악 재배환경에 따른 품종 평가

○ 중만생종 육종소재 선발 및 계통 육성

- 제1단계(2013~2016)
 - 생육 특성(엽, 구 특성(구형, 구색), 비대성 및 다수성인 유전자원 수집 및 선발
 - 내동성, 저장성, 추대, 분구 안정성 등 유용형질을 가진 유전자원 수집 및 선발
 - 우수 유전자원 계통 분리 세대 육성 및 유망계통 세포질 식별
 - 구색별(황색, 백색, 적색) 계통 육성 및 유망계통 세포질 식별
- 제2단계(2017~2021)
 - 노균병, 분홍색뿌리썩음병(pink root) 등 병해 저항성 자원 특성검정 및 선발
 - 병해 저항성 유전자원 계통 분리 세대 육성

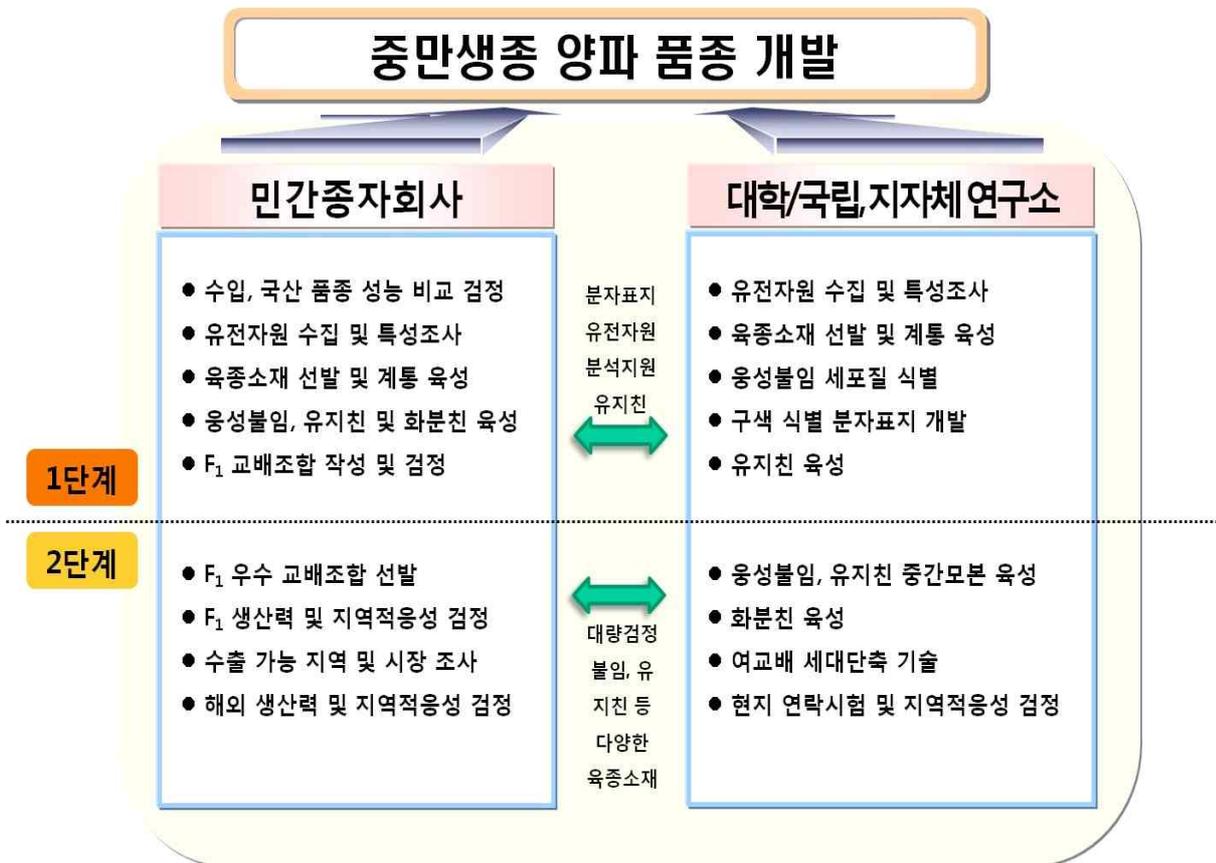
○ 수입대체용 중만생종 양과 품종 개발

- 제1단계(2013~2016)
 - 옹성불임 세포질 판별 분자표지 이용 유망계통 세포질 판별
 - 인자분석, 특성검정 및 여교배를 통한 불임계, 유지계통 육성
 - 고품질, 다수성 및 내재해성이 뛰어난 화분친 계통 육성
 - 저장성, 수량성, 내병성, F₁ 교배조합 작성 : 50조합 이상
 - 우수 품종육성 : 2품종

- 제2단계(2017~2021)

- 응성불임 및 유지계통 육성 : 10계통 이상
- 화분친 계통 육성 : 10계통 이상
- 우수 F₁ 교배조합 선발
- 저장성, 수량성, 내병성, 추대성 F₁ 교배조합 작성 : 50조합 이상
- 선발조합의 채종시험 : 종자생산성, 종자 특성, 채종특성 등 검정
- 주산지역별 환경에 적합한 F₁ 교배조합 선발
- 저장성, 수량성, 품질, 병해 및 내재해성 F₁ 육성 : 8품종
- 우수계통 조합의 지역적응성 시험

□ 중만생종 양파 품종 개발 추진체계



□ 중만생종 양과 품종 개발 추진전략



(4) 세부프로젝트 성과지표 설정 방안

예상성과항목		1단계	2단계	총계	주요 고려사항	
공 통 지 표	종자개발 건수					
	품종등록 건수	국내	2	4	6	
		국외				
	종자수출액(억)					
	수입대체 효과	10억	55억	65억		
	국내논문	SCI				
		등재학술지				
	국외논문	SCI				
		비SCI				
	국내특허	출원				
		등록				
	국제특허	출원				
		등록				
매출액	국내	10억	55억	65억		
	국외					
기술이전						
특 성 지 표	응성불임, 유지친 개발	2	6	8		
	화분친 개발	2	2	4		
	유전자원 D/B 구축	100	100	200		
	F ₁ 교배조합 작성	50	50	100		
	F ₁ 우수조합 선발	5	10	15		

(5) 세부프로젝트 최적 연구진 구성안

- 민간종자회사
 - 농협종묘센터, 농업회사법인(주) 농우바이오, 농업회사법인(유) 양파나라
- 대학
 - 전남대학교
- 국가, 지방자치단체 연구기관
 - 바이오에너지작물센터, 경남농업기술원 양파연구소

(6) 세부프로젝트 예산

세부프로젝트명	구분	1단계				2단계					총계
	연구기간	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	
내추대 및 다수성 중만생 품종개발	정부(억원)	2.28	6.21	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	39.99
	민간(억원)	0.8	1.9	1.9	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	13.6
	합계	3.08	8.11	6.4	6	6	6	6	6	6	53.59

- 중만생종은 자급률이 20%내외로 국산 품종의 경쟁력이 매우 취약한 실정이며 종묘비 가격이 높은 관계로 53.95억을 예산으로 설정함
 - 수입, 국산 중만생종 품종 성능 비교 검정과 중만생종 육종소재 선발 및 계통 육성, 중만생종 품종개발의 투자함

(7) 종자개발을 통한 수출증대 및 수입대체 전략

- 민간종자업체가 참여한 산학관연이 협력체계를 구축하고, 민간이 보유하고 있는 다양한 시장정보와 육종소재를 바탕으로, 대학과 공공 연구기관들이 가지고 있는 연구·개발 인프라와 기초기술을 폭넓게 활용함으로써 양과 육종기반을 구축하고, 이의 지속적인 발전을 통해서 장기적으로 양과 종자강국에 이를 수 있을 것임.
- 또한 중만생종 양과의 품종개발 과정을 통해서 양과육종을 지속적으로 뒷받침할 수 있는 인적 및 물적 자원과 기술을 축적해 나감으로써, 장기적으로는 수출시장을 개척해 나갈 수 있도록 하고자 함.

(8) 세부프로젝트 사업제안 요구서(RFP)

프로젝트명	수입대체용 작기별 양파 품종개발		
세부 프로젝트명	내추대 및 다수성 중만생 양파 품종 개발		
연구 기간	2013 ~ 2021(9년)	연구비 지원범위	총 백만원(년, 정부 , 민간)
과제 성격	<input checked="" type="checkbox"/> 실용화기술(통합형과제)		<input type="checkbox"/> 실용화기술(개별과제)
	<input type="checkbox"/> 원천기술		<input type="checkbox"/> 공공기반기술
연구 개발 목표	<ul style="list-style-type: none"> ○ 최종목표 : 수입대체 중만생종 양파 품종 개발 ○ 세부프로젝트목표 <ul style="list-style-type: none"> - 수입 대체 중만생계 양파 교배품종 육성 - 저장성 강한(황색, 적색, 백색) 고품질 F₁ 양파품종 육성 : 4품종 - 용도(다수확, 가공용 등)별 고품질 F₁ 양파품종 육성 : 2품종 		
연구 필요성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 중만생 양파 품종육성을 통한 종자 수입대체 요구 증대 <ul style="list-style-type: none"> - 국내시판 양파 종자의 70% 이상이 일본 수입종자가 재배 - 육성 품종 보급에 따른 양파 생산비용 절감과 종자 수입대체를 통한 외화 유출 경감 ○ 저장성, 균일성에서 우수한 수입 교배종을 양파 재배 농업인 선호 <ul style="list-style-type: none"> - 수입종에 비해 열위에 있는 저장성, 순도 등의 우수형질을 가진 품종 개발 필요 ○ 연작 및 기후변동으로 인한 병해충 다발생 및 수량 감소 <ul style="list-style-type: none"> - 연작재배에 따른 토양전염성 병해충 발생 증가, 불량환경, 이상기온 등 기후변화에 따라 환경적응성, 병해충 저항성 품종 개발 필요 		
주요 연구 내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 수입, 국산 중만생종 품종 성능 비교 검토 <ul style="list-style-type: none"> - 국산 품종 열위 형질 파악 및 육종 방향 도출 ○ 중만생종 육종소재 선발 및 계통 육성 <ul style="list-style-type: none"> - 저장성, 재배안정성, 병해충 저항성 유전자원 수집 및 특성조사 - 구색(황색, 적색, 백색), 세포질 형태(N, S, T), 유용형질에 따른 계통 분리 육성 ○ 수입대체용 중만생종 양파 품종 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 융성불임, 유지친 및 화분친 육성 : 20계통 이상 - 저장성, 수량성, 내병성, 추대성 F₁ 교배조합 작성 : 50조합 이상 - F₁ 교배종 생산력 및 지역적응성 검토 : 15품종 이상 - 주산지역별 환경에 적합한 F₁ 조합 선발 ○ 품종개발: 5품종 		
시장 전망 및 기대 효과	<ul style="list-style-type: none"> ○ 국내양파 종자 자급률은 20%내외로 양파 육성 경쟁력이 매우 취약한 실정이며 양파 우수품종 육성에 의한 수입종 대체로 2020년까지 50%이상을 국내종자로 대체할 수 있을 것으로 예상되며 ○ 국내 육성종자의 수요 확대로 양파 육종기반 강화 		
자격 및 신청 요건	<ul style="list-style-type: none"> ○ 연구기관 자격 : 민간육종회사, 대학, 국가 및 지방자치단체 연구기관 ○ 신청 요건 : 품종개발에 필요한 육종기반시설, 유전자원, 계통, 육종가 보유 ○ 기타 사항 : 일정 규모 이상의 시험포장, 채종포 보유 		
Keyword	한 글	양파, 저장성, 융성불임, 교배종, 중만생종	
	영 문	Onion, Storability, Male sterile line, Hybrid, Midium late maturing	

2) 세부프로젝트2 : 내한성 조생종 양파 품종개발

(1) 세부프로젝트 도출 배경

□ 조생종 양파 품종육성을 통한 수입대체 요구 증대

- 조생종 양파는 제주도와 겨울철에도 온난한 기후인 전남의 서남부해안지대에 주로 재배되고 있는데, 전체 양파재배면적의 1/5 정도를 차지하고 있고, 조생종 중에서도 극조생종은 대체로 고정종 품종이 재배되고, 그 외의 조생종은 고정종과 F1 품종이 보급되고 있으나 90% 이상을 수입품종에 의존하고 있어서 국산품종으로의 대체가 매우 시급함.
- 또한 현재 조생종 품종은 발근 활착기인 겨울과 생육재생기인 봄의 이상기상으로 인해 추대, 분구, 열구 등이 자주 발생하여 수량 및 품질을 저하시키는 요인이 되고 있어서, 이러한 생리장애에 저항성을 가진 품종에 대한 요구가 매우 큼.
- 극조생종을 포함한 조생종 품종은, 어려운 기후조건을 견디는 과정에서 구의 형태와 크기 등을 일정하게 유지하기 어렵기 때문에 균일도가 높은 품종의 개발이 요구되고 있음

□ 연작과 재배환경 약화로 인한 병해충 저항성 품종 개발 필요

- 양파는 대체로 연작장애가 적은 작물이지만, 주산지를 중심으로 노균병, pink root, 흑색 썩음병(균핵병), 잎마름병 등 토양에 의한 전염병 피해가 증가하고 있으나 이에 대한 저항성 품종의 개발은 아직 활발하지 못함.
- 또한 이에 대한 병해충 방제비용의 증가로 인해서 생산비가 상승하고 있고, 다른 한편으로는 조생종이 대부분 저장을 거치지 않고 수확후 바로 소비자에게 공급되므로, 농약에 의한 잔류독성 문제가 발생할 수 있는 위험성이 항상 있기 때문에, 식품안전과 생산비 절감을 위해서도 내병성 품종의 개발이 반드시 필요함.

□ 저장성 및 고기능성 품종개발 미흡

- 조생계 양파 품종들은 수확과 더불어 시장에 출하되기 때문에 저장성이 매우 낮다는 특징을 가지고 있음.
- 조생종 양파는 웰빙 채소로 소비가 증가하고 있고, 조리용보다는 생식이나 즈용으로 소비되기 때문에, 고형물 함량이 높고 황화 화합물 등의 기능성 성분의 함량이 높은 고기능성 성분을 가진 품종의 개발이 필요함.
- 지구온난화의 영향으로 재배지역이 북상하고, 다른 한편으로는 조생종 양파 재배를 통해

서 노동력을 분산시킬 수 있는 이점 때문에 앞으로 조생종 재배면적이 증가할 것으로 보이지만, 이에 적합한 품종의 개발은 아직 이렇다할 시도가 없는 실정임.

- 또한 생육기간이 조생종보다 긴 중만생종에 있어서도, 지구온난화의 영향으로 이상고온으로 인한 병충해를 포함한 다양한 피해가 늘어나고 있기 때문에, 이상고온 현상이 나타나지 전인 5월 상순경에 수확이 가능하고, 저장성도 높은 품종을 개발하고, 제주도와 남해의 도서지방에서 재배가 유리한 극조생종 품종의 개발도 절실함.

(2) 세부프로젝트 최종 목표

□ 다양한 양과 육종소재 및 유용유전자 탐색

- 150점 이상의 노균병, pink root 등 병해 저항성 유전자원 탐색 및 선발
- 기능성성분(플라보노이드, 황화화합물 등) 기능성성분 과 식미관련(당 성분, pyruvic acid 농도) 유전자원 탐색 및 선발

□ 조생계 F1 종자 생산용 음성불임계통육성

- 5계통 이상의 조생계 음성불임 선발 및 유지계통육성
- 20계통 이상의 조생계 화분친 계통육성

□ 조생계 F1 교배조합 작성 및 우수조합 선발

- 15조합 이상의 수량성, 내병성, 내추대성 등의 우수조합 선발
- 선발조합 종자 생산능력 검정

□ 조생계 F1조합 생산력 검정 및 지역적응시험

- 5조합 이상의 수량성, 품질, 병해 및 내재해성 조생계 F1조합 선발
- 고품질 다수성 극조생계 F1 5품종 개발

(3) 세부프로젝트의 추진방법 및 전략

□ 추진방법

○ 다양한 양과 육종소재 및 유용 유전자 탐색

- 제 1 단계(2013-2016)

- 미국, 유럽 유전자원센터 및 국내 유전자원 관리기관 으로부터 양과 유전자원을 수집
- 생태형별, 위도별 국내외 유망 품종 및 재래종 품종 대량 확보
- 수집된 유전자원을 증식하고 특성을 평가하여 30계통 이상의 우수계통을 육성함

- 제 2 단계(2017-2021)

- 유전자원 관리 및 DB화
- 종묘회사, 민관 연구소에 정보제공 및 시험재료 제공

○ 조생계 F1 종자 생산용 융성불임계통육성

- 제 1 단계(2013-2016)

- 조생계 품종 집단으로부터 융성불임개체 선발 및 교배조합 작성
- 유지계통 선발 및 고정
- 융성불임계통의 숙기, 내병성, 성분특성 및 농업적 형질 평가

- 제 2 단계(2017-2021)

- 융성불임계통 순도평가
- 융성불임계통 채종능력 검정

○ 조생계 화분친 육성

- 제 1 단계(2013-2016)

- 기 수집된 유전자원 및 품종 특성검정
- 반수체 배양을 통해 조기 형질고정

- 제 2 단계(2017-2021)

- 융성불임계통과 조합능력검정 및 우수계통 선발 및 증식

○ 조생계 F1 교배조합 작성 및 우수조합 선발

- 제 1 단계(2013-2016)

- 육성된 융성불임계통과 화분친간에 교배조합 작성 및 우수조합 선발

· 품종개발 : 1품종

- 제 2 단계(2017-2021)

· 품종개발: 4품종

□ 추진전략

	민간연구소(육종가)	연구기관	종묘회사(유통)
1 단계	<ul style="list-style-type: none"> 육종소재 분류 계통분리 및 선발 F1조합특성평가 	<ul style="list-style-type: none"> 유전자원 수집평가 용성불임계통육성 병해충저항성 평가 기능성분 평가 	<ul style="list-style-type: none"> 육성품종 현장평가 저장성 검정
2 단계	<ul style="list-style-type: none"> F1 조합능력검정 F1 생산력검정 지역적용시험 품종출원 및 등록 	<ul style="list-style-type: none"> 용성불임계통 육성 재해저항성 계통육성 (병해충/내한성/저장성) 	<ul style="list-style-type: none"> 현장적용성 검정 종자생산및 판매

(4) 세부프로젝트 성과지표 설정 방안

예상성과항목		1단계	2단계	총계	주요 고려사항	
공 통 지 표	종자개발 건수					
	품종등록 건수	국내	1	4	5	기초연구결과보고
		국외				
	종자수출액					
	수입대체 효과	5억원	10억원	15억원	국내산 품종대체	
	국내논문	SCI				
		등재학술지	1	2	3	
	국외논문					
	국내특허					
	국제특허					
	매출액	국내	5억원	10억원	15억원	
국외						
기술이전						
특 성 지 표	인력양성					
	기반구축 실적					
	D/B 구축					
	분자마커					
	유용유전자					

(5) 세부프로젝트 최적 연구진 구성안

□ 대학과 민간 및 국가 연구기관 공동연구

- 후보 연구기관(국가 연구소)
 - 유전자원 수집 및 특성검정
 - 옹성불임계통 및 화분친 육성
 - 내병성, 저장성, 기능성성분 등 특성검정 및 계통 육성
 - 지역적응시험

- 후보 민간종자회사 (민간 연구소)
 - 조합능력검정 및 생산력검정 시험
 - 품종보호출원 종자생산 및 판매

(6) 세부프로젝트 예산

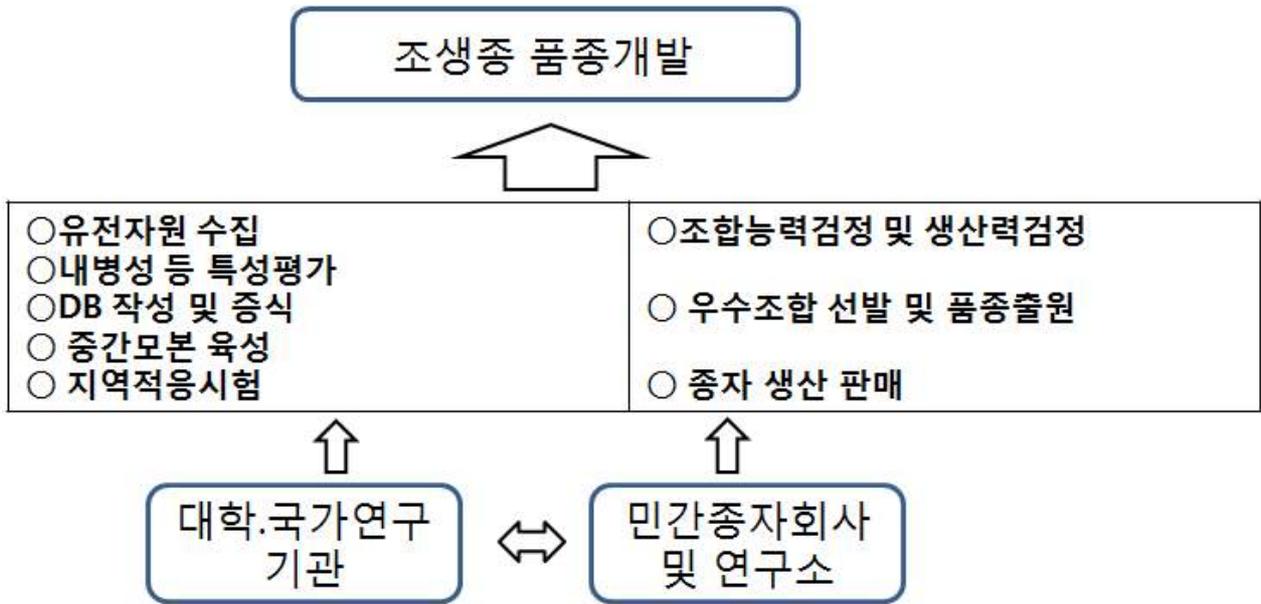
세부프로젝트명	구분	1단계				2단계					총계
		연구기간	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	
내한성 조생종 양과 품종개발	정부(억원)	1.7	3.59	3.5	3.58	3.3	3.3	3.62	3.62	3.62	29.83
	민간(억원)	0.3	0.88	0.76	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	4.94
	합계	2	4.47	4.26	4.08	3.8	3.8	4.12	4.12	4.12	34.77

- 조생종 양과 중 90% 이상을 수입품종에 의존하고 있어서 국산품종으로의 대체가 매우 시급하여 정부에서 29.83억원, 민간에서 4.94억원, 총 34.77억원의 예산을 편성함
 - 다양한 양과 육종소재 및 유용 유전자 탐색과 조생계 F1 종자 생산용 옹성불임계통·화분친 육성에 투자함

(7) 종자개발을 통한 수입대체 및 수출증대 전략

- 수입의존도가 90%에 이르는 조생종 양과 품종을 개발함으로써, 단기적으로는 수입대체 효과를 거둘 것으로 기대함.
- 또한 조생종 양과 품종의 개발과정에서 얻어진 인적 및 물적 자원과 축적된 기술을 바탕으로 중장기적으로는 수출시장을 개척해 나갈 수 있을 것으로 기대함.
- 특히 민간종자회사가 포함된 산학연이 협력하여 다양한 유전변이를 확보하고, 이의 활용도를 넓혀나감으로써 국내의 양과 육종기반을 구축하여 지속적인 육종을 가능하게 함으로써 장기적인 양과종자 강국의 지위를 획득할 수 있을 것으로 기대함.

