

제 출 문

농림수산식품부장관 · 농촌진흥청장 · 산림청장 귀하

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

2013년 4월 15일

주관연구기관명 : 농업회사법인(주)농우바이오

주관연구책임자 : 원 동 찬

세부연구책임자 : 원 동 찬

연 구 원 : 남석현 이상직 이재무 임병환
조화진 홍동오 허남한

협동연구기관명 : 토마토생명공학연구소

협동연구책임자 : 김 명 권

연 구 원 : 강원희 김기준 류제택 박민우
어백선 최승국

협동연구기관명 : 한경대학교

협동연구책임자 : 강 권 규

연 구 원 : 박영훈 이인혜 정유진 조성환
최학순 황수연

Golden Seed 프로젝트
품목별 상세기획 보고서

농업회사법인 (주) 농우바이오
원 동 찬

토마토 품목 상세기획보고서

과제명	국문	수입대체 및 수출용 토마토 종자개발 세부 연구 계획 수립을 위한 상세계획		
	영문	A Detailed Proposal for a Research Plan to Develop F ₁ Hybrid of Tomato for Import substitution and Export		
주관 연구책임자	성명(한문)	원 동 찬 (元東瓚)	전화번호	
	과학기술인번호		팩스번호	
	E-mail		휴대폰	
주관기관	기관명	농업회사법인(주) 농우바이오	기관구분	산(○), 학(), 연()
	담당 부서명	토마토연구팀	담당자	원 동 찬
	주소	경기 여주군 가남면 양화로 113-141		
총협약기간	2012. 10. 9. ~ 2013. 3. 8. (5개월)			
상세계획 연구비	82,000(천원)			

Golden Seed 프로젝트 사업단의 품목별 상세계획보고서를 붙임과 같이 제출합니다.

붙임 : Golden Seed 프로젝트 사업단 상세계획보고서 16 부

2013 년 4월 15일

주관연구책임자 : 원 동 찬 (서명도)

주관연구기관장 : 농업회사법인 (주)농우바이오 대표이사



농림수산식품부장관·농진청장·산림청장
농림수산식품기술기획평가원장 귀하

요 약 문

제1장 개요

1. 상세기획 필요성

- 세계 각국은 식량안보 및 산업경쟁력 제고를 위해 유전자원 수집·평가·이용 등 유전자원에 대한 주권을 강화하고 있는 추세
- 우리나라의 UPOV 가입 ('02)과 품종보호제도 전면시행으로 로열티 지급의무 발생 품목이 급증하고 이에 대응하는 품종 개발이 미흡함: 품종보호 대상작물 27건 ('98) → 113건 ('03) → 223건 ('08)
- 국내의 토마토 재배면적 및 종자시장이 크게 증가되고 있으나, 종자의 많은 부분을 수입에 의존하고 있는 실정임
- 토마토는 고부가가치 작물로 우선적으로 국내시장의 수입품종을 대체할 수 있는 품종을 개발하여 달러의 해외 유출을 막고 농가에게 소득증대 뿐만 아니라 국내 토마토 산업의 활성화를 GSP(Golden Seed Project)를 통하여 기하여야 함
- 세계 토마토 재배면적은 약 470만 ha (FAO, 2011)이며, 이 중 20%인 98만 ha가 중국, 18%인 86만 ha가 인도, 5%인 26만 ha가 터키, 4%인 21만 ha가 이집트에서 재배되고 있어 한정적인 국내시장 뿐만 아니라 거대한 규모의 수출용 토마토 시장에도 투자를 하여야 할 시기임

제2장. 국내외 동향 및 환경 분석

1. 국내외 시장 · 기술 · 정책현황 분석

1.1 국내 시장현황

- 토마토의 국내 재배면적은 매년 증가하여 6,344ha(2012) 전후이며, 과채류 중에서 농가 소득, 농산물 공급, 국민건강 차원에서 그 중요성이 매우 큼
- 재배품종은 국내육성품종이 약 30% 이상 차지하고 있으며, 70% 정도가 외국품종으로 주로 일본과 유럽 등지에서 수입되고 있음
- 국내의 토마토의 상업적 품종육성은 1990년대부터 시작해서 최근에는 국내 육성가가 만든 품종이 시장에서 많이 보급되고 있음

1.2 국외 시장현황

- 세계 토마토 재배 면적은 약 470만ha에 생산량은 15,900만톤(FAO, 2011)에 이르는 대표적인 글로벌 채소 작물임
 - 재배면적순으로 보면 중국이 98만ha(20%)로 가장 넓고 인도 86만ha(18%), 터키26만ha(5%), 이집트 21만ha (4%)순으로 나타남
 - 생산량은 중국이 4,857만톤으로 가장 많으며 인도 (1,682만톤), 미국(1,262만톤), 터키(1,100만톤), 이집트(810만톤)순으로 나타남

	주요국가	주요 시장 분류
동북아	중국, 일본	무한성장형 Pink토마토 시장 무한성장형 Red토마토 시장 방울토마토 시장
서남아	인도, 파키스탄	일반종 (General) 토마토시장 TYLCV 내병계 토마토 시장 Sour & Flat (PKM) 토마토시장 청고병(BW) 내병계 토마토시장 무한성장형 (ID type) 토마토시장
동남아	인도네시아	고지대용 ID type 토마토 시장 저지대용 D type 토마토 시장
중동	터키, 이집트, 이란	Beef 토마토 Cluster (화방수확형) 토마토 Cocktail 토마토 노지재배 토마토

1.3 기술동향 분석

1) 국내 기술동향

- 한국의 토마토 품종 육성 연한은 30여년에 지나지 않으며, 토마토 육종에 참여하고 있는 국내 기업이 극소수이며 토마토 육성의 가장 큰 핵심 요소인 내병성 육종의 기술력 및 연구기반이 선진국 기술 수준에 비하여 취약한 편임
- 현재 국내 민간회사에서도 한 품종에 4~5개 이상의 내병성 인자를 가지고 있는 복합내병계 품종들이 출시되어 농가에 보급되고 있으나 초기 단계임
- 토마토 육종에 참여하고 있는 국내기업이 적으며 장기 투자에 대하여 주저하고 있고 특히 토마토 육성가 양성에 소홀하여 경력 육성가가 극소수에 불과함
- 여교잡 육종에 필요한 MAB 분자마커는 염색체를 적절히 구획하여 background

selection을 실시하는 기술임. 이를 위해 표준 유전체 정보를 이용한 물리적인 거리 단위로 구획을 나누거나 유전지도를 통한 유전적 거리 단위로 구획을 나누어 효과적인 background selection 조건을 규명해야 함

2) 국외 기술동향 분석

- 토마토는 시장 규모만큼이나 종자시장도 크며, 다른 채소에 비해 선도적인 육종기술이 개발되었고 유전자 지도도 가장 먼저 작성
- 2003년부터 시작된 국제가지과유전체 컨소시엄을 통해 토마토 유전체 해독이 완료되었고, 2012년 5월 Nature에 발표되어 유전체 정보 공개
- 세계 종자시장의 다국적 기업은 자체 연구소를 가지고 있으며 학계와의 공동연구를 통하여 기업을 중심으로 전통 육종기술과 더불어 형질전환이나 분자마커를 이용한 육종(Marker-assisted breeding; MAB) 기술을 적극적으로 도입하여 신품종을 꾸준히 개발하고 있음
- 선진 외국회사에서 개발된 대부분의 토마토 품종은 병저항성 유전자를 최소한 5가지 (*Mi*, *Cf*, *Tm2*, *Ve*, *I* 등) 이상 보유하고 있으며, 토마토 품종 육성에 생명공학기술을 적극 활용하여 병 저항성 선발 시 DNA marker를 이용하여 선발 효율을 극대화시키고 육종 연한을 단축하고 있음
- 육종에 있어 분자표지의 중요성이 크게 부각되어 있으며, 다국적 종자회사들을 중심으로 자체 마커 개발기술과 High-throughput(HT)-MAS system 확립에 많은 투자를 하고 있음

1.4 정책현황

- UPOV 협약에 근거하여 모든 식물을 품종보호대상작물로 확대하면서 로열티 부담이 커질 것이며 우리나라 고유품종의 대내외 지적재산권 확보, 품질관리와 불법유통종균의 단속이 요구되고 있음
- 국내 종자산업 관련 농림수산물식품과 관련된 R&D 정책의 추진 체계는 농림수산물식품부를 중심으로 구성됨
- R&D와 관련된 정책의 기획 및 총괄 조정을 담당하는 부서는 크게 농림수산물식품부와 농촌진흥청, 산림청으로 구분됨
 - 농림수산물식품부는 각 부처간 의견조율을 하는 총괄부서로 역할을 수행하며 정책심의 기구로 농림수산물식품과학기술위원회를 산하에 두고 있음
 - 각 종자산업의 R&D정책은 농림수산물식품부(수산, 검역검사), 농촌진흥청(농업, 식량, 원예특작, 축산 등), 산림청(산림)이 주관하고 있음

- 종자산업과 관련된 연구수행은 국책연구기관인 각 과학원과 민간연구기관인 대학, 출연(연), 민간연구소 등에서 수행되고 있음
- 농림수산물식품기술기획평가원은 종자산업에 대한 전반적인 사업기획 및 평가관리를 수행함
- 이 외에 관련 R&D조직은 지방자치단체의 농업기술원(도)과 농업기술센터(시군), 농촌진흥청의 농업실용화 재단 등이 존재함

2. 기술수준 및 연구개발 인프라 분석

2-1. 국내 기술수준

세부기술	최고기술포유국	최고기술포유국대비	
		기술수준 (%)	기술격차 (년)
유전자원		58.3	5
유전자원보유	미국(몬산토, Seminis), 스위스(신젠타)	56.7	6
유전자원 기초 및 안전성 연구	미국(몬산토, Seminis), 스위스(신젠타)	55.0	6
품종육성		66.7	5
전통육종	미국(몬산토, Seminis), 스위스(신젠타)	71.7	5
분자육종	미국(몬산토, Seminis), 스위스(신젠타)	61.7	5
생력화	미국(몬산토, Seminis), 스위스(신젠타)	56.7	5
품종평가	미국(몬산토, Seminis), 스위스(신젠타)	63.3	5
종자상용화		65.0	5
종자생산	미국(몬산토, Seminis), 스위스(신젠타)	66.7	4
종자가공처리	미국(몬산토, Seminis), 스위스(신젠타)	66.7	5
시장개척		61.7	5
현지시험	미국(몬산토, Seminis), 스위스(신젠타)	65.0	5
전체		63.3	5

2-2. 국내 연구개발 인프라 분석

국내토마토 연구인력현황	
기 관	육종인력수(명)
농우바이오 토마토생명공학연구소 몬산토K 동부한농 아시아 부여토마토시험장 경북농업기술원 전남농업기술원 국립원예특작원	4 2 1 1 1 3 1 1 1
국내 토마토 연구 대학 및 관련기관	
기관	분야
한경대학교 강원대학교 세종대학교 부산대학교 충남농업기술원 씨더스 한국생명공학연구원 대연육종 부농종묘 미푸코	분자육종 분자육종 분자육종 마커개발 분자육종 분자육종 분자육종 마케팅 마케팅 마케팅

- 지금까지 토마토 품종 육성에 대한 정부지원 과제는 극소수에 불과하였고 지원 규모나 과제기간도 너무 짧음
- 최소 품종육성에 대한 지원 과제는 5-7년 이상이어야 함
- 지원사업의 대부분이 관 중심으로 이루어져 산업화에 한계가 있었음
- 토마토 유전자원은 국립유전자원센터, 원예특작연구소, 민간종묘회사 등에서 많이 확보되어 있으나 이를 정확하게 평가하여 유용한 계통으로 만드는 작업이 미흡함
- 선진국에 비하여 육성에 필수적인 육성재료가 절대적으로 부족하고 특히 특정 내병성 소재와 고품질에 관여하는 유전자원이 부족함
- 유전체 정보를 이용한 분자육종 기술이 부족하여 육성 연한을 단축시키는 기술이 제한적이며 또한 고기능성 토마토 육성을 위한 각종 성분분석 시스템 확립이 미흡함
- 거대시장인 해외시장 개발에 대한 시장정보 미흡과 동기 부족이 투자를 주저

3. 주요 이슈 및 전략방향

1) 주요 이슈

- UPOV가입에 따른 품종보호제도 적용 품목의 확대로 해외수입종자에 대한 농가의 로열티 지출 부담을 경감시키기 위한 기술개발 필요
- 우리나라는 2002년에 국제식물신품종보호동맹(UPOV)에 가입함에 따라 2012년부터는 신품종 보호 대상작물이 전작물로 확대되어 무한경쟁 시작
- 품종보호 대상작물: 27건('98) → 113('03) → 223('08) → 전작물 확대('12)
- 중국 채소시장의 거대화로 미래 황금시장으로 떠오르고 있음
- 토마토의 품질 및 기능성 관련 분자마커의 개발을 통하여 고품질 및 고기능성 신품종 육성의 효율성을 증진할 수 있는 분자유종 체계를 확립하여 다국적 종자회사에 대한 경쟁력을 확보해야 함
- 국내 농업은 자유무역협정(FTA) 추진에 따른 시장 개방의 가속화에 대응하기 위하여 종자산업의 국제 경쟁력 강화, 글로벌 브랜드 수준의 품종 개발 및 정부의 실용적 정책 추진이 요구되고 있음
- 세계 종자시장의 50% 이상을 차지하고 있는 몬산토, 듀폰, 신젠타 등 글로벌 종자회사는 막대한 R&D 투자를 통하여 세계 종자시장에 대한 지배력을 강화하고 있음. 국내 기업의 R&D 투자 여력이 아직 매우 미흡한 실정인 바, 국내 종자기업의 글로벌 종자기업으로의 규모화를 유도하여 다국적 종자회사와 경쟁할 수 있도록 하는 정책적 지원이 절실함

구분	주요 재배국가		주요 시장 구분	소비용도	전략방향 및 요구도
수입 대체용	국내		대과토마토시장	쥬스, 생식	대과종 토마토의 대부분 수입 복합내병계 품종 육성 필요
			방울토마토 시장	생식	원형에서 대추형으로 시장이 전환중 급변하는 기후나 재배환경에 적응성이 뛰어난 품종 육성 복합내병성 토마토 품종 육성 필요
			대목 토마토 시장		국내의 대목토마토 시장은 수입품종이 대부분 저온신장성, 접촉진화성이 우수하며 복합내병계인 토마토 대목 품종 육성
수출용	동북아 (중국)		무한성장형 Pink 토마토시장 무한성장형 Red 토마토 시장 방울 토마토 시장	생식, 조리	장거리 수송과 저장성이 뛰어난 LSL형의 품종 육성 산동지방을 시작으로 TYLCV 만연하여 TYLCV저항성 품종 육성 필요
	동서남아	서남아 (인도, 파키스탄)	일반종 (General) 토마토시장 TYLCV 내병계 토마토 시장 Sour & Flat (PKM) 토마토시장 청고병(BW) 내병계 토마토시장 무한성장형 토마토시장	삼발, 조리, 생식	대부분 노지재배가 이루어지며 낮은 수준의 가격형성으로 독특한 신규 시장의 창출로 가격 경쟁력 있는 미래지향적 고부가가치 품종 육성 필요 재배환경 조건에 따라 건기용, 무기용 품종 개발 TYLCV가 만연한 가운데 내병화 작업이 필수적
		동남아 (인도네시아, 미얀마)	고지대용 ID type 토마토 시장 저지대용 D type 토마토 시장	삼발, 생식	적도부근의 열대지방으로 청고병과 TYLCV에 내병성인 품 종 육성 필요 재배지역의 고도에 따른 타켓형 품종 개발 필요
	중동	터키	Beef 토마토	생식, 조리, 가공	종자가격이 고가로 형성되고 있어 내병성, 기능성 등의 유용 형질을 도입하여 고부가가치의 토마토 품종 육성 필요
이집트		Cluster (화방수확형) 토마토 Cocktail 토마토			
이란		노지재배 토마토			

제3장 목표 설정 및 프로젝트 도출

1. 목표 설정

1) 최종 목표

- GSP 토마토 연구개발사업의 최종목표는 국내 수입대체 국내시장 70%이상 점유, 국외 국제적 수준 품종육성 1,000만불 이상 수출로 설정

2) 연차별 목표 및 단계별 목표

1단계 목표	2단계 목표
1. 핵심육성소재 확보 및 응용 2. 분자 시스템 구축 및 계통 육성 3. 목표 시장 분석 완료	1. 분자 육종 시스템 응용 및 대량 생산 기술 확립 2. 목표 경쟁력 품종 개발 및 상업화

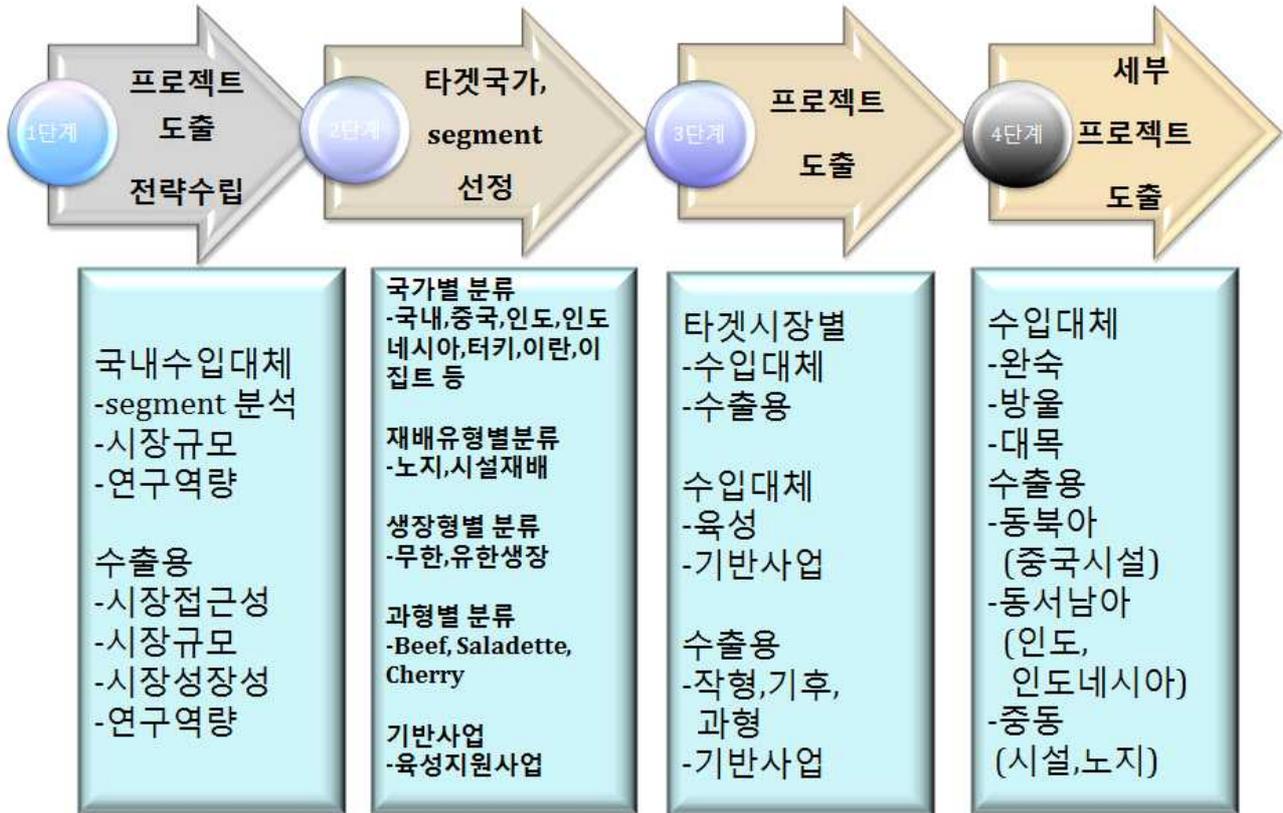
3) 목표 설정 근거

- 우리나라의 UPOV 가입('02)과 품종보호제도 전면시행으로 로열티 지급의무 발생 품목이 급증하고 이에 대응하는 품종 개발이 미흡함 : 품종보호대상작물 27건('98) → 113건('03) → 223건('08)
- 국내의 토마토 재배면적 및 종자시장이 크게 증가되고 있으나, 종자의 대부분을 수입에 의존하고 있는 실정임
 - 면적: ('95) 3,927→('01) 3,348→('06) 6,613→('10) 5,270ha→('12) 6,344ha
 - 생산량: ('95) 177 → ('01) 206 → ('06) 433 → ('10) 330→ ('12) 393천톤
 - 종자시장규모(대목제외): ('01) 35 → ('06) 92 → ('10) 134→ ('12) 150억원

구분	국내시장				구분	동북아 (중국)	동서남아		중동(터키, 이집트, 이란)	합계
	대과	방울	대목	계			서남아 (인도,파키스탄)	동남아 (인도네시아, 미얀마)		
현 시장(억원)	90	60	20	170	현 시장(만불)	10,000	4,100	980	15,000	30,080
2021년 예상 종자시장 (억원)	130	90	40	260	2021년 예상 종자시장 (만불)	20,000	총: 8,200 (7,200 1,000)	총: 1,960 (960 1,000)	20,000	50,160
목표액 (억원)	90	63	28	181	목표액 (만불)	400	250	150	200	1,000
국산화율(%)	70	70	70	70	시장대비 수출비율(%)	2.0	3.0	0.7	1.0	2.0
목표액비중(%)	50	35	15	100	목표액 비중(%)	40	25	15	20	100

2. 프로젝트 구성

1) 후보과제 도출 배경 및 과정



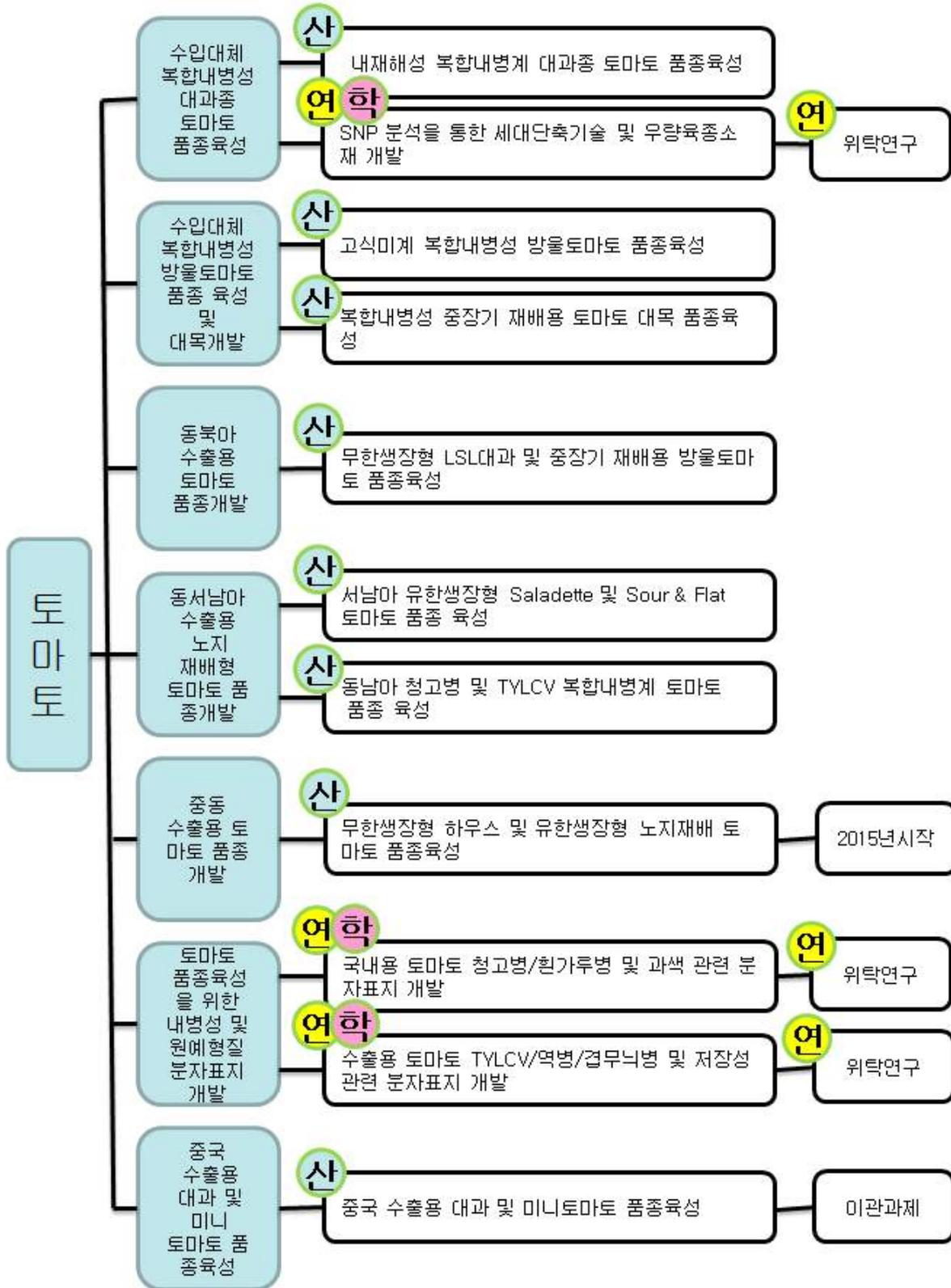
2. 프로젝트 구성 및 내용

구분	No.	후보과제명	내용	비고
1.수입대체 복합내병성 대과종 토마토 품종육성	1	내재해성 복합내병계 대과종 토마토 품종 육성	- 저온기용 복합내병계 대과종 토마토 5 품종이 상 육성 - 고온기용 복합내병계 대과종 토마토 5 품종이 상 육성	우선 추진
	2	SNP 분석을 통한 세대단축기술 및 우 량육종소재 개발	-SNP 분석을 통한 세대단축기술 및 우량육종 소재개발 (레드 및 핑크 대과종 순계계통 각 10점, 원형 및 대추형 방울토마토 순계계통 각 10점)	우선 추진
2.수입대체 복합내병성 방울토마토 품종 육성 및 대목개발	1	고식미계 복합내병성 방울토마토 품종 육성	- 수입대체용 방울토마토 7품종 이상 개발(원 형 3품종 이상, 대추형 4품종 이상) - 개발 품종에 당도 10브릭스 이상, 저장성 우 수, 식후 과피 해결, 중장기재배 가능	우선 추진
	2	복합내병성 중장기 재배용 토마토 대목 품종육성	- 저온신장성이 강한 복합내병계 토마토 대목 품종육성 (3품종 상품화) - 접목진화성이 우수한 내서성 복합내병계 토마	우선 추진

			토 대목 품종육성 (3품종 상품화)	
3.동북아 수출용 토마토 품종개발	1	무한생장형 LSL대과 및 증장기 재배용 방울토마토 품종육성	<ul style="list-style-type: none"> - 하남성, 요령성, 동북 3성 등의 내한성이 강한 하우스재배 무한생장형 증만생 대과종 4품종 개발 - 광서성, 광동성, 운남성 등의 내서성이 강한 노지재배전용 LSL 대과종 4품종 개발 - 산동성의 하우스와 광서성의 노지전용 방울토마토 4품종개발 -최종 수출 목표 400만불 이상 	우선 추진
4.동서남아 수출용 노지재배형 토마토 품종개발	1	서남아 유한생장형 Saladette 및 Sour & Flat 토마토 품종 육성	<ul style="list-style-type: none"> - 시교사업(20조합) 및 10품종 이상 품종화 - 최종 수출 목표 250만불 이상 	우선 추진
	2	동남아 청고병 및 TYLCV 복합내병계 토마토 품종 육성	<ul style="list-style-type: none"> - 조합작성(100조합) 및 지역적응성(10곳) - 채종 시험(10조합) 및 5품종 이상 상업화 - 최종 수출 목표 150만불 이상 달성 	우선 추진
5. 중동 수출용 토마토 품종개발	1	무한생장형 하우스 및 유한생장형 노지 재배 토마토 품종육성	<ul style="list-style-type: none"> - 고부가가치 무한생장형 중대과종 터키수출용 토마토 3품종 육성 - 노지 재배용 이란, 이집트, 수출용 유한생장형 토마토 4품종 육성 	2015년 시작 (7년과제)
6. 토마토 품종육성을 위한 내병성 및 원예형질 분자표지 개발	1	국내용 토마토 청고병/흰가루병 및 과색 관련 분자표지 개발	<ul style="list-style-type: none"> - 기존 TSWV, 잎곰팡이(Cf-9), 역병(Ph-3), 고구마뿌리혹선충(Mi1,2,3) 분자표지 4점 MAS 실용화 - 청고병, 흰가루병 저항성 QTL 분석 및 신규 분자표지 6점 이상 개발 	우선 추진
	2	수출용 토마토 TYLCV/역병/겉무늬병 및 저장성 관련 분자표지 개발	<ul style="list-style-type: none"> - 목표형질 관련 신규 분자표지 개발 - 기존에 개발된 분자표지 검증 - 효율적인 MAS/MAB 체계 확립 - 최종 신규 마커 6점 이상 개발 	우선 추진
7. 중국 수출용 대과 및 미니토마토 품종 육성	1	중국 수출용 대과 및 미니토마토 품종육성	<ul style="list-style-type: none"> - 중국의 산동성, 허북성 시설재배에 적합한 조생대과종 및 북경, 상해에 맞는 미니토마토 품종육성으로, 현재 3년차 진행(2010. 6 - 2015. 6, 5년 과제) 	이관 과제
후보과제	1	약/소포체 배양을 통한 신규 유전자원 발굴	-상업용 F1품종을 이용한 약/소포자배양을 통한 homozygote 계통 다량 육성하여 신규 유전자원 발굴	
	2	요리전용 토마토 품종 육성	<ul style="list-style-type: none"> -요리전용 장동형 F1 3품종 육성 -과육이 단단하고, 수분함량이 적은 품종개발 	
	3	고색소의 수출용 가공 토마토 품종 육성	-고색소 수출용 토마토 3품종 육성	
	4	중남미 수출용 토마토 품종 육성	<ul style="list-style-type: none"> - 조합작성(100조합) 및 지역적응성(10곳) - 채종 시험(10조합) 및 5품종 이상 상업화 	

제4장 품목별 프로젝트 추진체계 및 추진전략

1. 연구추진체계



2. 성과지표(전체)

예상성과항목		1단계	2단계	총계	
공 통 지 표	국내 논문	SCI	3	6	9
		등재학술지	12	18	30
	국외 논문	SCI			
		비SCI	3	6	9
	국내특허출원		3	4	7
	국내 매출액(억원)		105	181	181
	국내 점유율(%)		52	70	70
	종자 수출액 (만 달러)		450	1,000	1,000
	품종개발		17	40	57
	품종보호등록출원		17	40	57
기술이전		3	3	6	
특 성 지 표	유전자원 수집 및 평가		250	500	750
	마커개발		6	6	12
	생명자원등록				
	기능성 물질 규명				
	교배 모본 선발				
	적응성 시험		150	250	400
	언론홍보		16	20	38
	교육 및 지도		47	75	122

3. 연구개발 소요예산

세부프로젝트명	구분	1단계				2단계					총계 (억원)
		연구 기간	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	
내재해성 복합내병계 대과종 토마토 품종 육성	정부 (억원)	1.7	4	3.6	3.5	3.55	3.4	3.7	3.7	3.7	30.85
	민간 (억원)	0.55	1.35	1.02	1	1	1	1.23	1.23	1.48	9.86
	합계	2.25	5.35	4.62	4.5	4.55	4.4	4.93	4.93	5.18	40.71
SNP 분석을 통한 세대단 축 기술 및 우량 육종소 재 개발	정부 (억원)	1.2	3	2.8	2.8	2.85	2.75	2.9	2.9	2.9	24.1
	민간 (억원)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	합계	1.2	3	2.8	2.8	2.85	2.75	2.9	2.9	2.9	24.1
고식미계 복합내병성 방울토마토 품종육성	정부 (억원)	1.4	3.1	2.7	2.65	2.7	2.5	2.9	2.9	2.9	23.75
	민간 (억원)	0.55	1.35	1.02	1	1	1	1.23	1.23	1.48	9.86
	합계	1.95	4.45	3.72	3.65	3.7	3.5	4.13	4.13	4.38	33.61
복합내병성 증강기 재배 용 토마토 대목 품종육성	정부 (억원)	1	2.2	2.1	2.1	2.15	2.05	2.3	2.3	2.3	18.5
	민간 (억원)	0.3	0.84	0.66	0.66	0.66	0.66	0.8	0.8	0.89	6.27
	합계	1.3	3.04	2.76	2.76	2.81	2.71	3.1	3.1	3.19	24.77
무한생장형 LSL 대과 및 증강기 재배용 방울토마 토 품종육성	정부 (억원)	1.5	3.7	3.3	3.3	3.3	3.2	3.6	3.6	3.6	29.1
	민간 (억원)	0.52	1.33	1	1.02	1.02	1.02	1.27	1.27	1.5	9.95
	합계	2.02	5.03	4.3	4.32	4.32	4.22	4.87	4.87	5.1	39.05
서남아 유한생장형 Saladette 및 Sour&Flat 토마토 품종육성	정부 (억원)	1.3	3.4	2.9	2.9	2.9	2.8	3.1	3.1	3.1	25.5
	민간 (억원)	0.41	1.26	0.9	0.92	0.92	0.92	1.14	1.14	1.2	8.81
	합계	1.71	4.66	3.8	3.82	3.82	3.72	4.24	4.24	4.3	34.31
동남아 청고병 및 TYLCV 복합내병계 토마토 품종 육성	정부 (억원)	1.17	2.9	2.35	2.35	2.45	2.35	2.5	2.5	2.5	21.07
	민간 (억원)	0.4	1.1	0.85	0.85	0.85	0.85	0.9	0.9	1	7.7
	합계	1.57	4	3.2	3.2	3.3	3.2	3.4	3.4	3.5	28.77
무한생장형 하우스 및 유한생장형 노지재배 토마토 품종 육성	정부 (억원)	0	0	2.65	2.7	2.8	2.75	2.9	2.9	2.9	19.6
	민간 (억원)	0	0	0.85	0.85	0.85	0.85	0.93	0.93	0.95	6.21
	합계	0	0	3.5	3.55	3.65	3.6	3.83	3.83	3.85	25.81
국내용 토마토 청고병/흰가루병 및 과색 관련 분자표지 개발	정부 (억원)	1.2	2.55	2.45	2.45	2.45	2.35	2.5	2.5	2.5	20.95
	민간 (억원)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	합계	1.2	2.55	2.45	2.45	2.45	2.35	2.5	2.5	2.5	20.95
수출용 토마토 TYLCV/역병/접두병 및 저장성 관련 분자표지 개발	정부 (억원)	1.2	2.55	2.45	2.45	2.45	2.35	2.5	2.5	2.5	20.95
	민간 (억원)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	합계	1.2	2.55	2.45	2.45	2.45	2.35	2.5	2.5	2.5	20.95
중국 수출용 대과 및 미 니토마토 품종육성	정부 (억원)	0.8	0.8								1.6
	민간 (억원)	0.27	0.27								0.54
	합계	1.07	1.07								2.14
총 합	정부 (억원)	12.47	28.2	27.3	27.2	27.6	26.5	28.9	28.9	28.9	235.97
	민간 (억원)	3	7.5	6.3	6.3	6.3	6.3	7.5	7.5	8.5	59.2
	합계	15.47	35.7	33.6	33.5	33.9	32.8	36.4	36.4	37.4	295.17

4. 품목 총괄 로드맵

단계별 목표		1단계				2단계					최종목표	
		핵심육성소재 확보 및 응용, 분자 시스템 구축 및 계통 육성, 목표 시장 분석 완료				분자 육종 시스템 응용 및 대량 생산 기술 확립, 목표 경쟁력 품종 개발 및 상업화					국내 수입대체 국내시장 70%이상 점유, 국외 국제적 수준 품종육성 1,000만불 이상 수출	
중점연구영역		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	프로젝트 목표	
수입 대체 복합 내병성 대과종 토마토 품종 육성	내재해성 복합내병성 대과종 토마토 품종 육성	복합내병성 소재 수집 및 계통 육성										- 고온기대와 5품종 개발 - 저온기대와 5품종 개발
		예비조합 작성										
		성능 검정 및 조합 선발										
		농가 적응성 검정 및 생산										
		수입 대체 70% 이상 가능한 품종 개발 및 품종보호출원, 상업화										
수입 대체 복합 내병성 대과종 토마토 품종 육성	SNP 분석을 통한 세대단축기술 및 우량육종소재 개발	소재 탐색 및 우수 계통 선발										레드 및 핑크 대과종 순계계통 각 10점 - 원형 및 대추형 방울토마토 순계계통 각 10점
		유용인자 여교잡후 세대단축 기술개발										
		Elite line 육종소재 개발 민간회사에 유용계통 제공										
		SNP 마커를 이용한 토마토 육성재료 인자 분석										
수입 대체 복합 내병성 방울 토마토 품종 육성 및 대목 개발	고식미계 복합내병성 방울토마토 품종육성	고식미계 방울토마토 소재 수집 및 계통 육성										-원형 3품종 개발 -대추형 4품종 개발
		제육 및 GMS 예비조합 작성										
		성능 검정 및 조합 선발										
		농가 적응성 검정 및 생산력 시험										
		수입 대체 85% 이상 가능한 품종 개발 및 품종보호출원, 상업화										
수입 대체 복합 내병성 방울 토마토 품종 육성 및 대목 개발	복합내병성 증장기 재배용 토마토 대목 품종육성	복합내병성 대목 소재 수집										- 저온신장성이 강한 복합내병성 토마토 대목 3 품종 개발 - 집목친화성이 우수한 내서성 복합내병성 토마토 대목 3품종 개발
		계통육성, 마커분석 및 생물검정 병행										
		성능 검정 및 조합 선발										
		농가 적응성 검정 및 생산										
		수입 대체 70% 이상 가능한 품종 개발 및 보호 출원, 상업화										
동북아 수출용 토마토 품종 개발	무한성장형 LSL 대과 및 증장기 재배용 방울토마토 품종육성	시장분석 및 소재탐색										- 하남성, 요령성, 동북 3성 등의 내한성이 강한 하우스재배 무한성장형 증만생 대과종 4품종 개발 - 광서성, 광동성, 운남성 등의 내서성이 강한 노지재배전용 LSL 대과종 4품종 개발 - 산동성의 하우스와 광서성의 노지전용 방울토마토 4품종개발 -최종 수출 목표 400만불 이상
		계통육성 및 유용인자 기 보유계통 여교배										
		예비조합작성 및 성능검정										
		조합 선발, 현지 농가 적응성 시험 및 생산력 검정										
		복합내병성 품종육성 및 상업화										

동서 남아 수출용 노지 재배형 토마토 품종 개발	서남아 유한생장형 Saladette 및 Sour & Flat 토마토 품종 육성	소재 수집 및 현지 계통 육성						- 서남아 토마토 250만불 이상 수출 - 노지 전용 유한생장형 Saladette 토마토 건기용 & 우기용 토마토 5품종 개발 - Sour & Flat 토마토 5품종 개발
		계통 내병화 작업 및 유용인자 기 보유 계통 여교배						
		예비 조합 작성 및 성능검정						
		조합 선발, 현지 농가 적응성 검정 및 대규모 시험 사업						
		현지 국가 품종 등록 및 상업화						
동남아 청고병 및 TYLCV 복합내병계 토마토 품종 육성	동남아 청고병 및 TYLCV 복합내병계 토마토 품종 육성	현지 계통육성 및 고정화						- 동남아토마토 150만불이상 수출 - TYLCV 복합내병계 토마토 동남아 품종 5품종 개발
		마커분석 및 생물검정 병행						
		예비 조합 작성 및 성능검정						
		조합 선발, 현지 농가 내병성 검정						
		국가별 복합내병성 품종 등록 및 상업화						
중동 수출용 토마토 품종 개발	무한생장형 하우스 및 유한생장형 노지재배 토마토 품종 육성	계통 육성						- 중동 토마토 200만불 이상 수출 - 이란생과용 2품종 개발 - 이집트 유한생장형 TYLCV+Nematode+ 내 서성 2품종 개발 - 터키 하우스재배용 무한생장형 Beef, Cluster, Cocktail 3품종 개발
		현지 계통 육성 병행						
		예비 조합 작성 및 성능검정						
		조합 선발, 국가별 농가 적응성 검정 및 대규모 시험 사업						
		국가별 복합내병성 품종 등록 및 상업화						
토마토 품종 육성을 위한 내병성 및 원예 형질 분자 표지 개발	국내용 토마토 청고병/흰가루병 및 과색관련 분자표지 개발	청고병/흰가루병, 과색 마커 개발						-청고병, 흰가루병 저항 성 QTL 분석 및 신규 분 자표지 6점 이상 개발
		병리 검정 및 계통 내병화 작업						
		마커를 이용한 토마토 육성재료 인자 분석						
		민간회사에 내병계통 제공						
수출용 토마토 TYLCV/역병/겹무늬병 및 저장성 관련 분자표지 개발	수출용 토마토 TYLCV/역병/겹무늬병 및 저장성 관련 분자표지 개발	내병 소재 및 마커 정보 수집						- TYLCV, 역병, 겹무늬병 저항성에 대한 신규 분자표지를 3개 이상 개발 - 저장성 (LSL) 관련 3개의 신규 분자표지 개발
		신규 마커 개발 및 생물검정 대조 시험						
		마커를 이용한 토마토 육성재료 인자 분석						
		민간회사에 내병계통 제공하여 국가별 품종육성 및 상업화 연계						
중국 수출용 대과 및 미니 토마토 품종 육성	중국 수출용 대과 및 미니토마토 품종육성	이관과제						2015년 과제 종료 -산동,하북형 대과종개발 -북경, 상해형 미니개발

제5장 프로젝트별 세부기획

제1절. 수입대체 복합내병성 대과종 토마토 품종육성

1. 연구개발목표

- 핑크계 대과종 5품종, 레드계 대과종 5품종, 새로운 육종소재 20계통 등을 개발하고자 함
- 국내 토마토 종자시장에 외국 품종이 점유하고 있는 비율을 2021년까지 30% 이내로 줄여, 국산화 70%을 달성하고자 함

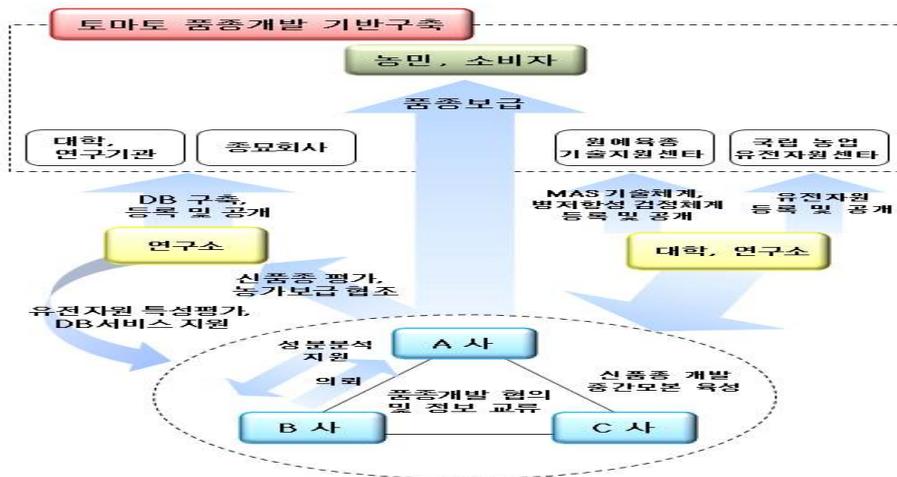
2. 연구개발 필요성

- 국내 토마토 종자시장에 외국 품종이 점유하고 있는 비율을 높아 비싼 외국산 품종재배에 따른 농가 경영비 부담 증가
- 토마토 연작에 따른 병해충의 발생과 최근 찾아진 기후환경 변화는 안정적인 토마토 생산에 위협요소임. 내재해성 품종 육성이 필요함

3. 기존 연구와의 중복성 및 연계방안

- 기존의 연구가 종료되었거나, 민간회사에서 상업계통 육성하기 때문에 용도가 다름

4. 프로젝트 추진체계 및 추진전략



- 세대진전으로 빠른 유전적 순화 및 고정화, 시교생산
- 분자마커를 활용하여 유전적 초기세대 선발 및 확인
- 다국적기업 및 선진국 연구기관의 마커기술 벤치마킹과 모델링
- 국내외 주요 토마토 병의 생물검정기술 활용현황 분석 및 프로토콜 개발

5. 프로젝트 Micro 로드맵

단계별 목표		1단계				2단계					최종목표	
		수입대체용 토마토 품종의 기반구축 및 신품종 개발 및 상용화				복합 내병성, 내재해성 품종개발 및 상용화, 종자생산 기반구축						
중점연구영역		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	프로젝트 목표	
수입대체 복합내병성 대과종 토마토 품종 육성	내재해성 복합내병성 대과종 토마토 품종육성	TYLCV, TSWV, 잎곰팡이병, 근부위조병, 흰가루병 등 복합내병성 소재 수집 및 계통 육성										- 고온기대과 5품종 개발 - 저온기대과 5품종 개발
		계통 선발, 내병성 검정 및 예비조합 작성										
		성능 검정 및 조합 선발										
		농가 적응성 검정 및 생산										
		품종 생산판매신고, 품종보호출원, 상업화										
	SNP분석을 통한 세대단축기술 및 우량육종소재개발	소재 탐색, 우수 계통 선발										- 레드 및 핑크 대과종 순계 계통 각 10점 - 원형 및 대추형 방울토마토 순계계통 각 10점
		우량유전자 집적한 계통 선발 및 고정										
		Elite line 육종소재 개발, 민간회사에 유용계통 제공										
		양적형질 유전자들의 집적된 순계 계통간 조합선발										
		SNP 마커를 이용한 토마토 육성재료 인자 분석										

제2절. 수입대체 복합내병성 방울토마토 품종육성 및 대목개발

1. 연구개발 목표

- 이를 통해 원형계 방울토마토 3품종, 타원형계 방울토마토 4품종, 저온기용 대목토마토 3품종, 고온기용 대목토마토 3품종, 등을 개발하고자 함
- 이에 따라 국내 토마토 종자시장에 외국 품종이 점유하고 있는 비율을 2021년까지 30% 이내로 줄여, 방울토마토 국산화 85%, 대목토마토 국산화 70%를 달성하고자 함

2. 연구개발 필요성

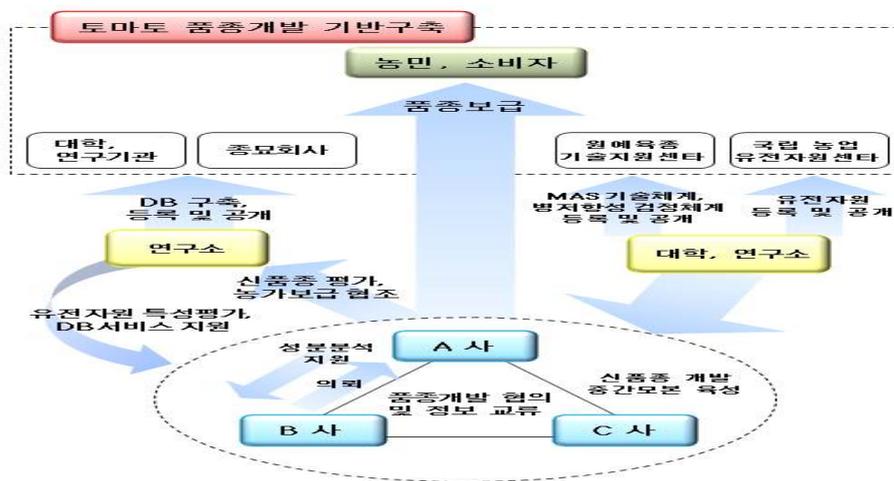
- 최근 건강에 대한 관심이 고조되면서 기능성 채소의 소비량이 지속적으로 증가하고 있으며 그 중에서도 라이코핀, 카로틴, 비타민 함유량이 높은 토마토 소비는 날로 증가하고 있는 추세임

- 토마토 연작에 따른 병해충 발생 증가와 최근 잦아진 저온, 고온, 집중호우 등 기후 변화에 따른 토마토 안정생산이 위협받고 있음. 따라서 풋마름병, 선충 및 TYLCV 등에 복합내병성이면서 환경(내한, 내서, 내습 등)에 적응성이 우수한 수입 대체용 토마토 신 품종의 개발이 시급한 실정임
- 지속적인 연작으로 인해 토양 병이 증가하고 있어 대목에 대한 필요성 역시 증가하고 있음

3. 기존 연구와의 중복성 및 연계방안

- 기존의 연구가 종료되었거나, 민간회사에서 상업계통 육성하기 때문에 용도가 다름

4. 프로젝트 추진체계 및 추진전략



5. 프로젝트 Micro 로드맵

단계별 목표	1단계				2단계					최종목표	
	수입대체용 토마토 품종의 기반구축 및 신품종 개발 및 상용화				복합 내병성, 내재해성 품종개발 및 상품화, 종자생산 기반구축						토마토국내종자 70%점유
중점연구영역	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	프로젝트 목표	
수입대체 복합내병성 방울토마토 품종육성 및 대목개발	고식미계 복합 내병성 방울토마토 품종육성	고식미계 방울토마토 소재 수집, 우수 자원 선발 및 계통 육성									- 원형 3품종 개발 - 대추형 4품종 개발
		GMS를 활용한 종자생산 체계 구축, 계통 내병성 검정 및 예비조합 작성									
		성능 검정 및 조합 선발									
		농가 적응성 검정 및 제웅, GMS를 활용한 생산력 시험									
	복합내병성 중장기 재배용 토마토 대목 품종육성	연작지 토양 전염성 병 피해조사 및 복합내병성 대목 소재 수집									- 저온신장성 토마토 대목 3 품종 개발 - 복합내병계 내서성 토마토 대목 3품종 개발
		계통육성, 마커분석 및 생물검정 병행									
		성능 검정 및 조합 선발									
		토양 전염성병 유묘검정법 개선 및 농가 내병성 검정, 시험재배									
				품종 생산관매신고, 품종보호출원, 상업화							

제3절. 동북아 수출용 토마토 품종개발

1. 연구개발 목표

- 품종 개발의 최종목표는 무한성장형 LSL 대과 토마토 8품종, 중장기 재배용 방울 토마토 4품종 개발하여 동북아 수출용 토마토 총 12품종 개발
- 이를 기반으로 2021년 토마토 종자수출액 400만불 이상 목표를 달성하고자 함

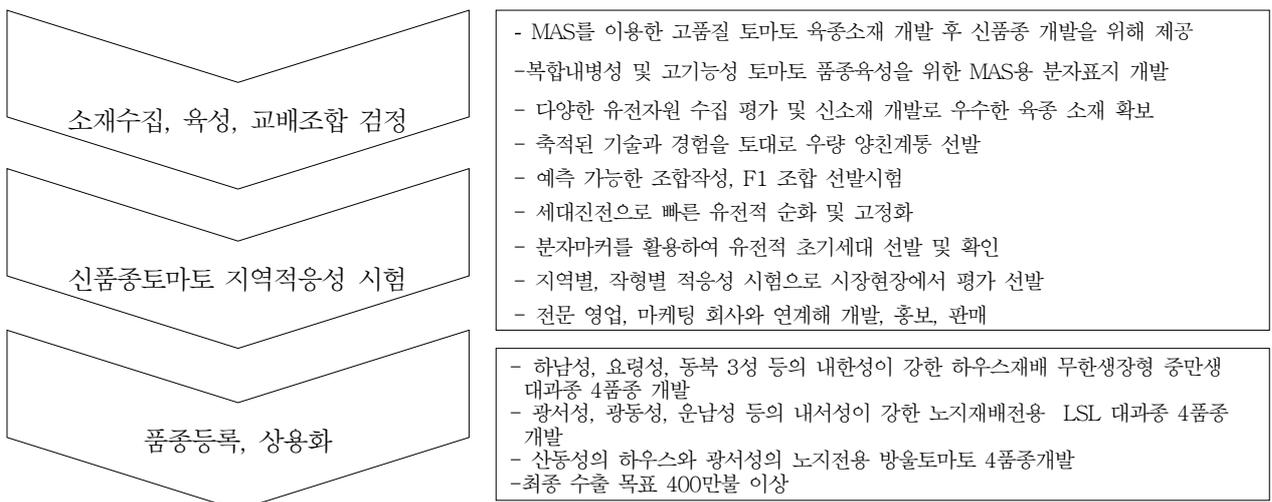
2. 연구개발 필요성

- 세계 최대의 채소 재배국으로 부상한 중국의 채소 종자 시장규모는 2002년 78억 위안에서 2006년 98억 위안으로 지속적으로 증가하고 있으며 2010년 중국 채소 생산 면적 1,870만 ha, 채소 종자 소비량은 4만톤, 시장 규모가 120억위안으로 중국전체 종자시장의 30% 이상을 차지하고 있음. 2015년 중국 채소 종자 시장 규모는 200억 위안을 넘을 것으로 예측됨
- 중국 채소의 주요 품종 가운데 상품화율이 높은 품종으로는 토마토, 오이, 가지, 고추, 양배추, 배추, 무, 파 등으로 채소 전체 파종 면적의 50% 내외 차지
 - 채소 종자가 전체 채소 종자의 55% 정도를 차지하고 있는데, 특히 오이와 토마토의 비중이 23%인 것으로 나타남

3. 기존 연구와의 중복성 및 연계방안

□ 과제제목: 중국 수출용 대과 및 미니토마토 품종개발(iPET 과제) 본 과제로 이관

4. 프로젝트 추진체계 및 추진전략



5. 프로젝트 Micro 로드맵

단계별 목표		1단계				2단계					최종목표	
		수출용 품종 개발을 위한 기반구축 및 육종소재 개발				수출용 품종 개발 종자생산 기반 구축 수출시장 개척						
중점연구영역		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	프로젝트 목표	
동북아 수출용 토마토 품종개발	무한 성장형 LSL 대과 및 중장기 재배형 방울 토마토 품종 육성	시장분석 및 신규 유전자원 발굴										- 하남성, 요령성, 동북 3성 등의 내한성이 강한 하우스재배 무한성장형 증만생 대과종 4품종 개발 - 광서성, 광동성, 운남성 등의 내한성이 강한 노지재배전용 LSL 대과종 4품종 개발 - 산동성의 하우스와 광서성의 노지전용 방울토마토 4품종개발 -최종 수출 목표 400만불 이상
		계통육성 및 유용인자 기 보유계통 여교배										
		예비조합작성 및 현지 성능검정										
		조합 선발, 현지 농가 적응성 시험 및 생산력 검정										
		복합내병성 품종육성 및 상업화										

제4절. 동서남아 수출용 노지재배형 토마토 품종 개발

1. 연구개발 목표

- 품종 개발의 최종목표는 서남아 수출용 10품종개발, 동남아 수출용 품종 5품종 개발하여 동서남아 수출용 노지 재배형 토마토 총 15품종을 육성하고자 함
- 이를 기반으로 2021년 토마토 종자수출액 400만불 이상 목표를 달성하고자 함

2. 연구개발 필요성

- 토마토는 당면한 국내의 수입대체 뿐만 아니라 한정된 국내토마토 시장 (6,344ha, 2012년)에서 벗어나 해외 거대시장인 동서남아 (인도86.5만ha, 인도네시아 5.7만ha, 2011년 FAO) 지역에 수출 타겟을 설정하고 지역에 맞는 수출 맞춤형 품종을 개발하여 수출 타겟지역과 주변지역까지 제2차 수출과급 효과를 기대할수 있음

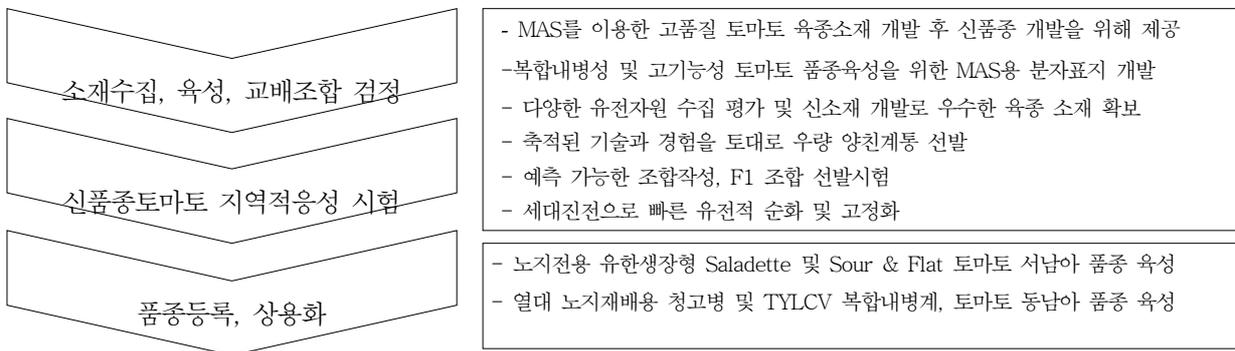
○ 동남아의 토마토 종자시장의 규모는 500억원 수준으로 인도네시아, 미얀마, 필리핀 등지에서 재배가 많이 되고 있으며 재배면적의 증가에 따른 연평균 5%의 종자시장이 성장하고 있음

○ 인도의 토마토 종자시장 규모는 약 400억원 규모이며 중국 다음으로 넓은 토마토 재배 국가이며 잠재력이 매우 큰 시장임

3. 기존 연구와의 중복성 및 연계방안

○ 기존 연구과제와 중복성 없음

4. 프로젝트 추진체계 및 추진전략



5. 프로젝트 Micro 로드맵

단계별 목표	1단계				2단계					최종목표	
	수출용 품종 개발을 위한 기반구축 및 육종소재 개발				수출용 품종 개발 종자생산 기반 구축 수출시장 개척					토마토 종자수출 400만불 달성	
중점연구영역	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	프로젝트 목표	
동서남아 수출용 노지재배형 토마토 품종개발	서남아 유한생장형 Saladette 및 Sour & Flat 토마토 품종 육성	유용 유전자원 수집 및 현지 계통 육성									- 250만불 수출 - 건기용 & 우기용 토마토 5품종 개발 - Sour & Flat 토마토 5품종 개발
		계통 내병화 작업 및 유용인자 기 보유 계통 여교배									
		예비 조합 작성 및 현지 성능검정									
		조합 선발, 현지 농가 적응성 검정 및 대규모 시험사업									
	동남아 청고병 및 TYLCV 복합내병계 토마토 품종 육성	현지 계통육성 및 고정화, GMS 계통 육성									- 150만불 수출 - TYLCV 복합내병계 토마토 5품종 개발
		TYLCV, 청고병 검정 시스템 구축 및 마커 분석, 생물검정 병행									
예비 조합 작성 및 성능검정											
	조합 선발, 현지 농가 내병성 검정										
	국가별 복합내병성 품종 등록 및 상업화										

제5절. 중동 수출용 토마토 품종개발

1. 연구개발 목표

- 이란 남부지역의 Fresh 토마토 2품종, 이집트 TYLCV + Nematode+ 내서성 2품종 등 노지 재배용 유한생장형 토마토를 4품종을 개발하고자 하며, 또한 터키 Beef, Cluster, Cocktail 무한생장형 토마토를 3품종 총 7품종을 개발하고자 함
- 중동 인근 타겟국가의 토마토 품종을 육성하여 200만불을 수출하여 고부가가치를 창출하고자 함

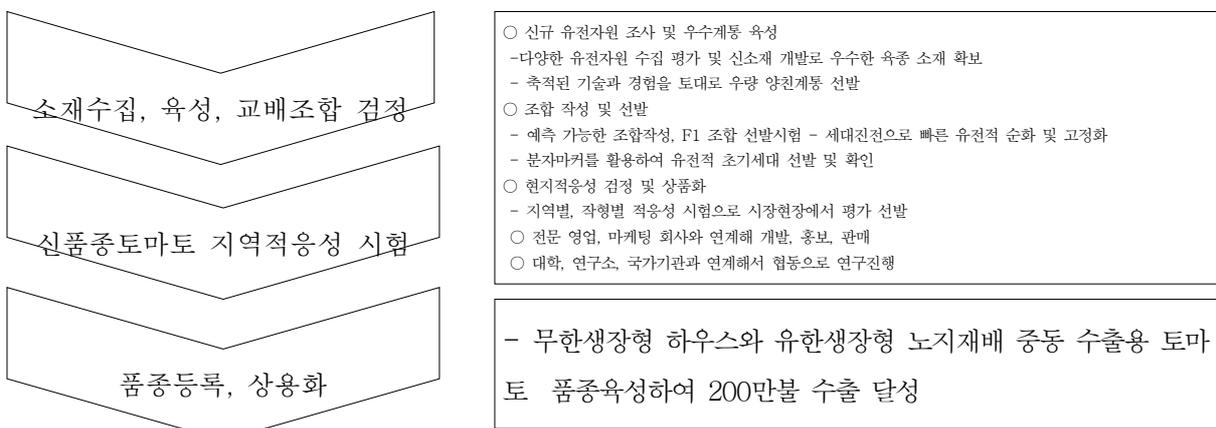
2. 연구개발 필요성

- 2011년 FAO 추산 터키(27만 ha), 이란(18만 ha), 이집트(21만 ha)의 총 토마토 재배면적은 66만 ha로 세계 토마토 재배면적 약 470만ha(FAO, 2011)의 14%를 차지하고 있으며 고부가가치의 신흥 토마토 시장임
- 터키, 이란, 이집트의 중동 토마토 시장 규모와 현황 등을 분석했을 때 국내의 종자 시장 규모보다 현저히 큼. 현지 국가에서 재배되고 있는 선도 품종, 내병성, 내서성 등을 갖춘 유전자원을 수집하고 국내의 육성 인력과 시설 증대에 투자를 한다면 우수한 품종을 육성하여 고부가가치를 창출 할 수 있는 시장임

3. 기존 연구와의 중복성 및 연계방안

- 기존 연구과제와 중복성 없음

4. 프로젝트 추진체계 및 추진전략



5. 프로젝트 Micro 로드맵

단계별 목표		1단계				2단계					최종목표
		고부가가치 창출 수출용 토마토의 품종육성을 위한 육성소재 개발 및 기반구축				고부가가치 토마토 품종개발 및 상품화, 종자생산 기반 구축					토마토 종자수출 200만불 달성
중점연구영역		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	프로젝트 목표
중등 수출용 토마토 품종 개발	무한성장형 하우스와 유한성장형 노지재배 토마토 품종육성			신규 유전자원 도입, 우수 계통 선발 및 계통 육성							-200만불 수출
				TYLCV, N, FCRR 저항성 연관 DNA 마커 활용 시스템 구축 및 현지 계통 육성 병행							-이란 2품종 개발
				예비 조합 작성 및 성능검정							-이집트2품종 개발
				조합 선발, 국가별 농가 적응성 검정 및 대규모 시험 사업							-터키3 품종 개발
				국가별 복합내병성 품종 등록 및 상업화							

제6절. 토마토 품종 육성을 위한 내병성 및 원예형질 분자표지 개발

1. 연구개발 목표

- TSWV, 잎곰팡이(Cf-9), 역병(Ph-3), 고구마뿌리혹선충병(Mi1,2,3) 분자표지 4점 MAS 실용화
- 청고병, 흰가루병 등 저항성과 과색관련 유전자 QTL 분석 및 신규 분자표지 6점 이상 개발
- 내병성과 원예형질 관련 신규 마커 6점 이상 개발
- TYLCV, 역병, 겹무늬병 등에 대한 신규 분자표지를 3점 이상 개발
- LSL 관련 3점 이상의 신규 분자표지 개발을 목표로 함

2. 연구개발 필요성

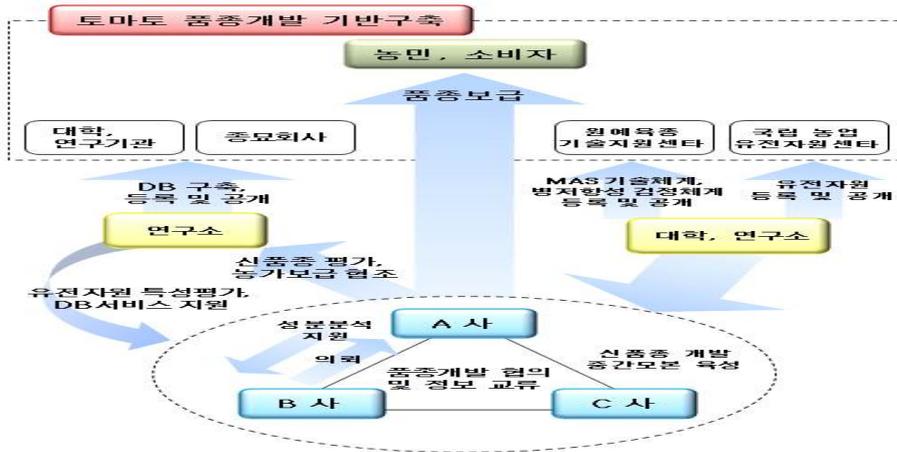
- 토마토 연작에 따른 병해충 발생 증가와 최근 잦아진 저온, 고온, 집중호우 등 기후 변화에 따른 토마토 안정생산이 위협받고 있음. 따라서 풋마름병, 선충 및 TYLCV 등에 복합내병성이면서 환경(내한, 내서, 내습 등)에 적응성이 우수한 수입 대체용 토마토 신품종의 개발이 시급한 실정임
- 또한 단기간 내에 선진국의 품종 육성 수준으로 도달하기 위해서는 분자마커 이용선발(Marker-assisted selection, MAS)기술을 이용한 품종개발 연한 단축 및 우량개체 선발효율의 극대화를 통해 경쟁력을 확보하여야 함
- 전 세계적으로 기후변화와 토마토 연작에 따른 병해충의 증가와 새로운 병원균의 출현