□ 육종기반 구축 및 고품질 F1품종 육성 전략



(8) 세부프로젝트 사업제안요구서(RFP)

프로젝트명	수입대체용 작기별 양파 품종개발		
세부 프로젝트명	내한성 조생종 양파 품종개발		
연구 기간	2013 ~ 2021 (9 년)	연구비 지원범위	총 2,700백만원 (년, 정부 200백만원, 민간 100백만원)
과제 성격	<input type="checkbox"/> 실용화기술(통합형과제)		<input checked="" type="checkbox"/> 실용화기술(개별과제)
	<input type="checkbox"/> 원천기술		<input type="checkbox"/> 공공기반기술
연구 개발 목표	<ul style="list-style-type: none"> ○ 최종목표 : 양파 조생계 우수계통 및 품종개발 ○ 세부프로젝트목표 <ul style="list-style-type: none"> - 양파 수입대체 조생계 F1 5품종육성 - 조생종 양파 응성불임계통(A,B-line) 및 화분친육성 : 응성불임계 4계통, 화분친 10계통 		
연구 필요 성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 저장성 및 고기능성 품종개발 미흡 <ul style="list-style-type: none"> - 현재 시판품종의 조생계 품종의 대부분은 저장성이 매우 낮고 조생종이 생식용으로 주로 이용되고 있는데 반해 기능성성분의 함량이 낮아 저장성, 고기능성 품종개발이 필요함 ○환경변화로 인한 조생종 품종의 생리장애에 의한 수량 및 품질저하 <ul style="list-style-type: none"> - 생육기간중의 급격한 환경변화에 의한 이상 분구, 추대 등 생리장애에 의한 수량 및 품질저하가 심해지고 있어 재해 저항성 품종개발이 시급함. ○연작병해에 의한 수량감소 및 생산비 증가 <ul style="list-style-type: none"> - 연작과 환경변화에 의해 노균병 등 토양전염성병해에 의해 피해가 증가하고 있음 - 내병성 육종소재개발 및 품종육성이 시급함 		
세 부 연구 내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 다양한 양파 유전자원 수집 및 특성조사 <ul style="list-style-type: none"> - 플라도노이드, 황화합물 성분 등 기능성성분 고함유 유전자원 수집 및 특성검정 및 계통육성 - 노균병, pink root 등 토양병해 저항성 유전자원 특성검정 및 계통육성 ○ 조생계 고품질. 다수성, 내재해성 응성불임계통 및 화분친 육성 <ul style="list-style-type: none"> - 응성불임계통 육성 : 5계통이상 - 화분친계통육성 : 10계통 이상 ○ F1 교배조합 작성 및 우수조합 선발 <ul style="list-style-type: none"> - 다수, 내병성, 고기능성 성분 평가 : 15조합이상 - 선발 조합의 채종시험 : 수량성, 종자특성, 채종특성 검정 ○ F1 조합 생산력 검정 및 지역적응시험 <ul style="list-style-type: none"> - 수량성, 품질, 기능성성분, 병해 및 내재해성 검정 : 5품종 이상 		
시장 전망 및 기대 효과	<ul style="list-style-type: none"> ○ 현재 중만생종 재배면적이 80%이상이나 재배기간의 장기화로 인한 병해충의 발생증가와 환경불안 요인이 증가함에 따라 비교적 재배기간이 짧은 조생종의 재배면적이 증가할 것으로 예상되며 ○ 조생종의 단점인 저장성, 내병성, 기능성성분 등이 보완되면 중만생종에 비해 유리한 재배적인 특성을 가지고 있어 생산비절감 등에 기여할것으로 여겨짐 		
자격 및 신청 요건	<ul style="list-style-type: none"> ○ 연구기관 자격 : 민간육종회사, 대학, 국가 및 지방자치단체 연구기관 ○ 신 청 요 건 : 품종개발에 필요한 육종기반시설, 유전자원, 계통, 육종가 보유 ○ 기 타 사 항 : 일정 규모 이상의 시험포장, 채종포 보유 		
Keyword	한 글	양파, 저장성, 응성불임, 교배종, 조생종	
	영 문	Onion, Storability, Male sterile line, Hybrid, Midium late maturing	

3) 세부프로젝트3 : 내병성 및 고저장성 중생종 양파 품종개발

(1) 세부프로젝트 도출 배경

□ 중생종 양파종자의 수입대체와 안정적인 수급

- 중생종 양파종자의 80% 가량을 수입에 의존하고 있고, 수입종자의 가격이 국내 육종품종 종자의 1.6~1.7배에 이르러 생산비 증가의 원인이 되고 있음.
- 또한 국내 양파재배의 수입종자에 대한 이와 같은 높은 의존도는, 안정적인 국내 양파수급을 어렵게 할 위험성이 크게 때문에 종자가격의 안정과 수입대체를 위한 우수한 중생종 품종 육성이 매우 절실함.

□ 재배환경의 변화와 생산자의 고품질 양파 품종에 대한 요구 증가

- 지구온난화 등으로 재배환경이 꾸준히 바뀌고 있고, 농업인구의 지속적인 노령화와 인건비 상승 등으로 인하여 수확량이 감소되고 생산비는 증가하여 수익성이 악화되고 있음.
- 중생종 양파로 수확시기 앞당김으로써, 농촌의 노동력 수요를 분산시킬 수 있게 됨으로써, 노동력 확보와 인건비 절감을 도모할 수 있기 때문에 조생종 품종의 개발에 대한 요구가 매우 높음.
- 또한 다른 한편으로는, 중생종으로 수확시기를 앞당길 수 있게 되면, 긴 생육기간 중의 기상이변 등에 의한 추대나 분구와 같은 생리장애로 인한 수량과 품질의 저하를 줄이기 위하여 재배 안정성이 높은 품종에 대한 요구가 높음.
- 또한 중생종은 수확기의 가격불안정을 피하기 위하여 10월, 혹은 12월까지 저장하게 되는 경우가 많은데, 기존 품종들은 저장성이 떨어져서, 숙기가 빠르고 저장성이 좋은 품종에 대한 요구도 커지고 있음.

□ 연작피해와 병충해 저항성이 강한 품종에 대한 요구 증가

- 연작과 환경변화에 의해서 토양에 의한 전염성 병해의 발생이 증가하고 있어서 내병성 품종에 대한 요구가 매우 높음.

(2) 세부프로젝트 최종 목표

□ 증생계 양과 품종개발 및 보급

- 증생종 양과종자의 수입대체
- 다수확, 저장성, 재배 안정성을 가진 고품질 증생종 품종 육성 : 6품종
- 시장점유 및 종자공급 : 50%

(3) 세부프로젝트의 추진방법 및 체계

□ 추진방법

- 유전자원의 수집과 특성평가 및 분류
 - 제 1 단계(2013-2016)
 - 유전자원의 수집 및 특성평가
 - 저장성, 내한성, 추대 생리 등에 따른 유전자원의 분류(그룹핑)
 - 분리용 조합작성 및 계통화
 - 제 2 단계(2013-2021)
 - 노균병 등, 병해저항성 자원의 수집 및 특성평가
 - 여 교배를 통한 내병성 형질의 도입
- 증생계 다수성 · 저장성이 우수한 융성불임계의 유지계 및 화분친 육성
 - 제 1 단계(2013-2020)
 - 융성불임성 분자표지이용 계통의 임성확인
 - 10계통 이상의 융성불임 및 유지 계통 육성
 - 10계통 이상의 화분친 계통육성
 - 제 2 단계(2017-2021)
 - 저장성, 내한성, 내병성 계통분리 및 육성
- 교배조합 작성 및 우수조합 선발
 - 제 1 단계(2013-2016)
 - 분리용 조합 및 여교배 계통 육성

· Test Cross 조합능력 및 계통성능 검정

- 제 2 단계(2017-2021)

- 저장성, 수량성, 재배안정성(내병성, 분구, 추대)이 우수한 F1조합작성
- 종자생산성 및 채종 특성 검정 및 원종 증식
- 조합 성능검정과 우수조합 선발
- 농가재배시험 및 지역적응성 시험을 통한 F1조합 품종육성: 6품종
- 시험생산 및 종자보급

□ 추진체계 및 전략

육성회사(육종가)	육성기반연구소(대학)	유통기관(종자회사)
<ul style="list-style-type: none"> -유전자원 수집 및 특성조사 -육성소재 분류 및 계통유지 -우수계통 분리 세대 육성 -우수조합 작성 및 선발 -조합성능 및 생산성검증 -지역적응성시험 	<ul style="list-style-type: none"> -육성불임 세포질 식별 분자표지 개발 -유전자 지도 기반 및 여교배 세대 단축기술 구축 -품종의 기능성 및 성분분석 	<ul style="list-style-type: none"> -지역적응성 및 재배 안정성시험 -품종특성과 재배방법에 대한 검증

(4) 세부프로젝트 성과지표 설정 방안

예상성과항목		1단계	2단계	총계	주요 고려사항	
공 통 지 표	종자개발 건수					
	품종등록 건수	국내		5	5	
		국외				
	종자수출액 (K USD)					
	수입대체 효과(백만원)		40억원	40억원		
	국내논문	SCI				
		등재학술지				
	국외논문	SCI				
		비SCI				
	국내특허	출원				
		등록				
	국제특허	출원				
등록						
매출액	국내		40억원	40억원		
	국외					
기술이전						

(5) 세부프로젝트 최적 연구진 구성안

민간 종자회사(양과 육종자원 및 육종가를 보유한 민간업체)

- 농업회사법인(유) 양과나라
- 씨앗과 사람들
- 농업회사법인(주) 농우바이오
- 농협종묘개발센터
- 미라클 종묘

대학

- 전남대학교

국가기관 및 연구소

- 바이오에너지작물연구센터(국립식량과학원)
- 국립원예특작과학원(반수체 배양)
- (재)창녕양과장류연구소

(6) 세부프로젝트 예산

세부프로젝트명	구분	1단계				2단계					총계
		연구기간	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	
내병성 및 고저장성 중생종 양과 품종개발	정부(억원)	1.4	3.03	3.5	3.53	3.44	3.44	3.54	3.54	3.54	28.96
	민간(억원)	0.4	1.17	0.8	1.09	0.81	0.81	0.81	1.09	1.67	8.65
	합계	1.8	4.2	4.3	4.62	4.25	4.25	4.35	4.63	5.21	37.61

- 수입종자의 가격이 국내 육종품종 종자의 1.6~1.7배에 이르러 생산비 증가의 원인이 되며, 안정적인 수급을 방해하는 요인이므로 개발이 필요함. 따라서 정부에서 28.96억원, 민간에서 8.65억원을 투자하여 37.61억원의 예산을 편성함
 - 예산을 바탕으로 유전자원의 수집과 특성평가 및 분류, 중생계 다수성 · 저장성이 우수한 육성불임계의 유지계 및 화분친 육성, 교배조합 작성 및 우수조합 선발에 적극 투자함

(7) 종자개발을 통한 수출증대 및 수입대체 전략

- 종자업체가 보유한 마케팅 정보와 자료, 육종 재료와 상업적 육종 경험 등을 토대로, 대학과 국가 연구소가 보유한 기술을 연계하고 지원함으로써, 시장과 재배농가의 요구와 특성에 적합한 계통 육성을 진행하는 보다 효율적인 양과 품종개발 전략을 수립하여 추진하고자 함.
- 대학과 국가 연구소는 양과의 육종 계통 선발에 필요한 분자마커 기술, 여교배 세대 단축 기술, 반수체 배양 기술 등을 민간 종자업체에 보급하고 지원하고자 함.
- 저장성이 우수하고 숙기가 빠른 양과의 고품질 중생종 품종의 개발 및 보급을 통해서, 수확시기의 분산과 이를 통한 이모작 작부체계의 효율성 증가와 인건비 절감, 그리고 상대적으로 비싼 수입종자의 사용을 줄임으로써 생산비를 절감할 수 있게 되어 농가소득이 향상될 수 있을 것으로 기대됨.
- 국내 육종 중생종 개발과 보급을 통해서 양과의 수확시기가 분산됨으로써, 저장시설 이용의 효율성을 높아지고, 안정적인 양과 수급과 그로 인한 가격안정에 대한 긍정적인 효과도 적지 않을 것으로 기대됨.
- 국내의 중생종 품종개발과 종자 보급을 통해서 양과종자의 자급률은 30% 이상 향상되고, 약 50억 원 상당의 수입대체효과가 있을 것으로 기대함.

(8) 세부프로젝트 사업제안요구서(RFP)

프로젝트명	수입대체용 작기별 양파 품종개발		
세부 프로젝트명	내병성 및 저장성이 높은 국내용 중생종 양파 품종 개발		
연구 기간	2013 ~ 2021 (9 년)	연구비 지원범위	총 2,700백만원 (정부 200백만원, 민간 100백만원/년)
연구 개발 목표	<ul style="list-style-type: none"> ○ 최종목표 : 중생계 양파 품종개발 및 보급 ○ 세부프로젝트목표 <ul style="list-style-type: none"> - 양파 수입대체 중생계 F1 품종육성 및 보급 - 다수확 + 저장성 + 재배안정성을 가진 고품질 품종 육성 : 5품종 - 시장점유 및 유통 : 50% 		
연구 필요성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 종자 수입대체 <ul style="list-style-type: none"> - 양파종자의 70%이상이 수입종자가 재배되는 현실로 이를 대체할 수 있는 품종육성이 필요하고, 국내 양파육성 기반으로 양파종자의 해외수출도 가능함. ○ 재배환경의 불안정과 생산자의 높은 품종변화의 요구도 <ul style="list-style-type: none"> - 고온 등의 재배 환경의 변화와 인건비등 생산기반에 대한 어려움으로 수확시기를 앞당기려는 요구도가 높아지고 있고 추대, 분구 등 생리장애에 의한 수량 및 품질저하의 요인으로 재배안정성이 높은 품종을 요구하며 다수확성으로 숙기가 빠르고, 저장성이 갖추어진 품종들의 요구도가 높아지고 있음 ○ 연작과 환경변화에 의한 수량 감소 및 생산비 증가 <ul style="list-style-type: none"> - 연작과 환경변화에 의해 토양전염성병해 발생이 증가하고 피해가 증가하고 있음 - 내병성 및 재배안정성에 대한 육성소재개발 및 품종육성이 필요함 		
세부 연구 내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 유전자원 수집 및 특성조사 <ul style="list-style-type: none"> - 저장성, 내한성, 추대성 등 유용형질을 가진 계통수집 및 특성조사 - 노균병 등 병해 저항성 자원 특성검정 및 선발 ○ 중생계 다수성, 저장성이 우수한 옹성불임계, 유지계 및 화분친 육성 <ul style="list-style-type: none"> - 옹성불임 및 유지계통 육성 : 10계통 이상 - 화분친 계통육성 : 10계통 이상 ○ 교배조합 작성 및 우수조합 선발 <ul style="list-style-type: none"> - 저장성, 수량성, 재배안정성(내병성, 분구, 추대생리) 조합작성 : 30조합 이상 - 선발 조합의 생산시험 : 종자생산성, 채종특성 등 검정 및 원종증식 ○ F1조합 성능검정 및 지역적응성시험 <ul style="list-style-type: none"> - 조합성능(저장성, 수량성, 재배안정성)검정 : 10품종 이상 - 지역연락시험을 통한 재배환경과 재배방법에 적합한 F1조합 선발 - 유통시설을 이용한 우수조합의 저장성검정 		
시장 전망 및 기대 효과	<ul style="list-style-type: none"> ○ 저장성이 우수하고 숙기가 빠른, 고품질 품종보급으로 수확시기 분산 및 생산비 절감의 직접적인 효과와 이모작 재배 등 작부체계의 효율성이 더 높아지고, 15%이상 종자 자급률의 상승도 예상되며 ○ 육성품종 종자의 국내 유통기반구축과 양파생산의 수확시기 분산 및 조절은 저장 창고의 효율적 이용과 안정적인 수급조절, 그리고 소비자 공급가격에 대한 안정성에도 큰 영향이 있을 것으로 예상됨. ○ 국내우수품종의 재배확대는 양파육성 및 개발에 대한 기반이 더욱 강화 되고, 이를 기반으로 해외시장(중국, 유럽)에 종자수출도 기대됨 		
자격 및 신청요건	<ul style="list-style-type: none"> ○ 연구기관 자격 : 민간 종자 회사 및 연구기관, 대학, 국가연구기관 ○ 신청 요 건 : 양파 육종자원 및 육종가 보유업체 		
최종 성과물	<ul style="list-style-type: none"> ○ 육성소재 수집 및 특성조사 평가 ○ 수입대체용 중생 저장용 양파 품종등록 및 출원 : 3품종 ○ 고품질 중조생 양파품종등록 및 출원 : 2품종 		
Keyword	한 글	양파, 저장성, 옹성불임, 중생종	
	영 문	Onion, Storability, Male sterile line, Midium maturing	

제2절. 중국 수출용 양파 품종개발 프로젝트

1. 연구개발 목표

□ 최종목표

- 중국(산둥성) 수출용 양파 품종 개발(저장성, 노균병 저항성)
 - 중국 현지에서 재배 가능한 양파 교배품종 개발
 - 중국 양파종자 수출시장 개척
 - 생명공학기술을 이용한 세대 단축

□ 단계별 목표

프로젝트 목표	단계별 목표	
	1단계	2단계
중국 수출용 양파 품종 개발	<ul style="list-style-type: none"> - 재료 수집 및 평가 - 우수 계통 육성 - 기능성 물질 검정 - 조합 작성 및 검정 - 국내 선발 	<ul style="list-style-type: none"> - 조합 검정 및 선발, - 중국 현지 시교 사업, - 기능성 물질 검정 - 품종 개발 및 시장 진입

2. 연구개발 필요성

□ 중국 수출용 양파 품종 개발의 필요성

○ 중국 양파 시장규모

- 2008년 기준으로 중국 양파생산은 전체 생산량(72백만 Mt)의 약 28%(21백만 Mt)를 차지하고 있으며 이는 전 세계에서 가장 많은 양으로 한국 1.5%(1백만 Mt)의 약 20배에 달하는 규모를 가지고 있음(FAO, 2008).
- 재배면적은 생산량과 비례하며 역시 중국이 약 1백만 ha로서 전체 재배지 3백 7십만 ha의 27%를 차지하여 전 세계에서 가장 넓은 면적이 재배되고 있음(FAO, 2008).
- 전체적인 양파 규모 면에서 전 세계적으로 가장 큰 양파 시장인 중국을 목표로 삼는 것은 선택이 아니라 수익 창출을 위한 필수이며, 중국과 가장 인접해있으면서 산둥성 지역은 같은 위도 범위에서 중일계 및 단일계 양파 재배·육성이 가능한 한국이 비용절감 및 신속한 유통여건을 확보하고 있어 시장 공략의 강점을 가지고 있음

○ 중국 시장 동향

- 최근 중국은 급속한 경제성장에 따른 국민소득 증대로 인하여 채소 소비가 지속적으로 증가하고 있으며, 더불어 일본, 한국 등으로의 채소 수출 확대로 앞으로 채소 종자의 수요가 꾸준히 증대될 것으로 예상되고 있음
- 중국의 양파 소비문화 역시 한국과 같은 흐름으로 건강식품(고혈압, 항산화물질)에 기대감으로 수출 외에도 중국내 소비가 급성장하고 있으며 이제는 중국과 한국을 동일한 시장으

로 판단해도 무방한 상황임

- 중국 양과는 황색, 적색, 백색, 가공용 양과로 형성되어 있으며 수출용 시장은 한국을 비롯한 일본 등이 그리고 가공용은 미국이 주도하고 있으나 매년 중국내 자체소비가 급신장되고 있어, 중국내 소비가 양과종자 시장증감을 좌우할 것임.
- 중국내 자체소비가 커지는 것 역시 좋은 기회가 될 수 있으며 중국의 10대 자국 종자기업의 시장점유율이 10%대에 불과하고 R&D에 대한 투자가 미흡한 상황을 기회로 보고 이미 70여개의 해외 기업들이 중국 종자산업에 진출해 시장을 주도하고 있음.
- 이러한 시점에서 중국 수출시장 개척은 더 이상 지체할 수 없는 상황이며 R&D의 집중도를 높여 공략함으로써 한국 양과 종자의 품질을 중국시장에 인식시킴과 동시에 향후에 지속적으로 수익을 창출할 수 있을 것임.

○ 중국 양과 재배

- 중국 양과 재배는 중국 서북부 지역은 장일계(long day) 및 중일계(intermediate)가 재배되며, 한국과 같은 위도인 산동, 강소성은 중부지역은 단일 월동계 (Over winter Short-day)양과가, 남부지역과 서남부지역은 단일계(Short-day)가 재배되고 있음
- 한국, 일본 등 겨울이 추운 지역에서 재배되고 있는 단일 월동계 (Over winter Short-day)양과는 전체 중국 양과 재배면적에서 30%를 점유하고 있으며 황색 양과가 수출 위주로, 적색 양과가 국내 소비를 위주로 재배되고 있음
- 현재 산동성 지역의 주요 재배 품종은 일본계 품종이나 품질 대비 가격 경쟁력 면에 한국 품종이 강점을 갖을 수 있음

○ 국가 차원의 연구 지원과 기회

- 중국이 전체적인 양과 규모적인 측면에서 전 세계에서 가장 큰 양과 시장임에도 제대로 공략을 못했던 가장 큰 이유 중에 하나는 과거는 물론이고 현재까지도 국내 양과 종자 시장을 잠식하고 있는 일본 종자를 극복하는데 품종 육성의 포커스가 맞춰져 더 넓은 안목으로 큰 시장을 바라보지 못했기 때문임
- 국가 차원의 대형 연구 프로젝트를 통해 서로 흩어져 따로 일하고 있는 각 분야의 전문가들을 큰 틀에서는 같은 목적으로 세부적으로는 서로 목표를 분담하여 프로젝트를 추진함으로써 연구자가 갖고 있는 최대 역량을 발휘할 수 있는 기회가 마련될 것임

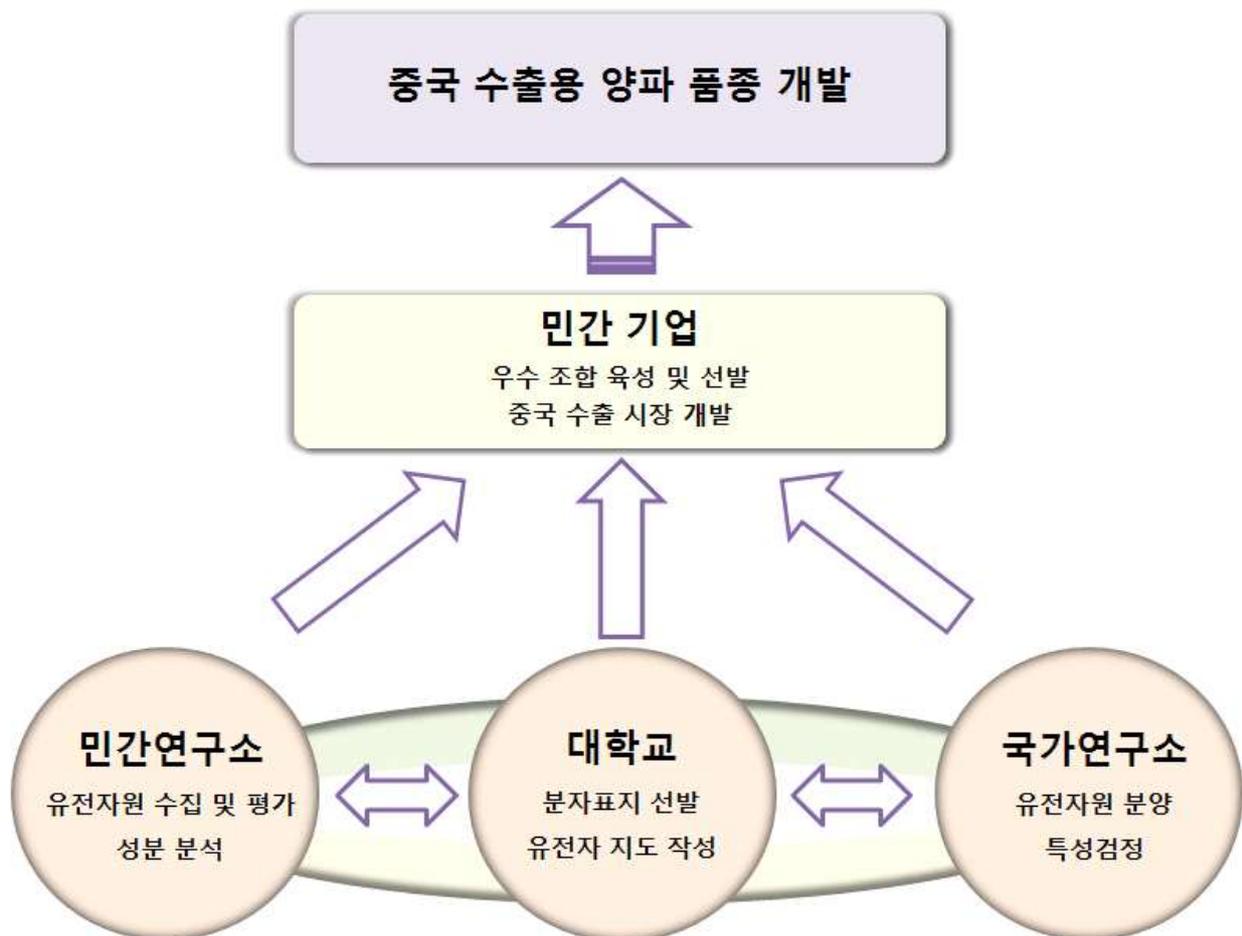
3. 기존 연구와의 중복성 및 연계방안

□ 중국 수출용 품종 개발

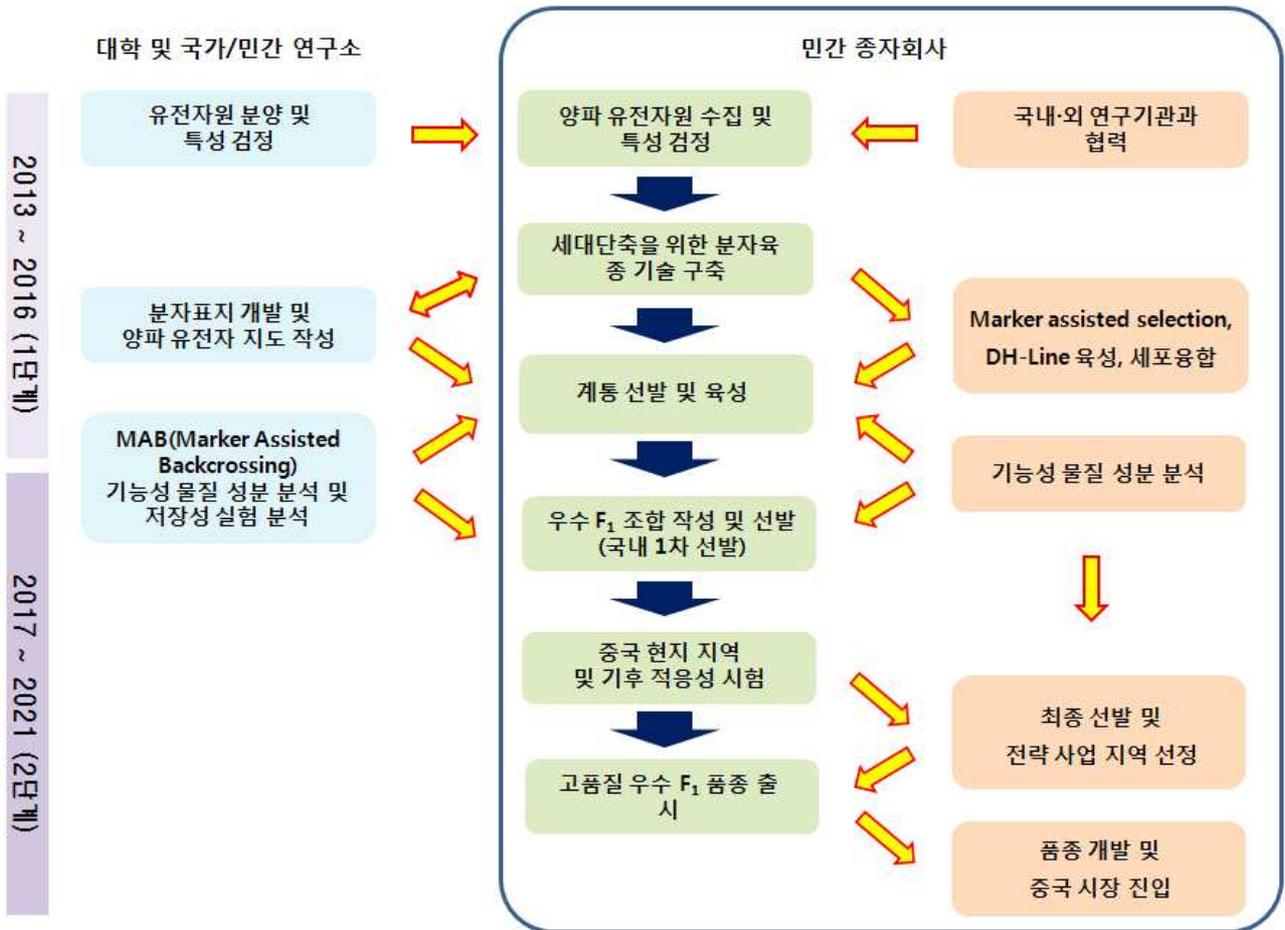
- 당사의(농우바이오) 연구 계획과 기획과제 연구 방향이 상당부분 일치함
- 이는 중국 양과 종자시장 공략에 대한 시대의 요구를 당사가 미리 준비하고 있었던 부분으로 현 기획과제와 바라보는 점이 궁극적으로 같기 때문에 오히려 연구에 더 힘이 실릴 것으로 생각됨
- 큰 틀에서 당사의 기존 연구 계획을 유지하게 될 것이며 조합 작성에 필요한 많은 재료들이 이미 상당 부분 확보되어 있는 상태로 국내에서 1차적으로 조합 작성 및 선발을 하고 2차적으로는 시교 생산 및 중국 현지 시교 사업을 통해 우수한 품종을 개발하게 될 예정임

4. 프로젝트 추진체계 및 추진전략

□ 추진체계



□ 추진전략



5. 프로젝트 Micro 로드맵

과제명		중국 수출용 양과 품종개발									
단계별 목표		1단계				2단계					최종목표
		중국 시장조사와 육종소재 개발				품종개발 및 수출					중국수출용 5품종 육성, 중국수출 300 만\$ 달성
중점연구영역		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	기술별 목표
내병성 및 다수확형 단일계 중만생종 양과 품종개발	유전자원 수집과 특성평가	유전자원 수집 및 특성조사 우수계통 육성				기능성 물질 검정 및 우수계통 육성					중국수출용 5품종 육성, 중국수출 300 만\$ 달성
	품종개발	우수계통 육성 조합 작성 및 선발				세대단축기술을 통한 품종육성 현지적응성 시험 및 품종개발 5품종					
	시장개척	작형, 숙기별 품종시장 조사와 분석 육종방향 및 전략수립				기존 국내 육성품종의 현지 시범재배 수출시장 개척 및 확대					

6. 세부프로젝트 추진계획

1) 세부프로젝트1 : 내병성 및 다수확형 단일계 중만생종 양파 품종개발

(1) 세부프로젝트 도출 배경

세계 최대의 중국 양파 종자시장 진출

- 2008년 기준, 중국의 양파생산량은 2,100만톤으로 세계 전체생산량(72백만 Mt)의 약 28%를 차지하고 있고, 재배면적은 100만 ha로 전세계(370만 ha)의 27%를 차지하는 최대생산국으로, 우리나라의 약 20배에 이르는 시장이지만, 우리의 중국에 대한 양파종자 수출은 지극히 미미한 실정임.
- 우리나라는 중국과 인접하고 위도가 비슷하기 때문에 중국 산동성 지역의 환경에 적합한 양파 품종을 육성하여 수출할 수 있는 유리한 지역에 위치하고 있으면서도, 아직까지 양파종자의 수출확대를 위한 적극적인 노력이 거의 없었음.
- 그러나 중국의 양파종자시장에는 이미 세계적인 종자업체들이 진출하여 경쟁이 치열해지고 있고, 고정종에 대한 교배종의 우수성이 알려지면서 교배종에 대한 수요가 증가하고 있음.

중국의 양파소비 증가와 중국의 수출확대정책에 따른 양파재배 증가추세

- 지속적인 고도성장에 따른 국민소득의 증대로 인하여 채소 소비와 건강식품 소비가 지속적으로 증가하고 있고, 양파가 건강기능성 식품으로 인식되면서 양파의 중국내 소비가 증가하고 있어서 양파종자에 대한 수요도 증가추세에 있음.
- 중국의 지속적인 농산물 수출확대 정책으로, 일본, 한국 등으로의 채소 수출을 확대해가고 있기 때문에, 수출용 양파재배가 증가하고 있는 추세임.

산학관연의 협조체계 구축과 협력을 통한 연구 성과의 시너지 효과

- 중국이 세계 최대의 양파종자시장임에도 불구하고, 그동안은 국내 업체들 간의 과당경쟁 등으로 인한 부작용이 적지 않았기 때문에, 산학관연의 협조체계 구축과 상호협력이 매우 절실한 실정임.

(2) 세부프로젝트 최종 목표

□ 다양한 양파 유전자원의 수집과 특성평가

- 재배시험을 통해서 유전적 특성을 조사하여 D/B화 하고자 함.
- 기능성 물질 조사

□ 중국 수출용 양파품종 개발

- 작형 및 숙기별로 재배가 적합한 시장을 목표로 중국 현지에서 광범위한 지역 및 기후 적응성 시험을 거쳐서 3품종 이상의 우수한 품종 개발.

□ 중국 양파 종자시장 개척

- 계통 육성과 조합 선발에 기능성 물질 성분분석을 이용하여 해외 경쟁사 품종들과 차별화된 2 품종 이상 개발
- 중국 수출 300백만 달러 달성

□ 세대 단축을 위한 생명공학기술의 확립 및 이용

- 분자표지를 이용한 계통 선발, 화퇴 배양을 이용한 DH-Line 육성, 원형질체 융합을 통한 신규 Line 육성 등을 통해서 양파 육성 세대단축 기술을 확립함.
- 기능성 물질 분석 : 객관화될 수 있는 데이터베이스 구축을 통해서 계통 및 조합 선발에 이용함.

□ 과급효과

- 산업 경제적 측면에서, 우수한 품종의 수출을 통해서 종자산업의 활성화와 종자산업의 미래 성장 동력으로서의 위상을 갖게 되는 효과를 거두게 될 것으로 기대함.
- 과학 기술적 측면에서, 양파의 원형질체 융합 및 분자표지 개발, 반수체 배양 등의 생명공학 기술이 최적화됨으로써 연관기술을 선도하고, 양파 기능성 성분에 대한 연구는 식품분야와 생화학 분야 등의 연구에 기여하는 효과를 거두게 될 것으로 기대함.

(3) 세부프로젝트의 추진방법 및 전략

□ 각 작형 및 숙기에 따른 전략

작형 및 숙기	지역	목표 특성	시장규모 (톤)	1단계 (2013~2016)				2단계 (2017~2021)				
				13	14	15	16	17	18	19	20	21
극조생계	운남, 사천	조숙성, 고구형, 수량성	11.0	재료 수집 및 평가 우수 계통 육성 기능성 물질 검정 조합 작성 및 검정 국내 선발				조합 검정 및 선발, 중국 현지 시교 사업, 기능성 물질 검정			품종 개발 및 시장 진입	
조·중생계	서주, 봉천	조숙성, 고구형, 수량성	15.0									
중만생계	산둥, 강소	저장성, 고구형, 균일성	11.0									
적색계	산둥, 강소, 호북	조숙성, 고구형, 수량성	9.8									

- 국내에서 육성이 가능한 중일계, 단일계 품목에 대해서 국내 육성 및 조합 작성을 통해 국내1차 선발 후 2차적으로 중국에서 현지 적응시험을 통해 우수 조합을 선발하여 품종으로 개발
- 계통 육성과 조합 선발에 있어 양파의 기능성 물질들을 검정한 데이터를 활용하여 다른 품종들과 차별화되면서 고품질의 종자를 개발

(4) 세부프로젝트 성과지표 설정 방안

예상성과항목		1단계	2단계	총계	주요 고려사항	
공 통 지 표	종자개발 건수					
	품종등록 건수	국내	1	4	5	
		국외				
	종자수출액	50만\$	300만\$	300만\$	최종년도 실적	
	수입대체 효과					
	국내논문	SCI				
		등재학술지				
	국외논문	SCI				
		비SCI				
	국내특허	출원				
		등록				
	국제특허	출원				
		등록				
	매출액	국내				
국외		50만\$	300만\$	300만\$	최종년도 실적	
기술이전						

특 성 지 표	인력양성					
	기반구축 실적					
	D/B 구축					
	분자마커					
	유용유전자					

(5) 세부프로젝트 최적 연구진 구성안

○ 민간 종자업체 : 농협종묘, 농우바이오, 미라클, 양파나라

○ 국가, 지방자치단체, 공공연구기관 : 전남농업기술원, 경남농업기술원

(6) 세부프로젝트 예산

세부프로젝트명	구분	1단계				2단계					총계
		연구기간	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	
내병성 및 다수확형 단일계중만생 종 양파 품종개발	정부(억원)	1.5	4.13	3.74	3.78	3.66	3.66	3.8	3.8	3.8	31.87
	민간(억원)	0.7	1.88	1.23	1.91	1.78	1.78	1.78	1.91	2.18	15.15
	합계	2.2	7.01	5.97	6.69	6.44	6.44	6.58	6.71	6.98	47.02

○ 중국의 재배면적은 100만 ha로 전세계(370만 ha)의 27%를 차지하는 최대생산국으로, 우리나라의 약 20배에 이르는 시장이지만, 우리의 중국에 대한 양파종자 수출은 지극히 미미한 실정이므로 적극적인 투자가 필수적임. 따라서 정부에서 39.87억원을 투자하고, 민간기업에서 15.15억원을 투자하여 총 47.02억원을 투자함

- 국내에서 육성이 가능한 중일계, 단일계 품목에 대해서 국내 육성 및 조합 작성을 통해 국내1차 선발 후 2차적으로 중국에서 현지 적응시험을 통해 우수 조합을 선발하여 품종으로 개발하는데 투자함

(7) 종자개발을 통한 수출증대 및 수입대체 전략

○ 국내에서 육성이 가능한 중일계, 단일계 품목에 대해서 국내 육성 및 조합 작성을 통해서 1차 선발한 다음에, 2차적으로 중국에서 현지 적응시험을 통해 우수 조합을 선발하여 품종으로 개발함.

○ 작형별 및 숙기별로 적합한 재배지역을 시장으로 선정하여, 현지(중국)의 광범위한 지역에서 적응성 시험을 거친 품종을 발전시키고 개발하여 수출하고자 함.

○ 국내 업체들 간의 과당경쟁으로 인한 부작용을 피하기 위하여, 산학관연의 협조체계를 구축하고 상호 협력하도록 하고자 함.

(8) 세부프로젝트 사업제안요구서(RFP)

프로젝트명	중국수출용 양파 품종 개발		
세부 프로젝트명	내병성 및 다수확형 단일계 중만생종 양파 품종개발		
연구 기간	2013 ~ 2021 (9 년)	연구비 지원범위	총 2,700백만원(년, 정부 200백만원, 민간 100백만원)
과제 성격	<input type="checkbox"/> 실용화기술(통합형과제)		<input checked="" type="checkbox"/> 실용화기술(개별과제)
	<input type="checkbox"/> 원천기술		<input type="checkbox"/> 공공기반기술
연구 개발 목표	<ul style="list-style-type: none"> ○ 최종목표 : 중국 수출용 양파 품종 개발: 5품종 ○ 세부프로젝트목표 <ul style="list-style-type: none"> - 중국 산동성 현지에서 재배 가능한 양파 교배품종 개발 - 중국 양파종자 수출시장 개척 - 생명공학기술을 이용한 세대 단축 		
연구 필요 구성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 중국의 낮은 종자 자급률 <ul style="list-style-type: none"> - 중국은 세계 최대의 양파 생산 국가이면서도 종자 자급률이 취약하여 중국과 가장 인접해 있으면서 같은 위도 범위에서 중일계 및 단일계 양파 재배·육성이 가능한 한국이 시장 공략의 강점을 가지고 있음 ○ 중국 산동성지역은 우리나라의 중일계 품종이 재배되는 지역으로 국내에서 품종육성하여 수출 가능한 지역임 ○ 성장하는 중국 양파 시장 <ul style="list-style-type: none"> - 건강에 대한 관심 증대와 함께 중국내 양파 소비의 급성장을 기회로 이용할 필요가 있음 ○ 양파 육성연한 단축 <ul style="list-style-type: none"> - 생명공학기술을 이용해 양파의 육종 연한이 긴 단점을 극복할 필요가 있음 		
주요 연구 내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 다양한 양파 유전자원 수집 및 특성조사 <ul style="list-style-type: none"> - 포장에서 원예적 특성조사와 함께 기능성 물질 조사 ○ 중국 수출용 양파 품종 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 각 작형 및 숙기별로 재배가 적합한 시장을 목표로 중국 현지 내에서 광범위한 지역 및 기후 적응성 시험을 거쳐 우수 양파 품종 개발: 3품종 이상 ○ 중국 양파종자 수출시장 개척 <ul style="list-style-type: none"> - 계통 육성과 조합 선발에 기능성 물질 성분분석을 이용하여 해외 타사 품종들과 차별화 되는 품종 개발: 2품종 이상 - 중국 수출 300백만 달러 달성 ○ 세대 단축을 위한 생명공학기술 이용 <ul style="list-style-type: none"> - 분자표지 검정에 의한 선발, 원형질체 융합, DH-Line 육성 등을 통해 양파육성의 세대 단축 		
시장 전망 및 기대 효과	<ul style="list-style-type: none"> ○ 중국 내 종자 자급률이 낮은 상황이므로 R&D의 집중도를 높여 공략함으로써 한국 양파 종자의 품질을 중국시장에 인식시킴과 동시에 향후에 지속적으로 수익 창출 ○ 현재 주요 재배 품종은 일본계 품종이나 품질 대비 가격 경쟁력 면에서 한국 품종들이 강점을 갖을 수 있을 것임 ○ 우수한 품종의 해외 수출로 인한 종자산업 활성화와 차세대 미래 성장 동력으로 부각 		
자격 및 신청 요건	○ 연구기관 자격 : 민간회사 연구기관		
	○ 신청 요건 : 양파 F ₁ 품종개발에 필요한 육종기반 연구비		
Keyword	한 글	양파, 종자, 육종, 1대 잡종, 중국 수출	
	영 문	Onion, Seed, Breeding, F ₁ Hybrid, China export	

제2절. 유럽 수출용 양과 품종개발 프로젝트

1. 연구개발 목표

□ 최종목표

- 유럽 수출용 단일계 조생 및 중만생 양과 품종 개발(노균병 저항성, 저장성)
 - 유럽 지역(스페인, 터키, 프랑스, 독일) 수출용 단일계 양과 품종 육성
 - 단일계 조생 및 중만생용 다양한 구색(황색, 적색, 백색)의 고품질 F1 양과 품종 육성 : 3 품종

□ 단계별 목표

프로젝트 목표	단계별 목표	
	1단계	2단계
유럽 수출용 양과 품종 개발	<ul style="list-style-type: none"> - 유럽 지역의 단일계 양과 종자 시장 조사 - 유럽 지역의 주요 품종 특성 및 시장 요구 특성 조사 - 유럽 지역 단일계 황색, 적색, 백색 우수 품종 수집, 특성 평가 및 선발 - 국내용 품종 우수계통 특성 평가 및 수출용 계통 선발 - 수출용 계통 육성 	<ul style="list-style-type: none"> - 양과 구피색 선발용 분자표지를 이용한 다양한 구피색 계통간 교배 실시 및 우수 계통 선발 - 교배 조합 작성 및 현지 국내 시험 재배 - 선발 우수 조합의 현지 연락시험 - 유럽 및 중동 지역 특성에 맞는 단일계 양과 품종 개발

2. 연구개발 필요성

- 국내외 유사한 단일계 품종군을 재배하는 유럽 지역 대상 품종 개발의 필요성
 - 수입 대체용 국내용 양파 육성으로 인한 수출용 품종 부재
 - 국내에서 육성하는 양파 품종은 대부분 일본으로부터 수입하는 품종을 대체하기 위한 단일계 황색구 극조생, 조생, 중만생 중심으로 일부 적색 양파가 육성되고 있음
 - 최근에 소수의 종묘회사와 개인 육종가 1990년대 초부터 공공연구기관으로 식량원 바이오에너지작물센터, 경남농업기술원 등에서 양파 육종에 대한 기초기술개발과 응용연구 등을 수행하고 있음
 - 국내 육성 품종은 주로 국내 보급 목적이므로 양파 종자의 수출은 2011년 기준 약 5억원(1.4%) 수준이며, 전체 종자 수출액 중 10위권 이하임
 - 유럽 지역을 대상으로한 양파 수출 필요성
 - 유럽 및 중동 지역에서 bunching onion을 제외한 양파 재배 면적은 약 351,000 ha이며, 시장 규모는 약 1억 6천6백만\$로서 채소 종자 시장에서 4위를 차지하는 주요 작물임.
 - 유럽 지역은 재배 환경 및 저장성 요구도로 인해 장일계 품종의 비중이 높은 편이나 단일계 품종 시장도 2,900만 \$ 규모로 존재하며, 이중 조생종이 2천만 \$이며, 중만생 시장은 9백만 \$로 상대적으로 적음.
 - 스페인은 유럽 최대의 양파 종자 시장으로 전체 작형 합산 2,000만 \$ (종자 소모량 51,000 kg)이며, 터키는 340만 \$로 시장 규모는 작으나 종자 소모량 81,000 kg의 양파 종자시장이 형성되어있음(2012년 기준, 종자회사 자체 보유 자료)
 - 특히 유럽의 단일계 품종은 네덜란드 Numhems 회사의 Granero, Radar, Universo와 함께 일본에서 육성한 Takaniski, Hamaemi, Amasodachi 등의 도입품종의 비중이 높은 비중을 차지 하고 있으며, 터키 또한 단일계의 경우 국내 및 일본계 품종과 유사한 품종이 재배되고 있음.
 - 현지 요구 품종 특성은 시장 환경에 따라 차이가 크며, 단일계 조생 품종의 경우 구중 160~200g, 저장 기간 2~4개월 이상, 숙기 150~180일이 요구되며, 품질 특성 및 시장 여건에 따라 종자 단가는 80~300 USD/kg으로 차이가 심하게 발생함
 - 스페인은 글로벌 회사의 일대잡종 품종 비율이 높아 고단가 시장이 형성되어 단일계 황색 구피 시장만 500만 \$ (종자 소모량 9,000 kg)를 차지하고 있고, 터키는 단일계 황색 구피 시장 규모가 60만 \$로 비교적 적지만 종자 소모량은 19,000 kg으로 스페인의 약 두 배 이상이며, 향후 큰 폭의 시장 확대가 예상됨.
 - 현재 국내 일부 회사에서는 스페인과 터키 지역을 중심으로 단일계 조생, 중만생 품종을 수출 중이며, 2013년부터 매출이 발생하고 있음.
 - 국내에서 육성한 단일계 황색 구피 품종군 중 현지 연락 시험을 통해 시장성이 우수한 품종을 개발할 경우 양파 종자의 수출 가능성이 매우 높음

3. 기존 연구와의 중복성 및 연계방안

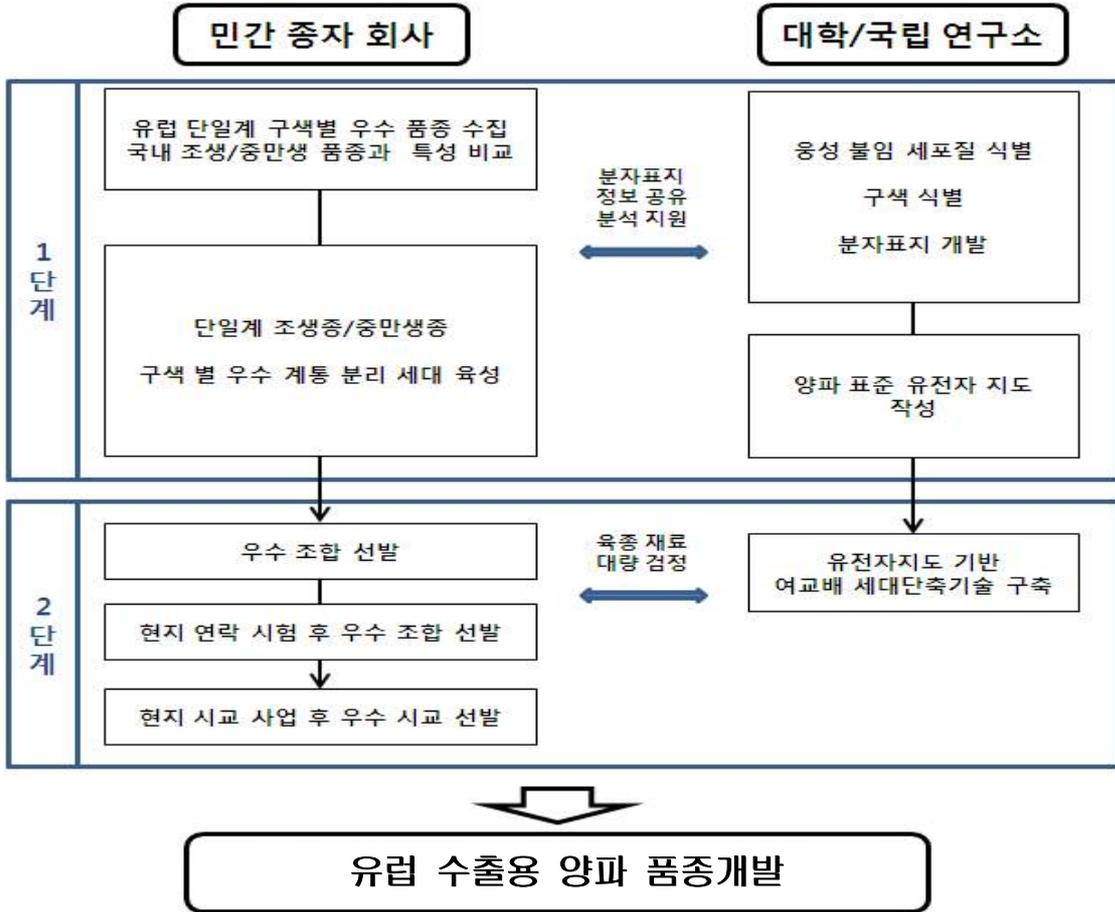
□ 유럽 수출용 품종 개발

○ 유럽 지역 수출용 단일계 양과 품종 개발

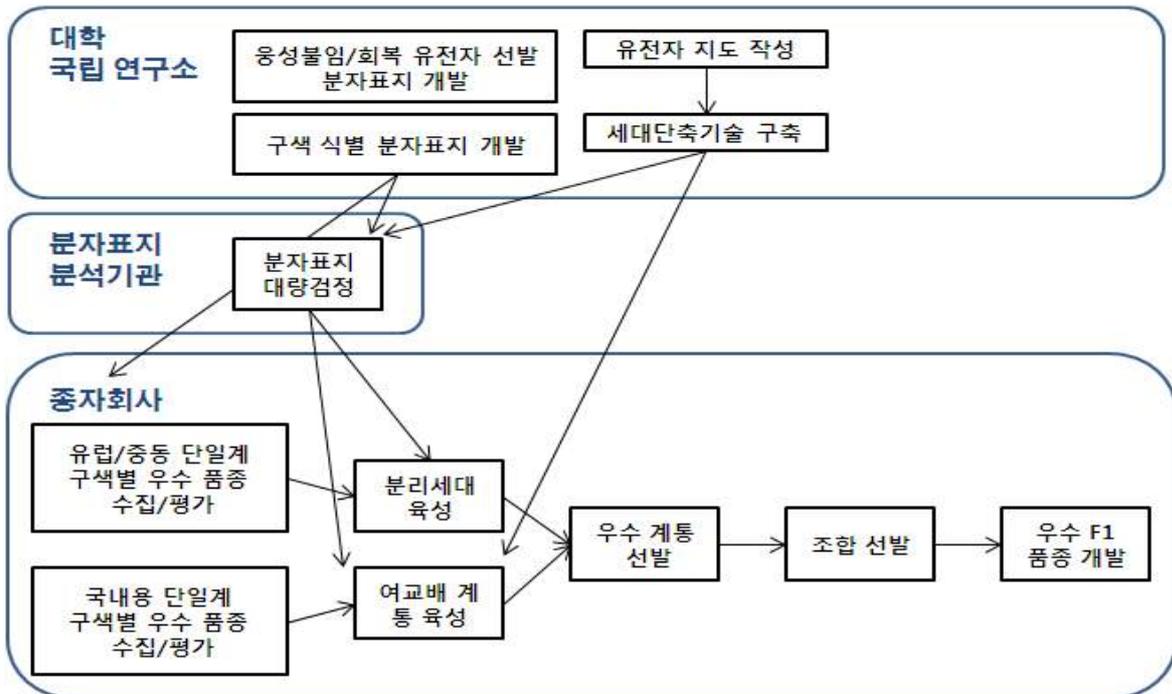
- 국내에서 유럽 수출을 목적으로 한 양과 품종 개발 과제는 수행된 사례 없으므로 기존 연구와의 중복성은 없음
- 농림부에서 수행한 ‘수입대체 및 수출용 추파양과 품종 육성과 재종체계 확립’ 과제(2003년 종료)는 연구 성과물로 육성한 양과 품종을 한국 및 일본 수출용 양과 재배단지가 분포하는 산동성 지역에서 시교 재배한 결과가 양호하여 향후 수출을 기대한다는 결과만 도출되었으며, 구체적인 수출 대상 국가 및 품종에 대한 목표는 없었음.
- 농림수산물부에서 수행한 ‘수입대체 및 수출용 중·만생종 양과 품종육성’ 과제(2009년 종료) 역시 수입 대체용으로 개발한 양과 황색 2개 품종들을 수출용으로 활용하기 위해 중국 강소성에서 2년간 지역 적응성 시험중인 결과만 도출되었고, 수출 대상국가를 목표로 품종 육성이 추진되지 않았음.
- 농촌진흥청에서 수행한 ‘양과 분자육종시스템 구축 및 응성불임 관련 유전자 선발용 분자표지 개발’ 과제(2012년 종료 예정), 농림부에서 수행한 ‘양과 구피색 선발용 분자표지를 이용한 기능성 유색양과 품종 개발’ 과제(2013년 종료 예정)의 연구 성과물로 개발된 양과 응성불임성 판별 분자표지, 양과 구피색 선발용 분자표지의 연구 성과물을 활용하면 유럽 수출용 양과 신계통 육성을 효율적으로 추진할 수 있을 것으로 예측됨.