으로 이에대한 대비책이 요구되며 다양한 기능성과 저장성관련 분자표지의 개발도 요구됨

3. 기존 연구와의 중복성 및 연계방안

○ 기존 연구과제와 중복성 없음

4. 프로젝트 추진체계 및 추진전략



5. 프로젝트 Micro 로드맵

단계별 목표	1단계				2단계					최종목표	
	수입대체용 토마토 품종의 기반구축 및 신품종 개발 및 상용화				복합 내병성, 내재해성 품종개발 및 상품화, 종자생산 기반구축						
중점연구영역	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	프로젝트 목표	
토마토 품종육성을 위한 내병성 및 원예형질 분자표지 개발	청고병/흰가루병, 과색 마커 개발용 분리집단, 유전자 지도 작성 및 마커 개발										- 신규 분자표지 6점 이상 개발
	병리 검정, 계통 내병화 작업, QTL 분석										
	마커를 이용한 토마토 육성재료 인자 분석 및 대량샘플 자동화분석 시스템 구축										
	민간회사에 내병계통 제공										
수출용 토마토 TYLCV/역병/겉무늬병 및 저장성 관련 분자표지 개발	내병성 및 저장성 관련 유전자원 선발										- TYLCV, 역병, 겉무늬병 등 저항성 분자마커 3점 개발 - 저장성 (LSL) 관련 분자마커 3점 개발
	분리집단 작성, 신규 분자표지 개발 및 생물검정 대조 시험										
	마커를 이용한 토마토 육성재료 인자 분석										
	효율적인 MAS/MAB 체계 확립, 민간회사에 내병계통 제공하여 국가별 품종육성 및 상업화 연계										

제6장 기대효과

1. 정책적 기대효과

- 국내 우수한 품종개발을 계기로 외국에 수출할 수 있는 역량 강화
- 정부 과제사업을 통하여 민간 기업이 함께 참여하여 공감대 형성 및 정보 교류 확대
- 본 프로젝트의 수행을 통해 수입대체 및 수출용 토마토 품종이 개발되고 유통 및 마케팅 전략 산업이 활성화 될 것으로 기대됨
- GSP 토마토 사업이 육성되면 종자 산업을 둘러싼 환경변화에 능동적으로 대응 할 수 있어 종자 산업의 발전이 예상됨
- 수출용 우수 품종의 개발로 자국 품종 보호 및 글로벌화에 대응
- 종자 산업 육성으로 국가 이미지 제고 및 국가 경쟁력 강화가 기대됨
- 종자 산업의 기술 및 인프라의 구축을 통한 국가 경쟁력 강화

2. 기술적 기대효과

- 국내외 우수품종, 유전자원에 대한 형태적, 재배적, 유전적 특성 정보를 제공할 수 있는 통합데이터베이스 개발하여 토마토 육성기반 마련
- 분자 표지 이용 효율 극대화를 위한 MAS 체계 개발 후 민간기업 이전하여 토마토 육성 활성화 기여
- 토마토 품종 육성 관련 전문가 육성 및 네트워크 형성으로 품종 개발 기반 구축
- 국내외 우수품종, 유전자원에 대한 형태적, 재배적, 유전적 특성 및 내병성 정보를 D/B화 하여 토마토 육종소재 확대
- 토마토 리코펜 등이 보강된 기능성 품종 육성 기초 마련

3. 경제적 기대효과

- 국내 시설과 기후에 적합한 신품종을 개발하여 안정적이면서도 고품질의 토마토를 다수확 할 수 있도록 하여 수입대체효과를 높임
- 국내 육종 능력 향상 및 우수 품종 개발로 국내 재배 품종의 국산화율을 높일 뿐만 아니라 농가 소득에도 기여
- 토마토 종자의 국산화율 35% ⇒ 70% 이상 달성
- 토마토 종자 1000만불 수출로 종자강국 실현의 초석을 다짐

목 차

제1장 개요	1
1. 상세기획 필요성	1
2. 상세기획 내용	3
3. 상세기획 참여인력정보	5
제2장 국내외 동향 및 환경 분석	7
1. 국내외 시장현황 및 전망	7
2. 국내외 기술동향 분석	45
3. 국내외 정책동향 분석	80
4. 기술수준 및 연구개발 인프라 분석	81
5. 주요 이슈 및 전략방향	87
제3장 목표 설정 및 프로젝트 도출	95
제1절. 목표 설정	95
1. 최종 목표	95
2. 연차별 목표 및 단계별 목표	95
3. 목표 설정 근거	96
제2절. 프로젝트 구성	99
1. 후보과제 도출 배경 및 과정	99
2. 프로젝트 구성 및 내용	102
3. 프로젝트 간 연관관계	110
제4장 품목별 추진체계 및 추진전략	112
1. 연구 추진체계	112

2. 연구 추진전략	113
3. 성과지표 설정 방안	116
4. 연구개발 소요예산	120
5. 품목 총괄로드맵	121
6. 성과 확산 방안	123
7. 사업화 및 수출확대 전략	124
제5장 프로젝트별 세부기획	126
제1절. 수입대체 복합내병성 대과종 토마토 품종육성	126
1. 연구개발 목표	126
2. 연구개발 필요성	127
3. 기존 연구와의 중복성 및 연계방안	130
4. 프로젝트 추진체계 및 추진전략	131
5. 프로젝트 Micro 로드맵	133
6. 세부프로젝트 추진계획	134
제2절. 수입대체 복합내병성 방울토마토 품종육성 및 대목 개발	149
1. 연구개발 목표	149
2. 연구개발 필요성	150
3. 기존 연구와의 중복성 및 연계방안	153
4. 프로젝트 추진체계 및 추진전략	154
5. 프로젝트 Micro 로드맵	156
6. 세부프로젝트 추진계획	157
제3절. 동북아 수출용 토마토 품종개발	172
1. 연구개발 목표	172
2. 연구개발 필요성	173

3. 기존 연구와의 중복성 및 연계방안	176
4. 프로젝트 추진체계 및 추진전략	179
5. 프로젝트 Micro 로드맵	179
6. 세부프로젝트 추진계획	180
제4절. 동서남아 수출용 노지재배형 토마토 품종개발	190
1. 연구개발 목표	190
2. 연구개발 필요성	191
3. 기존 연구와의 중복성 및 연계방안	192
4. 프로젝트 추진체계 및 추진전략	193
5. 프로젝트 Micro 로드맵	193
6. 세부프로젝트 추진계획	194
제5절. 중동 수출용 토마토 품종개발	212
1. 연구개발 목표	212
2. 연구개발 필요성	213
3. 기존 연구와의 중복성 및 연계방안	214
4. 프로젝트 추진체계 및 추진전략	214
5. 프로젝트 Micro 로드맵	215
6. 세부프로젝트 추진계획	216
제6절. 토마토 품종육성을 위한 내병성 및 원예형질 분자표지 개발	223
1. 연구개발 목표	223
2. 연구개발 필요성	224
3. 기존 연구와의 중복성 및 연계방안	227
4. 프로젝트 추진체계 및 추진전략	227
5. 프로젝트 Micro 로드맵	228

6. 세부프로젝트 추진계획	229
제6장 기대효과	243
1. 정책적 기대효과	243
2. 기술적 기대효과	244
3. 경제적 기대효과	245
(참고 문헌)	246

그림 차례

<그림 1-1> 토마토 GSP 상세계획을 위한 추진체계	4
<그림 2-1> 국내토마토 재배면적 추이	7
<그림 2-2 > 2011년 지역별 토마토 재배면적 비교	9
<그림 2-3> 국내토마토 년도별 매출액 변화 추이	11
<그림 2-4 > 년도별 토마토 소비량 전망	12
<그림 2-5> 일반토마토 월별가격 추이	13
<그림 2-5-1> 방울토마토 월별가격 추이	13
<그림 2-6> 국내토마토 과일의 유통 경로 분석	14
<그림 2-7> 연도별 중국 토마토 재배면적 추이	20
<그림 2-8> 중국에서 재배되는 토마토의 지역별 재배단지와 품종 현황	22
<그림 2-9>중국 토마토 재배과정에서 TYLCV 발병 및 피해지역	23
<그림 2-10> 중국의 주요 토마토 재배품종	24
<그림 2-11 > 이집트 주요 농업 생산지역	39
<그림 2-12> 이란의 주요 농업지역	42
<그림 2-13> 연도별 특허출원 및 등록수 동향	56
<그림 2-14> 토마토 기술별 특허출원 점유율	56
<그림 2-15> 주요 국가 및 국제 특허 출원 및 등록 현황	58
<그림 2-16>연도별 국가별 특허출원 및 등록 동향	59
<그림 2-17> 연도별 WO 특허출원 현황	61
<그림 2-18> 토마토의 육종에 관련된 WO 특허의 우선권 국가 현황	61
<그림 2-19> 토마토의 육종에 관련된 WO 특허의 패밀리 특허의 문헌수 현황	62
<그림 2-20> 토마토 육종에 관련된 지난 10년간 기술별 특허 동향	62
<그림 2-21> 토마토 육종에 관련된 지난 10년간 주요 출원인 현황	63
<그림 2-22> 토마토 육종에 관련된 지난 10년간 국가별 주요 출원인 현황	64
<그림 2-23> 지난 10년간의 토마토 육종분야의 논문게제 현황연도별 논문 현황	64

<그림 2-24> 지난 10년간의 토마토 육종분야의 논문현황	65
<그림 2-25> 토마토 육종기술별 게재논문 현황	65
<그림 2-26> 토마토 육종 분야 논문 게재현황	66
<그림 2-27> 토마토 연구분야들 중 세계수순과의 기술수준	85
<그림 2-28> 기본 추진방향 도출	94
<그림 3-1> 토마토 GSP 프로젝트 도출과정	100
<그림 3-2> GSP 토마토 개발 조직 체계	101

표 차례

<표 2-1 > 국내토마토 재배면적 및 생산량	7
<표 2-2> 2011년 지역별 토마토 재배면적 및 생산량	8
<표 2-3> 2012년 국내토마토 시장현황	9
<표 2-4> 국내토마토 품목별 분석	10
<표 2-5> 국내토마토 국내육성과 외국육성 비율	10
<표 2-6> 국내토마토 년도별 총매출	10
<표 2-7 > 국내토마토 종자의 타입별 종자유통구조	11
<표 2-8> 년도별 국내토마토 수급전망	12
<표 2-9> 국내 중대과 토마토 주요 재배품종	15
<표 2-10> 국내 방울, 대목과 기타 주요 재배품종	16
<표 2-11> 국내토마토 품종등록 현황	16
<표 2-11-1> 국내토마토 회사/기관별 품종등록 현황	17
<표 2-11-2> 국내토마토 시장 요구도	17
<표 2-12> 전 세계 국가별 토마토 재배면적 및 생산량 현황	18
<표 2-13 > 토마토의 분류방법	19
<표 2-14 >중국 2008년 토마토 재배면적 상위 6성 현황	21
<표 2-15 > 중국 토마토의 주요작형별 과중시기, 수확시기, 재배단수 및 비율	22
<표 2-16> 일본의 토마토 작형별 재배면적 및 종자량	25
<표 2-17 > 러시아 토마토의 주요 현황	28
<표 2-18> 년도별 인도 토마토 재배면적, 생산량 및 수량성 추이	29
<표 2-19> 인도 주요 토마토 재배단지별 생산량 및 생산성 추이	30
<표 2-20> 인도 토마토 품종별 선호품종 및 시장 요구도	32
<표 2-21 >파키스탄 토마토 주요 시장규모, 시장점유품종 및 주재배지역	33
<표 2-22> 인도네시아 토마토 재배면적, 종자요구량, 시장규모 등 재배현황	34

<표 2-23 >인도네시아 토마토 주요 재배지역	34
<표 2-24 > 인도네시아 토마토 주요 품종 및 시장요구도	35
<표 2-25 > 터키 주요지역별 하우스재배와 노지재배 비율 및 특성	37
<표 2-26 > 이집트 토마토 주요 재배지역별 품종 현황	40
<표 2-27>이란의 토마토 재배면적, 형태, 종자량, 과중시기 및 주재배 품종	43
<표 2-28> 분자마커 검정 개발과 서비스 현황	46
<표 2-29> 토마토 게놈의 ReSequencing 프로젝트	50
<표 2-30> 토마토 육종에 사용하고 있는 MAS 분자 마커	52
<표 2-30-1> 국내외 시장 및 기술동향 분석	55
<표 2-31> 국가별 특허 출원 및 등록 현황	57
<표 2-32> 국가별/연도별 출원 및 등록 현황	59
<표 2-33> 주요 국가 기술별/국가별 출원 및 등록 현황	60
<표 2-34> 주요 연구소의 연도별 특허 현황	67
<표 2-35> 주요 연구소별 논문 리스트	68
<표 2-36> 10회 이상 인용된 최근 3년간 논문 현황	73
<표 2-37> 토마토세부 분야별 기술수준 조사	86
<표 2-37-1> 토마토 연구인력 현황 및 관련기관	86
<표 2-38> 주요 이슈 및 전략방향	88
<표 3-1> GSP 목표 설정 근거	96
<표 3-1-1> GSP 토마토 프로젝트 도출을 위한 주요회의	101
<표 4-1> 수입대체 및 수출확대 전략	124
<표 4-2> 수입대체시장 지원 및 마케팅을 위한 전략	125
<표 4-3> 수출시장 지원 및 마케팅을 위한 전략	125

제1장 개요

1. 상세기획 필요성

□ 미래농업의 초석인 종자산업의 가치 증대

- 고생산성 종자개발로 농업부문의 생산성을 획기적으로 향상시키고 기능성 농작물용 고품질 종자 개발을 통해 고부가가치 창출
- 세계 각국은 식량안보 및 산업경쟁력 제고를 위해 유전자원 수집·평가·이용 등 유전자원에 대한 주권을 강화하고 있는 추세
- 선진국의 유용자원에 대한 광범위한 채취 및 특허·독점권 행사행위와 이에 반발한 개도국의 자국 유용자원 보호의 대립이 첨예함

□ 국내·외 종자산업 현황

- 우리나라의 UPOV 가입 ('02)과 품종보호제도 전면시행으로 로열티 지급의무 발생 품목이 급증하고 이에 대응하는 품종 개발이 미흡함: 품종보호 대상작물 27건 ('98) → 113건 ('03) → 223건 ('08)
- 민간은 유전자원을 활용하여 종자 개발·생산·유통·수출입 등을 주도
 - 유전자원 보유현황 : 미국 466천점, 중국 362천점, 인도 256천점, 러시아 320천점, 한국 154천점으로 추정(채소종자 수출배가를 위한 육종의 방향과 전망, 2011)
- 세계시장의 50% 이상을 점유하고 있는 글로벌 종자기업은 인수합병을 통한 외형 확대 등 지속적인 집중화와 대형화 추세
- 세계시장 규모는 693억불 내외로 추정되며 분자마커, GM기술 등 첨단생명공학기법 접목으로 지속 성장 전망

□ 국내·외 토마토 종자산업 현황

- 국내의 토마토 재배면적 및 종자시장이 크게 증가되고 있으나, 종자의 많은 부분을 수입에 의존하고 있는 실정임
 - 면적: ('95) 3,927 → ('01) 3,348 → ('06) 6,613 → ('10) 5,270 → ('12) 6,344ha
 - 생산량: ('95) 177 → ('01) 206 → ('06) 433 → ('10) 324 → ('12) 393천톤
 - 종자시장규모(대목제외): ('01) 35 → ('06) 92 → ('10) 134 → ('12) 150억원

- 토마토는 고부가가치 작물로 우선적으로 국내시장의 수입품종을 대체할 수 있는 품종을 개발하여 달러의 해외 유출을 막고 농가에게 소득증대 뿐만 아니라 국내 토마토 산업의 활성화를 GSP(Golden Seed Project)를 통하여 기하여야 함
- 세계 토마토 재배면적은 약 470만 ha (FAO, 2011)이며, 이 중 20%인 98만 ha가 중국, 18%인 86만 ha가 인도, 5%인 26만 ha가 터키, 4%인 21만 ha가 이집트에서 재배되고 있어 한정적인 국내시장 뿐만 아니라 거대한 규모의 수출용 토마토 시장에도 투자를 하여야 할 시기임
- 미국 Cornell의 연구진이 2,000여개의 RFLP, SCAR, CAPS marker를 개발하여 공유할 수 있는 여건을 조성하였으므로 토마토의 분자유종을 실현하기 위한 기초기반은 조성되어 있으나 토마토의 국내 분자유종에 대한 관심과 투자가 저조한 실정임
- 다국적기업에서는 이미 토마토 한 품종에 내병성 유전자 5-6점 이상 마커를 이용하여 고정되고 있으며 국내에 상주하고 있는 몬산토, 신젠타 등 외국기업에서는 자국에서 개발된 마커를 이용한 토마토 육성을 하고 있으며, 이에 대한 대비책을 마련하려면 국내에서도 마커를 이용한 토마토 육성 인프라를 구축해야 함
- 네델란드의 Keygene 회사는 여러 유럽종자회사들과 일본의 다끼이 종묘 등이 출자하여 육종에 필요한 분자표지를 개발하여 출자회사에 공급하고 있으며, 개발한 표지 마커들은 첨단 마커로서 향후 신품종 육성에 지대한 영향을 미치는 바 국내에서도 경쟁력 있는 마커개발이 절실히 요구됨

□ 토마토 종자산업 육성을 위한 정책적 현황

- 토마토 종자는 육성에 필요한 내병성과 원예적 형질에 연관된 DNA 마커개발 등이 최다 수준이므로 GSP를 통하여 자본과 통합된 연구 인력을 투입할 필요가 있음
- 토마토 품종육성에 대한 정부지원 과제는 극소수에 불과하였고 지원 규모나 과제기간도 너무 짧아 실질적으로 도움이 크지 않았으며, 지원사업의 대부분이 관 중심으로 이루어져 산업화에 한계가 있음
 - 최소 품종육성에 대한 지원 과제는 5-7년 이상이어야 함
 - 민, 관, 학 통합 운영하여 결과물이 도출시 민간 중심으로 산업화가 되어야 함
- 국내 토마토시장에 대한 민간기업의 투자가 극소수이며 자본력이 부재하며, 정부기관의 기초 연구 부재 및 대 민간 기업에 대한 공유 부족함

- 대단위 정부과제의 지원 사업으로 민간기업의 투자 동기 부여
- 정부 과제사업을 통하여 민간 기업이 함께 참여하여 공감대 형성 및 정보 교류 확대

2. 상세기획 내용

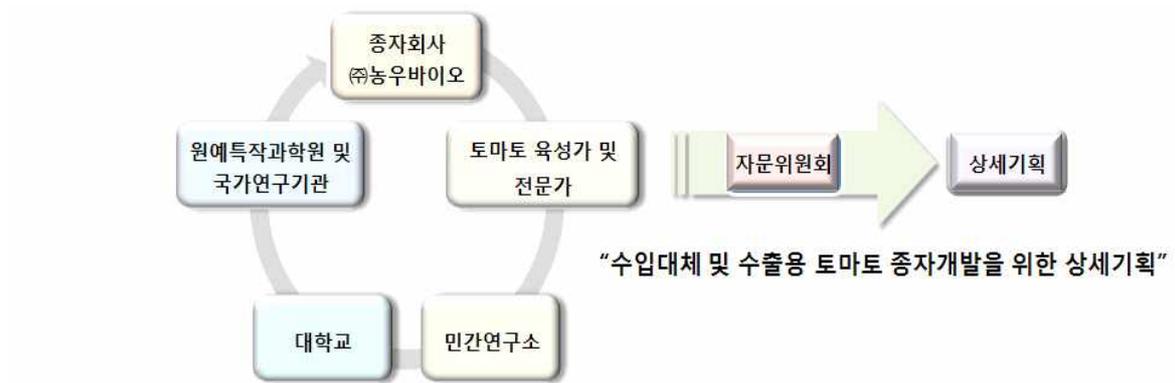
2.1 주요 기획내용

- 품목을 우선적으로 선정된 이후, 국내용 토마토 품종개발, 해외 수출용 토마토품종개발, 고부가가치 토마토 육종소재개발, 분자마커를 이용한 MAS의 도입 및 실용화 등 세부 연구추진 계획을 수립함
 - 국내·외 기술 및 시장 분석과 전문가들의 의견을 수렴하여 대상 품목을 선정하였음
 - 토마토 분야의 경우, 새로운 품종의 개발은 종자수출에 의한 직접적 파급효과가 크므로, 이를 고려하여 연구기획 대상 범위를 정함
- 연구목표, 기술개발 내용, 추진방법 및 전략 수립
 - 연구목표, 연구내용, 소요예산 등 도출함
 - 세부 기술개발 내용에 대한 추진 방법, 추진체계 및 추진전략 등을 구체적으로 도출함
- 3개월의 기간 동안 동향 조사와 과제기획을 병행하는 방식으로 과제를 수행함
 - 국내외 토마토 관련 시장 현황, 기술동향, 정책 등 분석
 - 특허 분석 등 추가적인 기술동향 조사는 향후 기획되는 본 과제의 근거자료로 활용될 수 있도록 별도 수행함
 - 특허동향 주요 분석 항목 : 연도별/국가별 출원비중, 세부기술별 특허 출원동향, 주요 출원인/기관 분석
- RFP에서 제시되는 과업을 수행하기위해 다음과 같이 토마토 GSP 상세기획팀을 구성함
 - 제1세부과제 : 수출용 토마토 종자산업 현황 파악 및 품종개발을 위한 시장분석
 - 국외 정책 및 시장분석, 국외기술개발 동향분석, 기술수준분석, 기대성과 분석
 - 제1협동과제 : 수입대체 토마토 품종개발을 위한 국내 종자산업 현황 및 시장분석
 - 국내 정책 및 시장분석, 국내기술개발 동향분석, 기술수준분석, 기대성과 분석
 - 제2협동과제 : 수입대체와 수출용 종자개발을 위한 GSP 토마토 Micro 로드맵 작성

- 기술개발 추진방향 정립, 품목별목표설정, 중점추진영역설정, 세부추진과제 후보 도출, Micro기술로드맵 작성, 연구추진체계 및 연구팀구성계획수립, RFP작성

2.2 추진체계 및 추진전략

□ 본 과제의 효과적이고 성공적인 추진을 위해 다양한 이해관계자들의 유기적 협력이 요구되었음



<그림 1-1> 토마토 GSP 상세기획을 위한 추진체계

- 원예특작과학원 및 국가연구기관은 본 과제 수행과 관련하여 지속적으로 니즈를 제시했으며, 기존 기획 결과물과 연구개발 동향 등에 대한 자료 제공과 개선 방향에 대한 의견 제시, 본 연구 결과에 대한 검토의견 제시 등의 역할을 담당하였음
- 민간연구소 및 대학에서는 본 과제 수행에 대한 니즈 제시와 함께 관련 자료 제공 및 전문가 위원회 구성에 협조하고 참여하였으며, 본 프로젝트의 수행 관리를 담당하였음
- 주관연구기관인 (주)농우바이오는 프로젝트 수행을 총괄하면서 자료조사와 분석 및 전문가 위원회 운영과 가이드 역할을 담당하였음
- 전문가위원회는 기획위원회를 중심으로 수출 분과위원회와 수입대체 분과위원회로 구성되었음
 - 기획위원회는 상세기획 방향을 제시하고 내용 검토를 담당
 - 분과위원회는 연구개발과제의 기획과 RFP작성에 참여하고 토마토육종분야의 전문 지식을 지원

□ 연구개발의 추진전략

- 수입대체 및 수출용 토마토 품종군 평가 기준 설정
- 중점 및 세부 연구 개발과제 선정 기준 설정
- 중점 및 세부 연구 개발과제 추진체계 수립

□ 연구개발의 방법

- 수입대체와 수출용 종자개발을 위한 GSP토마토 Micro 로드맵 작성
- GSP의 Micro 로드맵에 대한 학계, 육성가, 유통전문가, 가공업자, 수출업자 등 각계의 전문가 의견 수렴 후 수정 보완하여 최종 Micro 로드맵 작성
- 국내외 기술 및 시장 분석을 통한 수입대체 및 수출 타겟 품종군 후보 선정
 - 타겟 대상 품종의 평가 기준 설정
 - 평가 결과를 토대로 수입대체 및 수출 타겟 품종 선정
- 연차별 연구 목표, 프로젝트 설정, 세부 연구내용 및 소요예산, 최적 연구진 등 도출 방법
 - 자문단 구성 및 운영하여 세부 계획 수립 (안) 마련

3. 상세기획 참여인력정보

3.1 토마토 GSP 상세기획을 위해 참여한 자문위원

분류	성명	소속	분류	성명	소속
재배	김영식	상명대학교	분석	이혜익	강원대학교
육종	김일용	몬산토코리아	재배	이환구	부여토마토시험장
육종	백남권	삼성종묘	육종	서종분	전남농업기술원
생산	채영	국립원예특작과학원	육종	이문중	경북농업기술원
마커개발	김현정	농우바이오	대사물질	염인화	안동대학교
분석/개발	함인기	충남농업기술원	마케팅	함문헌	N. S. I.
병리	김병섭	강릉대학교	마케팅	강항구	농우바이오
마케팅	표만문	북경세농	마케팅	오성호	북경세농
육종	김희태	대연육종	마케팅	유재희	K. S. I.
마케팅	임영빈	동부한농	마케팅	최민	스카이종묘

3.2 토마토 GSP 상세기획팀 참여연구원

No.	과제구분	소속	직위	성명	연락처 (이메일)
1	제1세부 (주관)	농우바이오 육종연구소	책임급	원동찬	
2		농우바이오 인도법인	책임급	임병환	
3		농우바이오 육종연구소	선임급	홍동오	
4		농우바이오 육종연구소	원급	이재무	
5		농우바이오 생명공학연구소	책임급	이상직	
6		농우바이오 생명공학연구소	책임급	조화진	
7		농우바이오 생명공학연구소	책임급	남석현	
8		농우바이오 생명공학연구소	책임급	허남한	
9	제1협동	토마토생명 과학연구소	책임급	김명권	
10		토마토생명 과학연구소	연구원	어백선	
11		현대종묘	연구원	박민우	
12		부농종묘	연구원	류제택	
13		아시아종묘	선임급	김기준	
14		국립원예특작과학원	연구사	최승국	
15		강원대학교	책임급	강원희	
16	제2협동	한경대학교	교수	강권규	
17		국립원예특작과학원	연구사	최학순	
18		부여토마토시험장	연구사	황수연	
19		부산대학교	교수	박영훈	
20		클론	연구원	정유진	
21		한경대학교	연구원	이인혜	
22		씨터스	소장	조성환	

제2장 국내외 동향 및 환경 분석

1. 국내외 시장현황 및 전망

1.1 국내 시장현황

1) 국내 토마토 재배 현황

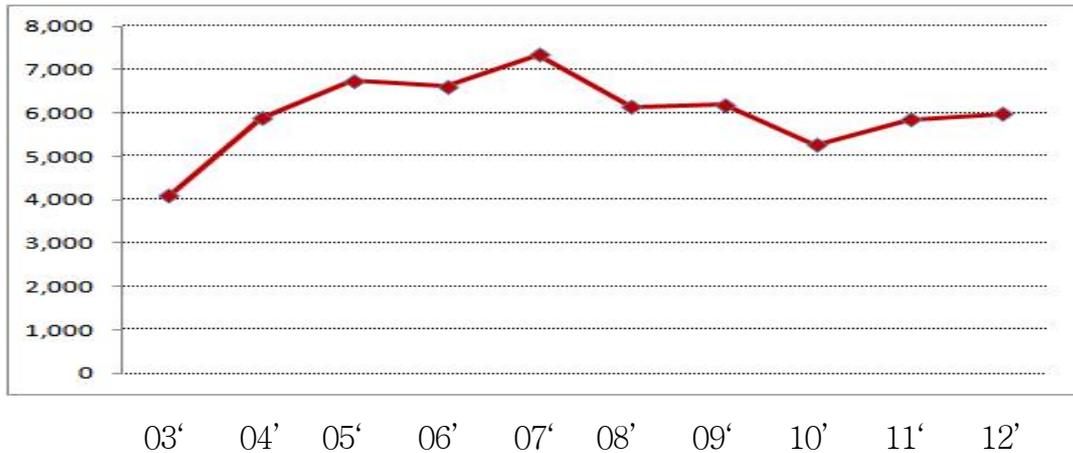
- 토마토의 국내 재배면적은 매년 증가하여 6,344ha(2012) 전후이며, 과채류 중에서 농가 소득, 농산물 공급, 국민건강 차원에서 그 중요성이 매우 큼
- 국내에 재배되고 있는 토마토 품종은 대과토마토와 방울토마토가 주를 이루며, 송이 토마토, 흑토마토 등이 있음
- 대과토마토와 방울토마토의 재배면적 비율이 65:45 정도로 추산되며, 대과토마토는 핑크계 : 레드계 90 : 10, 방울토마토는 원형계 : 타원형계 (대추형) 50 : 50 정도로 재배되고 있음
- 국내 토마토 종자시장 규모가 급격히 증가하여 2012년도에 170억 정도로 추산되며, 과채류 중에서 고추 다음으로 큰 비중을 차지하고 있음
- 재배품종은 국내육성품종이 약 30% 이상 차지하고 있으며, 70% 정도가 외국품종으로 주로 일본과 유럽 등지에서 수입되고 있음
- 국내 토마토 종자시장에 외국 품종들이 무분별하게 들어오고 있으며, 종자가격도 비싸 토마토 재배농가의 부담을 가중시키고 있음
- 따라서 국내 재배환경과 여건에 맞는 품종의 개발과 농가지도가 필요하며, 토마토종자의 국산화율을 높이는 것이 시급하다고 할 수 있음

<표 2-1 > 국내토마토 재배면적 및 생산량(자료: 한국농촌경제연구원 자료 인용)

년도	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
재배면적 (ha)	4,102	5,883	6,749	6,613	7,353	6,144	6,188	5,270	5,850	6,344
생산량 (천ton)	269	394	438	433	479	408	383	324	368	393

2) 지역별 토마토 재배 현황

- 토마토 재배면적은 충남이 제일 많고 그 다음이 전남, 강원, 경남, 경북 순으로 전국적으로 연중 재배되고 있음

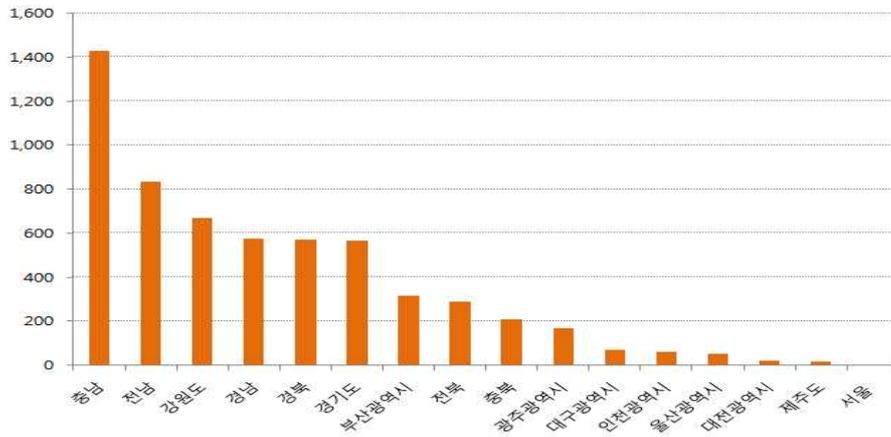


<그림 2-1> 국내토마토 재배면적 추이(단위 ha)

- 각 지역별로 보면, **강원:** 춘천 > 철원 > 횡성 > 홍천 > 화천, **경기:** 광주 > 인천 > 이천 > 평택 > 안산, **충북:** 청원 > 청주 > 충주 > 괴산 > 음성, **충남:** 부여 > 논산 > 청양 > 공주 > 예산, **전북:** 익산 > 장수 > 정읍 > 김제 > 고창, **전남:** 광주 > 담양 > 나주 > 보성 > 화순, **경북:** 경주 > 군위 > 대구 > 김천 > 포항, **경남:** 부산 > 김해 > 고성 > 울산 > 함안 순으로 재배면적의 분포를 보이고 있음

<표 2-2> 2011년 지역별 토마토 재배면적 및 생산량(자료: 한국농촌경제연구원 자료 인용)

지역	충남	전남	강원	경남	경북	경기	부산	전북	충북	광주	대구	인천	울산	대전	제주	서울
재배면적 (ha)	1,431	835	670	577	571	566	314	287	207	170	68	62	53	20	15	4
생산량 (천ton)	87	60	30	40	41	19	20	19	12	10	6	3	3	0.9	0.9	0.1



<그림 2-2 > 2011년 지역별 토마토 재배면적 비교(단위 ha)

3) 국내 토마토 종자시장 분석

□ 종자소요량

- 2012년도 재배면적 6,344ha를 기준으로 계산해 보면, 국내 토마토종자 총 소요량은 570kg 정도이며, 시장규모는 약 170억원으로 추산됨
- 토마토종자의 무게는 방울토마토 1봉(1000립)당 2~2.5g, 대과토마토는 3~4g 정도의 무게가 나감
- 종자가격이 품종별로 차이가 있으며 분홍대과와 방울토마토는 1봉(1000립)당 8만~20만원, 레드대과는 30만~50만원, 송이와 흑토마토는 100만원, 대목은 2만~5만원 정도에 거래되고 있음

<표 2-3> 2012년 국내토마토 시장현황(자료: 전문가 분석 자료)

재배면적 (2012년)	종자소요량	봉수(1000립)	금액 (출고가/원)	비고
6,344ha	570kg (1ha-90g)	190,000봉 (1ha-30봉)	약 170억 (1봉-9만)	1봉-평균3g