4. 프로젝트 추진체계 및 추진전략

□ 추진체계



□ 추진전략



5. 프로젝트 Micro 로드맵

과제명		유럽 수출용 양과 품종개발									
단계별 목표		1단계				2단계					최종목표
		유럽 시장조사와 육종소재 개발				품종개발 및 수출					수출용 품종 3품종, 수출 100만US\$
중점연구영역		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	기술별 목표
내병성 및 고저장성 단일계 조생 및 중만생종 품종개발	유럽 시장조사 및 시장개척	구의 특성, 생육 특성, 생산량 등의 품종에 대한 요구 조사				주도 품종의 변화와 재배환경 변화 조사					유럽수출용 3품종 육성 유럽수출 100만\$달성
	품종개발	분리계통 육성 및 품종 개발(1품종)				우수조합 현지 연락시험 유럽 수출용 단일계 품종 개발(2 품종)					

6. 세부프로젝트 추진계획

1) 세부프로젝트1 : 내병성 및 고저장성 단일계 조생 및 증만생종 품종개발

(1) 세부프로젝트 도출 배경

□ 유럽지역 양과종자 틈새시장 확보

- 유럽의 양과재배는 자연환경과 저장성에 대한 요구가 크기 때문에, 단일계 품종의 비중이 높은 편이고, 유럽과 미주의 글로벌 종자업체들의 품종이 주도하고 있으나, 스페인의 단일계 작형은 일본 품종의 비중이 높고, 터키의 단일계 작형도 우리나라나 일본계 품종과 유사한 품종이 재배되고 있음.
- 스페인의 단일계 황색(구피색) 품종 시장은 F1 품종의 비율이 높은 고가품 시장으로 500만 US\$(종자량 9,000 kg)로 추정되지만, 터키 시장은 60만 US\$로 상대적 적지만 종자량은 19,000 kg으로 스페인의 2배가 넘고, 이 지역의 종자시장은 앞으로 크게 확대 될 것으로 예상됨.
- 국내에서 육성된 단일계 황색 품종 중에는 현지 스페인, 터키, 독일, 프랑스 지역에서 시험재배를 통해서 시장성이 우수한 품종을 찾아서 더욱 발전시킬 수 있는 가능성을 가진 품종이 있을 것으로 생각됨.

□ 국내 양과 육종 기반 부족으로 인한 수출용 품종 개발의 한계

- 양과 품종 개발은 선진국에 비해 육종역사가 짧고 소수 종묘회사와 개인 육종가에 의존하고 있어 육종기반이 매우 빈약한 실정임.
- 국내에서 육성하고 있는 양과 품종의 대부분은 수입대체를 목적으로 하고 있는 반면, 수출용 품종의 육종은 거의 시도되지 못하고 있는 실정임.

(2) 세부프로젝트 최종 목표

□ 유럽 지역 수출용 양과 품종 개발

- 스페인 및 터키를 중심으로 한 유럽지역 수출용 단일계 양과 3품종 개발

(3) 세부프로젝트의 추진방법 및 전략

□ 추진방법

○ 유럽지역 양파 종자 시장 및 요구 특성조사

■ 제 1단계 (2013-2016)

- 유럽 지역의 주요 품종 특성 및 시장 요구 특성 조사
- 구 특성(구색, 구중, 구형, 맵기, 추대성), 생육 특성(수확기간, 저장성), 생산량 요구도 조사

■ 제 2단계 (2017-2021)

- 유럽 지역의 주요 품종 및 시장 조사 : 리딩 버라이어티 변화 및 재배환경 변화 조사

○ 육종 자원 수집 및 선발

■ 제 1단계 (2013-2016)

- 유럽 지역 단일계 구색별 우수 품종 수집, 특성 평가 및 선발
- 국내용 품종 우수계통 특성 평가 및 수출용 계통 선발
- 구 특성(구색, 구중, 구형, 맵기, 추대성), 생육 특성(수확기간, 저장성), 생산량 등 수출 대상 지역 특성 조사

■ 제 2단계 (2017-2021)

- 양파 구피색 선발용 분자표지를 이용한 다양한 구피색 계통간 교배 실시 및 우수 계통 선발
- 교배 조합 작성 및 현지 국내 시험 재배

○ 수출용 계통 육성

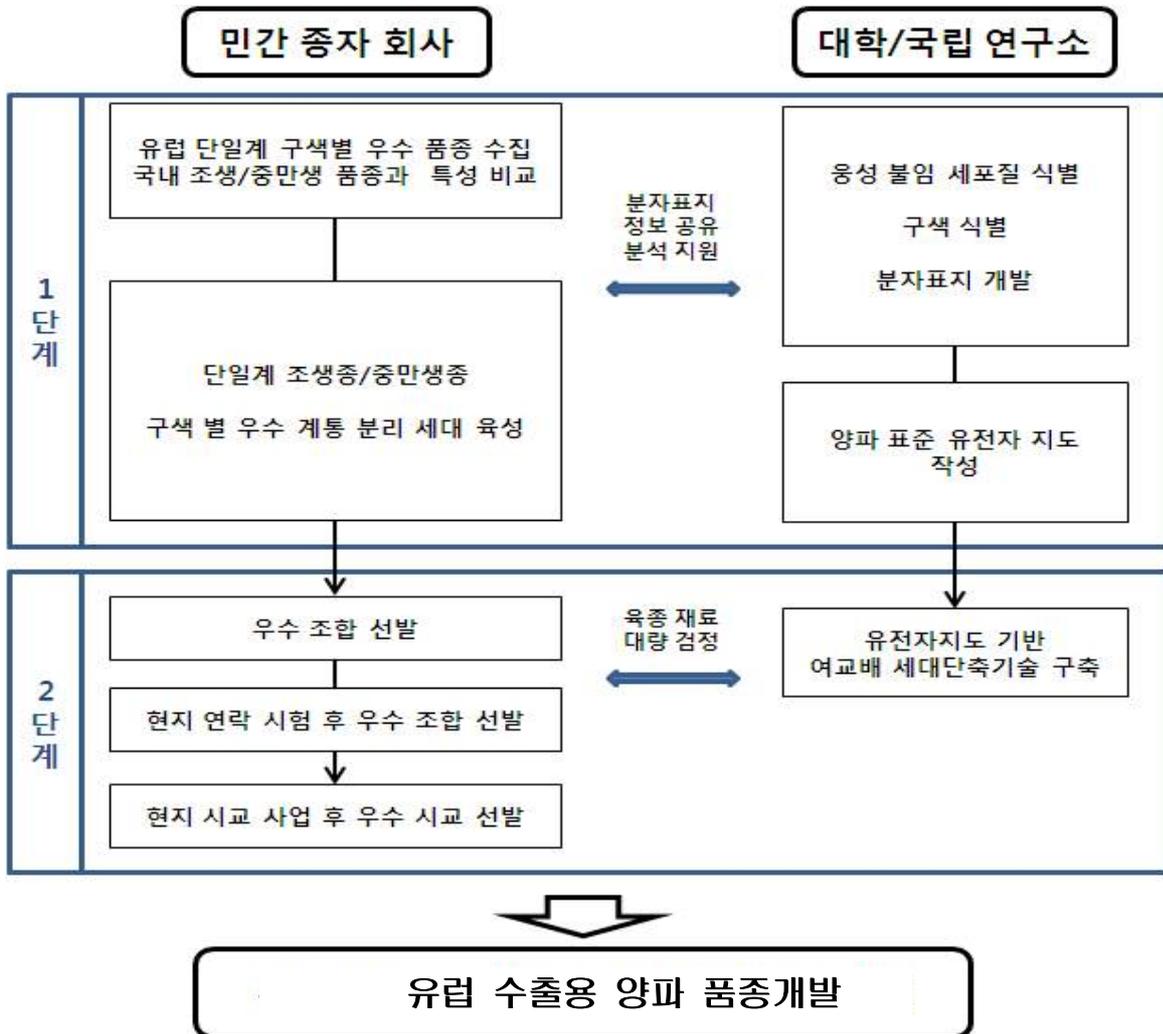
■ 제 1단계 (2013-2016)

- 분리 계통 육성 및 여교배 계통 육성

■ 제 2단계 (2017-2021)

- 선발 우수 조합의 현지 연락시험
- 유럽 수출용 단일계 양파 품종 개발

□ 추진체계



(4) 세부프로젝트 성과지표 설정 방안

예상성과항목		1단계	2단계	총계	주요 고려사항	
공 통 지 표	종자개발 건수					
	품종등록 건수	국내	1	2	3	
		국외				
	종자수출액 (K USD)		30만\$	100만\$	100만\$	최종년도
	수입대체 효과					
	국내논문	SCI				
		등재학술지				
	국외논문	SCI				
		비SCI				
	국내특허	출원				
		등록				
	국제특허	출원				
		등록				
	매출액	국내				
국외		30만\$	100만\$	100만\$	최종년도	
기술이전			3	3		

(5) 세부프로젝트 최적 연구진 구성안

□ 대학과 민간 및 국가 연구기관 공동연구

○ 후보 연구기관 (민간 종자회사)

- 동부팜한농 (시장 조사, 유전자원 수집, 육종 계통 육성, 품종 개발, 수출)

○ 후보 연구기관 (대학)

- 전남대학교 (용성불임성 및 구피색 선발용 분자표지 개발, 여교배 세대단축 시스템 구축)

○ 후보 연구기관 (국가 연구소)

- 바이오에너지작물연구센터 (유전자원 분양 및 내병성 특성 검정)

- 국립 원예특작과학원 (반수체 배양)

- 양과연구소 (유전자원 분양 및 주요 형질 특성 검정)

(6) 세부프로젝트 예산

세부프로젝트명	구분	1단계				2단계					총계
		연구기간	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	
내병성 및 고저장성 단일계 조생 및 중만생종 품종개발	정부(억원)	0.8	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	20.8
	민간(억원)	0.2	0.58	0.51	0.55	0.51	0.51	0.51	0.55	0.62	4.54
	합계	1	2.08	2.01	2.05	2.01	2.01	2.01	2.05	2.12	25.34

○ 양과 품종 개발은 선진국에 비해 육종역사가 짧고 소수 종묘회사와 개인 육종가에 의존하고 있어 육종기반이 매우 빈약한 실정이므로 향후 수출을 하기 위하여 공격적인 투자가 필요하므로 총 25.34억원을 투자함

- 스페인 및 터키를 중심으로 한 유럽지역 수출용 단일계 양과 3품종 개발을 목표로 투자함

(7) 종자개발을 통한 수출증대 및 수입대체 전략

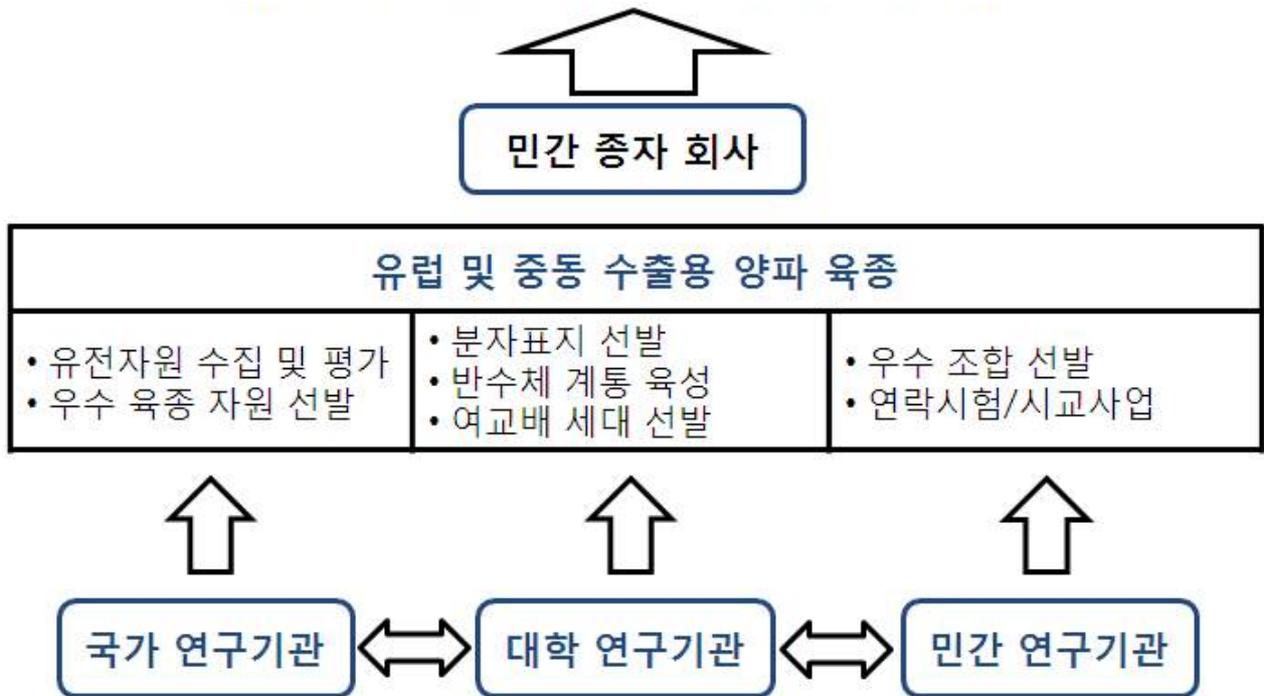
□ 민간 종자회사에서 보유한 시장 자료와 육종 재료를 토대로 현지 요구 특성에 맞는 계통 육성을 진행하고, 대학과 국가 연구소에서 보유한 기술을 지원함으로써 효율적인 양과 수출용 품종 전략을 수립하고 수행함

□ 대학 연구소 및 국가 연구소는 양과의 육종 계통 선발에 필요한 분자마커 기술, 여교배 세대 단축 기술, 반수체 배양 기술을 민간 종자회사에 지원 및 보급함

□ 민간 종자회사는 과제 수행으로 육성한 우수 조합에 대해 수출 대상 국가 현지에서 재배 시험을 수행하여 현지 요구 특성에 맞는 품종을 개발함

□ 과제 수행 종료 후 최종적으로 100만 USD 이상의 수출시장 개척 효과를 기대함

유럽 수출용 양파 품종개발



(8) 세부프로젝트 사업제안요구서(RFP)

프로젝트명	유럽수출용 양파 품종 개발		
세부 프로젝트명	내병성 및 고저장성 단일계 조생 및 중만생종 품종개발		
연구 기간	2013 ~ 2021 (9 년)	연구비 지원범위	총 2,700백만원 (년, 정부 200백만원, 민간 100백만원)
과제 성격	<input checked="" type="checkbox"/> 실용화기술(통합형과제)		<input type="checkbox"/> 실용화기술(개별과제)
	<input type="checkbox"/> 원천기술		<input type="checkbox"/> 공공기반기술
연구 개발 목표	<ul style="list-style-type: none"> ○ 최종목표 : 유럽 수출용 단일계 조생 및 중만생 양파 품종 개발 ○ 세부프로젝트목표 <ul style="list-style-type: none"> - 유럽 지역(스페인, 터키, 프랑스, 독일) 수출용 단일계 양파 품종 육성 - 단일계 조생 및 중만생용 다양한 구색(황색, 적색, 백색)의 고품질 F1 양파 품종 육성 : 3품종 		
연구 필요성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 유럽 지역을 대상으로한 양파 수출 필요성 <ul style="list-style-type: none"> - 유럽지역은 단일계 품종시장이 2,900만\$ 이며 이중 조생종이 2천만\$, 중만 생 시장은 9백만\$임 - 스페인은 유럽최대의 양파 종자시장으로 전체 2,000만\$이며, 터키는 340만 \$로 시장규모를 가지고 있음 - 유럽의 단일계 품종은 네덜란드 Numhems회사의 Granero, Rader, Universo 외 함께 일본에서 육성한 Takaniski, Hamaemi, Amasohachi등의 도입품종의 비중이 높은 비중을 차지하고 있음 - 현재 국내 일부회사에서는 스페인과 터키 지역을 중심으로 단일계 조생,중만생 품종을 수출중 이며 프랑스,독일,터키국가에서도 우리나라에서 재배되고 있는 단일계 품종이 재배되고 있어 수출가능함. 		
주요 연구 내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 유럽 지역 양파 종자 시장 및 요구 특성조사 <ul style="list-style-type: none"> - 유럽 지역의 주요 품종 특성 및 시장 요구 특성 조사 ○ 육종 자원 수집 및 선발 <ul style="list-style-type: none"> - 유럽 지역 단일계 구색별 우수 품종 수집, 특성 평가 및 선발 - 국내용 품종 우수계통 특성 평가 및 수출용 계통 선발 - 양파 구피색, 웅성불임성 분자표지 이용, 다양한 구피색 계통간 교배 실시 및 우수 계통 선발 ○ 수출용 계통 육성 <ul style="list-style-type: none"> - 저장성, 수량성, 만추대성 우수 조합 작성 : 50조합 이상 - 저장성, 수량성, 만추대성 지역 적응 시험 : 10조합 이상 - 유럽 및 중동지역 수출용 단일계 양파 품종 3개 이상 개발 		
시장 전망 및 기대 효과	<ul style="list-style-type: none"> ○ 민간 종자회사 보유 육종 재료와 대학 및 국가 연구소 개발 기술의 지원으로 양파 육성 효율화 증대 ○ 우수 조합에 대해 수출 대상 국가 현지에서 재배시험을 수행하여 현지 요구 특성에 맞는 품종을 개발함으로써 수출을 통해 2020년 약 100만\$ 이상의 시장 개척 효과를 기대함 		
자격 및 신청 요건	<ul style="list-style-type: none"> ○ 연구기관 자격 : 민간 종자 회사 및 연구기관, 대학, 국가 연구기관 ○ 신청 요건 : 양파 육종 자원, 육종가 보유 		
최종 성과물	<ul style="list-style-type: none"> ○ 유전자원의 특성 조사 DB 구축 ○ 수출용 단일계 조생종 양파 품종 등록 : 1종 ○ 수출용 단일계 중만생종 양파 품종 등록 : 2종 		
Keyword	한 글	양파, 유럽, 중동, 수출 품종, 단일계	
	영 문	Onion, Europe, Middle East, Exportable cultivars, Short day	

4절. 중간 내병성 양과 품종육성을 위한 분자 육종기술 확립

1. 연구개발 목표

□ 최종목표

- 양과 분자육종 기반구축 및 주요 형질 관련 분자표지 개발
 - 유전자지도 기반 여교배 세대단축기술 (Marker assisted backcrossing: MAB) 개발
 - MAB를 이용한 노균병 저항성 계통 개발
 - 응성불임 임성 회복유전자 선발용 분자표지 개발
 - 양과 F1종자 순도검정 및 향상용 분자표지 개발

- 중간 및 종내 원연 교배를 통한 양과 유전적 다양성 확대와 우수품종 개발
 - 근연종 및 다양한 양과 유전자원 수집 및 특성조사
 - 중간 교잡을 통한 내병성 형질 도입
 - 양과 반수체 배양을 통한 다양한 계통 개발

□ 단계별 목표

프로젝트 목표	단계별 목표	
	1단계	2단계
양과 분자육종 기반구축 및 주요 형질관련 분자표지 개발	<ul style="list-style-type: none"> - 작성된 표준 유전자지도를 기반으로 하여 구피색 또는 노균병 저항성에 대해서 최적의 MAB marker 선발 및 여교배 실시 - 응성불임 임성 회복 유전자 연관 초 정밀지도 작성 및 분자표지 개발 - 노균병 저항성 계통 수집 및 우수 계통과 여교배 실시 - 순도검정에 적합한 분자표지 선발 및 계통 D/B구축 	<ul style="list-style-type: none"> - MAB 시스템을 이용한 노균병 저항성 계통 선발 - 양과 유전체 정보 기반 응성불임 임성 회복유전자 분리 및 기능성 분자표지 개발 - 매운맛, 당도 등 주요 형질에 대한 QTL 분석 실시 - 분자표지를 이용한 양과 원종 및 F1품종 순도검정 시스템 구축
중간 및 종내 원연 교배를 통한 양과 유전적 다양성 확대와 우수품종 개발	<ul style="list-style-type: none"> - 근연종 및 다양한 유전자원 수집 - 근연종 및 유전자원 내병성 및 주요 특성 조사 - 중간 교잡 및 여교배 분리세대 육성 - 반수체 배양을 통한 다양한 순수계통 육성 - 양과 기능성 성분 분석 시스템 개발 	<ul style="list-style-type: none"> - 중간교잡 여교배 분리세대와 중간 분리집단의 유전자지도를 이용한 Introgression lines (IL) 육성 - IL 집단을 이용한 다양한 내병성 유전자 및 위치 탐색 - 반수체 유래 계통의 특성검정 및 조합능력 검정 실시 - 양과 기능성 성분 분석을 통한 우수계통 선발

2. 연구개발 필요성

□ 양파 분자유종 시스템 구축

○ 양파 융성불임 관련 유전자 선발용 분자표지 개발

- 양파품종은 크게 고정종 품종과 F₁품종으로 구분되는데 고정종 품종은 채종이 간편한 반면 균일도 및 잡종강세가 떨어지는 단점이 있어 균일도와 잡종강세가 강한 F₁품종이 선호되고 있으며 가격 또한 F₁품종이 고정정에 비해서 몇 배 이상 비쌈.
- 그러나 F₁품종 종자생산을 위해서는 양친간의 타가수정을 해야 하는데 양파는 화기 구조상 인공교배는 경제성이 없고 자가불화합성은 존재하지 않아 융성불임성이 유일한 F₁품종 종자생산 도구임.
- 융성불임을 이용하여 F₁품종 종자를 생산하기 위해서는 융성불임친, 유지친, 회복친으로 구성된 three-line system이 반드시 갖추어 져야 함.
- Three-line system을 구성하는 계통들은 융성불임 세포질 타입과 회복유전자형이 특정한 타입으로 정해져 있어 교배를 통한 자식검정으로 판별하는 데는 4년에서 8년이 소요됨.
- 따라서 융성불임 세포질 및 회복유전자형을 판별하는 분자표지는 F₁분자유종 시스템 구축에 있어서 가장 기본적이고 중요한 도구임.
- 융성불임 회복유전자 선발용 분자표지를 활용할 경우 다양한 유지친을 효율적으로 단기간 내에 개발할 수 있으므로 고부가가치 F₁품종 개발에 반드시 필요함.