□ 품목별 분석

- Segment별로 보면, 핑크대과 (pink large)가 50%, 방울 (cherry) 45%, 레드대과 (red large) 4%, 기타 1% 정도로 추정됨

<표 2-4> 국내토마토 품목별 분석(자료: 전문가 분석 자료)

Segment	분홍대과	레드대과	방울	송이, 흑토마토	대목	계
면적비율(%)	50	4	45	1	(50)	100
시장규모(억)	70	19	60	1	20	170

- 국내에 재배되고 있는 토마토품종들은 국내육성품종(한국육종가)이 30%, 일본품종이 50%, 유럽품종이 10%, 기타 5% 정도 차지하고 있음

<표 2-5> 국내토마토 국내육성과 외국육성 비율(자료: 전문가 분석 자료)

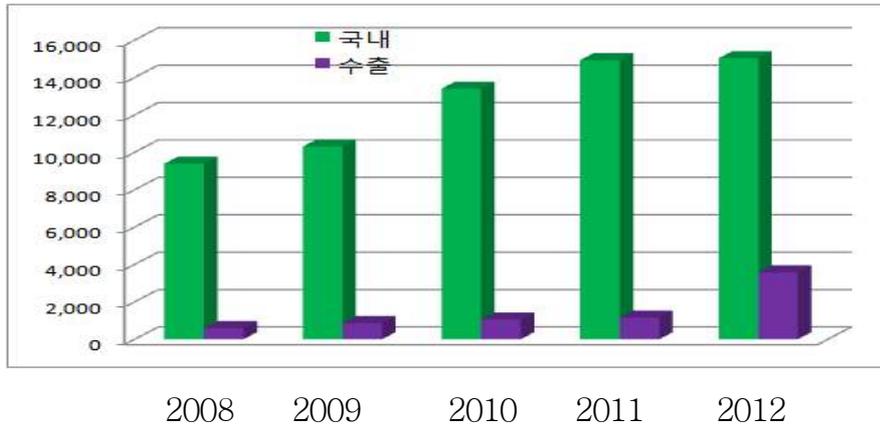
구분	국내육성	외국육성	계
비율(%)	35	65	100
종자비용(억)	60	110	170

□ 토마토종자 매출액

- 토마토종자 매출액(국내+수출) 추이를 보면 2008년도 99억에서 2010년 144억, 2012년 186억으로 매년 시장 규모와 수출액이 증가하고 있음(대목 제외)

<표 2-6> 국내토마토 년도별 총매출(자료: 한국종자협회 통계 자료) (단위: 백만원)

연도	총매출	국내	수출	(대목)
2012	18,610	15,032	3,578	2,023
2011	16,088	14,927	1,161	1,322
2010	14,467	13,405	1,062	1,411
2009	11,174	10,311	863	1,782
2008	9,984	9,391	593	1,717



<그림 2-3> 국내토마토 연도별 매출액 변화 추이

□ 토마토 종자의 유통

- 핑크대과, 방울, 대목은 종자회사에서 영업지점->육묘장->농가의 경로가 대부분이고, 레드대과 토마토는 종자회사에서 직접 농가에 종자를 판매하는 경우가 많음

<표 2-7 > 국내토마토 종자의 타입별 종자유통구조 (자료: 전문가 제공)

타입	종자유통경로
분홍대과	종자회사--> 영업지점--> 육묘장--> 농가 (가장 많음) 종자회사--> 영업지점--> 종묘상--> 육묘장--> 농가 종자회사--> 영업지점--> 농가
레드대과	종자회사--> 농가 (가장 많음) 종자회사--> 육묘장--> 농가 종자회사-->영업지점--> 육묘장--> 농가
방울	종자회사--> 영업지점 --> 육묘장--> 농가 (가장 많음) 종자회사--> 영업지점 --> 농가
대목	회사--> 영업지점--> 육묘장--> 농가
기타	수입회사-->농가

□ 토마토 과일의 유통 및 수급전망

- 2012년도에 393,000톤, 2017년에 420,000톤, 2022년에 455,000톤 정도로 생산 될 것으로 보이며, 1인당 소비량도 2012년 7.6kg에서 2022년 8.5kg으로 증가할 것으로 예측됨

<표 2-8> 년도별 국내토마토 수급전망(자료: 한국농촌경제연구원 자료 인용)

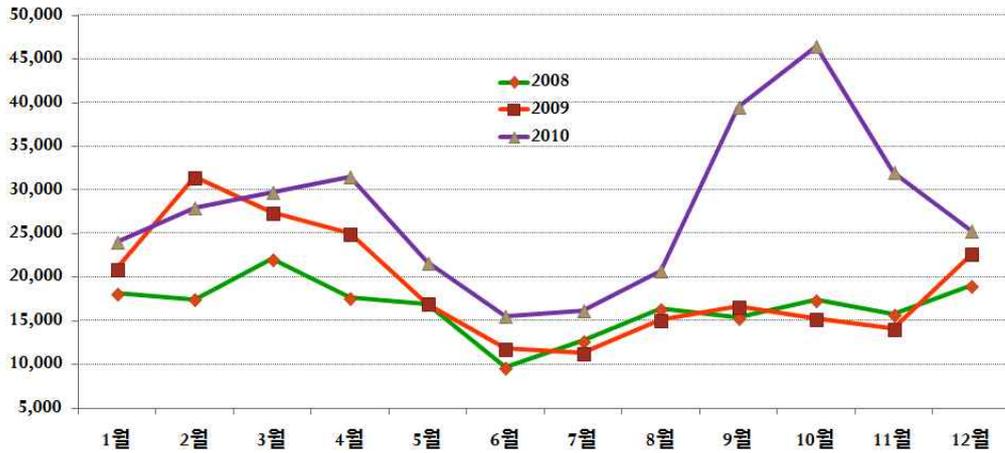
구분	2012	2017	2022
재배면적(ha)	6,344	6,570	6,906
단수(kg)	6,198	6,391	6,591
생산량(천톤)	393	420	455
1인당소비량(kg)	7.6	8.0	8.5



<그림 2-4 > 년도별 토마토 소비량 전망 (단위 kg)

□ 토마토 과일 생산액

- 국내 토마토 과일의 생산액은 연간 약 7,000억 정도로 추산됨
- 일반토마토 및 방울토마토 과일 유통가격을 월별로 보면, 2월, 3월, 4월이 높게 형성되고 6월, 7월은 유통가격이 매우 낮음



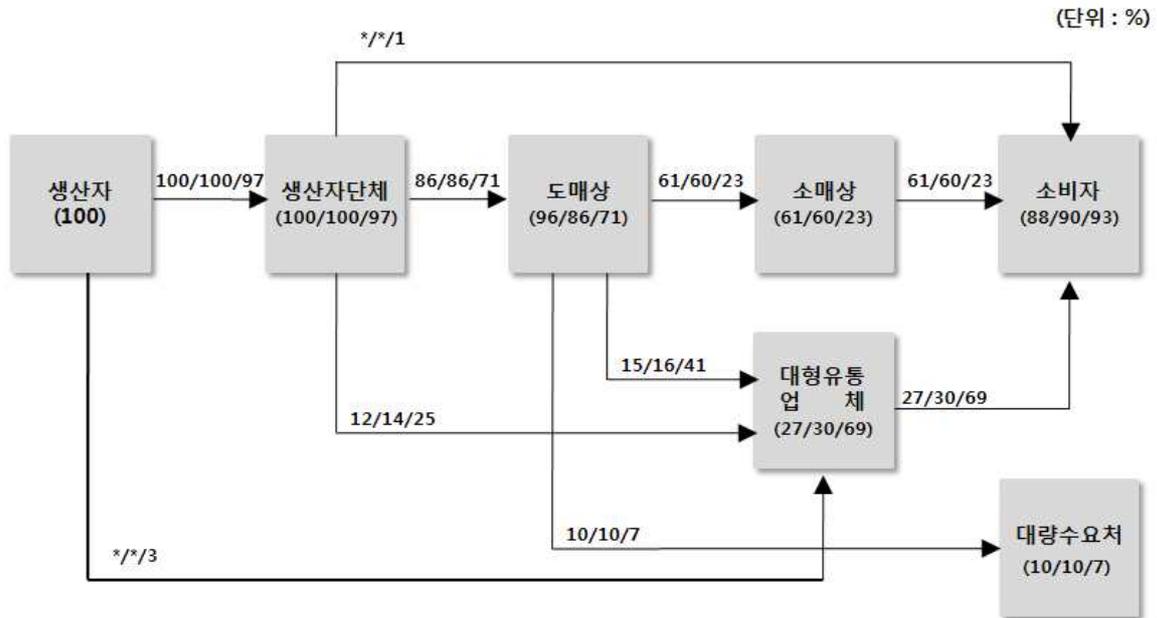
<그림 2-5> 일반토마토 월별가격 추이 (단위:10kg, 원) (한국농촌경제연구원 통계자료)



<그림 2-5> 방울토마토 월별가격 추이 (단위:5kg, 원) (한국농촌경제연구원 통계자료)

○ 토마토 과일의 유통경로

- 생산농가로부터 시작하여 생산자단체(작목반)->도매상->소매상->소비자의 경로가 일반적이고, 생산자(생산자단체)->대형유통업체->소비자의 경로, 생산자->소비자로 직접 연결되는 경우도 있음



<그림 2-6> 국내토마토 과일의 유통 경로 분석 (자료: 전문가 제공)

□ 토마토 재배작형

- 제주도부터 강원도에 걸쳐 전국적으로 작형별로 연중 재배되고 있음
- 남부지방은 축성, 반축성 작형이 많고, 중부지방은 반축성, 조숙 작형, 고냉지나 강원도에는 비가림, 억제작형이 많으며, 양액재배로 장기 재배하는 농가도 있음

□ 토마토 품종개발 동향

- 국내 토마토 육종의 역사가 짧으며, 종묘회사에서 본격적인 상업육종을 시작한 것은 1990년대 초반부터이며 육종인력의 양성도 타작물에 비해 적은 편임
- 토마토 유전자원은 민간종묘회사, 국립유전자원센터, 원예특작연구소, 부여토마토시험장 등에서 확보되어 있으나 유용한 계통화는 미진한 수준임
- 최근에는 국내 종묘회사에서 육종한 품종들이 농가에 많이 보급되고 있으며 점차 국내육성 품종에 대한 인식이 높아지고 있음
- 국내에도 토마토 여러 병에 대한 분자마커가 개발되어 육종효율이 높아지고 있음
- 핑크(pink)토마토와 방울토마토 품종 육종기술은 한국과 일본이 앞서간다고 할 수 있음

□ 국내 토마토 주요품종

- 국내의 토마토의 상업적 품종육성은 1990년대부터 시작해서 최근에는 국내 육성가가 만든 품종이 시장에서 많이 보급되고 있음
- 토마토 육종기술도 많이 발전하여 국내 육성가가 만든 품종의 비율이 점차 높아지고 있으며, 방울토마토의 경우 한국 육종가가 만든 품종의 비율이 70%를 넘음
- 대과토마토 주요 품종들의 특성은 핑크토마토는 생리장해에 둔감하고 재배안정성이 좋으며, 과 균일성, 수량성, 저장성, 내병성 등이 주요 품종결정 요인임
- 레드토마토는 착과균일성, 경도, 수송성이 우수하고, 수분함량이 적어야 하며, 장기장단 양액재배가 가능한 뿌리와 초세유지가 되어야 함
- 방울토마토는 화방발달이 좋아 착과가 잘 되고 수량이 높아야 하며, 당도가 높아 식미가 좋으며, 열과저항성, 저장성, 내병성 등이 주요 품질요인이 됨
- 대목의 경우는 뿌리의 내병성(위조병, 반신위조병, 선충, 근부위조병, 갈색근부병, 청고병) 등에 복합내병성이 있어야 하며, 접목시 대목과 접수의 접목친화성도 중요함
- 최근에서 황화위축바이러스(TYLCV), 반점시들음바이러스(TSWV) 등 바이러스 내병성이 중요한 품종 형질임

<표 2-9> 국내 중대과 토마토 주요 재배품종 (자료: 전문가 제공)

구분	국내육성품종		외국육성품종	
	품종명	회사	품종명	회사
대과 (핑크+레드)	알렉산더, 큐피랑, 핑크탑, 티와이알토랑	농우바이오 (피피에스)	슈퍼도태랑, 도태랑다리아, 레전드	다끼이 (코레곤, 해성종묘)
	티와이포르테, 티와이에스코트	토마토생명과학연구소(부농종묘, 스카이종묘)	토사마, 슈퍼선로드, 호용, 마이로꾸, 슈퍼탑	사까다
	박커스, 스틱스티와이	몬산토코리아 (동부 흥농)	라피토, 스타벅	몬산토(유럽)
			마스카라, 티와이스타	애삼종묘(부농종묘)
			대프니스, 메디슨	신젠타(유럽)
			다볼	탑씨드(풍농)
			트리오플러스	선씨드(태양종묘)

<표 2-10> 국내 방울, 대목과 기타 주요 재배품종 (자료: 전문가 제공)

구분	국내육성품종		외국육성품종	
	품종명	회사	품종명	회사
방울	키스꿀, 미니찰, 베타티니, 티아라, 티티찰	농우바이오 (피피에스)	큐티, 티와이스마트, 꼬꼬	다끼이 (코레곤, 해성종묘)
	티와이미라클, 티와이파노라마, 비타민, 엔돌핀	토마토생명과학연구소 (부농종묘, 스카이종묘)	선체리250, 선체리프리미엄, 요요캡틴	도끼다(고농종묘)
	유니콘, 올레티와이	몬산토코리아 (동부 흥농)	에스원	유럽
	리코핀-9	신젠타(한국)		
대목	수호신, 닥터큐, 올라운드	농우바이오 (피피에스)	스페셜, B블로킹, 솔루션	다끼이 (코레곤, 해성종묘)
	청강, 신청강	몬산토코리아 (동부 흥농)	마그네트, 하모니, 씨포트	사까다
	FBR	신젠타(한국)	간빠루네, 바이킹, 울키퍼	애삼종묘(부농종묘, 대연육종연구소)
송이, 흑토, 마토		올메카, 아란카	신젠타(유럽), 엔자 (유럽)	

□ 국내 토마토 품종등록 현황

- 국내 토마토 품종생산 판매신고 건수는 600품종이 넘으며 그 중 품종보호출원은 66품종임
- 보호현황은 F1품종보호 건수는 몬산토코리아가 가장 많고, 농우바이오, 신젠타코리아 순이며, 농촌진흥청 등 국가기관에서 계통을 보호 신청한 것도 있음

<표 2-11> 국내토마토 품종등록 현황 (자료: 종자협회 통계자료)

연도별 출원 건수					등록
2008 까지	2009	2010	2011	2012	
42	7	6	8	3	36

<표 2-11-1> 국내토마토 회사/기관별 품종등록 현황 (자료: 종자협회 통계자료)

회사/기관	출원품종수	회사/기관	출원품종수
농우바이오	8	충청남도	6
몬산토코리아	12	전라남도	1
신젠타종묘	5	제일종묘	7
토마토생명 과학연구소	2	삼성종묘	1
스카이종묘	1	다끼이종묘	3
농촌진흥청	17	가나종묘	2
동부팜한농	1	신한씨드	3

<표 2-11-2> 국내토마토 시장 요구도

품목	선도품종	시장요구도	내병성
핑크대과	슈퍼도태랑, 토사마, 라피도	<ul style="list-style-type: none"> •재배안정성(내한성, 내서성) •과균일도, 수량성 •저장성, 열과저항성 •내병성, 색상, 맛 	F1.2,Fr,N.V.Tm,TY, LM,GLS,TSWV
방울	미니찰, 베타티니, 유니콘, 큐티	<ul style="list-style-type: none"> •수량성, 색상, 맛 •저장성, 열과저항성 •내병성 	F1.2,Fr,N.V.Tm,TY, LM,GLS,TSWV
레드대과	메디슨, 대프니스,다 블, 트리오플러스	<ul style="list-style-type: none"> •과균일도, 수량성 •저장성, 수송성 •내병성, 색상, 내염성(양액) 	F1.2,Fr,N.V.Tm,TY, LM,GLS,TSWV
대목	B블로킹, 신청강, 올라운드, 수호신,바 이킹	<ul style="list-style-type: none"> •내병성 •접목친화성 	F1.2.3,Fr,N.V.Tm, B, K

1.2 국외 시장현황

□ 해외 토마토 품종개발 동향

- 토마토는 세계적인 작물로 미국, 유럽, 일본 등 선진국에서는 오래전부터 토마토 품종 개발을 해오고 있음
- 대표적으로 미국, 네덜란드, 이스라엘, 일본의 경우에는 기업, 대학, 연구소에서 토마토 종자산업에 적극적으로 투자해 전세계 토마토 종자시장을 지배하고 있음
- 유럽, 미국의 회사들은 주로 레드(red) 토마토 품종을 육성해왔으며, 핑크 (pink) 대과나 미니토마토 품종의 개발은 미진함

- 최근 토마토 게놈 연구(International Tomato Genome Sequencing Project, International Solanaceae Initiative)의 괄목할 만한 성과로 방대한 양의 유전정보들이 공유되고 있음

□ 국외 토마토 종자시장 현황

- 세계 토마토 재배 면적은 약 470만ha에 생산량은 15,900만톤(FAO, 2011)에 이르는 대표적인 글로벌 채소 작물임
 - 재배면적순으로 보면 중국이 98만ha(20%)로 가장 넓고 인도 86만ha(18%), 터키26만ha(5%), 이집트 21만ha (4%)순으로 나타남
 - 생산량은 중국이 4,857만톤으로 가장 많으며 인도 (1,682만톤), 미국(1,262만톤), 터키(1,100만톤), 이집트(810만톤)순으로 나타남

<표 2-12> 전 세계 국가별 토마토 재배면적 및 생산량 현황 (2011, FAO)

순위	국가	재배면적(ha)	순위	국가	생산량(ton)
1	China	985,903	1	China	48,576,853
2	India	865,000	2	India	16,826,000
3	Turkey	269,584	3	USA	12,624,700
4	Nigeria	264,430	4	Turkey	11,003,400
5	Egypt	212,446	5	Egypt	8,105,260
6	Iran	183,931	6	Iran	6,824,300
7	Cameroon	150,000	7	Italy	5,950,220
8	USA	148,730	8	Brazil	4,416,650
9	Russia	117,000	9	Spain	3,821,490
10	Italy	103,858	10	Uzbekistan	2,585,000
	Total	4,734,356 (69.7%)		Total	159,023,383 (75.9%)

* () : 전 세계 토마토 재배면적과 생산량 중에서 상위 10개국이 차지하는 비율

- 토마토 시장의 국제현황은 일반적으로 Red계통과 Pink계통을 중심으로 구분되어 있으며 대과와 중과가 시장의 대부분을 차지하고 있음
 - 과실 크기에 따른 분류로는 대과 (200g 이상), 중과 (150~200g), 송이형 (50~100g), 칵테일 (40g), 방울 (20g) 등으로 구분
 - 과색에 따른 분류로는 Red, Pink, Yellow, Orange, Purple, Green 등으로 구분

<표 2-13 > 토마토의 분류방법

생장형	무한생장형	Indeterminate type(ID type)
	유한생장형	Determinate type(D type)
과크기	대과종	200g~ 이상 : Beef
	중대과종	150~250g : Standard
	중과종	100~150g : Round
	중소과종	60~100g : 가공용, Truss
	소과종	30~60g : Cocktail, Truss, Cluster
	미니	30g 이하 : Cherry, Grape
용도	생과용	생과용, Fresh, Slice
	가공용	케첩, 잼, 주스, 캔닝
	요리용	햄버거, 샐러드, 퓨레, 파스타, 피자
색상	분홍(pink), 홍색(red), 주황(orange), 노랑(yellow), 자주색(purple) 녹색(green), 갈색(brown), 흑색(black)	
과형	납작한형(flat), 편구형(oblate), 고구형(deep oblate), 원형(round), 타원형(oval-Saladette), 계란형(egg shape), 사각형(square), 표주박형(pear shape)	

- 토마토 시장의 주도권을 갖고 있는 국가(종묘회사)로는 아시아는 중국과 인도(신젠타), 미주는 브라질 (세미니스, 신젠타), 아프리카는 이집트 (신젠타), 유럽은 스페인 (신젠타, 누넬)임
- 토마토 종자 시장은 전 세계적으로 F1 품종을 중심으로 시장이 형성되어 있음
- 생명공학을 활용한 기술이 활발하게 사용되고 있으며 그 중에서도 특히 분자 마커를

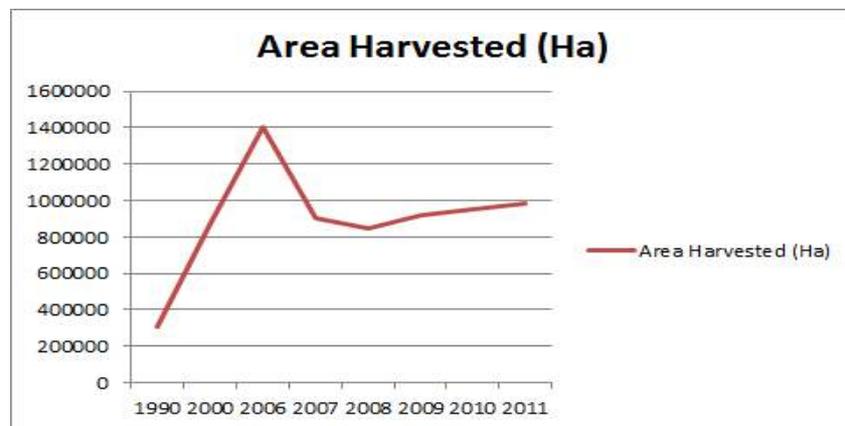
활용한 기술이 많이 사용됨

- MAS 개발이 거의 완료되어 활용되는 수준이며 주로 내병성과 원예적 특성에 대한 분자마커가 대부분 발견됨
- 생명공학 기법의 도입에 따라 빠르고 대량 분석이 가능하며 기존 전통 육종방식에 의한 신품종 개발기간이 5-7년 이상에서 3~4년으로 크게 단축되고 있음

□ 국가별 토마토 시장 현황

□ 중국시장

- 중국 토마토 재배면적은 2000년 이후 86만 ha로 꾸준히 증가하다가 2006년 140만 ha를 기점으로 공급과잉으로 인해 면적이 줄었으나 다시 조금씩 증가 추세로 2011년 98만 ha(2011, FAO)로 세계 최대 토마토 재배면적임



<그림 2-7 > 연도별 중국 토마토 재배면적 추이(FAO 자료)

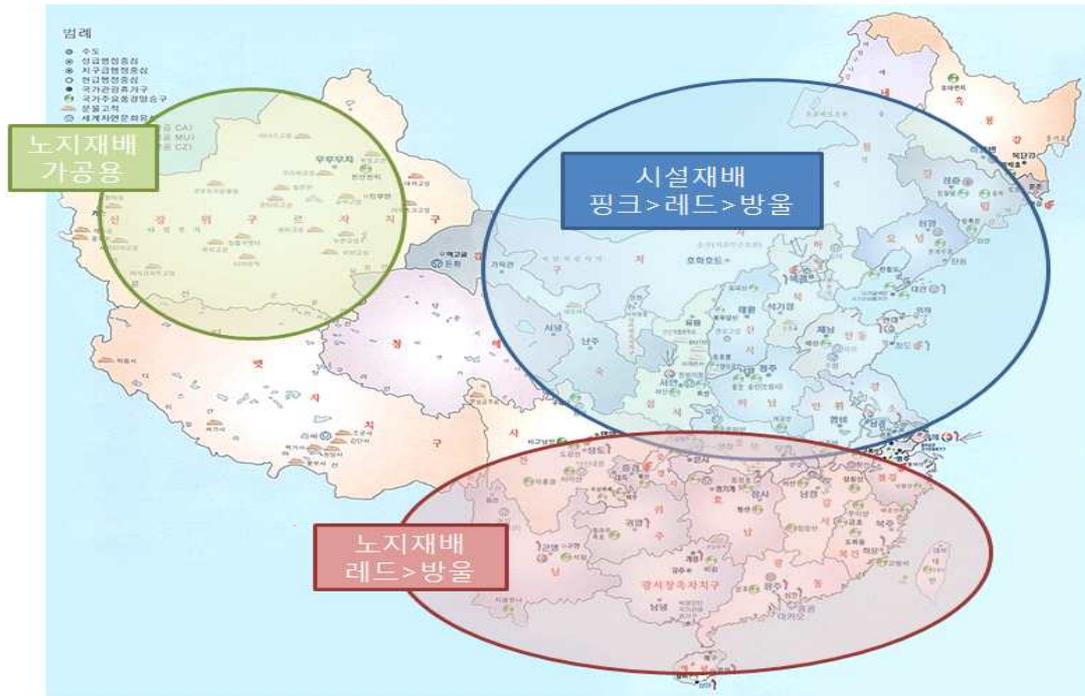
- 중국의 2008년 주요 토마토 재배지역으로는 Hebei, Jiangsu, Shandong, Henan, Hubei, Xinjiang 등으로 각각 약 5만, 10만, 12.3만, 4.5만, 6.6만 ha의 재배면적을 지니고 있고, 전국 재배면적의 약 52%를 차지함

<표 2-14 >중국 2008년 토마토 재배면적 상위 6성 현황 (2008, 농진청)

재 배 지 역(성)	재배면적(천 ha)	비 율(%)
Henan	123.2	14
Shandong	100	11
Hebei	87.1	10
Xinjiang	66.3	7
Jiansu	50.4	5
Hubei	45	5
기타	431	48
총 재배면적	900	100

- 상용 종자의 비율은 농가에서 자가 채종을 얹고 시판종자를 구입하는 비율이며 2002년 51.2%에서 2008년에는 61.9%수준으로 증가함, 또한 토마토 종자비 역시 2002년 이후 꾸준히 증가하였는데, 2002년 923위안/ha이었지만, 2008년에는 거의 50% 이상 증가한 1,386위안/ha 임
- 중국 토마토의 평균 종자 가격수준은 약 500~1,000불/kg 수준이지만 저가형 품종이 주를 이루고 있으며 점진적인 품질 개선으로 인해 종자가격이 상승하고 있으며, 중국 내 고가 시장은 주로 유럽과 미국기업의 종자를 중심으로 형성이 되어 있고 종자의 가격은 많게는 10,000~20,000불/kg수준까지 차이를 나타냄
- 재배면적, 종자비, 상용화 비율 등은 모두 종자시장의 규모를 결정하는 중요한 인자 임. 최근 토마토의 재배면적이 크게 변하지는 않았으나 상용화 비율과 종자비는 꾸준히 증가, 2002년 약 3.7억 위안에서 2008년에는 약 7.8억 위안까지 증가하였고, 특히 2005년 이후 급격한 증가가 이루어짐
- 중국 토마토 재배지역에 따라 산둥성, 하남성, 하북성 등 중국 내륙 북부 지역에서 주로 시설재배가 이루어지며 핑크토마토, 레드토마토, 방울 토마토 순으로 재배가 됨
- 광둥성을 중심으로 한 남부지역에서는 노지재배가 주를 이루며 레드와 방울 토마토가 재배됨. 신강성, 감숙성 등 중국 서부지방은 노지 가공용 토마토 재배가 주를 이룸

○ 시설재배의 경우 가을 작형, 봄작형, 월동 작형으로 크게 3가지의 재배작형이 주를 이루며, 가을 작형은 7~8월에 파종을 하여 11월~이듬해 1월에 수확을 하며 산동성은 5~8단 재배, 동북지역은 3~5단 재배가 전체 작형중 40~50%차지. 봄 작형은 11~12월 파종을 하여 이듬해 5월~7월에 수확을 하며 30~40%의 비율을 나타냄. 월동작형은 9월~10월 파종하여 이듬해 1월~3월까지 수확하는 작형이며 중기재배용은 5~8단 재배, 장기재배용은 10~15단 재배로 비율은 10~20%차지



<그림 2-8> 중국에서 재배되는 토마토의 지역별 재배단지와 품종 현황(종자업체자료)

<표 2-15 > 중국 토마토의 주요작형별 파종시기, 수확시기, 재배단수 및 비율 (종자업체자료)

	주요 작형		
	가을 작형	봄 작형	월동 작형
파종 시기	7월~8월	11월~12월	9월~10월
수확 시기	11월~1월	5월~7월	1월~3월
재배 단수	산동 : 5~8단 동북지역 : 3~5단		중기: 5~8단 장기: 10~15단
비율	40~50%	30~40%	10~20%

- 중국 시설재배의 주요 특성으로는 재배기간중 극고온과 극저온의 환경조건하에 놓임. 가을작형은 (고온-> 저온), 봄작형(저온-> 고온), 월동작형(고온 -> 저온 -> 고온) 저온기 최저온도는 3~10도로 저온착과성 및 과 생리장해 내성이 중요함. 고온기 최고온도는 30~45도로 고온착과성이 중요하며 바이러스 내성이 중요
- 2008년부터 산둥성 일부 하우스에서 발병이 관측된 이후 2009년 산둥성 전체 재배 농가중 50~60%가 TYLCV (Tomato Yellow Leaf Curl Virus)에 감염, 2010년 산둥성 전체 90% 이상 농가가 감염되어 저항성 품종이 재배되기 시작. 2011년~12년 산서성, 하남성, 하북성, 요령성 등 주변지역까지 확대 감염되어 TYLCV 내병성이 매우 중요시 됨

- 2008년 부터 산둥 일부 하우스에서 문제 시작
- 2009년 가을 : 산둥 전체 TYLCV 50~60%감염
- 2010년 가을 : 산둥~90%감염 → 저항성 품종 재배
- 2011~12년 : 산서, 하남, 하북, 요령성까지 확대 감염



<그림 2-9>중국 토마토 재배과정에서 TYLCV 발병 및 피해지역

- 로컬 기업이 시장의 90% 이상을 차지하고 있으며 주요 품종은 대과(90%), 미니(5% 이내)로 나타나며 과색은 Pink계통(50%)과 Red계통(50%)이고, 유럽과 미국기업이 고가품종을 대상으로 시장의 약 10%정도를 차지하고 있음. 중국 토마토 시장은 무한성장형 Pink계, 무한성장형 Red계, 방울토마토, 유한성장형 Red계, 가공용 토마토로 크게 5종류로 분류됨. 종자단가 측면에서 핑크, 레드 무한성장형 시장과 방울 토마토 시장이 종자가격이 높게 형성되어 있음
- 무한성장형 Pink토마토 시장
 - 교배종이 재배가 되며 재배면적은 36만ha 이상으로 가장 넓고 종자시장의 크기가

가장 큼

- 수많은 중국 현지 회사와 다국적 기업들이 진출하여 경쟁을 벌이고 있고 앞으로 잠재력 가치가 큰 시장임. 주요 품종으로는 중국 현지 회사품종인 Baoguan, Jinpeng 과 몬산토의 Provence, Oudun, Ouguan, 신젠타의 Difenni, Fito사의 Ruxing No.5 등이 있음

○ 무한성장형 Red토마토 시장

- 시설재배와 노지재배로 이루어지며 재배면적은 핑크 무한성장형 시장의 1/10수준인 3.4만ha(시설재배 14,386ha, 노지재배 19,839ha)로 적으나 종자 단가는 거의 비슷하게 형성되어 있음
- 시설재배가 kg당 9,000불 이상, 노지재배도 2,000불 이상으로 높게 형성되어 있으며 신젠타의 Qidali, 몬산토의 DRW7728, 하제라의 Feitian 등의 다국적 기업의 품종들이 많이 재배가 되고 있어 가격이 높게 형성됨
- 총 종자시장 크기는 4.6톤으로 시설 1.7톤, 노지 2.9톤 시장임

○ 방울토마토 시장

- 재배면적이 1.2만 ha로 국내와 달리 재배비율이 전체 면적에서 5% 이내에 불과하나 종자가격이 3,800~5,300불/kg으로 높게 형성되어 있음
- 총 종자시장 크기는 1.4톤 시장임
- 주요 품종으로는 대만농우의 Qianxi, Fumei 등이 널리 재배되고 있음

핑크무한성장형	레드무한성장형	방울토마토
		
Baoguan(중국현지회사) Jinpeng(중국현지회사) Zhuofen225(Good time) Zhuofen226(Good time) Provence(몬산토) Oudun(몬산토) Ouguan(몬산토) Difenni(신젠타) Ruixing No.5(Fito)	Qidali(신젠타) DRW7728(몬산토) Feitian(하제라) 많은 중국 현지품종	Qianxi(대만농우) Fumei(대만농우)
내한성, 내서성, 저장성, 내병성, 상품성 요구	중장기재배, 저장성, 내병성, 수량성 요구	저장성, 내열과성, 내병성, 고식미 요구

<그림 2-10> 중국의 주요 토마토 재배품종 (종자업체자료)

□ 일본시장

- 일본의 채소종자 생산액은 1991년 9억 1,400만 달러에서 2000년 12억 8,600만 달러, 2005년 15억 7,900만 달러로 지속적으로 증가하였으며, 2009년에는 18억 8,600만 달러로 1991년 대비 2배 이상 증가
 - 1990년대 초반까지는 곡물과 원예종자의 생산액이 많았으나, 사카타와 다끼이 종묘회사 등 글로벌 기업의 채소종자 생산이 증대되면서 이후 채소 및 원예종자 중심의 생산구조로 변화되었음
 - 채소종자는 2015년 8억 6,100만 달러로 2009년에 비해 45.1%나 증가할 것으로 예상되는 가운데 전체 종자 생산액에서 차지하는 비중도 동년 대비 31.5%에서 34.4%로 확대 될 것으로 전망

<표 2-16> 일본의 토마토 작형별 재배면적 및 종자량(종자업체 자료)

품목별	작형별	재배면적(ha)	수량(kg)
토마토	월동 봄	3,970	1,191
	월동 봄 (미니 토마토)	836	84
	여름, 가을	8,340	2,502
	여름, 가을 (미니토마토)	1,160	116
	여름, 가을 (가공용)	582	175
대형토마토 합계		12,223	3,668
미니토마토 합계		1,397	140

- 토마토는 2010년 기준 일본 국내 생산량(수확량) 약 69만 톤, 산출액은 약 2,195억 엔으로 채소 작물 중 1위이며 경제적으로도 중요한 작물중 하나임
- 토마토 재배면적은 총 13,620ha로 대과종 토마토 12,223ha, 방울토마토 1,397ha로 9:1의 비율로 재배되고 있음
 - 재배작형별로는 여름, 가을 작형이 8,340ha, 월동, 봄 작형이 3,970ha로 재배되고 있음
 - 일본의 토마토 주요 생산지로는 쿠마모토(15%), 홋카이도(7%), 아이치(7%), 이바라키(7%), 치바(6%) 순으로 생산량의 42%차지

- 일본의 토마토 종자 시장규모는 약 4-5백억 원 수준임
 - 중단기 재배가 특징인 Pink 대과종 토마토가 대부분을 차지함
 - 종자가격은 kg당 94,000불 이상으로 높게 형성

□ 러시아 시장

- 농경지와 목초지가 국토의 12%에 불과 하지만 러시아의 영토를 감안할 때 엄청난 크기이며 전체 2억1703만ha 중 농경지는 1억 3393만 ha 차지하고 있음
 - 곡물, 감자 생산량은 세계 최대 규모로 자리 잡았으며 옥수수, 사탕무 등 세계 5위권 순위에 포함
 - 농업 노동력은 러시아 전체 노동력중 약 15%가 농업에 종사하고 있음
- 채소작물은 대도시 주변 평야, 평원 산림 지역에서 재배가 되며 2007년 채소작물 생산량은 총 15,511만톤이며 2020년에는 16,665만톤에 이를 것으로 전망
- 토마토 재배면적은 총 11만7,000ha(2011, FAO)로 생산량은 한국의 생산량의 약 7배 수준으로 2011년 생산량이 220만톤에 이룸
- 토마토 종자시장은 Syngenta, De Ruiter, Seminis, Sakata 등의 글로벌 기업들이 진출하여 경쟁중
- 토마토 재배유형은 ID-Beef, D-Beef, D-Fresh & Processing, D-Pink, ID-PInk로 크게 5개의 시장으로 구분되며 종자시장 총액은 4,380만불에 이룸
- ID-Red (Beef) 토마토
 - 재배면적은 4,000ha로 종자거래량은 533kg, 거래 총액은 2,480만불로 가장 큼
 - 주요 선도품종으로는 Syngenta사의 Zarin, Enza사의 Belle , De Ruiter사의 Matias 등이 재배됨
 - 종자가격은 Kg당 2,000~6,000\$로 거래되고 있음
 - 파종은 1월 중순에서 하순까지, 정식 2월 말~ 3월 초, 수확은 4월 말/5월초~6월까지 4~5단까지 수확하는 작형으로 주로 하우스 지주재배를 하며 조생품종 선호

○ D-Red (Beef) 토마토

- 재배면적은 14~15,000ha로 가장 넓게 재배되고 있음
- 종자는 100% F1 종자가 유통되고 있으며 거래량은 2,000kg으로 시장 총액은 1,000만불임
- 파종은 시설재배에서는 1~2월 파종 (10%), 노지재배에서는 3월초 파종하여 40~45일 육묘 후 5월에 정식을 하고, 노지포복재배를 하여 6월 중순에서 7월 중순까지 수확함
- 주요 재배품종은 De Ruiters사의 Magnus, Syngenta사의 Bobcat 등이 있으며 종자 가격은 Kg당 5,000불 내외로 거래됨
- 품종 요구사항으로는 과 크기는 200~300g정도의 대과, 과형은 Round~Oblate형으로 어깨색 (Green Shoulder)이 없어야 하며, 내병성은 V, F1.2, Alternaria 필요

○ D-Fresh & Processing 토마토

- 재배면적은 25~40,000ha이며 F1 종자가 25%, OP종자가 75%로 나누어지며 종자거래량은 F1 417kg, OP 2,000kg 정도임
- 시장규모는 114만불로 F1시장은 재배면적은 작지만 종자가격이 좋아 OP의 14만불에 비해 7배 이상 많은 시장을 형성하고 있음
- 재배작형은 5월 중순에 파종하여 8월 중~하순에 수확하는 작형으로 직파를 하고 노지포복 재배를 함
- 주요 F1 재배품종은 Nunhems사의 Classic, Solerosso 등이 있으며 OP품종은 후작으로 육묘과정이 필요없는 품종이 재배가 되며 Riogrande OP가 재배되고 있음

○ D-Pink (Beef) 토마토

- D-pink의 시장은 F1 품종이 90%, OP종이 10%의 비율로 재배되며, 재배면적은 F1이 500~600ha, OP종이 4,500~5,400ha 정도 재배됨
- 종자거래액은 30만불이고 종자거래량은 F1품종이 50kg, OP종이 720kg임
- 주요 재배품종은 Bejo사의 Torbej, Nunhems사의 Tarpan 등이 재배가 됨
- 주요 품종 특성은 300g 이상의 대과종을 선호하며, 어깨색이 없어야 하고 열과에 둔감한 품종 선호
- 종자가격은 kg당 3,000~10,000불까지 거래됨
- 재배는 3월에 파종을 하여 4월에 정식 후 노지 포복재배를 하고 6월중~7월 중순까지 수확하는 작형

<표 2-17 > 러시아 토마토의 주요 현황

작 물	형 태	주 요		파종시기	요구도
		품종명	회사명		
토마토	ID-Beef 100% F1	Zarin	Syngenta	파종:1월중~하 정식:2월말~3월초 수확:4월말/5월초~6 월중 (4~5단수확) (하우스,지주재배)	조생계 선호
		Belle	Enza		
		Matias	De Ruiter		
		Pablo	Sakata		
	D-Beef 100%F1	Magnus	De Ruiter	*Indoor(10%) 파종:1~2월 *Outdoor(90%) 파종:3월초 (40~45일육묘) 정식:5월 수확:6월중~7월중 (노지포복재배)	200~300g Round~Oblate Firm NoGreen Shoulder V,F1,2,Alternaria
		Bobcat	Syngenta		
		Calisti	Syngenta		
		Tanya	Seminis		
		Linda	Sakata		
		Bella Rosa	Sakata		
		Skiff	Nunhems		
		Polbig	Bejo		
	D-Fresh& Processing 25% F1 /75%OP	Classic	Nunhems	파종:5월중 수확:8월중~하 (직파,노지포복재배)	* 특별한 요 구사항 없음 *과중40~120g 으로 다양함.
		Solerosso	Nunhems		
		Donald	Nunhems		
		Asterix	Syngenta		
		Benito	Bejo		
		Diabolic	Sakata		
		Jampakt	Sakata		
	Riogrande OP				
	D-Pink 90%F1 /10%OP	Torbej	Bejo	파종:3월 정식:4월 수확:6월중~7월중 (노지포복재배)	BigSize300g No Green Shoulder, Cracking
		Tarpan	Nunhems		
ID-Pink 90%F1 /10%OP	Pink Paradise	Sakata	파종:1월중~하 정식:2월말~3월초 수확:4월말/5월초~6 월중 (4~5단수확) (하우스,지주재배)	BigSize400g No Green Shoulder, Cracking	
	Pink Unicom	Seminis			

○ ID-Pink(Beef) 토마토

- ID-Pink시장은 F1이 90%, OP종이 10%재배되며 재배면적은 F1품종이 200~300ha, OP종이 1,800~2,700ha 재배됨
- 종자거래량은 F1이 25kg , OP종이 360kg으로 종자단가는 kg당 30,000불 정도로 러시아 토마토 품목 중에 가장 고가이며 총액은 600만불에 이릅니다
- 주요 재배품종은 Sakata사의 Pink Paradise와 Seminis사의 Pink Unicom이 재배됨
- 품종 요구도는 400g이상의 극대과종이 선호되며 D-Pink시장과 같이 어깨색이 없고 열과에 둔감한 품종 선호
- 파종은 1월 중~하순에 이루어지며, 2월 말~ 3월초 하우스에 정식하여 지주재배를 하며 수확은 4월말/5월초~6월 중순까지 4~5단 수확함

□ 인도시장

- 토마토 종자 시장규모는 약 400 억원(36M\$)으로 인도 채소 작물 중 제일 큰 비중을 차지하고 있음. 세계적으로는 중국 다음으로 넓은 토마토 재배면적(86만 ha, 2011)과 생산량(1,700만 ton, 2011 FAO)을 차지하고 있음
- 토마토 재배 면적은 1981년 19만ha에서 2001년도에는 46만ha, 2010년도에는 62만 ha, 2011년도에는 86만 ha로 계속해서 증가 추세임

<표 2-18> 년도별 인도 토마토 재배면적, 생산량 및 수량성 추이(2012, FAO)

년도	재배면적	생산량	수량성
	(ha)	(Tonnes)	kg/ha
1961	50,000	464,000	92,800
1981	190,000	1,800,000	94,736
1991	289,077	4,244,370	146,824
2001	460,000	7,240,000	157,391
2002	458,100	7,462,300	162,896
2003	478,800	7,616,700	159,078
2004	502,800	8,125,600	161,607
2005	505,400	8,825,400	174,622
2006	546,100	9,820,400	179,827
2007	596,000	10,055,000	168,708
2008	566,000	10,303,000	182,031
2009	599,100	11,148,800	186,092
2010	619,800	11,979,700	193,283
2011	865,000	16,826,000	194,520

- 토마토 종자 총 소요량은 교배종 종자 85톤, OP 종자 약 250톤 등 약 335톤으로 추정하며, 매년 교배종 점유율이 증가하고 있는 실정임
- TYLCV (Tomato Yellow Leaf Curl Virus) 발생의 확대로 TYLCV 내병계 품종의 개발 및 보급이 절실히 요구되고 있으며, 일부 회사에서 TYLCV 내병계 품종이 출하되면서 재배 폭이 넓어지고 수량이 증가하면서 토마토 교배종 시장이 빠르게 성장하였음

- 재래종 토마토와 유사한 Sour & Flat(PKM) 형태의 품종이 AP주를 시작으로 전국적으로 확대 재배되고 있으며 TYLCV 내병계 토마토보다 저렴한 종자를 공급하면서 농민이 천수답인 지역까지 Sour & Flat(PKM) 토마토를 재배하여 면적도 급격하게 증가하고 있으며 농가소득 증대에도 큰 기여를 하고 있음
- Orissa주는 토마토 재배면적이 102.9천ha에 이를 정도로 인도에서 제일 큰 토마토 재배지역이며 그 뒤로 Andhara Pradesh주 87천ha, West Bengal주 53.5천ha 순으로 재배되고 있음

<표 2-19> 인도 주요 토마토 재배단지별 생산량 및 생산성 추이 (2011, 농진청)

주명	재배면적 ('000'ha.)	%	생산량 ('000'MT.)	생산성
Orissa	102.90	16%	1394.7	13.60
Andhra Pradesh	87.00	14%	1652.1	19.00
West Bengal	53.50	8%	1050	19.60
Maharashtra	50.00	8%	1112.5	22.30
Karnataka	48.30	8%	1580	32.70
Bihar	46.50	7%	1043.7	22.40
Chhattisgarh	41.30	7%	600.6	14.50
Gujarat	33.80	5%	841.3	24.90
Tamil Nadu	26.10	4%	519.1	19.90
Madhya Pradesh	24.30	4%	291.6	12.00
Haryana	22.60	4%	379.8	16.80
Jharkhand	21.80	3%	436.2	20.00
Assam	16.30	3%	379.5	23.30
Rajasthan	13.50	2%	37.5	2.80
Himachal Pradesh	10.10	2%	383.8	37.90
Others	36.50	6%	730.7	20.02
TOTAL	634.50		12433.1	

- 토마토 시장은 크게 건기와 우기로 구분되어 재배되고 있으며, 유한생장형(D)으로 일반종 타입, TYLCV저항성 타입, 청고병저항성 타입, Sour & Flat(PKM) 타입, 무한생장형 타입(ID) 5가지로 구분되고 각기 OP시장과 F1 시장으로 나누어짐
- 과형으로 구분하면 Saladette (Oval type)와 Flat한 형태의 중과종 Beef형이 주종이며, 대과보다는 80-100g 사이의 중과종을 선호함

○ 일반종 (General) 토마토시장

- 우기가 시작되는 6-8월사이에 주로 과종되어 재배되며 가장 일반적인 재배법이고 무난한 작황을 보임
- 6-8월에 과종하여 10-12월 사이에 수확이 진행됨
- 품종의 시장 요구도는 중도의 TYLCV 내병성, 수송성, 내습성, 과 균일성, 경도 요구
- 과형이 정연한 Saladette(oval형)의 중과종으로 80-90g 내외를 선호하며 초세가 강하고 중장기수확 가능한 품종으로 다수확이 되고 착색이 짙은 품종 선호하며 Early blight 내병성 중요
- 선도품종은 Namdhari 사의 Samrat, Shaktiman, Syngenta 사의 To-1389 임

○ TYLCV 내병계 토마토 시장

- 건기에 주로 재배되며 과종은 12-2월에 실시하고 3-6월까지 수확하는 작형
- 시기적으로 비가 거의 오지 않는 시기에 재배되므로 내서성이 제일 중요한 요소
- 내서성과 건기에 충이 만연되므로 담배가루이가 매개하여 발생하는 TYLCV의 피해가 가장 심하게 발생되므로 이 시기의 재배 품종은 반드시 고도의 TYLCV 내병성이 필요
- 주요 특성으로는 내서성, TYLCV내병성, 수송성, 과균일성이 요구됨
- 내서성과 고도의 TYLCV내병성이 요구되므로 이 시기에 재배되는 품종의 종자가격은 높게 형성됨
- 선도품종은 Syngenta사의 Abhinav

○ Sour & Flat (PKM) 토마토시장

- 인도 재래종 타입이며 재배면적이 가장 크고 F1 품종이 도입되면서 종자시장이 급격하게 증가하고 있음
- 시장은 크게 어깨색이 있는 US 618(US Agri사)과 어깨색이 없는 Lakshmi (Nunhems사) 형태로 구분됨
- 주종은 Lakshmi 형태이며 천수답에서 단기간에 재배하여 끝나는 방식임
- 재배지역은 남인도이나 인도 전역으로 확대되고 있음. 과는 납작하며 신맛이 있는 것과 신맛이 없는 품종으로 구분됨
- 초세가 강하고 착색과 경도가 우수한 중대과종으로 중도의 TYLCV내병성, 내서성, 내습성 등을 요구함
- 주요 선도 품종으로는 Nunhems사의 Lakshmi와 US Agri사의 US1196 품종임

<표 2-20> 인도 토마토 품종별 선호품종 및 시장 요구도

작물	구분	선도품종	시 장 요 구 도
Tomato	General	Samrat (Namdhari)	중도 TYLCV 내병성 수송성우수, 내습성 과균일성, 경도 우수
	TYLCV	Abhinav (S&G)	TYLCV 내병성 잎커버 우수, 내서성 과균일성, 경도 우수
	BW	Anup (S&G)	청고병 내병성, 수송성 과균일성, 경도우수
	Sour & Flat (PKM)	Laxmi (Nunhems) US1196 (US Agri)	중도 TYLCV, 경도 우수 수송성 우수, 산도(신맛)
	ID	Heemsohna (S&G)	청고병 내병성, 수송성, 과균일성, 경도우수.

○ 청고병(BW) 내병계 토마토시장

- 인도는 지역 특성상 비가 적어 청고병의 발생이 적으나 남인도와 방글라데쉬가 인접한 동인도는 청고병이 우기에 문제시됨
- 고도의 청고병 내병성보다는 중도의 청고병을 요하며 청고병과 함께 TYLCV 내병성이 필요함
- 주요 특성으로는 청고병과 TYLCV 내병성, 내서성, 수송성, 과균일성 요구
- 선도품종은 Syngenta사의 Anup, All rounder

○ 무한생장형 (ID type) 토마토시장

- 북인도에서 주로 재배되며 시장규모는 작은 편임
- 착색, 수송성, 과균일성, 경도가 우수한 중장기 수확이 가능한 무한생장형의 품종 요구
- TYLCV가 국지적으로 문제됨
- 주요 선도품종은 Syngenta사의 Heemsohna

□ 파키스탄 시장

- 토마토 재배면적은 2011년 약 5,200ha이며 생산량은 약 52만 톤으로 서남아에서는 인도 다음으로 시장이 크게 형성되어 있음
- 토마토 주 재배지역은 북서부 산악지대의 NWFP주로 전체 재배면적의 42%, 남동부의 Sindh지역 20%, 남서부 Balochistan주 20%, 북동부 Punjob 18%의 비율로 재배

<표 2-21 >파키스탄 토마토 주요 시장규모, 시장점유품종 및 주재배지역 (종자업체자료)

작 물	구 분	시장 규모 (kg)	Type	시장 점유 품종			주 재배 지역	
				품종 명	회사 명	수 량 (kg)	주(State)	지역명
토 마 토	DETERMINATE (F1) * State : NWFP-42% Balochistan 20% Sindh 20% Punjob-18%	800	Saladette	YAQUI	PETO	300	NWFP	
				FMX1077	HARIS MORAN	100		
			Tylev	AVINASH2	SYNGENTA	100	SINDH	
				MEYNA	SEMINIS	50	PUNJOB	
			Nomal	OTHERS		250		
	DETERMINATE (OP)	19,000	Saladette	RIOGRANDE	HARIS MORAN	15,200	SINDH	Hyderabad
				CHAV(원형)		200		
				GALA	HARIS MORAN	100		
	TOTAL	19,800		-	-	16,300		

- F1 종자시장 현황
 - 90% 이상이 Yaqui (Peto seed사) 형태의 과가 큰 대과종의 Saladette 토마토 재배
 - F1 시장 규모는 약 800kg, OP시장 규모는 약 19톤 정도임
 - Peto사의 Yaqui와 Haris Moran사의 FMX1077, 농우바이오사의 Xico 등이 재배
 - Syngenta사의 TYLCV품종 Avinash-2, T-1359도 TYLCV 내병계 품종으로 고가로 판매중
- OP 종자시장 현황
 - Sindh 지역은 80% 이상 OP품종 재배지역
 - 주 재배 품종은 Riogande(Saladette type)임
- 품종 요구도는 숙기가 빠르고 초기 내한성, 후기 내서성, TYLCV내병성 요구됨

□ 인도네시아 시장

- 인도네시아의 토마토 재배면적은 2011년 약 5만7천ha, 생산량은 95만톤으로 추산
- 토마토 종자 소요량은 약 6톤 내외로 추정
- 자바섬 및 수마트라섬에서 주로 재배되며 특히 인구 집중이 많은 서부 자바지역에서 가장 많은 면적이 재배되고 있음. 서부자바주 중에서 전체 면적의 약 30%인 3,374ha가 가룻에서, 그 다음은 Ban Dung 1,403ha, Cianjur 1,099ha 등 서부자바 면적의 절반 가량이 서부자바의 중남부 지역에서 재배됨

<표 2-22> 인도네시아 토마토 재배면적, 종자요구량, 시장규모 등 재배현황

총 재배면적(ha)	종자 소요량 (kg)	종자시장규모 (US\$)	비고 (OP)
57,000	6,000	4,800,000	12,100ha, 21%

- 토마토는 크게 ID와 D형으로 구분되어 재배되며 무한성장형(ID) 토마토는 해발 700m 이상의 중고냉지에서 재배되며 서부자바가 주재배지이고, 유한성장형(D) 토마토는 700m 이하의 중저지대에서 주로 재배됨. ID 토마토가 저지대에서 재배되지 못하는 주된 이유는 청고병과 내서성이 떨어지기 때문이며, D 토마토가 고냉지에서 재배되지 못하는 이유는 중장기 재배를 할 수 없어 수확량이 떨어지기 때문임

<표 2-23 >인도네시아 토마토 주요 재배지역

지역	재배면적(ha)	생산량(톤)	비고
서부자바주	10,127	309,653	
중부자바주	4,236	61,303	
동부자바주	4,044	56,626	
북부수마트라주	4,662	90,147	
서부수마트라주	1,569	33,842	
남부수마트라주	1,966	17,041	
병꼴루주	4,932	36,083	
람퐁주	2,345	17,489	
북부슬라웨쉬	3,192	39,491	
남부슬라웨쉬	3,578	30,981	
기타	14,349	160,405	
합계	55,000	853,061	

- 저지대에서 토마토를 재배하기 시작한 것은 EW사의 “Permata” 품종의 출현 이후로, 이 품종은 소과종으로 품질, 수량성은 떨어지나 내서성과 청고병 저항성이 뛰어나 동부자바에서 시작되어 중부, 서부자바를 거쳐 전국 저지대 어디에서나 재배되고 있음. 최근 저지대에 Virus만연으로 농민들은 청고병 내병계보다 Virus내병계를 더 선호하는 실정이므로 “Permata” 품종은 감소 추세이며 EW사의 Lentana 품종이 증가하고 있음
- 대만농우의 “Precious” -> East West사의 “Arthaloka” -> “Marta”가 인도네시아 ID 토마토의 품종 변천사이며 “Marta”는 비교적 토양전염병에 강해 준고랭지까지 재배지역이 확산될 수 있었으며 이 품종이 현재 ID 토마토지역에서 90% 이상 재배됨. 1화방에 100g의 토마토를 6~8개씩 착과시키고 과형은 장동형(oval)으로 과가 정연하고 저장성과 상품성이 우수하나 TYLCV의 내병성과 내서성이 떨어져 중저지대로 확산되지 못하고 있음. 5-6단 재배가 주종임
- EW사의 D형 토마토 “Permata”는 청고병과 내서성이 아주 뛰어나 중저지대의 척박하고 청고병의 오염도가 심한 포장에서 많이 재배되나 단기간에 수확이 완료되는 형태임. 청고병과 내서성이 아주 우수한 특성을 가지고 있으나 과가 60g 정도로 작고 수송성이 약하여 장거리 수송에 부적합하여 근거리 소비에 이용됨. 최근에는 이러한 단점을 보완한 EW사의 Lentana 품종이 출시되어 중저지대까지 확산되는 추세임. Lentana의 특성은 과가 70-80g정도로 중과종이며 저장성이 개량됨
- 인도네시아의 토마토 품종요구도는 청고병이 제일 중요시 되며, 내서성과 TYLCV 내병성, 저장성과 수송성이 요구됨

<표 2-24 > 인도네시아 토마토 주요 품종 및 시장요구도

구 분	주 품 종	시 장 요 구 도
ID type	Marta, Arthaloka (East West)	<ul style="list-style-type: none"> • 청고병 저항성 필수 • 초세가 강하며 내서성이 좋아 착과, 비대가 우수한 장동형의 중대과종 품종 선호 • 원거리 수송이 많으므로 저장성이 중요 • TYLCV와 N 발생이 국지적으로 문제됨
D type	Permata (East West)	<ul style="list-style-type: none"> • 저지대 재배용이므로 내서성과 고도의 청고병 저항성이 요구됨 • 초세가 강하고 leaf cover가 우수하며 고온에서도 착과와 과비대가 좋은 품종요구 • 경도가 강한 다수확형의 중과종 선호 • TYLCV와 N 저항성이 매우 중요

□ 터키시장

- 뛰어난 지리적 조건과 기후로 농업 및 관련 산업분야에서 선도적인 국가로 평가받고 있으며 농산물의 수출량은 2002년 17억 불에서 2010년 50억 불로 증가하였으며 2010년 기준으로 터키 GDP의 농업 부분 점유율은 8.4%를 차지하며 농업종사자는 전 노동력의 25%를 차지함
 - 국토의 약 40%는 경작이 가능하며 관개가능 면적이 540만 ha에 이룸

- 세계적인 토마토 생산국가로서 토마토 재배면적이 전 세계 면적의 5%에 해당하는 26만ha에 이르고 생산량도 1,100만톤으로 세계 4위임
 - 터키 국내에서도 토마토는 과일 및 채소 작물중 생산량 1위작물이며 전작물로 확대하면 밀, 사탕수수에 이은 3번째로 생산량이 많은 중요한 작물임
 - 토마토 재배는 하우스 재배와 노지 재배로 나누어지는데 노지재배는 산재하여 분포하고 있으나 하우스재배는 남부의 지중해 연안의 Antalya, Mersin, Adana가 주 재배지역임
 - 해안가를 따라 하우스가 밀집되어 있고, 토양은 점질이 많은 식양토이며 기후조건은 겨울 오전 5~10도, 낮 15도 전후로 겨울철에 강우가 집중됨
 - 토마토 재배는 대부분 일반토양에 점적호스를 이용하여 관수 및 양액을 공급하여 재배하는 형태이며 단기재배시 9-10단 재배, 장기재배시 20-25단 재배를 함

- 지역별 하우스 비율을 보면 Antalya 지역은 1960년대부터 하우스재배를 시작하여 터키에서 주 하우스재배 단지임
 - 재배면적은 25,000ha로 Glass house 50%, Plastic house 50%의 비율

- Mersin지역은 1980년부터 하우스재배를 시작하여 하우스와 노지재배가 병행되고 있음. 하우스재배는 70%로 재배면적은 15,000ha이고 노지재배의 비율은 30%로 재배면적은 6,000ha 정도이며 하우스재배가 증가 추세임

- Adana지역은 노지가 90%이상으로 8,000ha이상 재배되고 있지만 신규 Plastic house 재배 단지로 급부상 중

<표 2-25 > 터키 주요지역별 하우스재배와 노지재배 비율 및 특성

지 역	하우스(ha)	노지(ha)	비 고
Adana	100	8,000	신규하우스 재배단지 부설, 아직 주 노지재배
Mersin	15,000	6,000	1980년부터 하우스 재배시작, 하우스와 노지재배
Antalya	25,000	-	1960년부터 하우스 재배시작, 주 하우스재배
기 타	3,900	16,000	
계	44,000	30,000	

○ 작형별 주요 품종현황

- 하우스재배에서는 무한성장형 토마토를 재배하며 Beef (Single 수확형)토마토, Cluster 토마토, Cocktail 토마토가 재배됨
- 대부분 인근 유럽 국가로 수출용으로 재배되며, Tylcv, FCRR, N 등의 내병성이 중요하게 요구됨

○ Beef 토마토:

- 봄재배의 경우 화방당 4~6과 착과, 6~7단 수확, 과중 180~220g으로 경도가 강하며, 착색 및 품질, 과 균일성이 있는 품종 선호, 주요 품종으로는 Tybeef(Enza), Newton(S&G)등이 있으며 종자단가는 30,000불/kg 내외로 형성
- 가을재배의 품종 요구도는 화방당 4~6과 착과, 6~8단 수확, 저온기 착색, LSL, 과 정연성 중요하고 어깨색이 없어야하며 과중은 160~180g , 초가을 작형의 경우 생육초기 내서성도 요구됨. 주요품종으로는 Seval (Multi Tarim), Yeliz (Seminis), Lamia(Hazera) 등이 있으며 종자단가는 24,000~36,000불/kg 내외로 형성
- 겨울재배는 20~25단 수확하는 장기 수확 품종이 요구되며 내한성이 좋고 경도가 강하며 과중이 160~180g 선호하고 주요 재배품종은 Anit (Yuksel), Astona (Nunhems), Bestona (Nunhems) 등이 있으며 종자단가는 30,000~36,000불/kg 내외로 형성

○ Cluster (화방수확형) 토마토

- 토양병인 FCRR이 만연하여 대부분 대목재배를 하며, Cluster 품종군 시장은 지속적으로 증가 추세
- 주요 품종 요구도는 100~140g의 과중과, 일시 착색, 화방출현이 Fish bone형태, 절간이 짧고 경도가 강하며 생육후기에도 착과력이 좋아야함
- 주요 품종으로는 Ikram(Syngenta), Petrus(Enza)등이 있으며 종자단가는 45,000~66,000불/kg 내외로 형성

○ Cocktail 토마토

- Cluster와 같이 토양병인 FCRR로 인해 대목재배가 이루어지며 과중은 40~50g이고 일시 착색, 열과에 둔감, 경도가 강하며 조생 품종 요구
- 주요 품종으로는 TyTy(Syngenta), Multy(Multi Tarim)등이 재배되고 종자단가는 60,000~70,000불/kg 내외로 가장 높게 형성

○ 노지재배 토마토

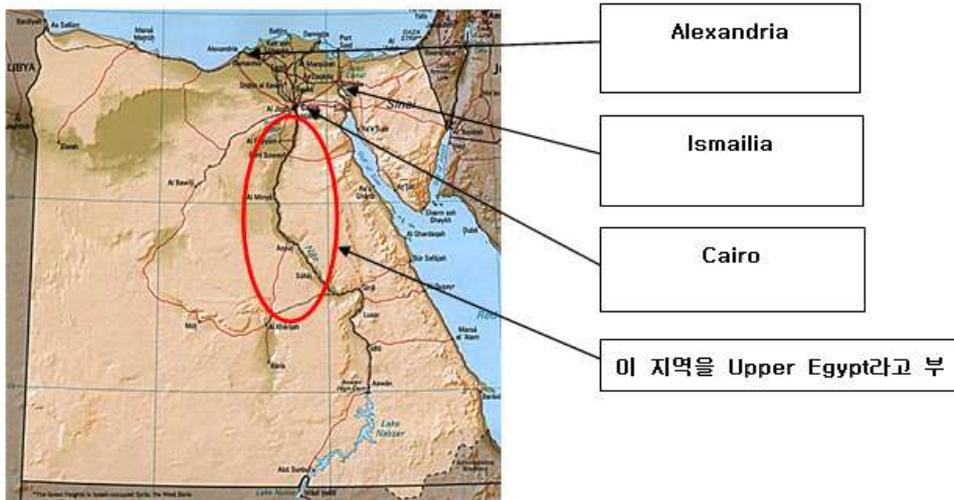
- 무한생장형 Beef, 유한생장형 Beef, 유한생장형 Processing 토마토가 재배되며 5~7월 과중하여 8~10월 수확하는 작형으로 주 재배지역은 Adana와 일부 ID-Beef토마토는 Mersin지역에서 재배됨
- 노지용 품종은 대부분 유한생장형 토마토가 재배되며 일부 무한생장형 Beef토마토가 재배가 되나 노지재배용 품종은 하우스용 품종 보다 종자단가가 낮게 형성되어 있음
- 터키 내수용과 가공용 토마토 용도로 재배가 되며, Tylcv와 TSWV의 내병성이 중요
- 무한생장형 Beef 토마토는 5~7월에 정식하여 8~10월에 수확하는 작형으로 노지 지주재배를 하고 연간 거래 종자량은 500~600kg임. 종자단가는 20,000~30,000불/kg으로 하우스용 품종과 거의 같은 가격으로 형성되어 있으며 품종요구도는 과중 200g, 수량성, 경도 우수 등 하우스용 품종과 거의 선호도가 유사함. TSWV, TYLCV 내병성이 필요하며 주요 품종으로는 TSWV 내병계 품종인 Alsamcak(Yuksel), 고지대 품종인 Swanson(De Ruiter) 등이 있음
- 유한생장형 Beef 토마토도 5~7월에 과중하여 8~10월에 수확을 하며 노지에서 포복재배를 하며 연간 종자거래량은 1,600kg이고 종자단가는 지주재배품종보다 낮은 6,000~15,000불/kg으로 형성됨. 품종요구도는 수송 및 저장성이 좋아야 하고 과중은 180~200g, 어깨색이 없어야 하며 내서성, 과 정연성 등이 요구됨. TSWV와 TYLCV

내병성이 필요하며 주요 품종으로는 조생계는 Dorit(De Ruiter), Impala(Vilmorin), 8354(Gil Seed) 등이 있으며 중,만생계 품종은 Joker(Vilmorin), 5656(Hazera) 등이 있음

- 유한성장형 가공용 토마토는 종자거래량은 5,500kg으로 많지만 종자단가가 2,000불/kg 내외로 낮게 형성되어 있으며 시장은 감소 추세임. 주요 품종요구도는 과중은 80~120g, 고당도, 경도강, 수량성이 많은 것을 요구함

□ 이집트시장

- 이집트의 경지면적은 580만ha로 전국토의 5%에 불과하나 최근 들어 사막에 관수 시설을 설치하여 경지면적을 획기적으로 확대시키고 있음
- 농업재배지역은 수단 국경에서 카이로까지의 나일강 유역으로 폭 1~20km의 평야지대로 비교적 기후가 온화한 지역
- 지중해와 델타지역으로 카이로와 알렉산드리아, 포트사이드 등 세도시 축을 잇는 나일 델타 지방은 연간 강수량이 250mm에 이르며 물이 풍부한 아열대성 농업지대이며 이집트 대부분의 농산물이 이 지역에서 생산됨