○ 양파 표준 유전자지도 기반 여교배 세대단축 기술 구축

- 양파는 2년생 작물이기 때문에 일반 1년생 작물에 비해서 육종 기간이 2배 이상 소요되어 1품종을 개발하는데 적어도 20년이 소요되는 단점이 있음
- 따라서 양파는 품종 출시기간을 단축시키면 빠른 시장 선점이 가능하기 때문에 분자표지 및 이를 이용한 세대단축기술이 어느 작물보다 효율적임.
- 예를 들면 최근 유럽에서 출시된 노균병 저항성 품종으로부터 노균병 저항성 유전자를 여교배 세대단축기술을 이용하여 국내 품종에 단기간 내에 도입하여 고부가가치 노균병 저항성 품종을 개발하는 연구가 필요함.

□ 양파의 유전적 다양성 확대

○ 내병성 품종 개발

- 양파는 야생종이 존재하지 않으며 재배종의 유전적 다양성은 매우 좁아 주요 병에 대한 저항성 자원이 전무한 실정
- 최근 노균병, 흑색썩음균핵병 등 주요병에 대한 피해가 확대되고 있는 추세로 농약 과다사용에 의한 식품안전성 및 환경오염 문제가 대두되고 있어 내병성 품종 개발이 절실히 요구되고 있음
- 최근 유럽에서는 중간교잡을 통한 노균병 저항성 품종이 40년 간의 연구 끝에 출시되어 고가로 판매되고 있어 고부가가치 품종 개발을 위해서는 다양한 내병성 품종 개발이 필요함.

○ 반수체 배양을 통한 다양한 순수계통 개발

- 양파는 자식열세 현상이 심한 작물로 반복된 자가수정을 통하여 순수계통을 육성하는 것을 불가능함.
- F₁ 품종에 이용되는 양친의 유전적 순도가 떨어져 결국 F₁품종의 균일성이 떨어지는 문제가 발생
- 반수체 배양을 통한 순수계통을 이용하여 고순도 F₁품종 개발이 필요함.
- F₁품종 개발이 필요한 유지친을 육성하기 위해서는 10년 이상의 오랜 기간이 소요되는데 반수체 배양을 통하여 유지친을 육성할 경우 단기간 내에 다양한 유지친 계통을 육성할 수 있어 다양한 고부가가치 F₁품종을 단기간 내에 육성할 수 있음.

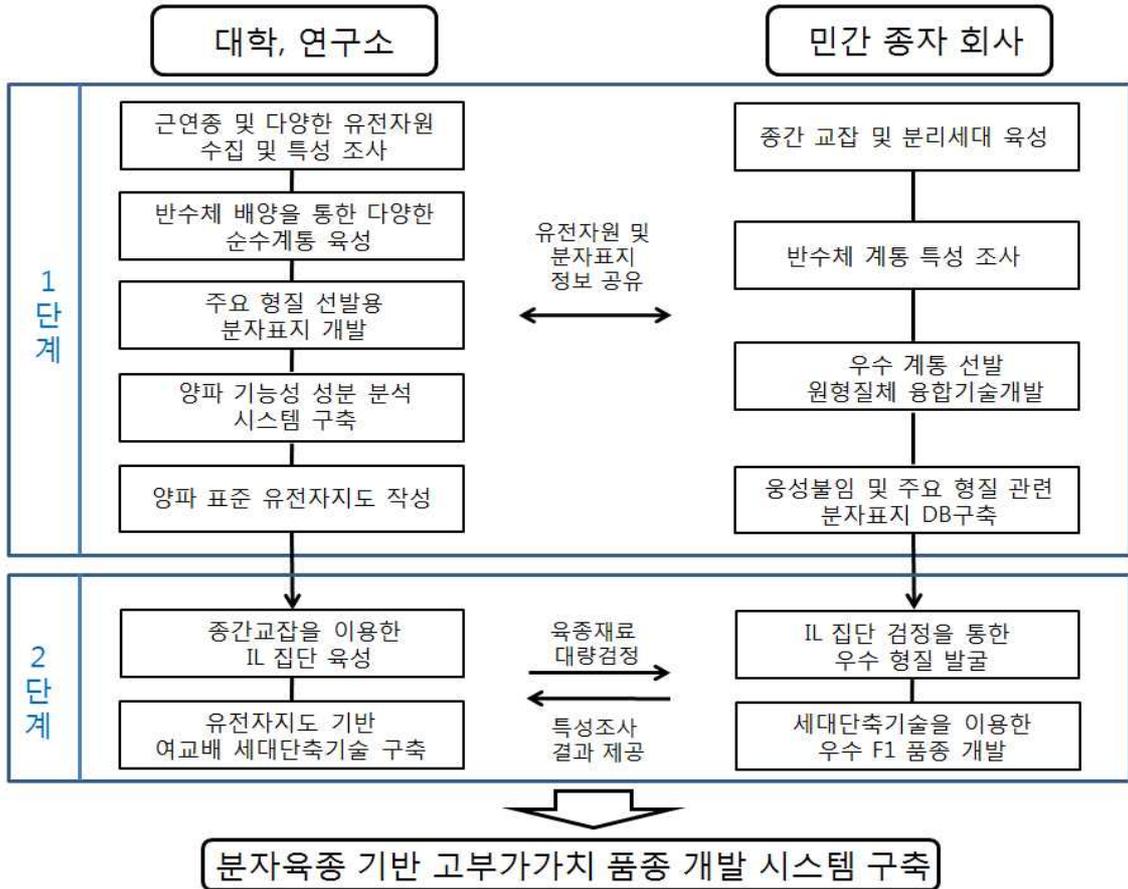
3. 기존 연구와의 중복성 및 연계방안

□ 육종기반구축

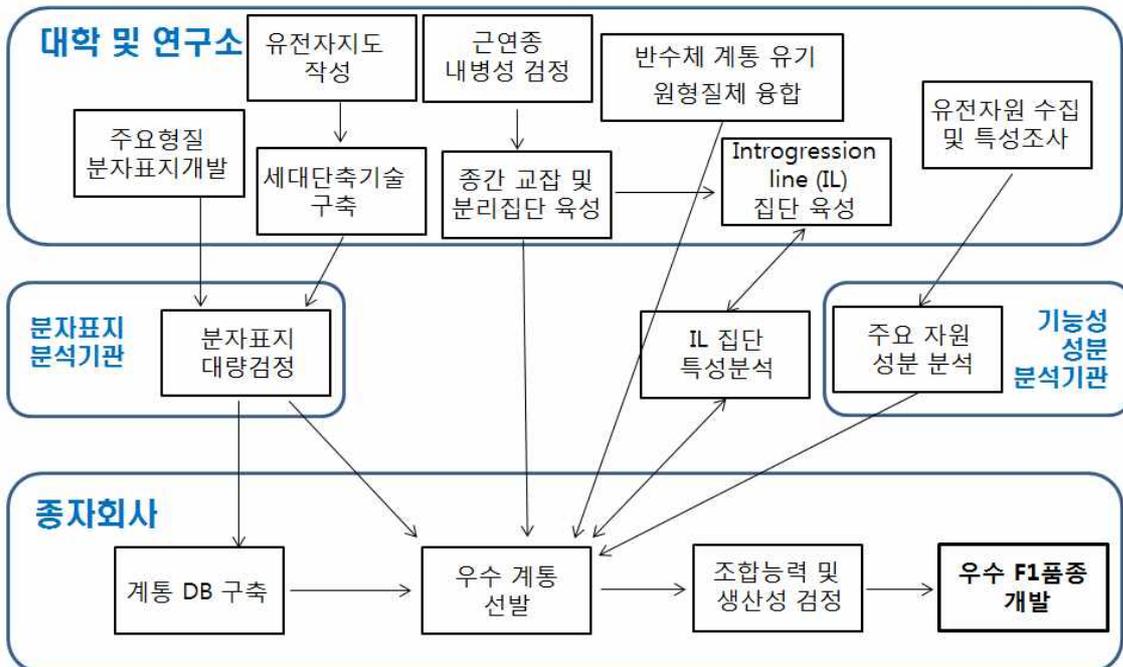
- 양파 분자유종 시스템 구축 및 옹성불임 관련 유전자 분자표지 개발
 - 농촌진흥청에서 양파 분자유종시스템 구축 및 옹성불임 관련 유전자 선발용 분자표지 개발 과제를 진행하였지만 이 과제는 2012년 종료 되므로 중복성에는 문제가 없음. 따라서 이 과제에서 발굴된 성과를 적극 활용하면 기술개발 기간을 크게 단축 시킬수 있을 것으로 생각 됨.
- 분자유종기술을 이용한 고기능성 유색양파 품종개발
 - 양파 구피색 선발용 분자표지를 이용한 기능성 유색양파 품종 개발을 하는 농림부 주관 과제가 있지만 이 과제는 내년 6월에 종료 되므로 기간이 거의 겹치지 않으므로 중복성은 문제가 되지 않을 것으로 생각 됨. 따라서 이 과제에서 나온 성과물을 이용한다면 보다 효율적으로 기술개발을 할 수 있을 것으로 생각 됨

4. 프로젝트 추진체계 및 추진전략

□ 프로젝트 추진체계



□ 프로젝트 추진전략



5. 프로젝트 Micro 로드맵

과제명		중간 내병성 양과 품종육성을 위한 분자 육종기술 확립									
단계별 목표		1단계				2단계					최종목표
		품종 개발을 위한 분자육종 기반구축 및 육종소재 개발				품종 개발 및 개발품종 보급 주요 형질 분자표지 개발 및 응용					MAB 기술개발, 응성불임, 주요 형질, 순도검정 등 분자표지 개발
중점연구영역		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	기술별 목표
양과 분자육종 기반 구축 및 주요 형질 관련 분자표지 개발	여교배 세대단축기술(MAB) 개발	노균병 저항성 분자표지 개발 MAB 전략 수립 및 여교배				노균병 저항성 계통 선발					MAB 기술개발, 응성불임, 주요 형질, 순도검정 등 분자표지 개발
	응성불임 관련 분자표지 개발	응성불임 연관된 분자표지 개발 유전자지도 작성				임성회복 유전자 관련 초정밀 지도작성					
	주요 형질관련 분자표지 개발	덜 매운 계통, 당도가 높은 계통 등의 다양한 유전자원 수집				대표적 형질(매운맛, 당도 등)에 대한 QTL 분석과 주요 QTL 산발용 분자표지 개발					
	F1종자 순도검정용 분자표지 개발	재배품종에 대한 분자표지 개발				원종계통의 homozyosity 분석 및 특정 마커 고정					
중간 원연교배를 통한 양과 품종 개발	중간교잡	유전자원 및 특성평가				유전자원 도입					중간교잡 내병성 계통 육성
	반수체 육종기술	반수체 육종기술 개발				반수체를 이용한 계통육성					

6. 세부프로젝트 추진계획

1) 세부프로젝트 1 : 양과 분자유종 기반구축 및 주요 형질 관련 분자표지 개발

(1) 세부프로젝트 도출 배경

□ 분자유종 시스템 도입을 통한 양과 육종 효율 제고

○ 낙후된 양과 분자유종 시스템

- 국내 양과 종자시장 규모는 2011년 약 234억원으로 고추, 무에 이어 3위를 차지하는 중요한 작물이지만 수입 규모는 약 27억 원으로 1위를 차지하고 있어 매년 양과 생산에 있어 종자대가 차지하는 비중이 증가하고 있음.
- 따라서 높은 양과 종자 수입의존도를 해소하고 나아가 새로운 수출시장을 개척할 수 있는 품종 개발이 요구됨.
- 양과는 2년생 작물로 자식열세현상이 강하여 다른 1년생 작물에 비해서 육종 기간이 2배 이상 소요되고 계통을 순수하게 유지하기가 어려워 품종 육종이 매우 어려운 작물임.
- 양과의 유전체 크기는 약 15,200 Mb로 옥수수 보다 6배, 벼 보다 36배, 모델 식물인 Arabidopsis 보다 107배나 크기 때문에 유전체 연구가 다른 작물에 비해서 크게 뒤져 있음.
- 1998년 최초의 양과 유전자지도가 보고된 이래로 몇 가지 low-density map만 보고되고 있어 정밀한 유전자지도 작성이 필요함.
- 양과는 육종 기간이 길기 때문에 여교배 세대단축기술과 같이 육종 기간을 단축시킬수 있는 기술이 그 어느 작물보다도 효과적임.
- 여교배 세대단축기술과 함께 세포 융합기술을 이용하여 단 기간 내에 융성불임친과 isogenic한 유지친을 육성하는 기술 개발도 필요 함.
- 따라서 낙후된 국내 관행육종 기술 수준을 높이고 나아가 세계 양과 종자시장을 선점하기 위해서는 분자유종시스템 도입이 가장 절실한 과제 임.

○ F1품종 육종에 필수 도구인 융성불임 관련 유전자에 대한 연구부족

- 양과 품종은 크게 고정종과 F1품종이 있는데 F1품종이 균일하며 수확량이 많은 장점이 있기 때문에 현재는 전세계적으로 고정종에서 F1품종으로 전환되고 있는 시점 임.
- 양과에서 F1품종 종자생산을 위해서는 인공교배는 화기 구조 상 경제성이 없고 자가불화합 현상은 없기 때문에 융성불임성 유일한 F1품종 종자 채종 수단임.
- 양과에는 2종류 (CMS-S와 CMS-T)의 융성불임이 존재하는데 CMS-T는 임성 회복유전자가 3개 이상 존재하여 분자유종 시스템에는 부적합 한 반면 CMS-S는 임성 회복유전자가 1개 존재하면 다양한 환경에도 융성불임성이 안정적인 장점이 있어 분자유종시스템에 적합한 종류 임.
- 현재 융성불임 종류를 판별하는 분자표지는 개발되어 있지만 임성 회복 유전자 선발용 분자표지는 다양한 종류가 발표되었지만 정확하게 회복 유전자형을 예측할 수 있는 분자표지는 아직 개발 되지 못함.
- 임성 회복유전자를 클로닝하여 유전자에 기반한 functional marker를 개발할 경우 4-8년

소요되는 자식검정을 대체해서 단 하루 만에 유전자형을 식별하여 유지친과 회복친으로 분류할 수 있어 양과 F₁품종 육종기간을 크게 단축 시킬수 있음.

- 심한 자식열세 현상으로 인한 낮은 F₁ 품종 종자 순도
- 양과는 자식열세 현상이 심한 작물로 자가수정을 반복하여 순계를 육성하기가 어려움.
- 따라서 형매교매를 실시하여 F₁품종의 양친을 유지하기 때문에 F₁종자를 생산할 때 F₁의 순도가 떨어지는 문제가 있음.
- 또한 양친 계통의 heterozygosity가 다른 작물에 비해서 상대적으로 높기 때문에 분자표지를 이용한 F₁ 종자 순도 검정에 어려움이 있어 고순도 F₁품종 개발에 문제가 되고 있음.
- 따라서 정밀한 유전자지도를 기반으로 다양한 F₁종자 순도 검정용 분자표지 개발이 필요함.

(2) 세부프로젝트 최종 목표

- 양과 유전자지도를 활용한 여교배 세대단축기술 (Marker assisted backcrossing: MAB) 개발
 - MAB에 적합한 최적의 분자표지 조합을 표준 유전자지도에서 선발
 - MAB에 활용되는 주요 분자표지를 이용하여 주요 육종계통 haplotyping 실시
- 웅성불임 관련 유전자 선발용 분자표지 개발
 - 정확도 높은 웅성불임 임성 회복유전자 연관 분자표지 개발
 - 웅성불임 임성 회복 유전자 분리 및 이에 기반한 functional marker 개발
 - 웅성불임 세포질 및 회복유전자형에 대한 육종계통 DB 구축
- 여교배 세대단축기술 (MAB)을 이용한 주요 형질 도입
 - MAB기술을 이용한 노균병 저항성 계통 육성
- 주요 형질관련 분자표지 개발
 - 매운맛, 고형성분 등 주요 형질 선발용 분자표지 개발
 - 노균병 저항성 선발용 분자표지 개발
- 양과 F₁종자 순도검정용 분자표지 개발
 - 양과 F₁종자 순도검정에 적합한 분자표지 개발
 - 순도 검정용 분자표지를 이용한 주요 양친 계통 분자표지 유전자형 DB구축
 - F₁품종 원종 계통 순도 향상을 위한 분자표지 조합 개발

(3) 세부프로젝트의 추진방법 및 전략

□ 추진방법

○ 표준 유전자지도 기반 여교배 세대단축기술 (Marker assisted backcrossing: MAB) 개발

■ 제 1단계 (2013-2016)

- 작성된 표준 유전자지도를 기반으로 하여 노균병 저항성에 대해서 최적의 foreground, recombinant, background selection marker를 선발
- 선발된 분자표지를 가지고 MAB 전략을 수립하고 여교배를 실시

■ 제 2단계 (2017-2021)

- MAB를 이용한 여교배 분리세대에서 노균병 저항성 계통 선발

○ 음성불임 관련 유전자 선발용 분자표지 개발

■ 제 1단계 (2013-2016)

- Bulk segregant analysis 방법을 이용하여 음성불임 임성 회복 유전자와 가까이 연관된 분자표지 개발
- 임성 회복 유전자 연관 분자표지의 정확한 거리 산출을 위한 대량 분리집단 육성 및 recombinant 개체 선발
- 기존에 보고된 회복 유전자 연관 분자표지들과 신규로 개발된 분자표지를 이용한 통한 유전자지도 작성

■ 제 2단계 (2017-2021)

- 대량 분리집단을 이용하여 임성 회복 유전자 연관 초정밀 지도 작성
- 임성 회복유전자가 음성 및 열성 동형접합으로 있는 양친계통의 transcriptome data를 이용하여 후보 유전자 도출 및 연관성 검증
- 임성 회복유전자가 분리되는 분리집단을 이용하여 BSA와 transcriptome data를 결합하여 회복유전자와 연관된 발현되는 유전자 탐색 및 그로부터 후보 유전자 탐색
- BAC library를 제작하여 양과 임성 회복유전자 클로닝 및 유전자 변이에 기반한 functional marker 개발

○ 여교배 세대단축기술 (MAB)을 이용한 주요 형질 도입

■ 제 1단계 (2013-2016)

- 최근 유럽에서 출시된 노균병 저항성 품종 수집 및 내병성 검증 실시
- 국내에서 재배되는 주요 품종의 양친 계통에 여교배 실시

■ 제 2단계 (2017-2021)

- 표준유전자지도를 이용하여 최적의 foreground, recombinant, background selection marker 선발

- 수립된 MAB 전략에 기반하여 여교배 3세대 안에 주요 형질이 도입된 계통 선발
- 선발된 개체의 노균병 저항성 검정 실시

○ 주요 형질관련 분자표지 개발

■ 제 1단계 (2013-2016)

- 덜 매운 계통, 당도가 높은 계통 등 다양한 유전자원 수집
- 효율적인 노균병 저항성 개체 선발을 위한 분자표지 개발

■ 제 2단계 (2017-2021)

- 매운맛, 당도 등 대표적인 형질에 대한 QTL 분석 실시
- 주요 QTL 선발용 분자표지 개발

○ 양파 F1종자 순도검정용 분자표지 개발

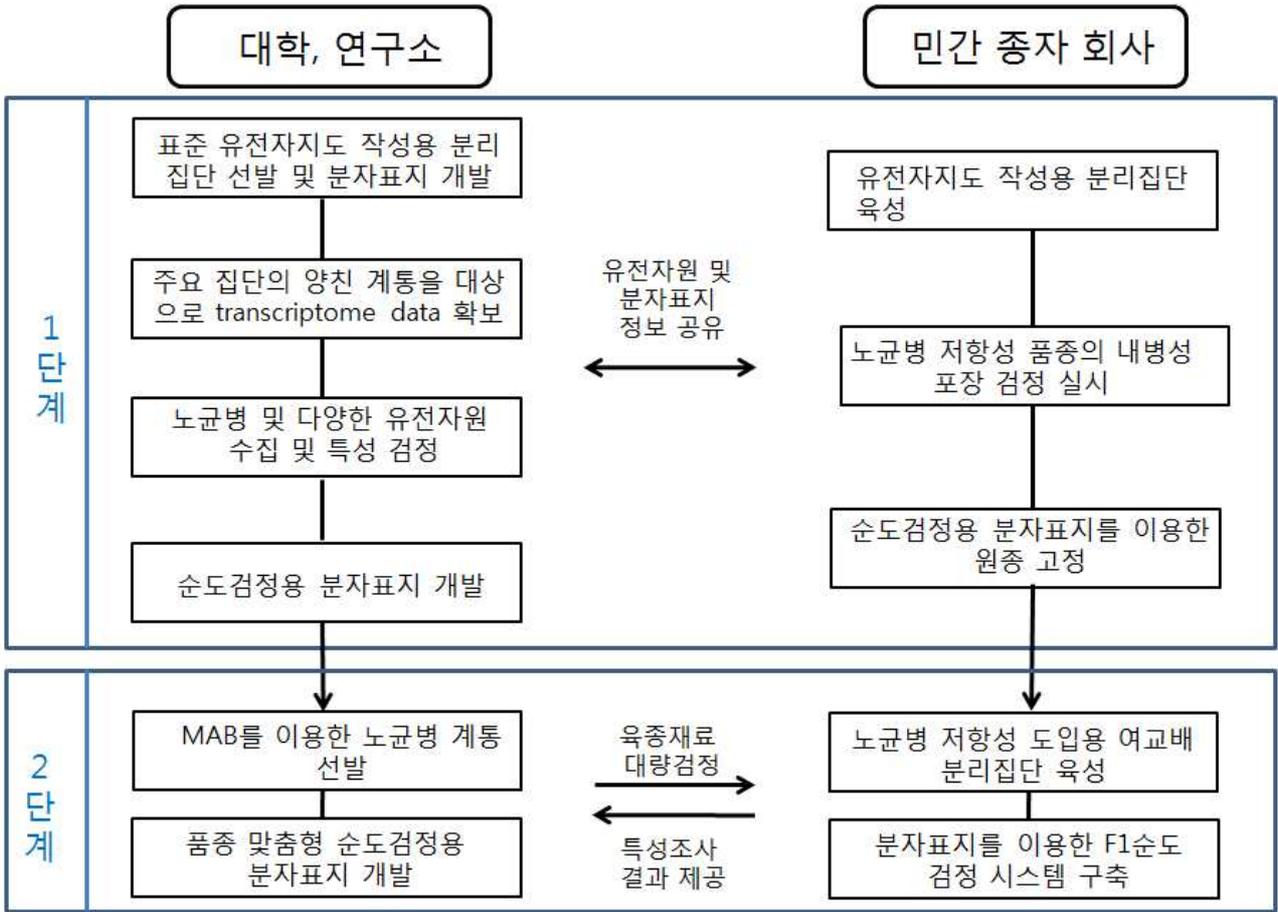
■ 제 1단계 (2013-2016)

- 현재까지 개발된 양파 분자표지 조사 및 DB 구축
- 개발된 분자표지들 중에서 대량검정에 적합하고 분석비용이 경제적인 분자표지를 선발하거나 기 개발된 분자표지를 경제성 있는 형태로 변형
- 개발된 순도검정용 분자표지를 이용하여 주요 종자회사가 보유하고 있는 주요 품종의 양친 계통에 대해서 마커 타입 분석 및 DB 구축
- 각각의 품종별로 적합한 최적의 분자표지 선발

■ 제 2단계 (2017-2021)

- 순도검정용 분자표지를 이용하여 원종계통의 homozygosity를 분석하여 원종증식시 특정 마커 타입으로 고정
- 생산된 F1 종자를 대상으로 분자표지를 이용한 순도 검정과 포장 검정 결과를 비교하여 분자표지를 이용한 순도검정의 정확도 및 효율성 검정

□ 추진체계



(4) 세부프로젝트 성과지표 설정 방안

예상성과항목		1단계	2단계	총계	주요 고려사항	
공 통 지 표	종자개발 건수					
	품종등록 건수	국내				
		국외				
	종자수출액					
	수입대체 효과					
	국내논문	SCI	2	2	4	
		등재학술지				
	국외논문	SCI	3	4	7	
		비SCI				
	국내특허	출원	1	3	4	
		등록				
	국제특허	출원		2	2	
		등록				
	매출액	국내				
국외						
기술이전			2	2		

특 성 지 표	인력양성	8	10	18		
	기반구축 실적					
	D/B 구축	1	2	3	민간 종자회사와 협력 추진	
	분자마커	4	10	14		
	유용유전자					

(5) 세부프로젝트 최적 연구진 구성안

□ 대학과 민간 및 국가 연구기관 공동연구

○ 후보 연구기관 (대학)

- 전남대학교 (표준 유전자지도 작성, 옹성불임 임성 회복유전자 연관 분자표지 개발, MAB 전략 수립)

○ 후보 연구기관 (민간 연구소)

- 농우바이오 (MAB전략 수립 및 여교배 분리집단 육성, 순도검정용 분자표지 개발)

- 동부팜한농 (MAB전략 수립 및 여교배 분리집단 육성, 순도검정용 분자표지 개발)

(6) 세부프로젝트 예산

세부프로젝트명	구분	1단계				2단계					총계
		연구기간	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	
양과 분자육종 기반 구축 및 주요 형질관련 분자표지 개발	정부(억원)	1.62	4.37	4.05	4.08	3.98	3.98	4.09	4.09	4.09	34.35
	민간(억원)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	합계	1.62	4.37	4.05	4.08	3.98	3.98	4.09	4.09	4.09	34.35