<그림 2-11 > 이집트 주요 농업 생산지역

- 기온은 여름철은 주간에는 37~38도로 매우 더우나 야간에는 20도 정도까지 내려감. 겨울에도 낮에는 15~20도 정도로 온화하나 밤에는 최저 0도 까지 내려가지도 하지만 평균 5도 정도여서 최소한의 보온으로 원예작물의 생산이 가능하여 최근 시설재배를 이용한 동계재배로 유럽시장을 겨냥한 수출농업이 발전 중
- 밀, 쌀, 면화, 토마토, 사탕수수, 감자 등이 주요 재배작물이며 작물별 주요 재배면적은 하작의 경우 식량작물이 50%, 채소작물은 10%정도 차지, 동작의 경우 채소작물은 10%에 미치지 못함

<표 2-26 > 이집트 토마토 주요 재배지역별 품종 현황

<Alexandria 지역>		
품종명	회사명	특성
El otts(448)	S&G	8-10월 주품종, 착과비대 우수, TY 내병성, 과품질 우수
<Ismailia 지역>		
품종명	회사명	특성
Oriet	Hazera	조생, bush type, TY, 내한성강, Beef 중과
Super Jakal	S&G	초세강, 절간길음, 착과비대 양호, 여름 재배 주품종, 내서성 강, TY
Baraka	Turkey 회사	조생, bush type, TY, 세엽, 장동대과
Lojain	Enza zaden	bush type, TY, Beef 중대과
75015	Enza zaden	초세강, 절간길음, 세엽, TY, Beef, 착색질음
<Upper Egypt>		
품종명	회사명	특성
Tomyland	S&G	bush type, 엽roll, 착과양호, TY, Beef 중대과
7029	Ferry Morse	초세강, 절간길음, 세엽, 장동대과, TY
721	Enza Zaden	초세강, 조생, 중광엽, 착과비대우수, Beef 중과
Farah	Enza Zaden	초세강, 절간길음, Beef 중대과, PM, 착색우수, 경도강
Miral	Asgrow	초세중, TY, Beef 중과, 경도강, 착색우수, 세엽
Nawar	Ergon	세엽, TY, N, 장동극대과
Adora	Sakata	내한성, TY, Beef 중대과, 중세엽, 착과중양
10065	GSI	bush type, TY, 내한성, 착색우수, 경도강, 화탁우수
Super Royal	Royal Slius	초세강, 엽색질음, TY, 원형중대과, 착색우수, 경도강

- 이집트의 토마토 재배면적은 21만 ha에 연간 생산량은 810만톤에 이룸
 - 토마토는 유한생장형의 토마토만 재배가 되며 모두 노지재배로 이루어짐
 - 주요 재배지역을 보면 하계 기온이 40도 이상 올라가는 Upper Egypt, 지중해성 기후로 온난한 지역인 Alexandria, Ismailia가 있음
 - 주요 품종 요구도를 보면 내병성(Tylcv+Nematode), 내서성, 과 100~120g, 과형은 Round or Square Round, 어깨색이 없으며 이중 내병성과 내서성이 가장 중요

- D-Normal 토마토
 - 종자시장 크기는 600kg시장
 - 주요 재배품종으로는 Nunhems사의 Alisa, Syngenta사의 GS12 등이 재배되고 있으며 종자 단가는 1,000~2,000불/kg
 - 1월~4월 정식하는 작형으로 품종의 요구도는 N과 F의 저항성을 요구함

- D-내서성 토마토
 - 하계기온이 40도 이상인 지역에서 재배되는 토마토로 종자시장 크기는 연간 1,300kg 내외이며 종자단가는 1,000불/kg 정도임
 - 5~6월, 6~7월에 정식하는 작형으로 내서성이 요구됨
 - Super Jakal (Syngenta), 1077 (Ferry Morse), Roma 888 (Sun Rise), Nema (Peto) 등이 재배됨

- D-TYLCV 토마토
 - 종자시장 크기는 600kg으로 종자단가는 3,300\$/kg으로 높게 형성되어 있으며 주로 8~11월 정식 작형이며 주요 품종 요구도는 Tylcv내병성이 요구됨
 - El otts 448(Syngenta), 765(Zeraim), Miral(Asgrow) 등이 재배됨

- D-Beef 토마토
 - 종자시장 크기는 300kg이며 12월에 정식 작형으로 주요 품종요구도는 180~220g의 대과종을 선호. Oriet(Hazera), GS12(Syngenta) 등이 재배됨

- 그 외 OP종이 11,400kg정도 시장을 형성하고 있음

□ 이란시장

○ 이란의 기후는 4계절 기후의 특징을 보이며 일부 남부지역은 아열대성 기후임

○ 일부 지역에 비옥한 농토를 보유하고 있어 각 지방별 농작물도 다양한 편임

- 연평균 강우량은 연간 240mm, 국토의 약 90%가 건조지로 구성
- 이란 농업은 GDP의 10-15%를 차지하며 농업종사 인구는 전체인구의 약 20%, 농산물 수출은 비 석유 분야수출의 22% 차지
- 토지 염도 및 물 부족 문제로 전체 영토의 약 12%인 185만km²가 경작 가능하며, 경작지 중 3분의 1정도만 관개(灌漑) 가능(나머지 2/3는 건조지 농법으로 경작)
- 서부, 북서부 토양이 가장 비옥함



<그림 2-12> 이란의 주요 농업지역

○ 이란의 토마토 재배면적은 18만 ha로 생산량은 680만톤에 이룸(2011, FAO)

- 토마토의 주 재배지역은 크게 이란 북부지역과 남부 해안지역을 중심으로 재배됨

○ 북부지역의 경우 재배면적이 10만ha로 F1품종이 15~20%정도 재배가 됨

- 재배작형으로는 봄재배를 하며 2월~5월에 파종을 하여 5월~9월까지 수확을 하는 작형임
- 생산된 토마토의 60%는 케찹과 Paste 용도로 쓰이는데 여기에 쓰이는 품종은 대부분 OP종임
- 나머지 40%는 Fresh 용으로 대부분 F1품종이 재배되고 있음

- 남부 해안지역은 재배면적이 3만ha로 F1품종이 60%정도 재배가 됨
 - 재배작형은 겨울재배로 8월~9월에 파종을 하여 이듬해 1월중순에 수확을 하는 작형으로 대부분 Fresh용으로 사용되고 품종 요구도는 경도가 매우 중요하고, 과형은 Blocky형 요구, LSL, 과중 120~130g, 숙기와 착색이 빠른 것 선호

<표 2-27>이란의 토마토 재배면적, 형태, 종자량, 파종시기 및 주재배 품종

면적 (ha)	구분	작형	종자량 (kg)	재배지역	파종시기	주 품종
180,000	ID-beef	하우스	35		9월말-10월 초 11월-2월, 3월	ES 1002(Ergon) 2277(Enza Zaden)
	D-F1	노지	2,000	Bushehr, Gorgan, Jiroft, Laklar, Kanju, Ahvaz, Caspi 연안	7월중-8월중 (Bushehr)	Pride 2,3,5,6(Peto) 6108(Nunhems) Logyna(Claude) Super A(U.Genetics) Speedy(Peto)
	D-OP	노지	45,000		3월 (Gorgan)	Early CH, Chef(Peto) Super Urbana, Super Queen(U.Genetics) Mobil(Royal Sluis)

- ID-Beef 토마토
 - 하우스 재배용으로 연간 종자거래량은 35kg으로 소량이나 종자단가가 kg당 15,000~21,000불로 높게 형성되어 있음
 - Ergon사의 ES1002, Enza사의 2277 품종이 널리 재배됨
 - 주요 품종 요구도는 숙기가 빠른 조생종이 요구되며 선충, Tylec, 흰가루병에 내병성이며 과형은 Round Shape형으로 과중은 130~140g 선호

○ D-노지용 토마토

- 노지 재배용으로 종자거래량은 F1품종이 2,000kg, OP종이 45,000kg정도임
- 주 재배지역은 Bushehr, Gorgan, Jiroft, Laklar, Kanju, Ahvaz, Caspi 연안
- 종자 단가는 F1 품종이 kg당 600-1,000불 정도로 형성
- 파종시기는 Buserhr지역은 7월중순~8월중순에 파종을 하고 Gorgan지역은 3월에 파종
- 주요 재배 품종으로는 Peto사의 Pride2, Speedy, Asgrow사의 Early Racer, Clause사의 Logyna 등 다양한 품종들이 재배되고 있음
- 주요품종 요구도는 조생, 과중은 100~120g, LSL 또는 경도강, 착색우수, Tylcv와 Alternaria 내병성이 필요함

2. 국내외 기술동향 분석

2.1 국내외 기술동향 분석

1) 국내 기술동향

○ 국제적 수준의 유전체 해독기술 보유

- 토마토, 고추, 감자, 담배 등이 속한 가지과 작물은 채소작물 중 경제적으로 가장 큰 가치를 지니며, 우리나라의 상대적인 기술수준으로 볼 때 국제적인 경쟁력을 확보할 수 있는 매우 중요한 분야임
- 한국생명공학연구원을 중심으로 2003년부터 시작된 국제가지과유전체 컨소시엄에 참가하여, 6년간 국제컨소시엄을 구성하였고, 토마토 유전체 분석(2번 염색체 담당)을 수행하여 우수한 성과를 거둠
(http://solgenomics.net/genomes/Solanum_lycopersicum/index.pl)
- 한국생명공학연구원에 가지과 유전체 관련 기초연구자 중심으로 데이터베이스 구축, 토마토 유전체 분석과 웹을 통한 분석 결과를 제공하는 시스템을 개발한 경험이 있음 (<http://sol.kribb.re.kr/tomatogenome/index.php#>)

○ 분자마커시장의 지속적인 확대

- 유전체 해독 기술은 국제적 수준임에도 불구하고 분자마커개발은 문헌정보 혹은 개별 유전자 별로 진행되는 미비한 상태임
- 경쟁력 확보를 위해 유전체 활용에 대한 요구는 매우 높은 편이며 대기업 (주)농우바이오와 (주)동부하이텍 뿐만 아니라, (주)고추와 육종, (주)에프엔피, (주)바이오브리딩연구소 등의 벤처종묘회사도 분자마커를 개발 및 이용하고 있음
- 내병성 작물육종을 위한 병리검정 지원사업단, 배추 분자마커 사업단, 고추 분자마커 사업단, 농촌진흥청실용화재단 등 정부기관주도의 연구 사업단에서도 적극적으로 개발 및 서비스를 실시하고 있어 유전체 정보를 활용할 경우 분자마커 시장 확대 및 육종 프로그램에 빠르게 적용될 것으로 예상됨(표 2-28)
- 이처럼 유전체 연구가 진행되고 시장의 요구도가 높으나 현재까지 생물정보를 이용한 육종가 혹은 분자마커 개발에 맞춰 유전체를 재해석이 활성화되지 못한 상황임

<표 2-28> 분자마커 검정 개발과 서비스 현황

수행기관	작물	식물병 / 특징		병원균	분자마커	
작물육종지원사업단(서울대)/ 채소병리검정지원사업단(한국화학연구원)	고추	바이러스	Potyvirus	<i>Potyvirus</i>	Pvr1	
			얼룩시들음병	<i>Tomato spotted wilt virus</i>	Tsw	
			담배모자이크바이러스	<i>Tobacco mosaic virus</i>	L3	
			오이모자이크바이러스	<i>Cucumber mosaic virus</i>	L4	
		세균	세균성반점병	<i>Xanthomonas campestris pv. vesicatoria</i>	Cmr1	Bs2
	토마토	바이러스	얼룩시들음병	<i>Tomato spotted wilt virus</i>	Sw5	
			토마토모자이크병	<i>Tomato mosaic virus</i>	Tm2a	
			황화잎말림바이러스	<i>Tomato yellow leaf curl virus</i>	Ty1	
		세균	세균성반점병	<i>Pseudomonas syringae</i>	Pto	
			세균성점무늬병	<i>Xanthomonas campestris</i>	Bs4	
		곰팡이	위조병	<i>Fusarium oxysporum sp. Lycopersici</i>	I2	
	반신위조시들음병		<i>Verticillium dahliae</i>	Ve4		
	콩	비린내			Lx2	
		다량뿌리혹형성			GmNARK	
배추분자마커사업단	배추	곰팡이	뿌리혹병 (무시마귀)	<i>Plasmodiophora brassicae</i>		
육종기술지원센터 (농촌진흥청)	토마토	바이러스	토마토모자이크병	<i>Tomato mosaic virus (ToMV)</i>		
			얼룩시들음병	<i>Tomato spotted wilt virus (TSWV)</i>		
		세균	시들음병	<i>Fusarium oxysporum sp. Lycopersici</i>		
고추분자마커사업단 (에프앤피 (주))	고추	바이러스	오이 모자이크 바이러스	<i>Cucumber mosaic virus (cmr -v0)</i>		
고추와육종 (주)	고추		매운맛		Pun1	
			탄저병			
			역병(M3)			
			바이러스병			
			CGMS 회복		Rf	
		GMS, ms1, ms3				

*검사항목은 계속 변경됨

- 토마토는 세계적인 채소 작물로 선진국의 품종 개발 수준은 매우 우수한 편이나 국내의 토마토 육종은 초기단계로 투자규모 및 참여 종자회사가 적음. 특히, 국내 토마토 육종인력이 매우 적어 대외 경쟁력이 약함

- 한국의 토마토 품종 육성 연한은 30여년에 지나지 않으며, 토마토 육종에 참여하고 있는 국내 기업이 극소수이며 토마토 육성의 가장 큰 핵심 요소인 내병성 육종의 기술력 및 연구기반이 선진국 기술 수준에 비하여 취약한 편임
- 현재 국내 민간회사에서도 한 품종에 4~5개 이상의 내병성 인자를 가지고 있는 복합 내병계 품종들이 출시되어 농가에 보급되고 있으나 초기 단계임
- 국내에 보급되고 있는 품종은 일본회사와 다국적기업에서 육성한 품종이 많으나, 근래에 국내 토마토 육종기술도 짧은 시간에 많이 발전하여 국내 육종가가 만든 품종의 비율이 점차 높아지고 있으며, 특히 방울토마토의 경우 국내시장 점유율이 급상승하고 있음
- 선진국에 비하여 육성에 필수적인 육성재료가 절대적으로 부족하고 특히 특정 내병성 소재와 고품질에 관여하는 유전자원이 부족함
- 국내 토마토 유전자원은 주로 관련 연구소, 종묘회사 등에서 자체적으로 수집, 관리되고 있으며, 활용도가 낮고 국내 육성 품종 중 우수한 품종도 다수 있으나 시장 점유율 면에서 여전히 미미함
- TYLCV 등 복합내병성이면서 수량이 많고 당도가 높은 품종을 주로 육종 목표로 하고 있으며, 일부 연구진에서 기능성 토마토(흑색토마토)를 개발하고 있음
- 국내 진출한 글로벌 기업에서 해외 유전자원을 바탕으로 국내용 토마토 품종 개발이 이루어지고 있음
- 국가 및 지자체 육종연구기관에서 고정종 방울토마토, 송이토마토, 완숙형 토마토 품종을 육성하고 있으며 1990년대 초부터 일부 종묘회사에서 유전자원 수집과 재료육성 등 토마토 품종개발을 하고 있음
- 국내에서 보급되고 있는 품종도 4-5가지 병에 대해서 내병성을 가지고 있으나 환경 적응성과 원예적 특성에 있어서 외국 품종에 비해 경쟁력이 떨어짐

- 토마토 육종에 참여하고 있는 국내기업이 적으며 장기 투자에 대하여 주저하고 있고 특히 토마토 육성가 양성에 소홀하여 경력 육성가가 극소수에 불과함
- 여교잡 육종에 필요한 MAB 분자마커는 염색체를 적절히 구획하여 background selection을 실시하는 기술임. 이를 위해 표준 유전체 정보를 이용한 물리적인 거리 단위로 구획을 나누거나 유전지도를 통한 유전적 거리 단위로 구획을 나누어 효과적인 background selection 조건을 규명해야 함
- 또한 초고밀도 유전지도는 매우 정교한 LD 분석이 가능하여 linkage dragging을 유발하는 형질에 대하여 불필요한 형질을 분리할 수 있는 자손의 개체수를 예측할 수 있음
- 실제 많은 수의 QTL이 보고되었지만 식물 육종에 적용된 예가 매우 적음 (Young 1999; Heffner et al., 2009). 유전체 정보와 고밀도 유전지도를 함께 이용할 경우 토마토의 QTL 형질 조사 및 mapping을 보다 효율적으로 할 수 있어 육종에 적용할 수 있는 핵심 유전자 및 분자마커 개발이 용이함
- 토마토 지놈 수준에서 유전양상을 면밀히 이해하고 형질관련 분자마커를 꾸준히 확보해 나간다면 원하는 형질을 고루 갖춘 맞춤형 설계 육종이 가능해지고 월등한 경쟁력을 확보할 수 있을 것으로 예상됨
- 또한, 초고밀도 유전지도가 작성될 경우 현재 표준유전체에서 확보하지 못한 유전체의 조각들을 보완하여 보다 완성도 높은 표준유전체로 개선할 수 있음

2) 국외 기술동향 분석

- 토마토는 시장 규모만큼이나 종자시장도 크며, 다른 채소에 비해 선도적인 육종기술이 개발되었고 유전자 지도도 가장 먼저 작성
- 2003년부터 시작된 국제가지과유전체 컨소시엄을 통해 토마토 유전체 해독이 완료되었고, 2012년 5월 Nature에 발표되어 유전체 정보 공개됨

- 국제 가지과 공동연구 컨소시엄을 통해 매년 회원국에서 워크숍을 개최하고 정보 및 연구재료를 공유하여 우수한 협력체계 구축함
- SolCAP (<http://solcap.msu.edu/>)은 가지과 작물 유전체를 실용화하기 위하여 토마토와 감자에 집중하여 SNP 등 육종에 필요한 마커 및 분석용 tool로 개발 중임
- Tomato Functional Genomics Database (<http://ted.bti.cornell.edu/>)는 microarray를 통해 분석된 유전자 발현 양상을 분석한 데이터베이스이며, 토마토 열매 관련하여 집중적으로 연구 중
- Tomato QTL database (<http://zamir.sgn.cornell.edu/Qtl/Html/home.htm>)는 토마토 IL 분석을 통해 확보된 QTL 정보를 제공함
- 이 밖에 수 많은 문헌정보와 데이터베이스가 구축되어 토마토 연구에 대한 문헌정보가 축적되어 있음
- SNP는 유전체 전반에 걸쳐 분포하며 그 수가 방대하고 특정 유전자에서 allelic variation 구분이 가능하여 각종 진단을 위해 사용되고 있고, 육종에서 형질 연관 마커 뿐만 아니라 고밀도 유전자지도 작성용으로도 주목 받고 있음 (Rafalski 2002; Snowden and Friedt 2004; Rahman et al. 2007)
- Soybean 유전체 연구에서 고밀도 유전자지도 작성 및 Scaffold를 연결하는데 SNP 마커를 이용하였음 (Hyten et al. 2010)
- 염기서열 분석기술이 발달함에 따라 SSR/SNP/Indel 등의 다양한 형태의 마커가 전체 유전체 영역을 망라할 수 있을 정도로 다수의 마커가 개발 가능해졌음. 이에 따라 많은 수의 유전적 변이를 탐지할 수 있게 되었고 대집단에서 유전적 변이를 빠르고 간편하게 선별할 수 있는 기술 발달에 의해 association mapping 이 가능하게 되었음 (Duran et al., 2010)

- 2005년 Arabidopsis의 95 accession에 대한 GWAS 분석결과 이전에 보고된 각 accession의 flowering time과 pathogen resistance gene의 locus가 SNP가 일치하게 나타나는 것이 보고되었고 이후 2010년 이들 각 accession의 SNP chip 분석을 통해 107개 표현형에 대한 SNP 분석을 완료함 (Atwell et al., 2010)
- 2013년 현재 TTI Green Geentics 사 등의 후원으로 네덜란드 와겐닝겐 대학과 중국의 BGI가 150 Tomato Genome ReSequencing project를 활발하게 진행 중임(표 2-29)

<표 2-29> 토마토 게놈의 ReSequencing 프로젝트

(*ref. <http://www.tomatogenome.net/news/june2012.html>)

Nr	Accession ID	EUSOL accession ID	Accession Name	Reasons	Genebank
1	PV	several	Moneymaker		PBR
2	PV	several	Alisa Craig	old cultivar	PBR
3	PV	EA06086	Gardners Delight	old cultivar	PBR
4	PV	EA00465	Rutgers	old cultivar	Craig Lehoullier
5		EA00325	GALINA	Hierloom, diversity	Craig Lehoullier
6		EA00488	TAXI	Hierloom, diversity	
7		EA00375	Katinka Cherry	Hierloom / phylogeny	Craig Lehoullier
8		EA00371	John's big orange	Hierloom / phylogeny	Craig Lehoullier
11	LYC 1365	EA02617	All Round	Agronomic traits	IPK Gatersleben
12	LYC 1969	EA02724	Sonato	Agronomic traits	IPK Gatersleben
13	T 1662, LYC 1738	EA03701	Cross Country	Agronomic traits	IPK Gatersleben
14	T 1203	EA03362	lidi	Plant architecture	IPK Gatersleben
15		TR00003	Momatero	pink beef	Rijk Zwaan
16	CGN15464	EA01965	Rote Beere	brix	TGRC
17	T 1039	EA03306		brix	IPK Gatersleben
18		EA01155	DANA	fruit size	Sand Hill Preservation Center
19		EA01049	LARGE PINK	fruit weight	Sand Hill Preservation Center
20	T 825	EA03221	Lycopersicon esculentum. Mill.	fruit weight	IPK Gatersleben
21	T 828	EA03222	Bolivar' Lycopersicon esculentum. Mill. Convar. infiniens Lehm. Var. commune bail.	fruit weight	IPK Gatersleben
22	PI 129097	EA04710		fruit weight	USDA, ARS, Geneva
23	PI 272654	EA05170		fruit weight	USDA, ARS, Geneva
24		EA00990	JERSEY DEVIL	fruit size	Sand Hill Preservation Center
26		EA00157	Polish Joe	fruit locule count	
27	CGN20815	EA02054	Cal J TM VF	fruit locule count	TGRC

28	PI 303721	EA05581	The Dutchman	fruit locule count	GENEVA
29		EA00027	BLACK CHERRY		
30	V710092	EA01835	ANTO	collection date	
31	PC711092	EA01854	WINTER TIPE (NOR)	collection date	
32	PI 93302	EA04243	'Chang Li' Lycopersicon esculentum	collection date / collection iste	USDA, ARS, Geneva
33	SG 16	EA00892	Belmonte		
34		EA01088	TIFFEN MENNONITE	phylogeny	Sand Hill Preservation Center
35	PI 203232	EA04939	Wheatley's Frost Resistant	collection site	USDA, ARS, Geneva
36	PI 311117	EA05701		collection site	USDA, ARS, Geneva
37	PI 365925	EA05891		collection site	USDA, ARS, Geneva
38	PI 158760	EA04828	Chih-Mu-Tao-Se	collection site / phylogeny	USDA, ARS, Geneva
39	LA0113	EA00526		collection site / germplasm status	TGRC
40		EA02655	ES 58 Heinz' Lycopersicon esculentum Mill. Convar. infiniens Lehm. Var. pluriloculare Lehm.	phylogeny	
41	PI 169588	EA04861		collection date / phylogeny	USDA, ARS, Geneva
77		TR00018	Large Red Cherry		Totally Tomatoes
78		EA00940	Porter		Tomato Growers Supply Company
88		TR00019	Bloody Butcher		Totally Tomatoes
89		EA01019	Brandywine		Tomato Growers Supply Company
90		TR00020	Dixy Golden Giant		Tomato Growers Supply Company
91		EA01037	Giant Belgium		Tomato Growers Supply Company
93		TR00021	Kentucky Beefsteak		Tomato Growers Supply Company
94		TR00022	Marmande VFA		Tomato Growers Supply Company
96		TR00023	Thessaloniki		Tomato Growers Supply Company
97		EA01640	Watermelon Beefsteak		Tomato Growers Supply Company
102		TR00026			TGRC
103		TR00027			TGRC
105	LA1479	TR00028			TGRC

- 세계 종자시장의 다국적 기업은 자체 연구소를 가지고 있으며 학계와의 공동연구를 통하여 기업을 중심으로 전통 육종기술과 더불어 형질전환이나 분자마커를 이용한 육종 (Marker-assisted breeding; MAB) 기술을 적극적으로 도입하여 신품종을 꾸준히 개발하고 있음

<표 2-30> 토마토 육종에 사용하고 있는 MAS 분자 마커

(*Ref. Majid R. Foolad, 2007, Genome Mapping and Molecular Breeding of Tomato, International Journal of Plant Genomics, p21-29)

Trait	Source species	Gene/QTL(Q)	Reference
Bacterial canker	<i>L. peruvianum</i>	3Q	Seed companies
	<i>L. hirsutum</i>	Rcm2.0,Rcm5.1(Q)	[287]
Bacterial speck	<i>L. pimpinellifolium</i>	Pto	Seed companies,[447]
Bacterial spot	<i>L. esculentum</i>	Rx-3(Q)	[447]
Bacterial wilt	<i>L. esculentum</i>	2Q	Seed companies
Blackmold	<i>L. cheesmanii</i>	FewQ	[288]
Corky root rot	<i>L. peruvianum</i>	Py-1	Seed companies
Fusarium wilt	<i>L. pimpinellifolium</i>	I-2C,I-3	Seed companies, public breeders
Jointless	<i>L. cheesmanii</i>		Seed companies
Late blight	<i>L. pimpinellifolium</i>	Ph-3	Seed companies, public breeders
	<i>L. hirsutum</i>	4Q	[342]
Lycopene	<i>L. esculentum</i>	Ogc,cr	Seed companies
Powdery mildew	<i>L. chilense,L.hirsutum</i>	Lv,OI-1,OI-2	Seed companies
Ripening inhibitor	<i>L. cheesmanii</i>	rin	Seed companies
Root-knot nematode	<i>L. peruvianum</i>	Mi	Seed companies, public breeders
Self pruning	<i>L. esculentum</i>	sp	Seed companies,public breeders
Soluble solids	<i>Not known</i>	Q	Seed companies
Tomato spotted wild virus	<i>L. peruvianum</i>	Sw-5	Seed companies
Tomato yellow leaf curl virus	<i>Different species</i>	FewQ	Seed companies
Tobacco mosaic virus	<i>L. peruvianum</i>	Tm-2a	Seed companies
Verticillium wilt	<i>L. esculentum</i>	Ve	Seed companies, public breeders

- 토마토 육성역사를 세대별로 구분하면 1세대는 수량성 (1970년대 잡종품종 보급), 2세대는 환경적응성(1980년대), 3세대는 저장성 및 내병성 (1990년대), 4세대는 과품질 위주의 성분육종 (2000년대)으로 나눌 수 있으며 국내보다 분야별로 약 5-10년 이상 앞서 있는 것으로 파악되고 있음
- 선진 외국회사에서 개발된 대부분의 토마토 품종은 병저항성 유전자를 최소한 5가지 (*Mi*, *Cf*, *Tm2*, *Ve*, *I* 등) 이상 보유하고 있으며, 토마토 품종 육성에 생명공학기술을 적극 활용하여 병 저항성 선발 시 DNA marker를 이용하여 선발 효율을 극대화시키고 육종 연한을 단축하고 있음
- 생식용 소비 형태에서 벗어나 다양한 요리 형태에 적합한 과색별, 과형별, 기능별 맞춤형 품종들이 개발되어 소비자들에게 선을 보이고 있음
- 일본 및 유럽에서는 내병성 품종의 개발뿐만 아니라 알레르기, 생활 습관병에 효과가 있는 토마토의 기능성 성분인 naringenin chalcone(NGC), γ -아미노酪(GABA)등을 다량 생산하는 토마토 계통을 개발하고 있음
- Marker-Assisted Breeding (MAB)을 통한 품종육성을 위하여 기본적으로 필요한 DNA 마커분석 시스템은, 마커형태의 발달 (Isozyme \rightarrow RFLP \rightarrow PCR-based DNA 마커)과 함께 점차적으로 대량화 및 자동화하는 추세임(Single Nucleotide Polymorphism (SNP) 마커의 개발이 중요한 전환점)
- 토마토 유전자 연관지도는 미국 Cornell 대학의 Steven Tanksley 박사 연구팀에 의해 많은 연구가 진행되었고, International Tomato Sequencing Project를 통하여 토마토 전체 genome의 염기서열을 밝히는 작업이 세계 11개 나라가 (아르헨티나-미토콘드리아 genome 포함) 공동으로 참여하여 진행하고 있음
- SOL Genomics Network (SGN)에 따르면, *S. lycopersicum* LA925와 *S. pennellii* LA716 type F2.2000을 양친으로 한 Tomato-EXPEN 2000 map에는 2,506개의 마커가 CAPS, RFLP, SNP, SSR 마커 등의 형태로 올라가 있으며 sequencing project와 함께 physical mapping이 완료되면 토마토 품종육성에 필요한 새로운 DNA 마커를 개발하는데 중요한 정보를 제공할 수 있을 것으로 기대하고 있음

- 특히 네덜란드의 민간 육종회사들은 육종 효율을 극대화하기 위하여 DNA marker 개발 전문회사인 Keygene을 공동으로 투자, 설립하여 운영하였는데 효과가 매우 높아 지금은 프랑스와 일본의 육종회사도 공동 투자하여 프로젝트에 따라 개발된 DNA marker를 공동 이용 혹은 독자적 이용 등 각자의 요구와 필요에 따라 이용하고 있음
- 현재까지 25여개의 토마토 Inter-, Intra-specific cross linkage map이 발표되었으며 과실특성 및 생리장애에 관한 유전자뿐만 아니라 20여종의 내병성 관련 유전자나 QTL이 분석되었거나 클로닝 되었음. 이들 정보를 토대로 현재 19개 이상의 복합내병성, 기능성, 수량관련 형질들에 대한 분자마커이용선발이 종자회사나 정부 연구기관에 의해 크게 활용되고 있음. 그 결과 국내에 수입되는 토마토 F₁ 품종의 대부분이 4-5개 이상의 내병성을 package로 가지고 있음
- 육종에 있어 분자표지의 중요성이 크게 부각되어 있으며, 다국적 종자회사들을 중심으로 자체 마커 개발기술과 High-throughput(HT)-MAS system 확립에 많은 투자를 하고 있음
- 펜실베니아 대학에서는 야생종 토마토(*S. pimpinellifolium*) 중에서 리코펜 함량이 높은 자원을 선발하였으며, 이를 이용하여 리코펜과 연관된 QTL 마커(*lyc12*, *lyc7*)를 개발하여 실제 육종에 사용 중
- AVRDC에서는 토마토 저장성뿐만 아니라 진한 빨간색, 베타카로틴, 리코펜 등이 높은 토마토를 개발 중

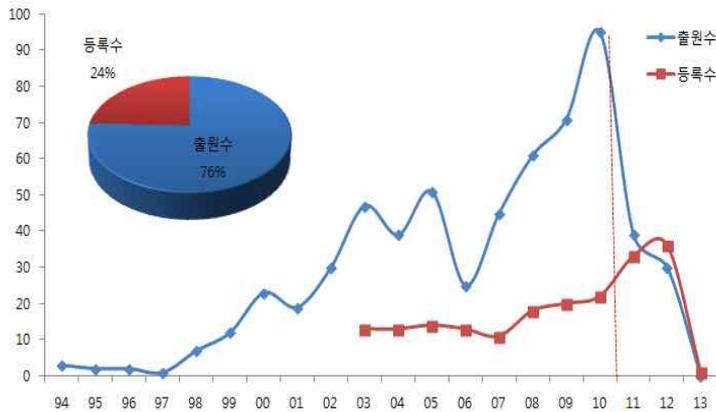
<표 2-30-1> 국내의 시장 및 기술동향 분석

연구수행 기관	연구개발의 내용	연구개발성과의 활용현황
Takii, Sakata (일본)	고품질/저온기 토마토 개발 재배안정성 대과종 토마토개발	도태랑 series, 호용, 슈퍼썬로드, 토사마, 꼬꼬, 큐티, 도태랑 TY위너, 스마트TY사마
Monsanto	복합내병계/다수성 토마토 개발	라피도(디루이터), 유니콘, 박커스, 스틱스티와이, 올레티와이
서안황관, 천성농업사(중국) Monsanto	내병성, 수량성, 수송성 개량	금봉1호, 보관, 구순, TY내병계pink류 중국 pink 시장의 주품종
Namdhari (인도) Syngenta (네덜란드) Nunhems, US Agri	복합내병성, 수량성, 수송성 개량	Shaktiman, Abhinav, Lakshmi, US 1196, To-1389, Heem Sohna 인도 시장의 80% 이상 점유
East West (인도네시아)	청고병, 내서성 개량	Permata, Marta, Lentana 인도네시아 시장의 80% 이상 점유
㈜농우바이오(한국)	대과종, 방울, 대목토마토 개발	큐피랑, 티와이알토랑, 미니할, 베타티니, 티티할, 닥터큐, 올라운드, 수호신
토마토시험장(한국)	유전자원 수집 및 품종 개발	썸머킹, 화분용 품종 등 보급 재배
토마토생명과학연구소(한국)	내병성 완숙, 방울토마토 품종개발	TY미라클, TY포르테 보급
원예연구소(한국)	유전자원 수집 및 기본 계통 육성	기본 계통 육성 및 민간 계통 분양
한경대학교(한국)	유전자원 수집, 평가 및 품종개발	계통육성 및 계통분리
세미니스, 신젠타	약 20여 가지의 토마토 마커 개발	대부분 내병성 관련 마커이며 현재 고품질 신품종 개발을 위하여 분 자마커 활용 중
캐나다 대학(캐나다)	시들음병 저항성 유전자(I3)클로닝	마커를 품종육성에 활용중
TGRC(미국)	유전자원 수집, 평가 및 증식	품종개발자에게 년약600점 자원분양
다카이(일본)	네덜란드 Keygene과 공동작업을 하여 마커 이용	토마토 신품종 개발에 활용
코넬대학교	토마토genomics에국제공동연구, 토마토의 기초 유전자 지도 토마토 마커 개발	일반 연구자가 활용할 수 있도록 모든 자료 공개. 토마토 마커개발에 많은 도움을 받음
서울대 + KRIBB(한국)	토마토genomics에국제공동연구	활용을 위한 DB 구축함
농우바이오(한국)	내병성마커 약 15여 종류, 원예형질관련 마커 5종류 개발	계통 육성 및 품종 개발에 활용
Keygene	가지과 채소 작물의 주요 형질에 대한 다인자, 단인자 마커 개발	출자한 회사에 마커 보급
경도대학(일본)	トマト機能性成分を活用した花初症・生活習慣病対策食品の 開発	성분분석에 의하여 신품종 개발에 이용