○ 현재 양과는 고추, 무에 이어 종자시장에서 3위를 차지하는 주요한 작물임에도 불구하고 낙후된 육종 시스템으로 투자가 요구됨. 따라서 대학 연구소를 주로 하여 34.35억원을 투자해서 분자 육종 시스템 기반 구축을 함

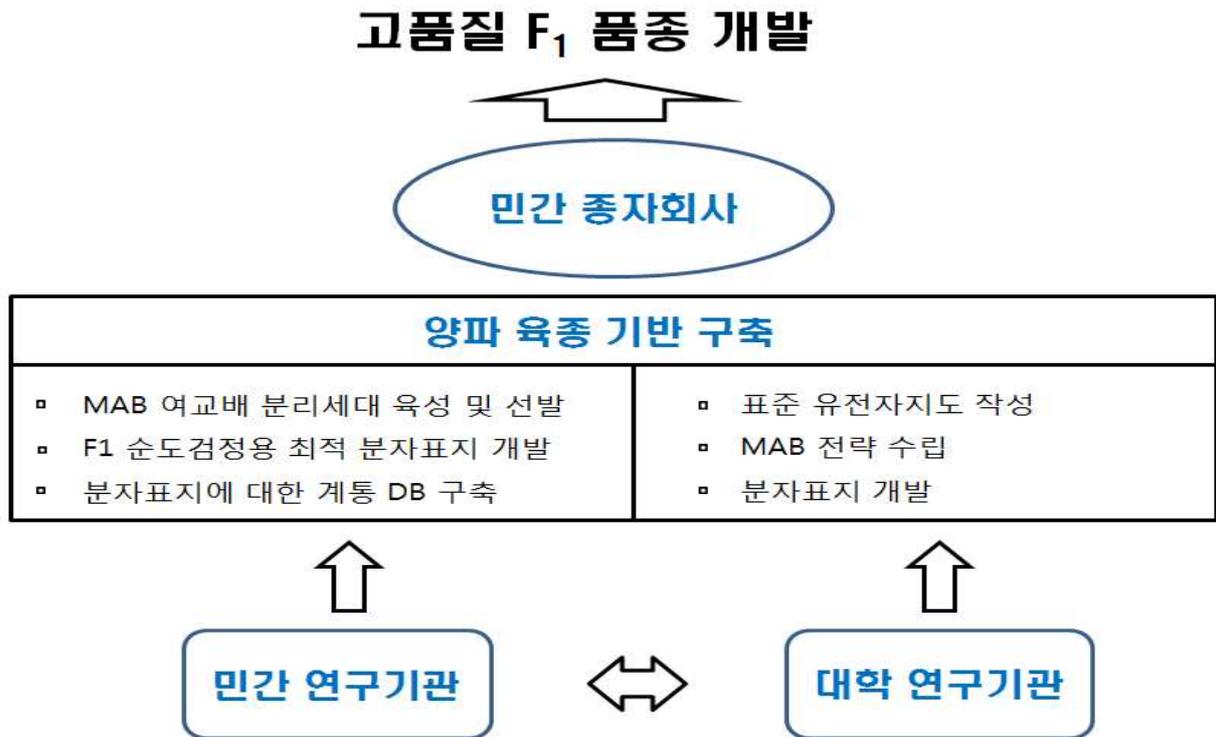
- 표준 유전자지도 기반 여교배 세대단축기술 (Marker assisted backcrossing: MAB) 개발, 옹성불임 관련 유전자 선발용 분자표지 개발, 여교배 세대단축기술 (MAB)을 이용한 주요 형질 도입, 주요 형질관련 분자표지 개발, 양과 F1종자 순도검정용 분자표지 개발 등을 집중 투자함

(7) 종자개발을 통한 수출증대 및 수입대체 전략

○ 대학, 국가 및 민간 연구소가 협력하여 핵심 기술을 개발하여 육종기반을 구축함으로써 민간 종자회사가 개발된 기술과 자원을 활용하여 중장기 품종 개발 전략을 수립하는데 기여하여 단기적으로 수입대체효과와 장기적으로 수출시장 개척 효과를 기대

○ 육종기반 구축을 통해서 지속적인 고품질 양과 F1품종 육성을 뒷받침함으로써 양과육종강국의 지위를 얻고 유지하도록 하는데 기여하고자 함.

□ 육종기반 구축 및 고품질 F1품종 육성 전략



(8) 세부프로젝트 사업제안요구서(RFP)

프로젝트명	중간 내병성 양과 품종육성을 위한 분자 육종기술 확립		
세부 프로젝트명	양과 분자유종 기반구축 및 주요 형질 관련 분자표지 개발		
연구 기간	2013 ~ 2021 (9 년)	연구비 지원범위	총 1,800백만원 (년, 정부 200백만원)
과제 성격	<input checked="" type="checkbox"/> 실용화기술(통합형과제)		<input type="checkbox"/> 실용화기술(개별과제)
	<input type="checkbox"/> 원천기술		<input type="checkbox"/> 공공기반기술
연구 개발 목표	○ 최종목표 : 양과 분자유종시스템 구축 및 우수계통 개발		
	○ 세부프로젝트목표 - 유전자지도 기반 여교배 세대단축기술 (Marker assisted backcrossing: MAB) 개발 - MAB를 이용한 노균병 저항성 계통 개발 - 융성불임 임성 회복유전자 선발용 분자표지 개발 - 양과 F1종자 순도검정 및 향상용 분자표지 개발		
연구 필요성	○ 낙후된 양과 분자유종 시스템 - 양과는 2년생 작물이며 유전체 크기가 매우 크기 때문에 다른 주요 작물에 비해서 분자유종에 관한 연구가 크게 뒤짐		
	○ F1품종 육종에 필수 도구인 융성불임 관련 유전자에 대한 연구부족 - 양과는 F1종자 채종을 위해서는 융성불임을 이용해야 하지만 이에 대한 체계적인 연구와 정확도 높은 분자표지 개발이 미진한 실정임. ○ 심한 자식열세 현상으로 인한 낮은 F1 품종 종자 순도 - 자식열세현상에 의한 양친계통의 낮은 순도로 인하여 체계적인 F1품종 순도검정용 분자표지 개발이 어려움.		
주요 연구 내용	○ MAB 기술 개발 - 정밀한 유전자지도 기반 여교배 세대단축기술 개발		
	○ 융성불임 관련 유전자 선발용 분자표지 개발 - 정확도 높은 융성불임 임성 회복유전자 연관 분자표지 개발 - 융성불임 임성 회복 유전자 분리 및 이에 기반한 functional marker 개발 - 융성불임 세포질 및 회복유전자형에 대한 육종계통 DB 구축 ○ MAB를 이용한 주요 형질 도입 - MAB기술을 이용한 노균병 저항성 계통 육성 ○ 주요 형질 관련 분자표지 개발 - 매운맛, 고형성분 등 주요 형질 연관 분자표지 개발 ○ 양과 F1종자 순도검정용 분자표지 개발 - 양과 F1종자 순도검정 및 원종계통 순도향상을 위한 분자표지 개발 - 순도 검정용 분자표지를 이용한 주요 양친 계통 분자표지 유전자형 DB구축		
시장 전망 및 기대 효과	○ 대학, 국가 및 민간 연구소가 협력하여 핵심 기술을 개발하여 육종기반을 구축함으로써 민간 종자회사가 개발된 기술과 자원을 활용하여 중장기 품종 개발 전략을 수립하는데 기여하여 단기적으로 수입대체효과와 장기적으로 수출시장 개척 효과를 기대		
자격 및 신청 요건	○ 연구기관 자격 : 대학, 민간, 국가 연구기관		
	○ 신청 요건 : 분자유종기술 개발 시스템 구비		
Keyword	한 글	양과, 여교배세대단축기술, 순도검정	
	영 문	Onion, Marker-assisted backcrossing, F1 genetic purity test	

2) 세부프로젝트2 : 중간 원연 교배를 통한 양파 품종개발

(1) 세부프로젝트 도출 배경

□ 양파 유전적 다양성 부족으로 인한 고부가가치 품종 개발의 한계

○ 내병성 유전자원의 부족과 내병성 품종에 대한 수요 증가

- 양파는 재배기간 동안 많은 종류의 병원균의 침입을 받는데 박테리아 감염에 의한 병이 8종, 곰팡이에 의한 병이 23종, 바이러스에 의한 병이 3종, 그 밖에 선충 및 총채벌레에 의한 피해가 보고되고 있으나, 양파 유전자원에는 이들 병에 저항성을 보이는 계통이 거의 전무한 실정임.
- 다른 작물의 경우 야생종으로부터 내병성과 같은 형질을 도입하고자 하는 노력이 오래 전부터 활발하게 진행되고 있으나 양파는 야생종이 아직까지 발견되지 않고 있음.
- 중간교잡은 수세기동안 유전전이 변이를 확대하는 수단으로 이용되어 왔고 단기간에 새로운 작물을 개발하거나 유용한 형질들을 중간에 도입하는 수단으로 이용되어 왔으며, 특히 질병 저항성과 중요한 농업적인 형질들은 중간교잡 F1에 back-crossing 방법을 이용하여 새로운 형질들을 도입하는 방식을 활용해오고 있음.
- Allium 속에는 약 700여종의 식물이 포함되어 있어 육종소재로 개발하고자 하는 연구의 범위는 매우 큰 편에 속하지만, 양파의 병해충 저항성 도입에 유용한 종으로는 재배종인 *A. fistulosum*(파), *A. roylei*, *A. galanthum* 등이 알려져 있고, 이에 대한 연구는 일본, 미국, 유럽 등에서 활발하게 진행되고 있음.
- 유럽에서는 *A. roylei*와 같은 근연종으로부터 내병성 형질을 도입하고자 하는 노력이 1900년대 초반부터 시도되었고, 최근 유럽에서 노균병 저항성을 *A. roylei*로부터 도입한 내병성 신품종이 출시되었음.
- 노균병은 국내뿐만이 아니라 세계적으로도 양파에 가장 큰 피해를 주는 병으로 노균병 저항성 품종의 개발은 농약의 과다살포로 인한 환경오염과 식품 안정성 문제를 해결하고, 상대적으로 높은 부가가치를 얻을 수 있게 할 것임.
- 또한 양파의 기능성으로 인하여 양파가 건강기능식품으로 인식되면서, 파속 식물의 주요 성분인 quercetin과 같은 플라보노이드계 성분과 황화합물이 함량이 높은 품종개발이 요구되고 있고, 파속 작물 중에서 재배종이면서 양파와 유연과계가 가장 가까운 파나 샷롯(분구형양파)등에는 양파에 비하여 많은 양의 기능성물질들이 함유되어 있기 때문에 이

를 이용한 새로운 건강보조식품의 개발에 기여할 것으로 여겨짐

○ 새로운 옹성불임(CMS)개발의 필요

- 양과의 옹성불임은 F1종자의 상업적 생산방법으로 이용되고, 많은 원예작물에서 옹성불임을 이용하여 F1종자를 생산하고 있으며, 양과에서도 F1종자 생산에 두 종류의 옹성불임(CMS-S, CMS-T)이 개발되어 이용하고 있지만, 내병성 품종 개발에는 한계가 있음.
- 종간잡종을 이용한 새로운 CMS 개발은 양과육종 뿐만 아니라 샬롯과 같은 파속 채소육종의 cytoplasm gene pool을 확장하는 최선의 방법으로 여겨지고 있음.
- 종간교잡을 이용하여 새로운 CMS를 개발하려는 연구는 선진국일수록 활발하고, 일본에서는 야생종인 *A. galanthum*을 이용하여과의 F1 종자 생산에 이용되고 있으며, 양과에서도 *A. galanthum*, *A. fistulosum*, *A. ascalonicum* 등의 근연종을 이용하여 새로운 CMS 개발가능성이 높기 때문에, 새로운 CMS를 개발하여 이용하게 된다면 독자적인 품종육성을 뒷받침하는 육종소재로서의 활용가치가 매우 클 것임.

○ 반수체 배양을 통한 다양한 순수계통 육성

- 양과는 자식열세(inbreeding depression)가 심한 작물로 순수한 계통 유지가 매우 어려워서 F1품종의 종자순도가 떨어지고, 2년생 작물인 양과의 자가수정을 통한 순수계통 육성도 그만큼 오랜 기간이 걸리는 큰 단점이 있음.
- 그러나 반수체 배양을 통해서 다양한 계통을 단기간 내에 육성해낸다면 부족한 양과의 유전적 다양성을 확대하고, 우수한 순수 계통을 단기간 내에 육성할 수 있게 될 것임.

(2) 세부프로젝트 최종 목표

□ 근연종 및 다양한 양과 유전자원 수집 및 특성조사

- 양과와 교배가 가능한 근연종 수집 및 내병성 조사
- 야생 및 근연종의 농업적특성 및 성분특성 조사

□ 종간 교잡을 통한 내병성 형질 도입

- 종간 교잡 및 분리후대 집단 양성 및 특성 조사 실시
- 종간 교잡 분리집단을 이용한 유전자지도 작성
- 종간 교잡 집단을 이용한 Introgression line 집단 육성 및 특성 평가

□ 종간교잡을 통한 새로운 옹성불임(CMS)개발

- 종간교잡 및 여교잡세대의 세포질 특성평가
- 종간교잡 유래 옹성불임계통 육성

○ 신 융성불임계통의 종자생산성 검정

□ 양과 반수체 배양을 통한 다양한 계통 개발

○ 반수체 배양을 통한 우수 유지친 및 F₁ 양친계통 개발

(3) 세부프로젝트의 추진방법 및 전략

□ 추진방법

○ 근연종 및 다양한 양과 유전자원 수집 및 특성조사

■ 제 1단계 (2013-2016)

- 미국 ARS-GRIN, 유럽 유전자원센터 및 국내 유전자원 관리기관으로부터 근연종 유전자원을 수집
- 수집된 유전자원을 증식하여 국가 연구소에서 운영하는 주요병 발병 포장에 재식하여 내병성 특성 조사 실시
- 유망자원에 대한 기능성성분 분석

■ 제 2단계 (2017-2021)

- 특성조사와 병행하여 증식된 종자를 주요 민간 종자회사에 분양

○ 종간 교잡을 통한 내병성 형질 도입

■ 제 1단계 (2013-2016)

- 양과 노균병, 잎마름병, Pink root rot, 총채벌레에 대한 저항성을 보유한 것으로 알려진 *Allium roylei*, *A. galanthum*, *A. fistulosum*과 같은 근연종을 양과와 교배하여 여교배를 통하여 저항성 유전자 도입
- *A. roylei*, *A. galanthum*, *A. fistulosum*은 양과와 교배 친화성이 다른 종에 비해서 높은 편으로 hybrid 종자 생산에는 문제가 없을 것으로 생각되지만 필요한 경우 embryo rescue를 실시하여 hybrid를 생산

■ 제 2단계 (2017-2021)

- 분리집단을 이용하여 유전자 지도를 작성하여 저항성 유전자가 위치한 염색체 확인
- 저항성 유전자 연관 분자표지를 개발하여 세대단축기술을 이용하여 여교배 효율을 향상시킴.
- 선발된 내병성 계통은 민간 종자회사에 분양

○ 종간교잡을 통한 새로운 융성불임(CMS)개발

■ 제 1단계 (2013-2016)

- 기존의 세포질 도입에 이용된 주요 종들과 새로 수집된 종들의 세포질 특성을 검정하여

- 양과의 세포질과 유연관계가 가까운 종 선발
- 중간교잡 집단을 육성하고 여교잡계통 육성
- 여교잡 계통의 세포질 분석을 통한 유망 세포질 선발

■ 제 2단계 (2017-2021)

- 신 융성불임계통의 조합능력 검정
- 선발된 유망 융성불임계통의 계통의 민간종묘회사에 분양하여 F1 조합능력 검정 및 생산력 검정

○ 양과 반수체 배양을 통한 다양한 계통 개발

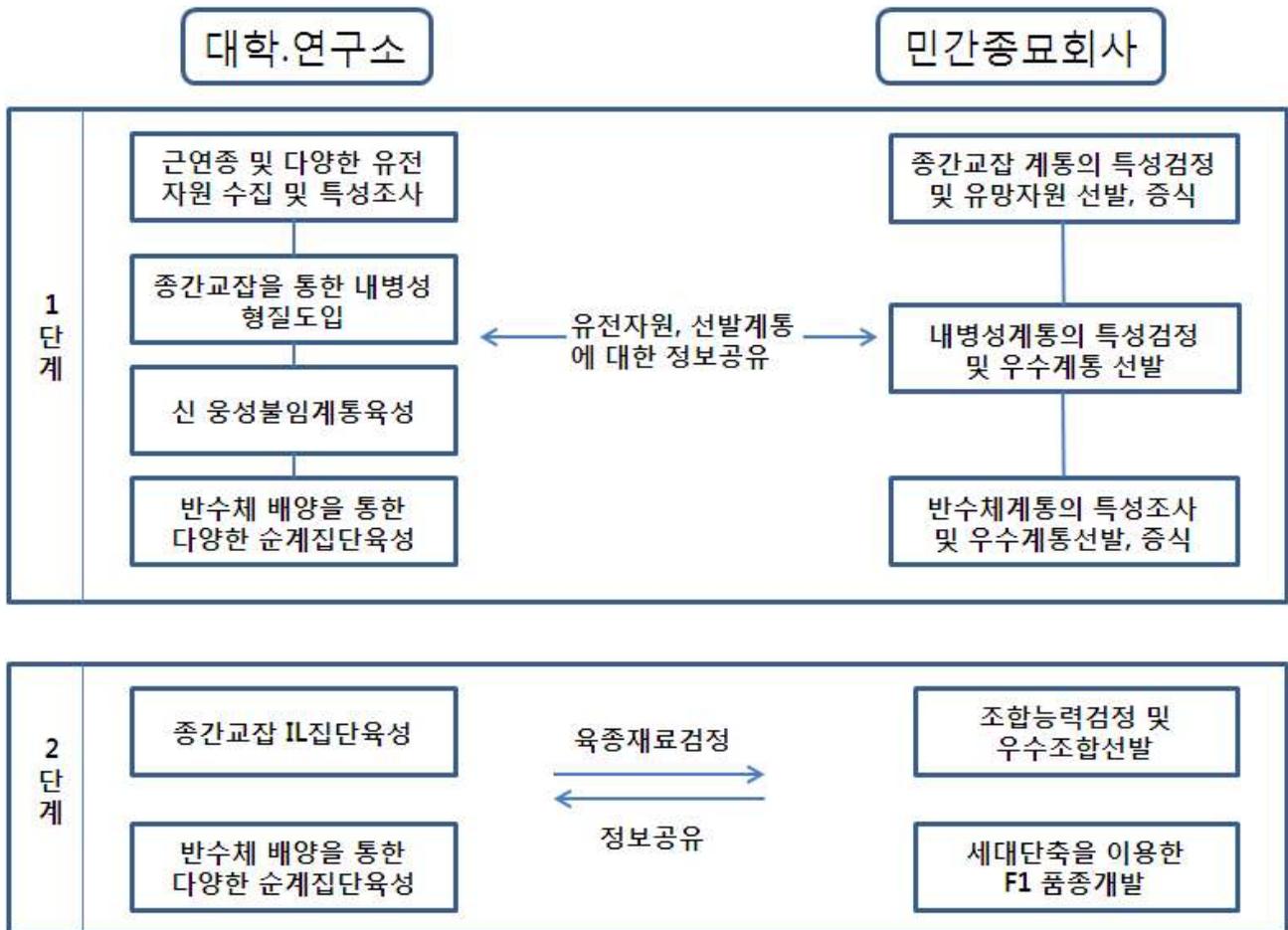
■ 제 1단계 (2013-2016)

- 국내 주요 민간 종자회사가 보유한 elite line 및 우수 F1 품종을 mother plant로 하여 자방배양을 실시
- 유기된 반수체를 염색체 배가시킨 다음 순수계통을 육성

■ 제 2단계 (2017-2021)

- 육성된 순수계통의 특성 및 조합능력을 검정하여 우수 계통 선발
- 육성계통 민간종묘회사에 공급 성능평가 및 보급

□ 추진체계



(4) 세부프로젝트 성과지표 설정 방안

예상성과항목		1단계	2단계	총계	주요 고려사항	
공 통 지 표	종자개발 건수					
	품종등록 건수	국내				
		국외				
	종자수출액					
	수입대체 효과					
	국내논문	SCI	4	4	8	
		등재학술지				
	국외논문	SCI		1	1	
		비SCI				
	국내특허	출원		1	1	
		등록				
	국제특허	출원				
		등록				
	매출액	국내				
국외						
기술이전		3	3			

특 성 지 표	인력양성					
	기반구축 실적					
	D/B 구축					
	분자마커	2	2	4		
	유용유전자					

(5) 세부프로젝트 최적 연구진 구성안

□ 대학과 민간 및 국가 연구기관 공동연구

○ 후보 연구기관 (대학)

- 전남대학교 (용성불임 선발용 분자표지 개발)

○ 후보 연구기관 (국가 연구소)

- 바이오에너지작물센터 (종간교잡계통육성 및 내병성 특성 검정)

- 국립 원예특작과학원 (반수체 배양)

- 양과연구소 (종간교잡 및 주요 성분 특성 검정)

○ 후보 연구기관 (민간 연구소)

- 농우바이오 (IL line 특성 검정, MAB 시스템 구축)

- 동부팜한농 (IL line 특성 검정, MAB 시스템 구축)

(6) 세부프로젝트 예산

세부프로젝트명	구분	1단계				2단계					총계
		연구기간	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	
중간 원연구배를 통한 양과 육종소재 개발	정부(억원)	1.2	3.24	3	3.02	2.95	2.95	3.03	3.03	3.03	25.45
	민간(억원)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	합계	1.2	3.24	3	3.02	2.95	2.95	3.03	3.03	3.03	25.45

○ 전적 다양성 부족으로 인한 고부가가치 품종 개발의 한계가 있어 새로운 용성불임(CMS)의 개발이 필요함. 따라서 정부에서 25.45억원, 총 25.45억원의 예산을 편성함

- 편성된 예산으로 근연종 및 다양한 양과 유전자원 수집 및 특성조사, 종간 교잡을 통한 내병성 형질 도입, 종간교잡을 통한 새로운 용성불임(CMS)개발, 양과 반수체 배양을 통한 다양한 계통 개발 등의 적극 투자함

(7) 종자개발을 통한 수출증대 및 수입대체 전략

□ 대학, 국가 및 민간 연구소가 협력하여 핵심 기술을 개발하여 육종기반을 구축함으로써 민간 종자회사가 개발된 기술과 자원을 활용하여 중장기 품종 개발 전략을 수립하는데 기여하여 단기적으로 수입대체효과와 장기적으로 수출시장 개척 효과를 기대

(8) 세부프로젝트 사업제안요구서(RFP)

프로젝트명	중간 내병성 양파 품종육성을 위한 분자 육종기술 확립		
세부 프로젝트명	중간 원연 교배를 통한 양파 품종개발		
연구 기간	2013 ~ 2021 (9 년)	연구비 지원범위	총 2,700백만원 (년, 정부 200백만원, 민간 100백만원)
과제 성격	<input checked="" type="checkbox"/> 실용화기술(통합형과제)		<input type="checkbox"/> 실용화기술(개별과제)
	<input type="checkbox"/> 원천기술		<input type="checkbox"/> 공공기반기술
연구 개발 목표	<ul style="list-style-type: none"> ○ 최종목표 :중간 및 중내 원연 교배를 통한 양파 유전적 다양성 확대와 우수계통 개발 ○ 세부프로젝트목표 <ul style="list-style-type: none"> - 근연종 및 다양한 양파 유전자원 수집 및 특성조사 - 중간 교잡을 통한 내병성 형질 도입 - 양파 반수체 배양을 통한 다양한 계통 개발 		
연구 필요 구성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 내병성 유전자원의 결핍 <ul style="list-style-type: none"> - 양파는 야생종이 없고 재배종에는 주요병에 대한 저항성 유전자원이 거의 전무한 실정으로 교배가 가능한 근연종에서 저항성 도입이 필요함. ○ 반수체 배양을 통한 다양한 순수계통 육성 <ul style="list-style-type: none"> - 자식열세가 심한 양파에서 반수체 배양을 통한 다양한 순계 육성 필요 		
주요 연구 내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 근연종 및 다양한 양파 유전자원 수집 및 특성조사 <ul style="list-style-type: none"> - 양파와 교배가 가능한 근연종 수집 및 내병성 조사 - 다양한 특성을 보유한 양파 품종 및 계통 수집 및 특성 조사 ○ 중간 교잡을 통한 내병성 형질 도입 <ul style="list-style-type: none"> - 중간 교잡 및 분리후대 집단 양성 및 특성 조사 실시 - 중간 교잡 분리집단을 이용한 유전자지도 작성 - 중간 교잡 집단을 이용한 Introgression line 집단 육성 및 특성 평가 ○ 양파 반수체 배양을 통한 다양한 계통 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 반수체 배양을 통한 우수 유지친 및 F1 양친계통 개발 		
시장 전망 및 기대 효과	<ul style="list-style-type: none"> ○ 대학, 국가 및 민간 연구소가 협력하여 핵심 기술을 개발하여 육종기반을 구축함으로써 민간 종자회사가 개발된 기술과 자원을 활용하여 중장기 품종 개발 전략을 수립하는데 기여하여 단기적으로 수입대체효과와 장기적으로 수출시장 개척 효과를 기대 		
자격 및 신청 요건	○ 연구기관 자격 : 대학, 민간, 국가 연구기관		
	○ 신청 요건 : 분자육종기술 개발 시스템 구비		
Keyword	한 글	양파, 중간교잡, 반수체 배양, 병저항성	
	영 문	Onion, Interspecific hybrid, Doubled haploid, Disease resistance	

제5절. 세포융합을 통한 우량 양과 음성불임 계통육성

1. 연구개발 목표

□ 최종목표

- 세포융합을 통한 음성불임 및 유지친 조합 단기 개발
 - 양과의 육종기간을 단축하기 위한 비대칭 세포융합 기술 구축 및 응용
 - 계통 육성시 A line(MS)과 B line(유지친)의 핵이 동일하게 핵치환하여 고순도 계통을 확보하며 육종기간을 단축하게 함.

□ 단계별 목표

프로젝트 목표	단계별 목표	
	1단계	2단계
세포융합에 의한 우량 육종소재 및 음성불임친 개발	<ul style="list-style-type: none"> - 양과 원형질체 확보 및 융합체의 재분화 과정 구축 - 비대칭 세포융합(핵치환)에 의한 양과 융합체 선발 - 비대칭 세포융합에 필요한 핵구분마커와 세포질 구분 마커의 개발 - B line의 핵으로 A line 핵 치환 후 식물체 확보 - A line의 핵으로 B line 핵 치환 후 식물체 확보 - 융합 식물체 검정(마커로 확인) 및 종자 확보 - 육성부서에 이전하여 종자 확보 및 품종 육성 	<ul style="list-style-type: none"> - 대량 세포융합체 확보 및 세대 진전, 유전자원 확보 기술 구축 - 다양한 A, B line 구축으로 고순도 계통 개발 - Elite 고순도 F1 hybrid의 핵을 B line에 치환 및 융합체 확보 - F1 유래 융합체(heterozygote)의 선발 및 계통 육성 - 화퇴배양 실시하여 고순도 고정 을 통한 유전자원 확보하며, MS line과 핵치환하여 A, B line 융합체 확보 및 선발 (마커로 확인) - 육성부서에 이전하여 종자 확보 및 품종 육성

2. 연구개발 필요성

□ 양파 품종의 순도 제고 및 육성기간 단축

- 국내 양파는 최근 여러 품종이 출시가 되고 있지만 전체적으로 품종의 순도가 일본 양파에 비해서 많이 떨어짐
- 양파는 계통육성시 형태교배를 하기 때문에 100% 순도를 유지하기가 어려움
- 따라서 화퇴배양을 통하여 DH line을 확보하면서 계통의 순도를 올리는 경우도 있는데 이럴 경우도 옹성불임 계통(MS line)과 유지친 line의 형질들이 같게 만들기 위해선 육종기간이 많이 걸림
- 양파는 품종 육성기간이 최소 15년이 걸리기에 시간을 절반으로 단축할 수 있는 생명공학적인 도구가 요구됨
- 양파는 고순도 고품질의 교배종 육성이 필요하며, 품종을 개발하는 육종기간이 길기 때문에 특성상 조기에 다양한 특성을 가진 고품질, 고순도의 모계 및 부계 육성이 필요함
- 우수인자가 있는 도입종이 있다면 세포융합(핵치환)을 이용하여 선발한 다음 유전적으로 고정하고 다양한 계통을 만들 수 있어서 품종에 필요한 새로운 유전자원을 확보할 수 있음. 이런 우수 소재를 이용하여 계통을 개발하면 약 5-7년 후에는 고가의 해외수출용 양파 품종개발 뿐만 아니라 수입대체 양파 품종도 개발할 수 있음

3. 기존 연구와의 중복성 및 연계방안

- 기존연구는 국내에 없어서 중복이 되지 않음
- 국외에는 20여년전서부터 특허를 4개가 발표되었는데 1개는 이미 소실되었으며 2017년이면 모든 특허가 소실됨
- 최근 (주)농우바이오에서 세포융합에 대한 특허를 새롭게 등록하였으며 PCT 특허도 출원함
- 다른 세부 및 협동과제의 샘플을 받아서 service를 해 줄 수 있음

4. 프로젝트 추진체계 및 추진전략

□ 추진체계

○ 1단계

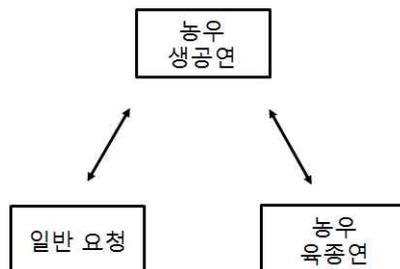
- 양과의 세포융합 전체과정 1년 안에 완결
- 육성부서로 부터 대량 융합을 위한 A, B line 확보 및 핵치환
- 식물체를 육종부서로 이전: 핵 치환된 A, B line 5점

○ 2단계

- 대량 세포융합체 확보 및 육종부서로 이전: 핵 치환된 A, B line 5점
- Elite 고순도 F1 hybrid의 핵을 B line에 치환 및 융합체 확보
 - ▷ 화퇴배양 실시하여 고순도 고정을 통한 유전자원 확보
 - ▷ MS line과 핵치환하여 A, B line 융합체 확보 및 선발
 - ▷ 육종부서로 이전: 최소 2점의 elite 신계통 확보

□ 추진전략

- 산업체, 대학 및 연구기관과의 생명동학 연구체계 확립
- 대학 및 산업체 연구기관에서 양과 세포융합을 담당하고, 만들어지는 융합체 들은 육종기관에 이전하여 품종 육성할 예정임
- 다른 종자회사에서 재료를 부탁할 경우 service를 해줌



5. 프로젝트 Micro 로드맵

과제명	세포융합을 통한 우량 양과 음성불임 계통 육성
------------	---------------------------

단계별 목표		1단계				2단계					최종목표
		세포 융합체 선발				음성불임 세포융합체 개발					양과 세포융합 기술 확립과 A, B line 10점 확보
중점연구영역		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	기술별 목표
세포융합에 의한 우량 육종소재 및 음성불임친 개발	비대칭 세포융합기술 구축 및 활용	양과 원형질체 확보와 재분화과정 구축				대량 세포융합체 확보 및 세대진전, 유전자원 확보기술 구축					양과 세포융합 기술 확립과 A, B line 10점 확보
		비대칭 세포융합으로 양과융합체 선발				다양한 A, B line 구축을 통한 고순도 계통 개발					
		B line 핵으로 A line 핵 치환한 식물체 확보				Elite 고순도 F1 hybrid의 핵을 B line에 치환한 융합체 확보					
		융합 식물체 및 종자 확보				MS line과 핵치환하여 A, B line 융합체 확보 및 선발					

6. 세부 프로젝트 추진계획

1) 세부프로젝트1 : 세포융합에 의한 우량 육종소재 및 음성불임친 개발

(1) 세부프로젝트 도출 배경

□ 양과 품종의 순도 제고 및 육성기간 단축

- 국내 양과는 최근 여러 품종이 출시가 되고 있지만 전체적으로 품종의 순도가 일본 양과에 비해서 많이 떨어짐
- 양과는 계통육성시 형매교배를 하기 때문에 100% 순도를 유지하기가 어려움
- 따라서 화퇴배양을 통하여 DH line을 확보하면서 계통의 순도를 올리는 경우도 있는데 이럴 경우도 음성불임 계통(MS line)과 유지친 line의 형질들이 같게 만들기 위해선 육성기간이 많이 걸림
- 양과는 품종 육성기간이 최소 15년이 걸리기에 시간을 절반으로 단축할 수 있는 생명공학적 도구가 요구됨
- 양과는 고순도 고품질의 교배종 육성이 필요하며, 품종을 개발하는 육성기간이 길기 때문에 특성상 조기에 다양한 특성을 가진 고품질, 고순도의 모계 및 부계 육성이 필요함
- 우수인자가 있는 도입종이 있다면 세포융합(핵치환)을 이용하여 선발한 다음 유전적으로 고정하고 다양한 계통을 만들 수 있어서 품종에 필요한 새로운 유전자원을 확보할 수 있음. 이런 우수 소재를 이용하여 계통을 개발하면 약 5-7년 후에는 고가의 해외수출용 양과 품종개발 뿐만 아니라 수입대체 양과 품종도 개발할 수 있음

□ 양과 세포융합의 국내외 기술적 현황

- 과거 대칭 세포융합을 통해서 여러 종속이 다른 작물들을 개발하려는 시도는 있었으나 전부 이용가치가 없었음
- 비대칭 핵치환 기술을 이용하여 계통 육성하는 경우는 전세계적으로 매우 드문 경우이었으나 과거 순무의 세포질 유전자를 양채류에 옮기는 세포융합기술이 성공하여 Ogura-CMS 계통이 만들어져서 십자화과 작물의 MS line으로 사용되었음
- Ogura-CMS는 십자화과 작물에서 많이 이용하여 품종육성에 매우 도움이 되었고 신품종 상업화에 많은 도움이 있었음. 국제특허가 여러 개 도출되어 있어서 일반적으로 사용하는 데는 제약이 있음
- 세포융합 기술 자체는 약 20여년전 까지 활발히 진행되다가 현재 본 기술을 이용하는 선진국은 거의 없으며 최근 중국에서 간헐적으로 연구보고를 하고 있음. 세포융합 기술 자체가 어려워서 감히 시도를 하지 않음
- 세포융합 중에서 순수하게 핵치환을 하여 새로운 유전자원을 개발한 적이 없음
- 국내외적으로 양과에 대해서 세포융합 경우는 없음으로 기존 연구와의 중복성은 없음
- 양과의 경우, 재분화와 형질전환은 성공하여 식물체를 개발한 보고는 있으나 원형질체를 분리하여 융합을 한 다음, 재분화한 연구보고는 없음
- 현재 (주)농우바이오에서 당근의 비대칭 세포융합 방법으로 핵치환을 성공하였고 그 protocol을 확보하고 있음

- 또한 (주)농우바이오에서는 무의 CMS를 양배추에 이전하는데 비대칭 세포융합(세포질 치환)을 사용하여 성공한 적이 있으며 특허를 출원한 적이 있음(세포질융성불임성을 가지는 NWB-CMS 양채류식물체 및 이의 용도; 출원번호:10-2012-0028632; 농기평과제 지원)
- 따라서 (주)농우바이오에서 구축한 세포융합 시스템을 양과에 활용/연계하여 시간적으로나 품질적으로도 매우 어려운 양과 육성 프로그램을 생명공학기법으로 도울 수 있음

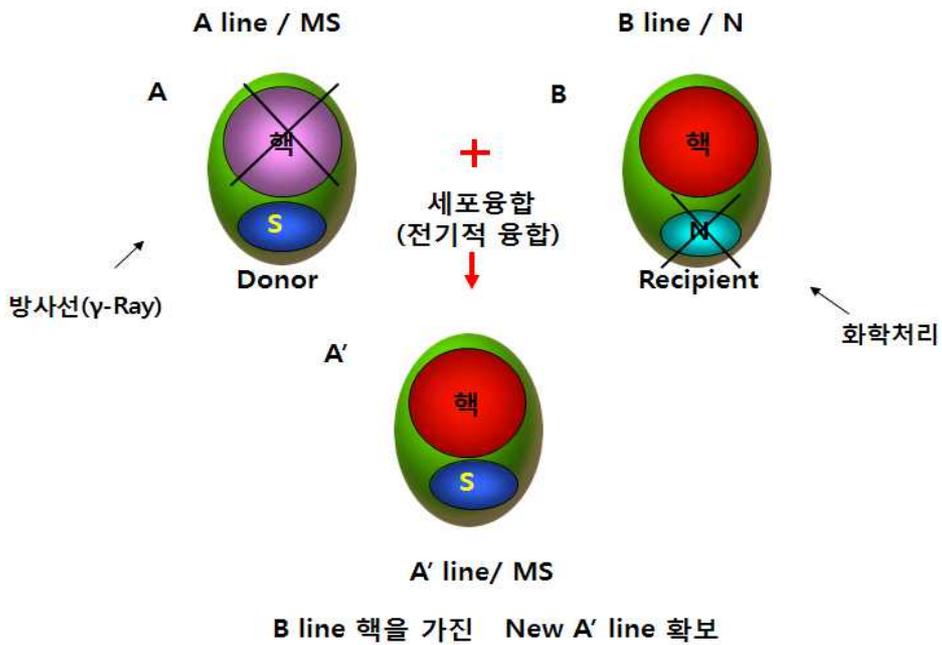
(2) 세부프로젝트 최종 목표

- 양과의 육종기간을 단축하기 위한 비대칭 세포융합 기술 구축 및 활용
- 계통 육성시 A line(MS)과 B line(유지친)의 핵이 동일하게 핵치환을 함으로서 고순도의 계통을 확보하며 육성기간을 단축하게 함
- 최종목표: 핵치환을 통하여 핵이 동일한 양과 A, B line 10점 확보

(3) 세부프로젝트의 추진방법 및 전략

- 추진방법
 - 제 1단계 (2013-2016)
 - 양과 원형질체 확보 및 융합체의 재분화 과정 구축
 - 비대칭 세포융합(핵치환)에 의한 양과 융합체 선발
 - 비대칭 세포융합에 필요한 핵구분마커와 세포질 구분 마커의 개발
 - B line의 핵으로 A line 핵 치환 후 식물체 확보
 - A line의 핵으로 B line 핵 치환 후 식물체 확보
 - 융합 식물체 검정(마커로 확인) 및 종자확보
 - 육성부서에 이전하여 종자확보 및 품종 육성

비대칭 세포융합 기술로 MS 특성을 갖는 새로운 line을 확보하는 과정



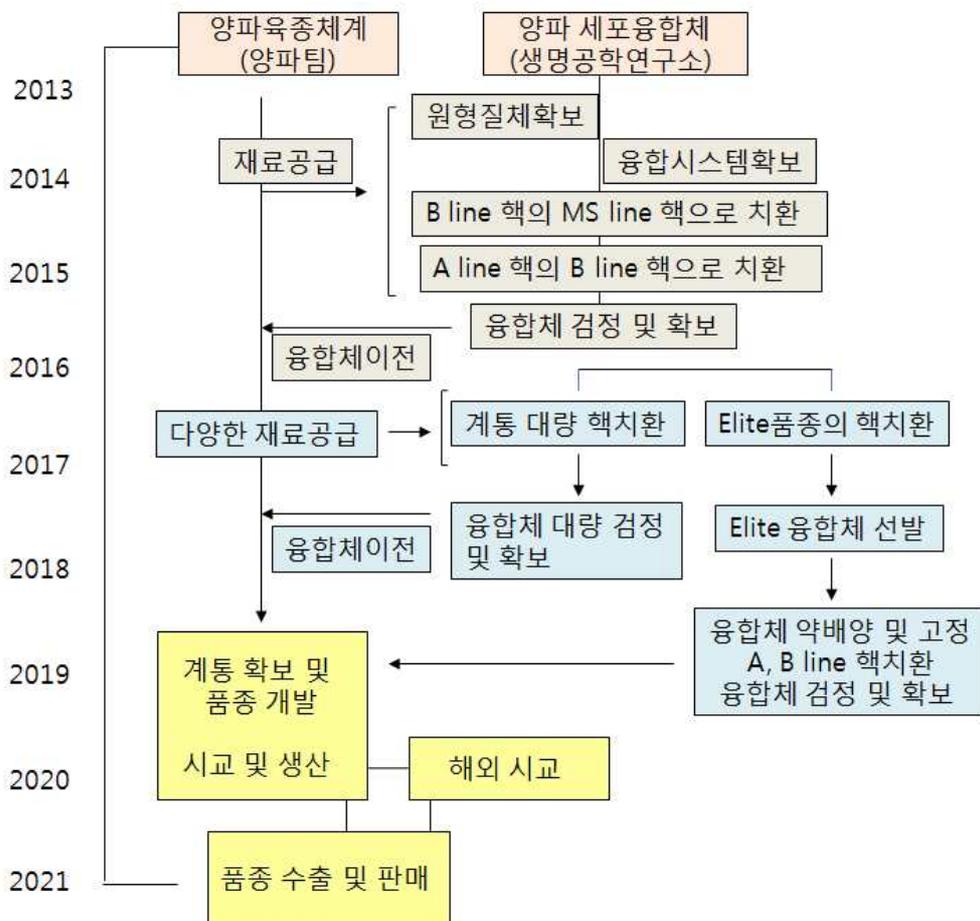
○제 2단계 (2017-2021)

- 대량 세포융합체 확보 및 세대진전, 유전자원 확보 기술 구축
- 다양한 A, B line 구축으로 고순도 계통 개발
- Elite 고순도 F1 hybrid의 핵을 B line에 치환 및 융합체 확보
- F1 유래 융합체(heterozygote)의 선발 및 계통 육성
- 화퇴배양 실시하여 고순도 고정을 통한 유전자원 확보하며, MS line과 핵치환하여 A, B line 융합체 확보 및 선발(마커로 확인)
- 육성부서에 이전하여 종자확보 및 품종 육성

□ 추진체계 및 전략

- (주) 농우바이오는 생명공학연구소와 육종연구소가 있음. 육종연구소는 여주연구소와 밀양연구소로 나누어져 있으며 양과 육성은 밀양연구소의 양과 팀에서 담당하고 있음
- (주) 농우바이오의 생명공학연구소에서 양과 세포융합을 담당하고, 만들어지는 융합체들은 육종연구소의 양과 팀에서 관리 및 육성할 예정임
- 고순도 계통을 확보하면서 동시에 계통의 육성기간 단축에 집중함

생명공학연구소와 육종연구소와의 유기적 협력을 통한 연구 진행 전략



(4) 세부프로젝트 성과지표 설정 방안

예상성과항목		1단계	2단계	총계	주요 고려사항	
공 통 지 표	종자개발 건수					
	품종등록 건수	국내				
		국외				
	종자수출액 (K USD)					
	수입대체 효과					
	국내논문	SCI				
		등재학술지				
	국외논문	SCI	1	1		
		비SCI				
	국내특허	출원	1			
		등록				
	국제특허	출원		1		
		등록				
	매출액	국내				국내전략본부 주관
국외					해외사업본부 주관	
기술이전						

(5) 세부프로젝트 최적 연구진 구성안

- 농우바이오 생명공학연구소
- 경북대학교
- 농우바이오 밀양육종연구소
 - 양과 팀 (A, B line 제공, 융합체 육성, 종자확보)
- 농우바이오 밀양육종연구소
 - 해외사업본부 (세계 최고 elite F1 확보 및 제공, 국외수출)
 - 국내전략사업본부 (수입대체)

(6) 세부프로젝트 예산

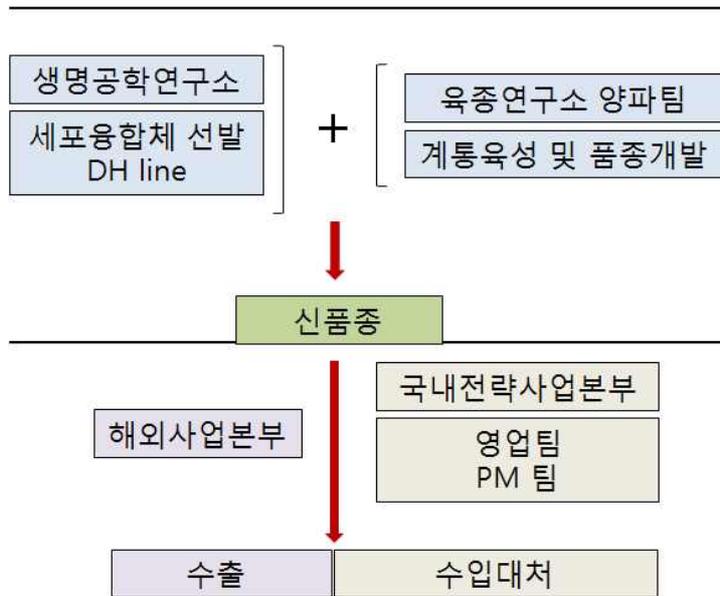
세부프로젝트명	구분	1단계				2단계					총계
		연구기간	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	
세포융합에 의한 우량 육종소재 및 융성불입친 개발	정부(억원)	0.62	1.46	1.54	1.51	1.47	1.47	1.52	1.52	1.52	12.63
	민간(억원)	0	0.89	0.9	1.05	1	1	1.5	1.05	1.13	8.52
	합계	0.62	2.35	2.44	2.56	2.47	2.47	3.02	2.57	2.65	21.15

- 국내 양과는 최근 여러 품종이 출시가 되고 있지만 전체적으로 품종의 순도가 일본 양과에 비해서 많이 떨어지며, 육성기간 단축의 단축이 필요한 실정임. 따라서 12.63억을 예산으로 편성함
 - 비대칭 세포융합 기술 구축 및 활용, 고순도의 계통을 확보하는데 주력함

(7) 종자개발을 통한 수출증대 및 수입대체 전략

- 양과 계통의 핵을 상호 치환하는 비대칭 세포융합을 함으로서 새로운 유전자원들이 대량 개발될 수 있음
- 세포융합체 선발을 통한 A, B line 육성은 시간단축(약 50%이상)과 순도제고(일본양과와 상응한 수준의 순도)라는 장점이 있음. 이로서 수입 대체가 가능함
- 농우바이오는 생명공학연구, 육종연구 외에도 해외사업본부가 있어서 해외 시장조사를 통한 해외 현지 육성 품종개발을 할 수 있어서 수출 목표가 가능함
- 농우바이오의 생명공학연구소에서는 양과의 육종 계통 선발에 필요한 분자마커 개발, DH line 확보, 마커분석, 병리분석 등 자체 지원이 가능함
- 과제 수행 중이라도 수출시장 개척 및 판매가 가능한 세부프로젝트임

수출 및 수입대체 전략



(8) 세부프로젝트 사업제안요구서(RFP)

프로젝트명	세포융합을 통한 우량 양과 융성불임 계통육성		
세부 프로젝트명	세포융합에 의한 우량 육종소재 및 융성불임친 개발		
연구 기간	2013 ~ 2021 (9년)	연구비 지원범위	
과제 성격	<input checked="" type="checkbox"/> 실용화기술(통합형과제)		<input type="checkbox"/> 실용화기술(개별과제)
	<input type="checkbox"/> 원천기술		<input type="checkbox"/> 공공기반기술
연구 개발 목표	<input type="checkbox"/> 최종목표: 핵치환을 통하여 핵이 동일한 양과 A, B line 10점 확보 <input type="checkbox"/> 세부프로젝트목표: <input type="checkbox"/> 양과의 육종기간을 단축하기 위한 비대칭 세포융합 기술 구축 및 응용 <input type="checkbox"/> 계통 육성시 A line(MS)과 B line(유지친)의 핵이 동일하게 핵치환하여 고순도 계통을 확보하며 육성기간을 단축하게 함.		
연구 필요성	<input type="checkbox"/> 양과는 계통 육성기간이 최소 15년이 걸리기에 시간을 절반으로 단축할 수 있는 생명공학적 도구가 요구됨 <input type="checkbox"/> Elite 일본양과에 비해 국내양과는 순도와 품질이 많이 떨어져 있어서 조기에 다양한 특성을 가진 고품질, 고순도의 모계 및 부계 육성이 필요함 <input type="checkbox"/> 조기 계통육성과 고순도 고정을 위해서는 세포융합을 이용한 핵치환 기술이 필요함 <input type="checkbox"/> 우수인자가 있는 도입종이 있다면 핵치환을 이용하여 선발한 다음 유전적으로 조기 고정하고 다양한 새로운 계통을 확보할 수 있음		
주요 연구 내용	<input type="checkbox"/> 양과 원형질체 확보 및 융합체의 재분화 과정 구축 <input type="checkbox"/> 비대칭 세포융합(핵치환)에 의한 양과 융합체 선발 <input type="checkbox"/> B line의 핵으로 A line의 핵을 치환 후 식물체확보 <input type="checkbox"/> A line의 핵으로 B line 핵을 치환 후 식물체확보 <input type="checkbox"/> 융합 식물체 검정(마커로 확인) 및 종자확보 <input type="checkbox"/> Elite 고순도 F1 hybrid의 핵을 B line에 치환 및 융합체 확보 <input type="checkbox"/> F1 유래 융합체(heterozygote)의 선발 및 계통 육성 <input type="checkbox"/> 화퇴배양 실시하여 고순도 고정 및 A, B line의 핵치환 융합체 확보 및 선발(마커로 확인)		
시장 전망 및 기대 효과	<input type="checkbox"/> 세포융합체 선발을 통한 A, B line 육성은 시간단축(약 50%이상)과 순도 제고(일본양과와 상응한 수준의 순도)라는 장점이 있음 <input type="checkbox"/> 농우바이오는 생명공학연구, 육종연구 외에도 해외사업본부가 있어서 해외 시장조사를 통한 해외 현지 육성 품종개발을 할 수 있음 <input type="checkbox"/> 융합체로 만들어진 우수 소재를 이용하여 약 5-7년 후에는 고가의 해외 수출용 양과 품종개발 뿐만 아니라 수입대체가 가능함		
자격 및 신청 요건	<input type="checkbox"/> 연구기관자격: 민간 종자 회사, 국가연구기관, 대학 <input type="checkbox"/> 신청요건: 생명공학연구 가능여부, 양과유전자원 지원 및 육종가보유 여부		
최종 성과물	<input type="checkbox"/> 양과의 세포융합 시스템 구축 <input type="checkbox"/> A, B line의 핵이 동일한 양과 계통 10점 확보		
Keyword	한 글	양과, 계통, 품종, 핵치환, 세포융합	
	영 문	Onion, line, variety, nucleus transfer, cell fusion	