2. 2 국내외 특허 및 논문 동향 분석

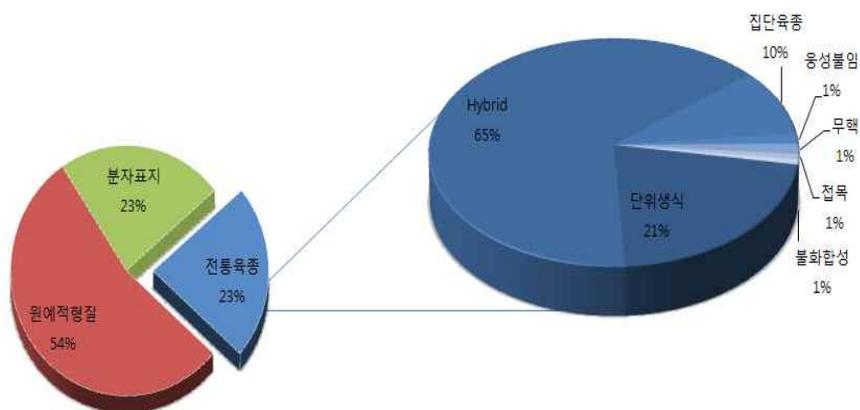
1) 국내외 특허 분석

가. 특허 동향분석



<그림 2-13> 연도별 특허출원 및 등록수 동향

○ 토마토의 육종 분야의 최근 10년간 특허 출원 동향을 살펴보면, 전체 602건의 특허가 검색되었으며(출원건수 : 602건, 등록건수 : 194건), 연도별로 살펴보면, 2006년을 제외하고, 90년대 후반부터 계속 특허 출원수가 증가한 것으로 나타남



<그림 2-14> 토마토 기술별 특허출원 점유율

- 토마토의 육종에 관한 기술별 점유율 살펴보면, 원예적 형질(과색, 과피, 경도, 저장기간 등의 원예적 형질, 유전자 기능분석 및 호르몬, 기타 유용 유전자원) 관련 특허가 54%, 전통육종 및 분자표지 관련된 특허가 각각 23%로 나타남
- 토마토의 전통육종 기술로는 Hybrid(교배, F1)가 65%로 가장 높은 비율을 차지하였으며, 단위생식(수정 과정이 없는 것)과 관련된 기술 분야가 21%, 집단육종(선발, 스크리닝)이 10% 비율을 차지하는 것으로 나타났으며, 그 외, 옹성불임, 무핵, 접목, 자가불화합성 등과 같은 기술이 있음

<표 2-31> 국가별 특허 출원 및 등록 현황

국가	출원건수	등록건수
미국	181	87
중국	127	53
일본	54	13
WO	56	
유럽	60	14
한국	55	27
러시아	1	
캐나다	15	
호주	10	
멕시코	10	
뉴질랜드	7	
이스라엘	7	
몰도바	7	
우크라이나	5	
대만	3	
서아프리카	1	
체코공화국	1	
스페인	1	
네덜란드	1	
합계	602	194

- 토마토 특허 출원 점유율로 살펴본 국가 순위는 미국 30%, 중국21%, 유럽 9.9%, 한국 9.1%, 일본 8.9% 순으로 나타남

나. 주요 국가 및 국제 특허 동향

- 토마토의 육종에 관한 국가별 특허 출원 및 등록 현황을 살펴보면, 미국, 중국, 유럽, 한국, 일본 순으로 나타났으며, 등록 현황을 살펴보면, 미국(48%), 중국(42%), 유럽(23%), 한국(49%), 일본(24%)로 나타남



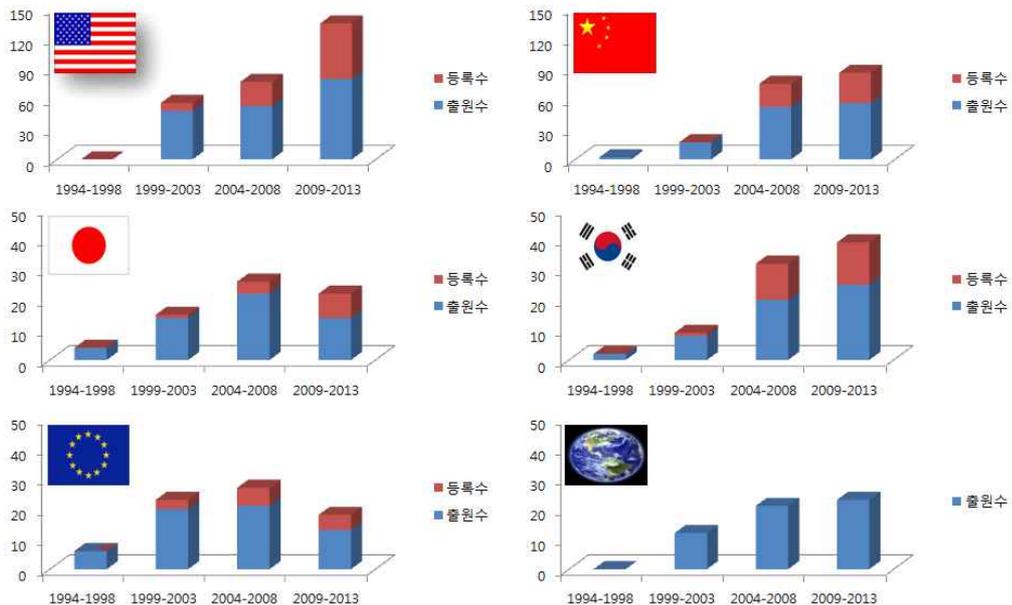
<그림 2-15> 주요 국가 및 국제 특허 출원 및 등록 현황

- 토마토의 육종에 관한 국가별 특허 출원 및 등록 현황을 살펴보면, 미국은 2003-2004년, 2008-2011년에 가장 많은 특허를 출원하였으며, 상대적으로 2006-2007년의 특허 출원이 저조한 것으로 나타났으며, 2009년부터 지속적으로 특허 등록 건수가 증가한 것으로 나타남
- 토마토의 육종에 관한 국가별 특허 출원 및 등록 현황을 살펴보면, 중국은 2005년부터 특허 출원수가 증가하였으며, 유럽과 일본의 경우 연도별 특허 출원수에 큰 차이가 없으며, 한국은 2007-2010년 사이에 특허 출원수가 증가한 것으로 나타남

<표 2-32> 국가별/연도별 출원 및 등록 현황

	미국		중국		일본		한국		유럽		WO
	출원수	등록수	출원수								
1994			1						2		
1995					1		1				
1996					2						
1997									1		
1998			1		1		1		3		
1999	7								4		
2000	8		1		4		1		3		2
2001	10		1		3		1		4		
2002	8		6		3		1		6		4
2003	15	8	9		4	1	5	1	3	3	6
2004	16	7	4	1	2	2	1	2	6	1	6
2005	7	8	19	6	6		2		6		5
2006	6	5	7	3	2	1	4	3	2	1	2
2007	6		10	7	7		6	3	3	1	4
2008	18	4	12	6	5	1	7	4	4	3	4
2009	27	10	8	5	5	2	13	1	4	2	8
2010	26	11	25	7	7	3	9		6	1	8
2011	19	16	10	7	2	1	2	8	3	1	1
2012	8	17	13	11		2	1	5		1	6
2013		1									
총합계	181	87	127	53	54	13	55	27	60	14	56

○ 토마토의 육종에 관한 국가별 특허 출원 및 등록 현황을 5년 단위로 살펴보면, 미국, 한국, WO, 중국의 특허는 구간별로 지속적으로 증가한 것으로 보이며, 일본, 및 유럽 특허는 1999-2003년 구간에서 증가한 후 2009-2013년 구간에서 출원 건수가 전년 5년에 비해 다소 감소한 것으로 나타남



<그림 2-16> 연도별 국가별 특허출원 및 등록 동향

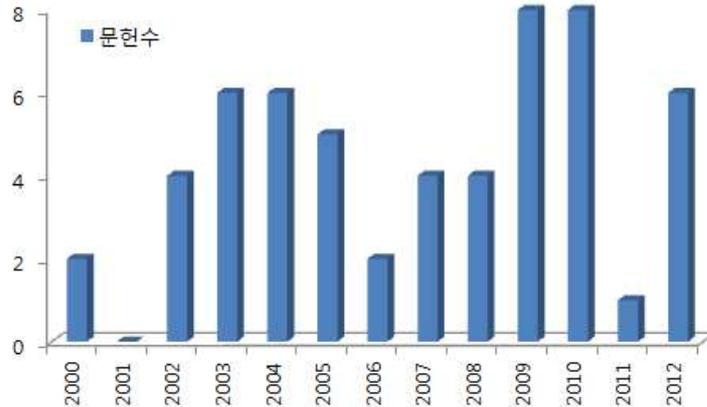
- 토마토의 육종에 관한 기술별/국가별 특허 건수를 살펴보면, 원예적 형질 부분에서 호르몬 및 기타 유용형질/내병성에 관련된 기술에 대한 특허 출원 건수가 가장 높았으며, 전통육종의 Hybrid, F1에 관련된 기술, 분자표지의 분자 마커/형질전환에 관련된 기술의 특허 출원 건수가 높은 것으로 나타남

<표 2-33> 주요 국가 기술별/국가별 출원 및 등록 현황

	기술분류	미국	중국	유럽	한국	일본	WO	전체 건수출원/ 등록
전통육종	단위생식	5/0	2/1	5/0	4/1	3/0	3	29/2
	Hybrid, F1, 교배	64/34	10/6	2/0	3/1	3/1	3	88/42
	집단육종, 선발	0	9/4	1/0	2/2	0	1	13/6
	용성불임	0	0	0	0	2/2	0	2/2
	무핵	0	0	0	0	2/1	0	2/1
	접목	0	0	0	1/1	0	0	1/1
	불화합성	1/0	0	0	0	0	0	1/0
원예적형질	내재해성	2/0	7/4	1/0	0	0	3	20/4
	내병성	23/10	23/5	16/0	10/4	13/4	8	116/25
	품종	11/3	6/4	4/0	5/1	1/0	6	44/8
	호르몬 및 기타 유용형질	48/21	32/13	22/11	12/10	12/2	14	146/57
분자표지	분자마커	6/2	28/8	2/0	13/6	10/1	8	75/17
	형질전환기술	18/15	7/4	6/3	5/1	8/2	10	60/27
	이종교잡	1/0	0	0	0	0	0	3/0
	유전자 변이 기술	2/2	0	0	0	0	0	2/2
		181/87	127/53	60/14	55/27	54/13	56	602/194

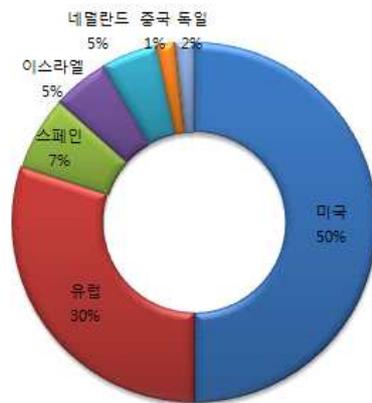
다. 패밀리 특허동향

○ 토마토의 육종에 관련된 WO 특허 출원 동향을 살펴보면, 2002-2005 및 2009-2010 출원건수가 증가한 것으로 나타남 (2006, 2011 제외)

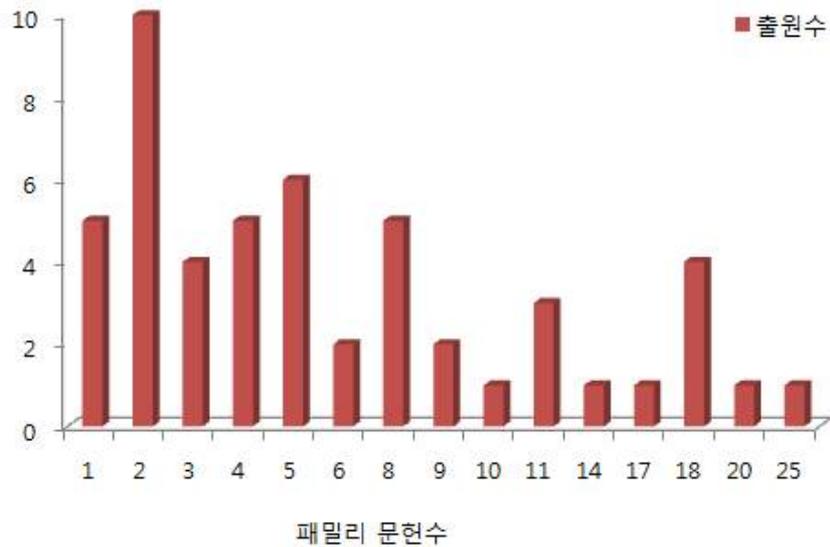


<그림 2-17> 연도별 WO 특허출원 현황

○ 토마토의 육종에 관련된 WO 특허의 우선권 국가 현황을 살펴보면, 미국이 50%로 절반을 차지하며, 다음으로, 유럽이 30%를 차지한 것으로 나타나며, 미국과 유럽이 토마토의 주요 시장으로 분석됨

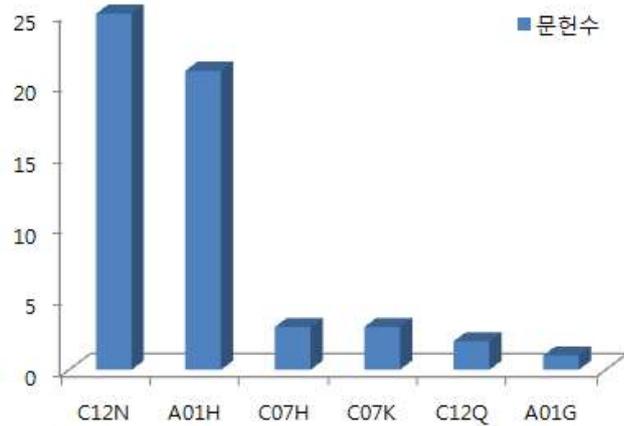


<그림 2-18> 토마토의 육종에 관련된 WO 특허의 우선권 국가 현황



<그림 2-19> 토마토의 육종에 관련된 WO 특허의 패밀리 특허의 문헌수 현황

○ 토마토의 육종에 관련된 WO 특허의 패밀리 특허의 문헌 수 현황을 살펴보면, 1건에서 25건으로 특허를 출원하였으며, 이 중 10건 이하가 전체의 71%를 차지한 것으로 나타남



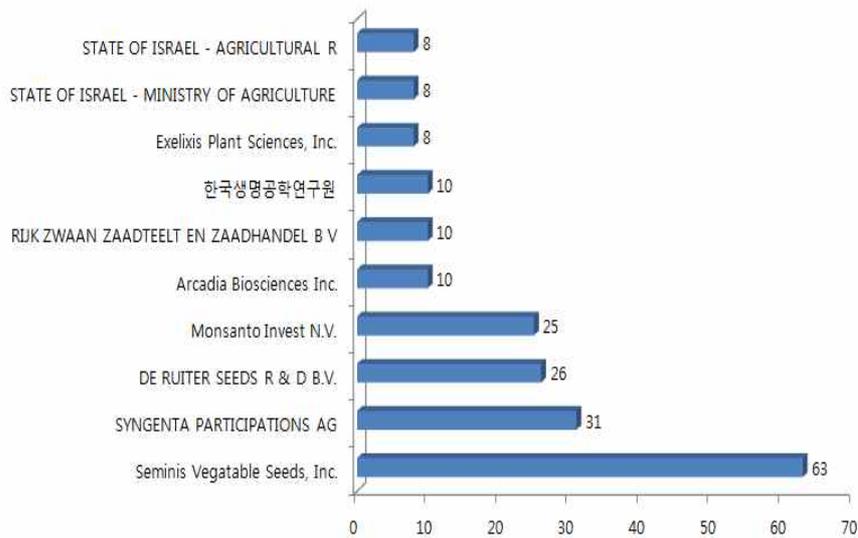
<그림 2-20> 토마토 육종에 관련된 지난 10년간 기술별 특허 동향

○ 토마토 육종에 관련된 지난 10년간 기술별 특허 동향을 보면, 새로운 식물 또는 그것들을 얻기 위한 육종처리; 조직배양기술에 의한 식물의 증식(A01H), 미생물 또는 효소; 미생물의 보존, 유지, 증식(C12N), 펩티드 (Peptides) (C07K), 식품 또는 식료품 그들

의 조제 또는 처리 및 효소 또는 미생물을 함유한 측정 또는 시험방법(C12Q), 및 원예; 채소, 화훼, 벼, 과수, 포도, 호프 또는 해초의 재배; 임업; 관수(과실, 채소, 호프 또는 이에 유사한 것의 따기(A01G) 등으로 나타남

라. 주요 출원인 특허동향분석

○ 토마토 육종에 관련된 지난 10년간 주요 출원인은 다국적 종묘회사인 세미니스, 신젠타, De ruiter seeds R & D B.V, 몬산토 순으로 나타남



<그림 2-21> 토마토 육종에 관련된 지난 10년간 주요 출원인 현황

○ 다국적 종묘회사인 세미니스, 신젠타, De ruiter seeds R & D B.V, 몬산토를 주요 출원인으로 분석하였으며, 각각 전체 출원건수의 10%, 5.1%, 4.3%, 4.15%로 나타남

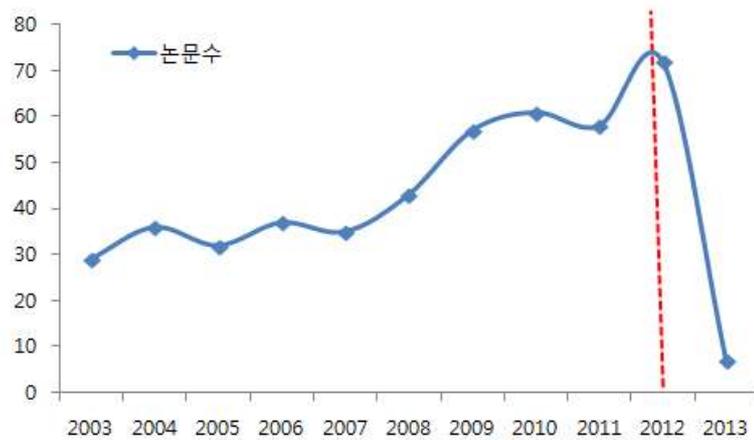
○ 국가별로 주요 출원인을 살펴보면, 미국에서는 세미니스, 신젠타, 몬산토 순으로 나타났으며, 중국은 중국 과학원(CAS), Shanghai academy of agricultural science, Zhejiang University 순으로 나타났으며, 한국은 한국생명공학 연구원, 일본은 세미니스, 유럽은 신젠타, 몬산토 순으로 나타남



<그림 2-22> 토마토 육종에 관련된 지난 10년간 국가별 주요 출원인 현황

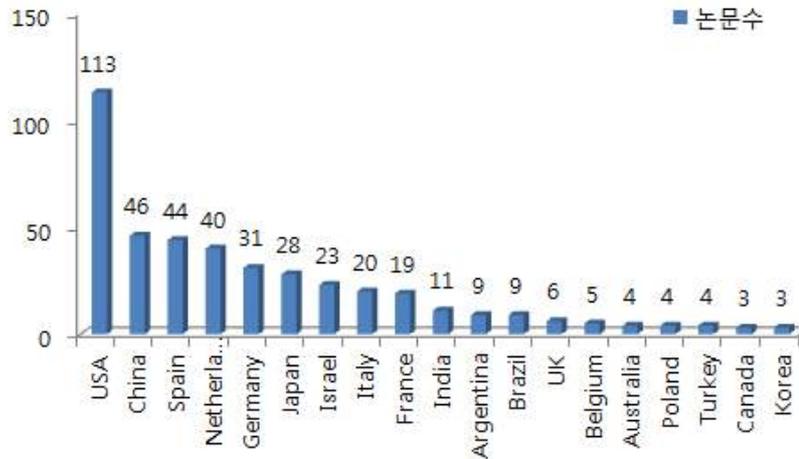
2) 논문 동향 분석

가. 국가별/연도별 논문 동향



<그림 2-23> 지난 10년간의 토마토 육종분야의 논문게제 현황연도별 논문 현황

- 지난 10년간의 토마토 육종분야의 논문게제 현황을 살펴보면, 지속적으로 매년 증가한 것으로 나타남

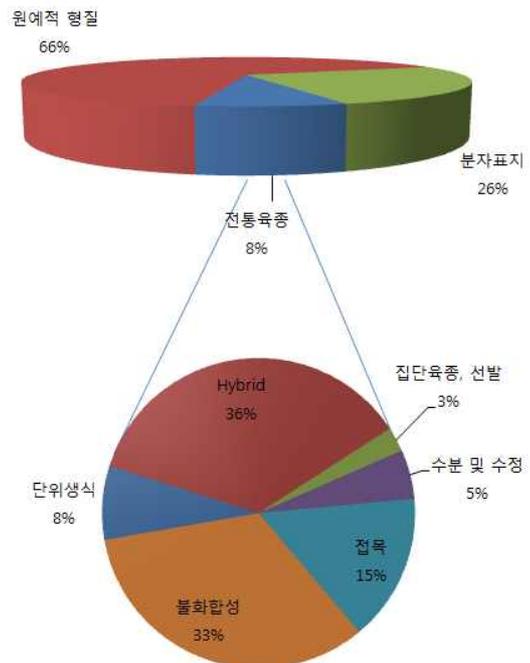


<그림 2-24> 지난 10년간의 토마토 육종분야의 논문현황

- 지난 10년간의 토마토 육종분야의 논문건수는 총 467건으로 추출되었으며, 국가별로 살펴보면 미국이 113건으로 24%로 1위를 나타내고 있으며, 중국과 스페인이 각각 약 10%를 나타내고 있는 것으로 나타남

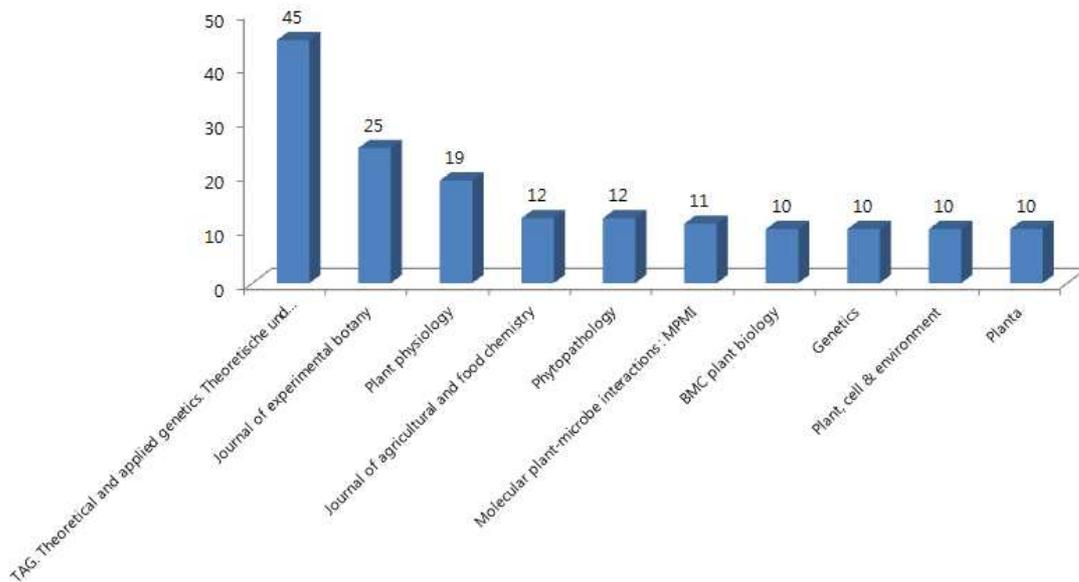
나. 기술별 논문 동향

	기술분류	논문수
전통육종	단위생식	3
	Hybrid	14
	집단육종, 선발	1
	수분 및 수정	2
	접목	6
원예적 형질	불화합성	13
	품종	34
	내병성	82
	내재해성	25
분자표지	호르몬 및 기타 유용형질	167
	내병성	13
	유전자형	48
	내재해성	7
	발달단계	16
	이종교잡	4
	기타	32



<그림 2-25> 토마토 육종기술별 게재논문 현황

- 토마토 육종 분야의 기술로는 원예적 형질에 관한 유전자 기능연구 분야가 308건으로 66%를 나타내고, 분자표지(내병성, 내재해성 등) 연구 분야가 120건으로 26%를 차지하고 있으며, 전통 육종 분야는 약 8%로 나타남



<그림 2-26> 토마토 육종 분야 논문 게재현황

- 토마토 육종 분야의 논문은 TAG (Theoretical and applied genetics) 저널에 가장 많은 수의 논문(9.6%)이 게재 되는 것으로 나타남

3) 주요 연구소 현황

가. 연도별 논문동향

<표 2-34> 주요 연구소의 연도별 특허 현황

	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	총합계
Wageningen University	1	1	3	2	5	4	2	3	1	6		28
Cornell University	4	5	5	2	2	2	1	2	3	1		27
Max Planck Institutes and Research Groups		2	1	2		2	1	5	2	3		18
University of California	3	3	3	1	1	1	1		1	2	1	17
The Hebrew University		3		2	2	1	1	3	1			13
University of California Davis			1	1		1	2	1	4	1		11
The Volcani Center	1	1	1	1			2	2				8
University of Tsukuba				1		1	3	1		2		8
Zhejiang University				2	1		1	1	3			8
University of Naples Federico II						1	1	2	1	1	1	7
Huazhong Agricultural University					1			1	2	2		6
Kazusa DNA Research Institute								4			1	5
University of Granada				1					3	1		5
총합계	9	15	14	15	12	13	15	25	21	19	3	161

- 토마토 육종 분야에 지난 10년간 주요 연구소로는 네덜란드의 Wageningen University, 미국의 Cornell University, 독일의 Max Planck Institutes and Research Groups, 미국의 University of California 이스라엘의 Hebrew University 미국의 University of California Davis 순으로 나타남
- 토마토 육종 분야에 연구는 주로 대학교에서 주도하고 있는 것으로 나타났으며, 주요 대학으로는 네덜란드의 Wageningen University, 미국의 Cornell University, California University 및 University of California Davis, 일본의 Tskuba 대학, 중국의 Zhejiang Univesity 및 Huazhong Agricultural University, 이탈리아의 University of Naples FedericoII, 이스라엘의 Hebrew University 스페인의 University of Granada 등이 있음
- 토마토 육종 분야에 연구는 주요 연구소로는 독일의 Max Planck Institutes and Research Groups, 이스라엘의 The Volcani Center, 일본의 Kazusa DNA Research Institute 등이 있음

나. 최근 3년간 주요 논문 현황

<표 2-35> 주요 연구소별 논문 리스트

연구소	제목	저널명
WageningenU niversity (Netherland)	FISH applications for genomics and plant breeding strategies in tomato and other solanaceous crops.	Cytogenetic and genome esearch (2010)
	Development and evaluation of robust molecular markers linked to disease resistance in tomato for distinctness, uniformity and stability testing.	TAG. Theoretical and applied genetics. (2010)
	Tomato Cf resistance proteins mediate recognition of cognate homologous effectors from fungi pathogenic on dicots and monocots.	PNAS (2010)
	Chromosomal rearrangements between tomato and Solanum chilense hamper mapping and breeding of the TYLCV resistance gene Ty-1.	The Plant journal : for cell and molecular biology (2011)
	An avirulent tomato powdery mildew isolate induces localized acquired resistance to a virulent isolate in a spatiotemporal manner.	M o l e c u l a r plant-microbe interactions (2012)
	Complex genetics controls natural variation among seed quality phenotypes in a recombinant inbred population of an interspecific cross between Solanum lycopersicum × Solanum pimpinellifolium.	Plant, cell & environment (2012)
	Characterization of polygenic resistance to powdery mildew in tomato at cytological, biochemical and gene expression level.	Molecular plant pathology (2012)
	Chromosome evolution in Solanum traced by cross-species BAC-FISH.	The New phytologist (2012)
	Rapid tomato volatile profiling by using proton-transfer reaction mass spectrometry (PTR-MS).	Journal of food science(2012)
	Defense activation triggers differential expression of	Plant signaling &

	phospholipase-C (PLC) genes and elevated temperature induces phosphatidic acid (PA) accumulation in tomato.	behavior (2012)
MaxPlanckInstitutesandResearchGroups (Germany)	Comparison of the chromosome maps around a resistance hot spot on chromosome 5 of potato and tomato using BAC-FISH painting.	Genome / National Research Council Canada (2010)
	Enzyme activity profiles during fruit development in tomato cultivars and <i>Solanum pennellii</i> .	Plant physiology (2010)
	Interactions in the pollen-specific receptor-like kinases-containing signaling network.	European journal of cell biology(2010)
	Tricarboxylic acid cycle activity regulates tomato root growth via effects on secondary cell wall production.	Plant physiology (2010)
	The influence of fruit load on the tomato pericarp metabolome in a <i>Solanum chmielewskii</i> introgression line population.	Plant physiology (2010)
	Identification of enzyme activity quantitative trait loci in a <i>Solanum lycopersicum</i> x <i>Solanum pennellii</i> introgression line population.	Plant physiology (2011)
	Shoot branching and leaf dissection in tomato are regulated by homologous gene modules.	The Plant cell (2011)
	Metabolic profiling of a mapping population exposes new insights in the regulation of seed metabolism and seed, fruit, and plant relations.	PLoS genetics (2012)
	Genomic organization, phylogenetic comparison and differential expression of the SBP-box family of transcription factors in tomato.	Planta (2012)
	Tissue specificity and differential expression of transcription factors in tomato provide hints of unique regulatory networks during fruit ripening.	Plant signaling & behavior (2012)
CornellUniver	Chromosomal evolution in the plant family Solanaceae.	BMC genomics

sity (USA)		(2010)
	COSII genetic maps of two diploid <i>Nicotiana</i> species provide a detailed picture of synteny with tomato and insights into chromosome evolution in tetraploid <i>N. tabacum</i> .	TAG. Theoretical and applied genetics. (2010)
	Genetic effects on the biomass partitioning and growth of <i>Pisum</i> and <i>Lycopersicon</i> .	American journal of botany (2011)
	The tomato MADS-box transcription factor RIPENING INHIBITOR interacts with promoters involved in numerous ripening processes in a COLORLESS NONRIPENING-dependent manner.	Plant physiology (2011)
	Tomato polyphenol oxidase B is spatially and temporally regulated during development and in response to ethylene.	Molecules (Basel, Switzerland) (2011)
University of California Davis (USA)	Over-expression of snakin-2 and extensin-like protein genes restricts pathogen invasiveness and enhances tolerance to <i>Clavibacter michiganensis</i> subsp. <i>michiganensis</i> in transgenic tomato (<i>Solanum lycopersicum</i>).	Transgenic research (2012)
	Quantitative disease resistance and quantitative resistance Loci in breeding.	Annual review of phytopathology (2010)
	Genealogy and fine mapping of <i>obscuravenosa</i> , a gene affecting the distribution of chloroplasts in leaf veins, and evidence of selection during breeding of tomatoes (<i>Lycopersicon esculentum</i> ; Solanaceae).	American journal of botany (2011)
	Effects of suppressing the DNA mismatch repair system on homeologous recombination in tomato.	TAG. Theoretical and applied genetics. (2011)
	A pollen factor linking inter- and intraspecific pollen rejection in tomato.	Science (New York, N.Y.) (2011)
	Tomato (<i>Solanum lycopersicum</i>): A Model Fruit-Bearing Crop.	CSH protocols (2011)
University of Naples Federico II (Italy)	The tomato genome: implications for plant breeding, genomics and evolution.	Genome biology (2012)
	Systemin-dependent salinity tolerance in tomato: evidence of specific convergence of abiotic and biotic stress responses.	Physiologia plantarum (2010)
	The ascorbic acid content of tomato fruits is associated with the expression of genes involved in pectin degradation.	BMC plant biology (2010)
	Dissection of genetic and environmental factors involved in tomato organoleptic quality.	BMC plant biology (2011)
	Comparative transcriptomic profiling of two tomato lines with different ascorbate content in the fruit.	Biochemical genetics (2012)
Quantitative trait loci pyramiding for fruit quality traits in tomato.	Molecular breeding : new strategies in plant improvement	