제 6절. 기능성 양과 품종개발

1. 연구개발 목표

□ 최종목표

- 기능성 및 용도별 유색양과 품종 개발
 - 퀴세틴 및 플라보노이드 고함유 유색양과 품종개발 3품종
 - 양파즙 및 음료용 품종개발 1품종
 - F1 품종 육성용 숙기별 중간모본 육성

□ 단계별 목표

프로젝트 목표	단계별 목표	
	1단계	2단계
기능성 및 용도별(생식, 조미용) 유색양과 품종개발	<ul style="list-style-type: none"> - 국내 및 국외 고기능성 유용 유전자원 수집 및 특성검정 - 기능성 성분 고함유 우량계통 선발 - 선발 계통의 분리 및 계통 육성 - 융성불임 유지계 선발 및 여교배 계통육성 - 고정계통의 RAPD 분석에 의한 유연관계분석 - 교배조합 작성 및 교배 - 수분 매개충 사육 기반 구축 - 채종 기반 구축 	<ul style="list-style-type: none"> - 육성 계통의 기능성 성분 분석 및 특성검정 - 융성불임 중간모본 육성 - 교배조합 작성 및 교배 - 육성 계통의 생산력 검정 시험 및 지역적응시험 - 품종 보호출원

2. 연구개발 필요성

□ 기능성 및 용도별 유색양과 품종 개발의 필요성

- 양과종자 수입액은 채소종자의 24%를 차지하며 중·만생종이 70%이상으로 수입대체를 위한 조, 중만생종 F1품종육성이 시급함.
- 양과는 국내 뿐 만아니라 전 세계적으로 양념, 건강 기능성식품, 의약식품으로 이용되고 있는 중요한 채소 중 하나이며 주산지는 전남, 경남, 경북으로서 주로 남부지역에 집중
- 2000년 이후 양과는 건강식품으로 인식되면서 소비가 증가하여 생산량은 전체적으로 증가하는 추세이며 1인당 소비량은 28.6kg/년으로서 매년 3% 이상 증가하고 있음
- 양과 1인당 소비량도 1995년~2010년 연평균 2% 증가했으며 2010년산 1인당 소비량은 국내 생산량 증가로 2009년산보다 5% 증가한 29.9kg으로 소비는 증가할 것으로 전망됨
- 소비량의 지속적 증가는 식생활 패턴의 서구화와 웰빙·건강식품으로서 강점 부각 등이 주요 원인임
- 소비자의 양과 소비용도는 조미용 76%, 생식용 15%, 절임용 6%임
- 국내생산 양과의 대부분은 요식업체나 가정용으로 소비되고 있으나 기존의 생식, 조미용 위주의 소비에서 다양한 가공식품이 개발되고 소비가 증가추세임
- 가공제품의 다양화 : 생식, 조미용 → 양과즙 음료, 양과엑기스, 양과김치, 양과고추장, 양과식초, 양과라면, 양과스낵 등
- 특히 최근에 건강 및 다이어트 식품으로 양과즙의 소비량이 급증 하고 있는 추세이며 가공 및 생산업체가 증가함
- 이러한 현상은 미국 등 선진국에서 더욱 두드러지는 현상이며 한정된 자원에서 독립적인 자원을 확보하는 방법 등을 모색해야 할 필요성이 절실함
- WTO 체제와 FTA(자유무역협정)하에서 퀴세틴, 항산화 물질 등의 기능성 성분이 다량 함유된 품종을 개발하면 경쟁력 있는 시장선도형 농산물을 확보하고 고부가가치 양과 가공산업의 양성에도 기여할 것임

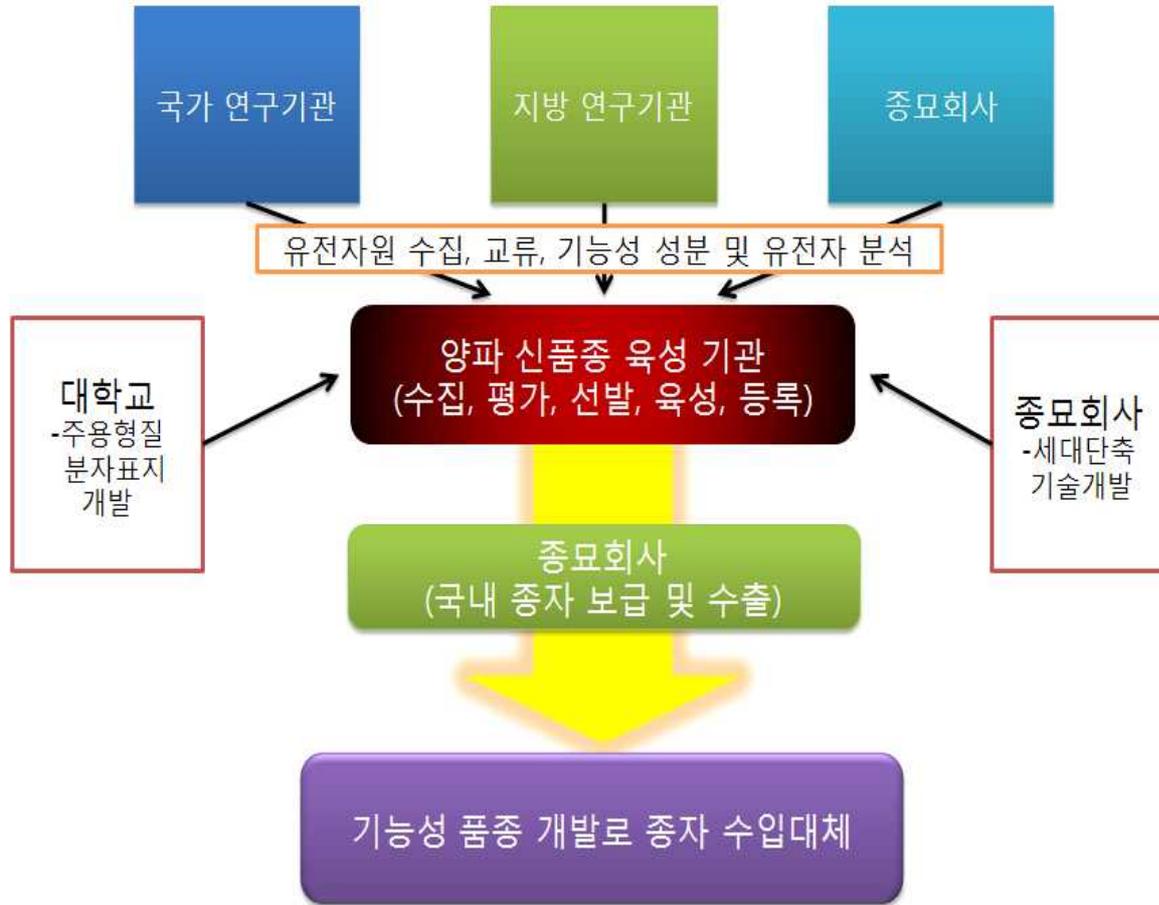
3. 기존 연구와의 중복성 및 연계방안

□ 기능성 품종 개발

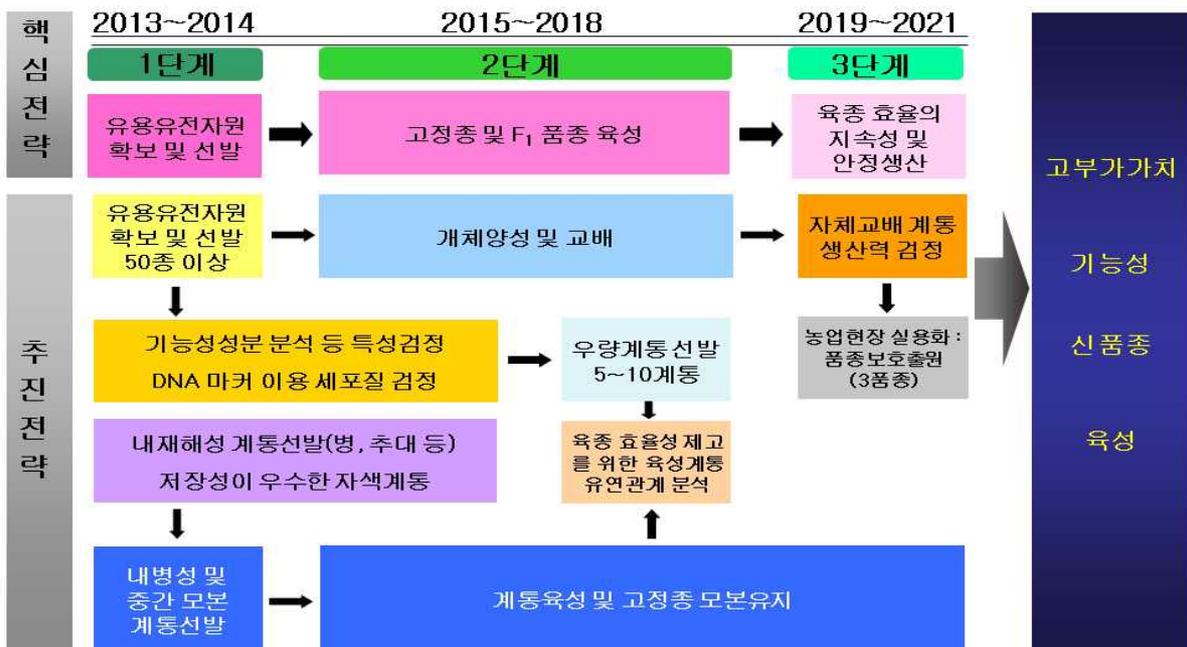
- 국내에서 양과 기능성에 관한 연구 수준은 ‘부가가치 재고를 위한 기능성양과 우량품종선발 시험’(2004, 제주도농업기술원)등이 있었으나 대부분이 기존에 유통되는 외국이나 국내 품종의 퀴세틴, 플라보노이드, Pyruvic acid 등의 분석을 통한 선발시험 위주로 진행되었음.
- 기존의 분석 성분이나 방법 등을 이용하고 보완하여 고기능성 유색양과 품종 개발에 차별성을 두고자 함
- 농림수산식품부에서 2009년에 수행 완료한 ‘수입대체 및 수출용 중·만생종 양과 품종육성’ 과제로 새로미 등 황색양과 4품종과 럭키레드 등 적색양과 2품종이 개발되었으나 고혈압, 심혈관계 질환이 지속적으로 증가하고 소비자들의 기능성 식품에 대한 관심이 증가하는 등의 추세에 맞춰 앞으로 기능성 품종개발 확대가 필요함
- 일본 문부과학성 2030년 기술예측보고서에 따르면 개인 맞춤형 기능성 품종 및 식품의 연구개발 수준이 2015년 최고 수준에 오를 것으로 예측될만큼 기능성 품종의 중요도가 높아짐

4. 프로젝트 추진체계 및 추진전략

□ 프로젝트 추진체계



□ 프로젝트 추진전략



5. 프로젝트 Micro 로드맵

과제명		기능성 양파 품종개발									
단계별 목표	1단계				2단계					최종목표	
	품종 개발을 위한 분자유종 기반구축 및 육종소재 개발				품종 개발 및 개발품종 보급 주요 형질 분자표지 개발 및 응용					기능성 품종 4품종	
중점연구영역		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	기술별 목표
기능성 및 용도별(생식,조미용)유색양파 품종육성	유용유전자원 확보 및 선발	유전자원 특성조사				기능성 품종개발 및 보급					기능성 품종 4품종
	플라보노이드 고함유 자색양파 품종					생산력 검증 및 지역적응성 시험					

6. 프로젝트 추진계획

1) 세부프로젝트1 : 기능성 및 용도별(생식, 조미용) 유색양과 품종개발

(1) 세부프로젝트 도출 배경

- 양과는 우리나라뿐만이 아니라 세계적으로도 매우 중요한 채소작물이고, 특히 양과의 기능성은 오래 전부터 널리 알려져 있고, 근래에 들어서는 건강기능성 식품에 대한 관심이 높아지면서 양과 소비도 증가 추세에 있음.
- 또한 선진국들은 퀴세틴이나 플라보노이드와 같은 기능성 물질의 함량이 높은 양과 품종을 먼저 개발하여, 신품종에 대한 배타적 독점권(품종권)은 무기로 후진국들과의 격차를 더욱 넓혀가려고 하기 때문에 우리의 기능성 품종 개발은 매우 중요한 과제임.
- 그러나 우리나라의 종자업 등록업체는 1997년의 IMF 외환위기 상황이던 1998년 33개 업체에서 2009년에는 819개 업체로 1998년 대비 2.5배나 증가했지만, 이는 국내 종묘업체의 붕괴로 인하여 개인, 혹은 소수집단들로 분해되었기 때문으로, 상장기업(코스닥) 1개, 외부감사법인 4개사와 3~4개 중소기업체를 제외하면 대부분 매우 영세한 1인, 혹은 가족기업이 대부분으로, 앞으로도 상당기간 기능성 품종 개발을 감당할 수 없는 상황임.

(2) 세부프로젝트 최종 목표

- 기능성 물질 함량이 많은 용도별 유색양과 품종 및 중간모본 육성
 - 퀴세틴 및 플라보노이드 고함유 유색양과 2개 품종 개발
 - 즙 및 음료용 양과 1개 품종 개발
 - F1 품종 육성용 숙기별 중간모본 육성

(3) 세부프로젝트의 추진방법 및 전략

□ 퀴세틴 고함유 황색양과 및 플라보노이드 고함유 자색 양과 선발

- 제 1 단계(2013-2018)
 - 국외 및 국내 기능성 성분 고함유 유전자원 수집 및 특성검정에 따른 유전자원 선발
 - 기능성 성분 고함유 계통의 분리 및 여교배 계통 육성 후 교배조합 작성
- 제 2 단계(2019-2021)
 - 육성 계통의 기능성 성분 분석 및 내재해성 평가에 따른 우량계통 선발
 - 생산력 검정시험 및 지역적응 시험에 따른 품종보호출원 및 종자 보급 기반 확보

□ 퀴세틴 및 플라보노이드 고함유 우량계통 육성

○ 제 1 단계(2013-2018)

- 양과 색상별 수집 분리 후 색상 특성에 맞는 기능성 성분 분석
- 초장, 엽수, 구중, 수량, 추대율, 병해, 저장성 등의 특성 조사에 따른 우량계통 선발
- 선발된 우량계통 고정종 육성 및 교배조합 작성에 따른 교배종 육성
- 고정계통의 RAPD 분석에 따른 교배조합 작성
- 기능성 성분 고함유 계통의 여교배에 의한 CMS 중간모본 육성

○ 제 2 단계(2019-2021) : 육성 계통의 기능성 성분분석 및 특성검정

- 육성 계통의 기능성 성분 분석
- 육성 계통의 종자 확보 및 지역적응시험 추진

(4) 세부프로젝트 성과지표 설정 방안

예상성과항목		1단계	2단계	총계	주요 고려사항	
공 통 지 표	종자개발 건수					
	품종등록 건수	국내	1	3	4	
		국외				
	종자수출액					
	수입대체 효과		5억	5억		
	국내논문	SCI				
		등재학술지	2	2	4	
	국외논문	SCI				
		비SCI				
	국내특허	출원				
		등록				
	국제특허	출원				
		등록				
	매출액	국내		5억	5억	
		국외				
	기술이전					
유전자원	확보	50	20	70		
	증식평가	5	5	10		
	등록보존					
	분양					
우량계통 육성/선발/증식	10	10	20			
특 성 지 표	인력양성					
	기반구축 실적					
	D/B 구축					
	분자마커					
	유용유전자					
	영농활용	3	3	6		
	홍보	5	5	10		

(5) 세부프로젝트 최적 연구진 구성안

- 후보 연구기관 (민간 종자회사)
 - 농협종묘, 농우바이오, 아시아종묘, 동부팜한농
 - 시장 조사, 유전자원 수집, 육종 계통 육성, 품종 개발, 국내 종자 보급 및 수출
- 후보 연구기관 (대학)
 - 전남대학교 : 분자유종 기반구축 및 주요 형질 관련 분자표지 개발
- 후보 연구기관 (국가 및 지자체 연구소)
 - 바이오에너지작물연구센터 : 유전자원 분양 및 내병성 특성 검정, 종간교잡 계통육성
 - 경남농업기술원 양과연구소 : 유전자원 분양 및 주요 형질 특성 검정
 - 전남농업기술원 : 기능성 성분 고품유 계통 육성 및 품종 개발

(6) 세부프로젝트 예산

세부프로젝트명	구분	1단계				2단계					총계
		연구기간	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	
기능성 및 용도별(생식, 조미용) 유색양과 품종개발	정부(억원)	0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	12
	민간(억원)	0	0.3	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	3.8
	합계	0	1.8	2	2	2	2	2	2	2	15.8

- 최근 웰빙의 영향으로 양과의 중요성이 대두되었고, 이미 선진국에서는 퀘세틴이나 플라보노이드와 같은 기능성 물질의 함량이 높은 양과 품종을 개발하여 독점권을 소유하여 격차가 더 벌어지므로 프로젝트를 선정함

(7) 종자개발을 통한 수출증대 및 수입대체 전략

- 양과 육종을 지속적으로 추진해온 종묘회사, 국가 및 공공 연구기관의 상호 교류 및 협력 체계를 구축하고, 국외 유전자원 수집과 이미 보유하는 있는 유전자원과 정보의 활용과 효율성을 극대화하여 양과의 육종기반을 구축하고 강화해 나가고자 함.
- 수입대체를 위한 양과품종의 개발을 위해서, 산·학·관·연 협력체계를 구축하여 주요 특성별 분자마커 개발과 같은 육종기반 연구와 품종개발을 유기적으로 연계하고, 육성기간이 긴 양과의 세대단축 기술을 민간종자업체가 함께 활용하도록 하고자 함.

(8) 세부프로젝트 사업제안요구서(RFP)

프로젝트명	기능성 양파 품종개발		
세부 프로젝트명	기능성 및 용도별(생식,조미용) 유색양파 품종개발		
연구 기간	2013 ~ 2021 (9 년)	연구비 지원범위	총 2,700백만원 (년, 정부 200백만원, 민간 100백만원)
과제 성격	<input type="checkbox"/> 실용화기술(통합형과제)		<input checked="" type="checkbox"/> 실용화기술(개별과제)
	<input type="checkbox"/> 원천기술		<input type="checkbox"/> 공공기반기술
연구 개발 목표	<p>○ 최종목표 : 기능성 및 용도별 유색양파 품종 육성</p> <p>○ 세부프로젝트목표</p> <ul style="list-style-type: none"> - 퀴세틴 및 플라보노이드 고함유 유색양파 품종개발 3품종 - 양파즙 및 음료용 품종개발 1품종 - F1 품종 육성용 숙기별 중간모본 육성 		
연구 필요성	<p>○ 품종별 기능성 성분 함량 차이 심함</p> <ul style="list-style-type: none"> - 2000년 이후 양파는 식생활 패턴의 서구화와 웰빙·건강식품으로서 강점을 부각시키며 소비 및 생산량이 지속적으로 증가하는 추세이나 현재 재배되는 품종들은 대부분 다수확 품종 위주로 재배되고 있는 실정이므로 소비자 니즈에 맞는 기능성 성분이 높은 품종이 필요함 <p>○ 저장성이 높은 고기능성 자색양파 육성 필요</p> <ul style="list-style-type: none"> - 플라보노이드 함량이 높은 자색양파의 저장성이 현저히 떨어짐에 따라 저장성이 높은 자색양파 품종을 개발하여 틈새시장으로 자색 양파 시장을 넓힐 필요가 있음 <p>○ 환경스트레스 내성 품종 육성 필요</p> <ul style="list-style-type: none"> - 최근 지구 온난화 및 이상기상 현상이 두드러짐에 따라 미래 지향적으로 이상저온, 병해, 고온 등 환경스트레스 내성을 지닌 품종 육성이 시급함 		
주요 연구 내용	<p>○ 양파 기능성 우수 유전자원 수집 및 기능성분 조사 : 플라보노이드, 퀴세틴 등</p> <ul style="list-style-type: none"> - 색상별 양파의 숙기에 따른 특성조사 및 계통분리 - 분리계통의 기능성성분 분석에 따른 우수계통 선발 및 여교배 <p>○ 기능성 성분 고함유, 다수성, 환경스트레스 내성 응성불임계통 및 화분친 육성</p> <ul style="list-style-type: none"> - 응성불임계통 육성 : 5계통이상 - 화분친계통육성 : 10계통 이상 <p>○ F1 교배조합 작성 및 우수조합 선발</p> <ul style="list-style-type: none"> - 기능성 성분, 수량성, 내병성 평가 : 10조합이상 - 우수 조합의 채종시험 : 생육특성, 수량성, 채종특성 검정 <p>○ F1조합 생산력 검정 및 지역적응시험</p> <ul style="list-style-type: none"> - 생육특성, 수량성, 기능성 성분, 용도, 병해 및 내재해성 검정 : 4품종 		
시장 전망 및 기대 효과	<p>○ 현재 소비자의 양파 소비 용도는 조미(76%), 생식용(15%)에서 양파즙, 음료, 엑기스, 김치, 고추장 등 가공식품이 발달함에 따라 건강 및 다이어트 식품 가공용으로 고기능성 품종 요구가 늘어날 것으로 전망</p> <p>○ 고기능성 양파 기능성 강화 품종 육성 및 보급으로 종자 자급화율 향상 및 수입 대체 효과가 기대되며 양파 가공 관련 산업 발달에도 이바지 할 것임</p>		
자격 및 신청 요건	<p>○ 연구기관 자격 : 대학, 민간, 국가 및 지방 연구기관</p> <p>○ 신청 요건 : 양파 품종개발에 필요한 육종기반 구비</p>		
Keyword	한 글	양파, 기능성 성분, 응성불임, 품종	
	영 문	Onion, Functional Component, Male sterile line, Cultivar	

제6장. 기대효과

1. 정책적 기대효과

- UPOV 및 FTA에 대응하여 국내 양과종자 주권의 확보
 - 수입대체를 통한 외화절감과 수출증대를 통한 외화획득
 - 수입종자시장의 충격에 대한 완충효과와 양과종자의 안정적인 공급
- 특허 등의 지적재산권 확보를 통해서 종자강국 도약
 - 분자마커 특허권 확보
 - 양과 신품종 종자에 대한 품종권 확보
- 분자유종과 같은 첨단과학기술 확보를 통해서 선진국 진입 기여

2. 기술적 기대효과

- 분자유종 기술개발을 통한 효율적인 육종기반 구축
 - 내병충성, 옹성불임성, 내한성, 고기능성 등의 육종재료 확보를 통해서, 양과 육종강국으로의 도약과 지속적인 우수 품종 개발을 뒷받침하게 될 것임
 - 분자마커 개발을 통해서 종자업체의 육종효율을 크게 높이게 될 것임
 - 순도검정 마커 개발을 통해서 계통의 균일성을 높이고, 교배종의 순도를 높이게 될 것임.
- 선진국과의 육종기술 격차 축소와 글로벌 경쟁력 확보
- 육종인력 육성 및 인프라 기반확보

3. 경제적 기대효과

- 양과종자의 수입대체를 통한 외화지출 절감과 수출확대를 통한 외화획득 증대
- 양과재배농가의 종자비 절감을 통한 소득증대
 - 상대적으로 값이 싼 국내육성 양과종자의 공급확대로 재배농가의 경영비 절감
 - 수입종자의 가격인하 강요 효과
 - 내병성 등의 우수한 국내육성 양과종자에 의한 고품질, 다수확, 병충해 경감 등으로 소득 증대에 기여.
- 개발된 신기술을 통해서, 육종기간 단축, 시험포장면적의 축소, 다양한 우수한 육종소재의 확보의 용이성 등으로 종자업체의 경제적 이익과 경쟁력 상승
 - 병리검정, 기능성 검정, 반수체 육종 등의 기술을 통해서 내병성과 기능성 품종 개발의 경쟁력 향상
 - 종·속간 교잡계통을 통해서 기존품종의 내병충성, 내한성, 저장성을 높이는 육종재료로 이용함으로써, 국내 종자업체들은 우수한 품종의 지속적인 개발을 위한 기반을 확충할 수 있을 것으로 기대
- 특허권과 품종권에 의한 외화획득과 해외 로얄티 지출 절감
 - 분자마커 특허권에 의한 외화획득과 로얄티 지출 절감
 - 양과 신품종 품종권에 의한 외화획득

주 의

1. 이 보고서는 농림수산식품부·농촌진흥청·산림청에서 시행한 Golden Seed 프로젝트 품목별 상세기획의 최종보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표할 때에는 반드시 농림수산식품부·농촌진흥청·산림청에서 시행한 Golden Seed 프로젝트 품목별 상세기획의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니 됩니다.