		(2013)
Huazhong Agricultural University (China)	Transcriptional profiles of drought-responsive genes in modulating transcription signal transduction, and biochemical pathways in tomato.	Journal of experimental botany (2010)
	Molecular analysis of two salt-responsive NAC-family genes and their expression analysis in tomato.	Molecular biology reports (2011)
	A regulatory gene induces trichome formation and embryo lethality in tomato.	PNAS (2011)
	SpUSP, an annexin-interacting universal stress protein, enhances drought tolerance in tomato.	Journal of experimental botany (2012)
	Identification and expression pattern of one stress-responsive NAC gene from Solanum lycopersicum.	Molecular biology reports (2012)
Kazusa DNA Research Institute (Japan)	An interspecific linkage map of SSR and intronic polymorphism markers in tomato.	TAG. Theoretical and applied genetics. (2010)
	Coexpression analysis of tomato genes and experimental verification of coordinated expression of genes found in a functionally enriched coexpression module.	DNA research : an international journal for rapid publication of reports on genes and genomes (2010)
	Large-scale analysis of full-length cDNAs from the tomato (Solanum lycopersicum) cultivar Micro-Tom, a reference system for the Solanaceae genomics.	BMC genomics (2010)
	SNP discovery and linkage map construction in cultivated tomato.	DNA research : an international journal for rapid publication of reports on genes and genomes (2010)
	Development of Capsicum EST-SSR markers for species identification and in silico mapping onto the tomato genome sequence.	Molecular breeding : new strategies in plant improvement (2013)
University of California (USA)	Crossing tomato plants.	CSH protocols (2011)
	Fine genetic mapping of RXopJ4, a bacterial spot disease resistance locus from Solanum pennellii LA716.	TAG. Theoretical and applied genetics. (2012)
	Evaluation of four Agrobacterium tumefaciens strains for the genetic transformation of tomato (Solanum lycopersicum L.)	Plant cell reports (2012)

	cultivar Micro-Tom.	
	Characterization of the Red Layer and Pericarp of Processing Tomato using Magnetic Resonance Imaging.	Journal of food science (2013)
Zhejiang University (China)	Research on discrimination method of tomato via space mutation breeding based on spectroscopy technology.	Guang pu xue yu guang pu fen xi = Guang pu(2010)
	Cadmium-induced oxalate secretion from root apex is associated with cadmium exclusion and resistance in <i>Lycopersicon esulentum</i> .	Plant, cell & environment (2011)
	NO synthase-generated NO acts downstream of auxin in regulating Fe-deficiency-induced root branching that enhances Fe-deficiency tolerance in tomato plants.	Journal of experimental botany (2011)
	Application of Vis/NIR diffuse reflectance spectroscopy to the rapid detection and identification of tomato fruit via space mutation breeding.	Guang pu xue yu guang pu fen xi = Guang pu (2011)
The Hebrew University (Israel)	hi2-1, a QTL which improves harvest index, earliness and alters metabolite accumulation of processing tomatoes.	TAG. Theoretical and applied genetics. (2010)
	The flowering gene SINGLE FLOWER TRUSS drives heterosis for yield in tomato.	Nature genetics (2010)
	Development of synchronized, autonomous, and self-regulated oscillations in transpiration rate of a whole tomato plant under water stress.	Journal of experimental botany (2010)
	Yield quantitative trait loci from wild tomato are predominately expressed by the shoot.	TAG. Theoretical and applied genetics. (2011)
University of Granada (Spain)	Ammonia production and assimilation: its importance as a tolerance mechanism during moderate water deficit in tomato plants.	Journal of plant physiology (2011)
	Differential responses of five cherry tomato varieties to water stress: changes on phenolic metabolites and related enzymes.	Phytochemistry (2011)
	Phenolic metabolism in grafted versus nongrafted cherry tomatoes under the influence of water stress.	Journal of agricultural and food chemistry (2011)
	Phenolic profiles of cherry tomatoes as influenced by hydric stress and rootstock technique.	Food chemistry (2012)
University of Tsukuba (Japan)	Molecular breeding of tomato lines for mass production of miraculin in a plant factory.	Journal of agricultural and food chemistry (2010)
	Availability of Micro-Tom mutant library combined with TILLING in molecular breeding of tomato fruit shelf-life.	Breeding science (2012)
	Mapping of Micro-Tom BAC-End Sequences to the Reference	International

	Tomato Genome Reveals Possible Genome Rearrangements and Polymorphisms.	journal of plant genomics (2012)
The Volcani Center (Israel)	Microarray analysis of the abscission-related transcriptome in the tomato flower abscission zone in response to auxin depletion.	Plant physiology (2010)

- 토마토 육종 분야의 주요 연구소는 2003년부터 현재까지 논문건수가 가장 많은 연구수 및 최근 3년간 연구실적이 우수한 연구소를 대상으로 선정한 후 최근 3년 간의 논문(총 67편)을 대상으로 분석함
- 토마토 육종 분야의 주요 연구소의 최근 3년 간의 논문(총 67편) 중 10회 이상 인용된 논문을 아래에 표로 나타냄

<표 2-36> 10회 이상 인용된 최근 3년간 논문 현황

연구소	제목	저널명	인용수
Wageningen University (Netherland)	Development and evaluation of robust molecular markers linked to disease resistance in tomato for distinctness, uniformity and stability testing.	TAG. Theoretical and applied genetics. Theoretische und angewandte Genetik(2010)	12
	Tomato Cf resistance proteins mediate recognition of cognate homologous effectors from fungi pathogenic on dicots and monocots.	Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America(2010)	33
MaxPlanckInstitutesandResearchGroups (Germany)	Enzyme activity profiles during fruit development in tomato cultivars and Solanum pennellii.	Plant physiology(2010)	22
	Tricarboxylic acid cycle activity regulates tomato root growth via effects on secondary cell wall production.	Plant physiology(2010)	13

	The influence of fruit load on the tomato pericarp metabolome in a <i>Solanum chmielewskii</i> introgression line population.	Plant physiology(2010)	13
Cornell University (USA)	Chromosomal evolution in the plant family Solanaceae.	BMC genomics(2010)	29
	COSII genetic maps of two diploid <i>Nicotiana</i> species provide a detailed picture of synteny with tomato and insights into chromosome evolution in tetraploid <i>N. tabacum</i> .	TAG. Theoretical and applied genetics. Theoretische und angewandte Genetik(2010)	14
	The tomato MADS-box transcription factor RIPENING INHIBITOR interacts with promoters involved in numerous ripening processes in a COLORLESS NONRIPENING-dependent manner.	Plant physiology(2011)	15
University of California Davis (USA)	Quantitative disease resistance and quantitative resistance Loci in breeding.	Annual review of phytopathology(2010)	25
University of Naples Federico II (Italy)	Systemin-dependent salinity tolerance in tomato: evidence of specific convergence of abiotic and biotic stress responses.	Physiologia plantarum(2010)	16
	The ascorbic acid content of tomato fruits is associated with the expression of genes involved in pectin degradation.	BMC plant biology(2010)	18
Huazhong Agricultural University (China)	Transcriptional profiles of drought-responsive genes in modulating transcription signal transduction, and biochemical pathways in tomato.	Journal of experimental botany(2010)	22
Kazusa DNA Research Institute (Japan)	An interspecific linkage map of SSR and intronic polymorphism markers in tomato.	TAG. Theoretical and applied genetics. Theoretische und angewandte Genetik(2010)	21
	Coexpression analysis of tomato genes and experimental verification of	DNA research : an international journal for rapid publication of	16

	coordinated expression of genes found in a functionally enriched coexpression module.	reports on genes and genomes(2010)	
	Large-scale analysis of full-length cDNAs from the tomato (<i>Solanum lycopersicum</i>) cultivar Micro-Tom, a reference system for the Solanaceae genomics.	BMC genomics(2010)	41
	SNP discovery and linkage map construction in cultivated tomato.	DNA research : an international journal for rapid publication of reports on genes and genomes(2010)	16
The Hebrew University (Israel)	The flowering gene SINGLE FLOWER TRUSS drives heterosis for yield in tomato.	Nature genetics(2010)	58
University of Granada (Spain)	Differential responses of five cherry tomato varieties to water stress: changes on phenolic metabolites and related enzymes.	Phytochemistry(2011)	13
University of Tsukuba (Japan)	Molecular breeding of tomato lines for mass production of miraculin in a plant factory.	Journal of agricultural and food chemistry(2010)	12
	Availability of Micro-Tom mutant library combined with TILLING in molecular breeding of tomato fruit shelf-life.	Breeding science(2012)	17
The Volcani Center (Israel)	Microarray analysis of the abscission-related transcriptome in the tomato flower abscission zone in response to auxin depletion.	Plant physiology(2010)	22

4) 특허 및 논문분석 결과

가. 특허 분석

- 식료품 및 의학에 관련된 특허를 제외한 후(1차 노이즈 제거) 1,124건의 특허가 추출되었으며, 기술요약 및 초록을 통한 2차 노이즈 제거후 602건의 특허를 도출하여 분석에 사용하였음
 - 2006년을 제외하고 90년대 후반부터 특허 출원수가 증가한 것으로 나타났으며, 기술 별로는 원예적 형질에 관련된 특허가 54%, 전통육종 23%, 분자표지 23%로 나타났으며, 원예적 형질에서는 호르몬 및 기타 유용형질/내병성에 관련된 기술에 대한 특허 출원 수가 가장 높았으며, 전통육종에서는 Hybrid, F1에 관련된 기술, 분자표지에서는 분자마커/형질전환에 관련된 기술에 대한 출원수가 가장 높은 것으로 나타남
 - 특허 출원수에 대한 국가별 순위는 미국, 중국, 유럽, 한국, 일본 순으로 나타났으며, WO 특허의 우선권 국가 현황을 살펴보면, 미국이 50%로 절반을 차지하며, 유럽이 30% 차지하고 있는 것으로 나타나며, 미국과 유럽이 토마토의 주요 시장으로 나타남
 - 최근 10년간 기술별 특허 동향을 살펴보면, 조직배양에 의한 식물의 증식 및 미생물의 보존 유지 증식에 관한 기술에 대한 특허가 가장 많이 출원 되었음
 - 주요 출원인은 다국적 종묘회사인 세미니스, 신젠타, 드 루이터 씨즈, 몬산토 순으로 나타났으며, 이들의 특허 수가 전체 특허수의 10%, 5.1%, 4.3%, 4.1% 순으로 나타났으며, 미국에서는 세미니스, 신젠타, 몬산토가 주요 출원인으로 나타났으며, 중국은 중국과학원, 한국은 한국생명공학 연구원, 일본은 세미니스, 유럽은 신젠타, 몬산토 순으로 나타남
 - 주요 출원인인 세미니스의 지난 10년간 특허 출원 동향을 살펴보면, 주로 미국을 중심으로 특허를 출원하였으며, 일본, 한국 순으로, 특허를 출원하였고, 신젠타의 경우, 주로 미국과 유럽에 특허를 출원하였으며, 드 루이터 씨즈사의 경우 유럽, 한국, 중국에 특허를 출원하였지만, 2008년 이후 특허 출원이 되지 않았으며(몬산토에 의해

인수됨), 몬산토는 주로 미국과 유럽에 특허를 출원하고 있는 것으로 나타남

- 최근 3년간의 특허를 대상으로, 청구항수, 패밀리문헌, 초록, 우선권국가, 기술 등을 바탕으로 핵심특허 9건을 선정하여 기술요지를 첨부하였음
- 핵심특허1은 “병 저항성 식물체“에 관한 것으로, Enza Zaden Beheer B.V.가 출원인이며, 유럽공개특허 2455479로 패밀리 문헌수가 19건이 존재하며, 캐나다, 중국, 유럽, 일본, 미국으로 특허를 출원함
- 핵심특허2는 “무핵 토마토 및 그 생산 방법“에 관한 것으로, 세미니스가 출원인이며, 일본 공개특허 2011-045373으로, 패밀리 문헌수가 15건이 존재하며, 호주, 브라질, 중국, 유럽, 이스라엘, 일본, 한국, 터키, 미국, 서아프리카로 특허를 출원함
- 핵심특허3은 “회색 곰팡이병에 대한 내성을 나타내는 토마토 식물“에 관한 것으로, 세미니스가 출원인이며, 일본공개특허 2009-028055로, 패밀리 문헌수가 18건이 존재하며, 호주, 캐나다, 유럽, 일본, 한국, 모로코, 뉴질랜드, 미국으로 특허를 출원함
- 핵심특허4는 “토마토에 있어서 저항성 대립 유전자를 연결하기 위한 방법“에 관한 것으로, 세미니스가 출원인이며, 일본등록특허 4651728로 패밀리 문헌수가 20건이 존재하며, 호주, 브라질, 캐나다, 중국, 유럽, 이스라엘, 중국, 일본, 한국, 모로코, 멕시코, 뉴질랜드, 미국으로 특허를 출원함
- 핵심특허5는 “경도가 증가된 토마토 과실“에 관한 것으로 신젠타가 출원인이며, 한국 공개특허 2012-0104555로 패밀리 문헌수가 10건이 존재하며, 호주, 캐나다, 유럽, 이스라엘, 한국, 모로코, 멕시코, 미국으로 특허를 출원함
- 핵심특허6은 “보트리티스에 대한 높은 수준의 내성을 갖는 토마토 식물“에 관한 것으로, 드 루이터 씨즈가 출원인이며, 한국공개특허 2009-0026265로 패밀리 문헌수가 18건으로, 호주, 브라질, 캐나다, 중국, 유럽, 이스라엘, 일본, 한국, 멕시코, 네덜란드, 뉴질랜드, 러시아, 미국, 서아프리카로 특허를 출원함

- 핵심특허7은 “에스. 하브로차이테스로부터 유래된 단위결실 유전 요소“에 관한 것으로, 몬산토가 출원인이며, 한국공개특허 2010-0031102로, 패밀리 문헌수가 14건이 존재하며, 호주, 캐나다, 중국, 유럽, 이스라엘, 일본, 한국, 마로코, 멕시코, 뉴질랜드, 미국으로 특허를 출원함
- 핵심특허8은 “토마토 내의 단위결실 유전자“에 관한 것으로, 웨스턴 씨드 인터내셔널이 출원인이며, 한국공개특허 2010-0043214로 패밀리 문헌수가 11건이 존재하며, 호주, 캐나다, 중국, 유럽, 일본, 한국, 모로코, 멕시코 미국으로 특허를 출원함
- 핵심특허9는 “토마토 토르라도 바이러스-저항성 식물“에 관한 것으로 드 루이터 씨즈가 출원인이며, 한국공개특허 2009-0031696으로 패밀리 문헌수가 14건이 존재하며, 호주, 중국, 콜롬비아, 유럽, 이스라엘, 일본, 한국, 멕시코, 네덜란드, 러시아, 미국으로 특허를 출원함
- 핵심특허10은 “Method for breeding tomatoes having reduced water content and product of the method“에 관한 것으로 이스라엘의 Volcani center 가 출원인이며, 미국공개특허 2010-0095393으로, 패밀리 문헌수가 15건이 존재하며, 오스트리아, 호주, 캐나다, 중국, 독일, 유럽, 스페인, 이스라엘, 일본, 미국으로 특허를 출원함
- 핵심특허11은 “Plant Virus Designated tomato Marchitez virus“에 관한 것으로 몬산토가 출원인이며, 미국공개특허 2010-0146659로 패밀리 문헌수가 25건이 존재하며, 호주, 브라질, 캐나다, 중국, 유럽, 이스라엘, 일본, 한국, 모로코, 멕시코, 러시아, 미국, 서아프리카로 특허를 출원함
- 핵심특허12는 “Tomato plants having higher levels of resistance to botrytis“에 관한 것으로 네덜란드의 Johannes Arnoldus L Van Kan 외 5명이 발명인으로, 미국공개특허 2011-0321192로 패밀리 문헌수가 17건이 존재하며, 호주, 브라질, 캐나다, 중국, 유럽, 이스라엘, 일본, 한국, 모로코, 멕시코, 러시아, 미국으로 특허를 출원함

- 핵심특허13은 “Tomato plants that exhibit resistance to botrytis cinerea“에 관한 것으로, 세미니스가 출원인이며, 미국공개특허 2010-0325751로 패밀리 문헌수가 18건이 존재하며, 호주, 캐나다, 유럽, 일본, 한국, 모로코, 뉴질랜드 미국으로 특허를 출원함

나. 논문 분석

○ 식료품 및 의학에 관련된 특허를 제외한 후(1차 노이즈 제거) 628건의 논문이 추출되었으며, 초록을 통한 2차 노이즈 제거후 467건의 논문을 도출하여 분석에 사용하였음

- 지난 10년간 토마토 육종 분야의 논문수는 지속적으로 증가한 것으로 나타나며, 국가별로는 미국이 24%로 1위를 차지하였으며, 중국과 스페인이 각각 10%로 2위로 나타났으며, 한국의 경우는 18위로, 주로 미국과 유럽에 의해 연구가 활발히 진행되는 것으로 나타남
- 기술별로는 원예적 형질 분야에서 유전자 기능 연구가 308건으로 66%를 차지하였으며, 분자표지(내병성, 내재해성) 연구가 120건으로 26%이며, 전통육종 분야가 약 8%로 나타났으며, 주요 논문으로는 TAG(Theoretical and applied genetics) 저널에(45편, 9.6%) 가장 많이 게재하는 것으로 나타남
- 주요 연구기관으로는 네덜란드의 Wageningen 대학, 미국의 Cornell 대학, 독일의 Max Planck Institutes and Research Groups, 미국의 캘리포니아 대학, 이스라엘의 Hebrew 대학 순으로 나타났으며, 토마토 육종 분야의 연구는 주로 대학에서 이루어지고 있는 것으로 나타났으며, 주요 대학으로는 네덜란드의 Wageningen 대학, 미국의 Cornell 대학, 캘리포니아 대학, 일본의 Tskuba 대학, 중국의 Zhejiang 대학 및 Huazhong Agricultural 대학, 이탈리아의 Neaples 대학, 이스라엘의 Hebrew 대학, 스페인의 Granada 대학 등이 있으며, 주요 연구소로는 주요연구소는 독일의 Max Planck Institutes and Research Groups, 이스라엘의 The Volcani Center, 일본의 Kazusa DNA Research Institute 등이 있는 것으로 나타남

3. 국내외 정책동향 분석

- UPOV 협약에 근거하여 모든 식물을 품종보호대상작물로 확대하면서 로열티 부담이 커질 것이며 우리나라 고유품종의 대내외 지적재산권 확보, 품질관리와 불법유통중균의 단속이 요구되고 있음
- 국내 종자산업 관련 농림수산식품과 관련된 R&D 정책의 추진 체계는 농림수산 식품부를 중심으로 구성됨
 - R&D와 관련된 정책의 기획 및 총괄 조정을 담당하는 부서는 크게 농림수산식품부와 농촌진흥청, 산림청으로 구분됨
 - 농림수산식품부는 각 부처간 의견조율을 하는 총괄부서로 역할을 수행하며 정책심의 기구로 농림수산식품과학기술위원회를 산하에 두고 있음
 - 각 종자산업의 R&D정책은 농림수산식품부(수산, 검역검사), 농촌진흥청(농업, 식량, 원예특작, 축산 등), 산림청(산림)이 주관하고 있음
 - 종자산업과 관련된 연구수행은 국책연구기관인 각 과학원과 민간연구기관인 대학, 출연(연), 민간연구소 등에서 수행되고 있음
 - 농림수산식품기술기획평가원은 종자산업에 대한 전반적인 사업기획 및 평가관리를 수행함
 - 이 외에 관련 R&D조직은 지방자치단체의 농업기술원(도)과 농업기술센터(시군), 농촌진흥청의 농업실용화 재단 등이 존재함

4. 기술수준 및 연구개발 인프라 분석

1) 국내 기술수준

- 토마토는 세계적인 채소 작물로 선진국의 품종 개발 수준은 매우 우수한 편이나 국내의 토마토육종은 초기단계로 투자규모 및 참여 종자회사가 적음. 특히, 국내 토마토 육종 인력이 매우 적어 대외 경쟁력이 약함

- 토마토 품목의 국내 전체 기술수준은 최고 기술 보유국 대비 63.3%, 기술격차는 5년

- 전통육종기술은 최고 기술 보유국 대비 기술수준 71.7%, 기술격차 5년으로 토마토 분야 세부기술 수준 중 가장 높음

- 유전자원 기초 및 안전성 연구기술은 최고 기술 보유국 대비 기술수준 55%, 기술격차 6년으로 가장 낮은 것으로 나타나 동 기술에 대한 지원 및 개발이 요구됨

- 국내 토마토 품종 육성 연한은 30여년에 지나지 않으며, 내병성 육종 수준도 선진국 회사의 수준에 비하여 떨어짐

- 현재 국내 민간회사에서도 한 품종에 4~5개 이상의 내병성 인자를 가지고 있는 복합내병계 품종들이 출시되어 농가에 보급되고 있으나 초기 단계임

- 토마토 품종육성 선진국의 경우 유전자원의 수집 및 평가의 역사가 오래되고 체계적으로 관리되고 있으나 국내 토마토 유전자원은 주로 관련 연구소, 종묘회사 등에서 자체적으로 수집, 관리되고 있어 이용의 범위가 제한적임

- 토마토육종에 참여하고 있는 국내 기업이 극소수이며 토마토육종의 가장 큰 핵심 요소인 내병성육종 부분의 기술력 및 연구기반이 취약함

- 국내 일부 민간 종자회사를 중심으로 몇 가지 병저항성 분자마커를 이용하여 선발하고 있으나 그 외 종자회사에서는 분자마커 활용에 관심은 있으나 투자를 주저하고 있는 실정임

- 현재 육종가들은 마커에 대한 필요성은 인식하고 있으나 국내에서 적용 가능한 마커들의 종류, 선발 효율성, 특성 등이 객관적으로 파악되고 정리되지 않아 그 활용은 저조한 실정임
- 미국, 유럽에서 개발되어진 마커들을 중심으로 국내의 다국적 종묘회사는 개발된 DNA 마커를 이용하여 내병성 계통육성이 진행되고 있는 상황이지만, 국내 종묘회사에서는 유전자 클로닝 및 지도 작성 등을 통한 새로운 마커의 자체적 개발 실적이 거의 미미할 뿐만 아니라 적용기술 수준도 낮은 상황임
- 유전체 정보를 활용한 육종 체계가 부재하며 고기능성 품종 육성을 위한 성분분석 시스템 구축의 활력이 절실했음
- 외국 대기업의 경우 효율적인 MAS를 위해 대량분석 (high-throughput) 시스템이 일반화 되어 있는데 반해, 국내에서는 agarose gel을 이용한 전기영동과 제한효소절단법에 기반을 둔 효율성이 낮은 genotyping system에 의존하고 있음

2) 국외 기술수준

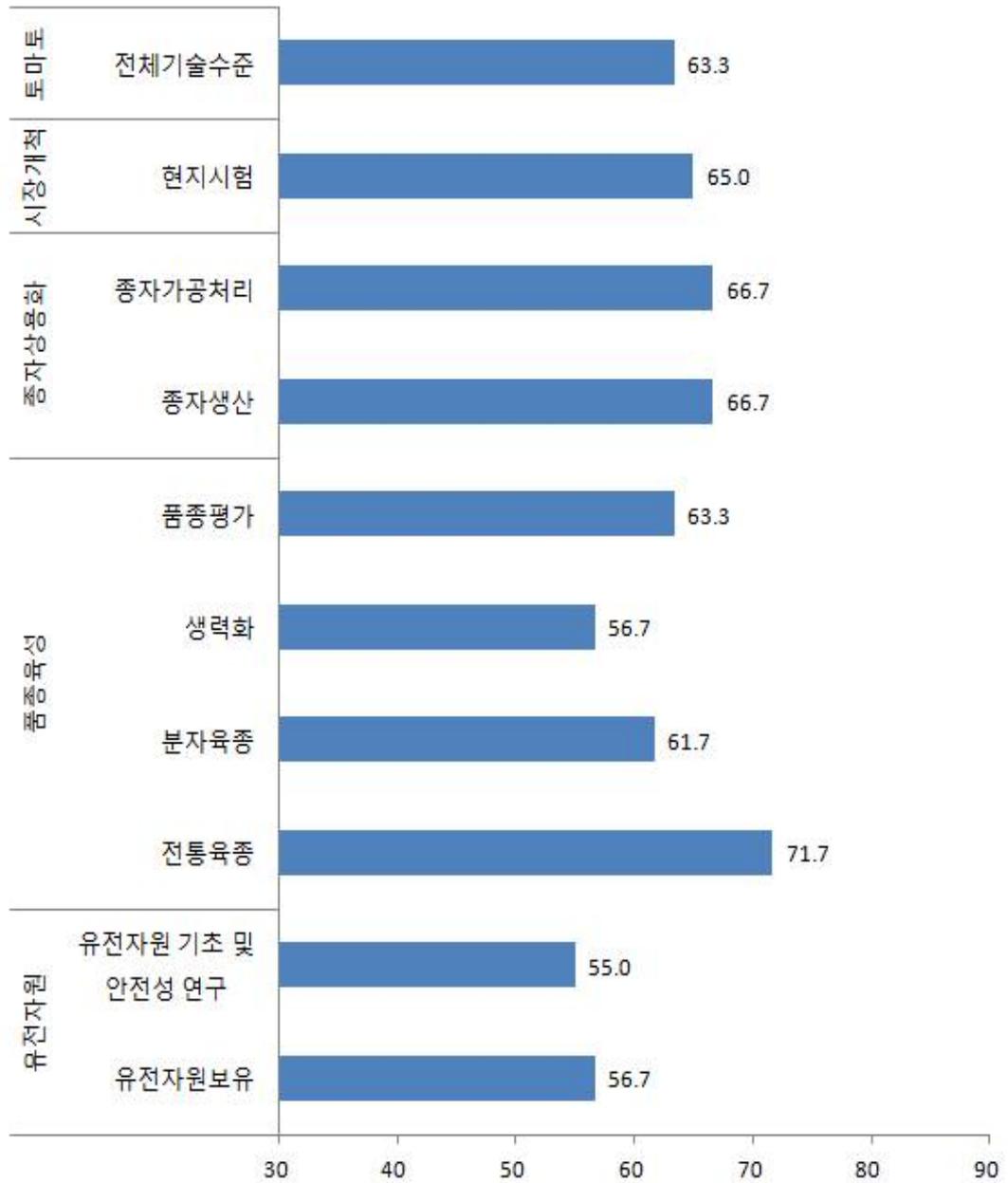
- 토마토는 미국 Cornell 대학에서 Steven Tanksley가 1992년 야생종과 재배종 교배집단에 대한 RFLP 마커 기반 고밀도 유전자 지도가 작성된 후 중합효소연쇄반응 (Polymerase Chain Reaction, PCR)에 기초한 다양한 분자마커들이 개발되었고 이와 더불어 선도적인 분자육종기술이 개발되어 왔음
- 토마토 품종 육성에 생명공학 기술을 적극 활용하여 병해충 저항성 선발시 분자마커를 이용하여 선발 효율을 극대화 시켜 다양한 병해충 저항성 유전자를 가지고 있으며 육종 연한을 단축하고 있음
- 북미 및 유럽 선진국가에서 다수의 토마토 유용유전자에 연관된 분자마커들이 탐색되었고 분자마커에 의한 선발 (Marker Assisted Selection, MAS)은 여교잡을 통한 품종 개량에 보편적으로 활용되고 있음

- 2007년 이후 차세대 염기서열 분석(Next Generation Sequencing, NGS) 기술의 발전으로 식물 유전체 서열 해독연구에 획기적인 진전과 더불어 단 기간에 대량의 분자마커 개발이 가능해졌음
- 최근 미국 SolCAP 토마토 공동연구팀은 NGS와 RNA-Seq 기술을 통해 5개의 대표 재배품종과 1개의 야생종의 발현유전자의 염기서열(transcriptome) 정보를 확보하였고 이를 생물정보학적 방법으로 분석하여 7,720개의 SNP를 동시에 분석할 수 있는 토마토 최초의 high-throughput 유전자형 분석 array를 개발
- 같은 연구팀은 이러한 SNP array를 활용하여 500여종의 토마토 유전자원들을 분석하였고 이러한 정보의 데이터베이스(DB) 구축
- 국내연구진을 포함한 14개국의 연구진들이 2개의 토마토 품종에 대한 전체 유전체 염기서열 해독을 완료하여 2012년 5월 Nature에 발표하였음
- 2011년부터 독일 연구진과 공동으로 중국 베이징 유전체 연구소(Beijing Genome Institute, BGI)가 100개 토마토 품종의 유전체 염기서열 분석을 수행중에 있음
- 표준 유전체 염기서열(reference genome sequence)과 resequencing에 의한 다양한 품종의 염기서열 정보는 토마토 유전체 기반 육종기술 개발의 가속화를 촉진할 것으로 예상됨
- 분자유종 관련 정보들의 통합 DB를 구축하는데 많은 투자가 이루어지고 있음

3) 국내 연구개발 인프라 분석

- 지금까지 토마토 품종 육성에 대한 정부지원 과제는 극소수에 불과하였고 지원 규모나 과제기간도 너무 짧음
- 최소 품종육성에 대한 지원 과제는 5-7년 이상이어야 함
- 지원사업의 대부분이 관 중심으로 이루어져 산업화에 한계가 있었음

- 민, 관, 학 통합 운영하여 결과물이 도출시 민간 중심으로 산업화가 되어야 함
- 국내 토마토시장에 대한 민간기업의 투자가 극소수이며 자본력 부재함
- 대단위 정부과제의 지원 사업으로 민간기업의 투자 동기 부여
- 정부기관의 기초 연구 부재 및 대 민간 기업에 대한 공유 부족
- 정부 과제사업을 통하여 민간 기업이 함께 참여하여 공감대 형성 및 정보 교류 확대
- 국내의 토마토 품종육성 역사는 짧으며, 제일 중요한 토마토 육종가의 양성이 타 작물에 비해 활발하지 못함 (국내 민간 토마토 육성 경력자 극소수임)
- 토마토 유전자원은 국립유전자원센터, 원예특작연구소, 민간종묘회사 등에서 많이 확보되어 있으나 이를 정확하게 평가하여 유용한 계통으로 만드는 작업이 미흡함
- 선진국에 비하여 육성에 필수적인 육성재료가 절대적으로 부족하고 특히 특정 내병성 소재와 고품질에 관여하는 유전자원이 부족함
- 유전체 정보를 이용한 분자유종 기술이 부족하여 육성 연한을 단축시키는 기술이 제한적이며 또한 고기능성 토마토 육성을 위한 각종 성분분석 시스템 확립이 미흡함
- 거대시장인 해외시장 개발에 대한 시장정보 미흡과 동기 부족이 투자를 주저



<그림 2-27> 토마토 연구분야들 중 세계수순과의 기술수준 (%)

<표 2-37> 토마토세부 분야별 기술수준 조사

세부기술	최고기술포유국	최고기술포유국대비	
		기술수준 (%)	기술격차 (년)
유전자원		58.3	5
유전자원보유	미국(몬산토, Seminis), 스위스(신젠타)	56.7	6
유전자원 기초 및 안전성 연구	미국(몬산토, Seminis), 스위스(신젠타)	55.0	6
품종육성		66.7	5
전통육종	미국(몬산토, Seminis), 스위스(신젠타)	71.7	5
분자육종	미국(몬산토, Seminis), 스위스(신젠타)	61.7	5
생력화	미국(몬산토, Seminis), 스위스(신젠타)	56.7	5
품종평가	미국(몬산토, Seminis), 스위스(신젠타)	63.3	5
종자상용화		65.0	5
종자생산	미국(몬산토, Seminis), 스위스(신젠타)	66.7	4
종자가공처리	미국(몬산토, Seminis), 스위스(신젠타)	66.7	5
시장개척		61.7	5
현지시험	미국(몬산토, Seminis), 스위스(신젠타)	65.0	5
전체		63.3	5

<표 2-37-1> 토마토 연구 인력 현황 및 관련기관

국내토마토 연구인력현황	
기관	육종인력수(명)
농우바이오	4
토마토생명공학연구소	2
몬산토K	1
동부한농	1
아시아	1
부여토마토시험장	3
경북농업기술원	1
전남농업기술원	1
국립원예특작원	1
국내 토마토 연구 대학 및 관련기관	
기관	분야
한경대학교	분자육종
강원대학교	분자육종
세종대학교	분자육종
부산대학교	마커개발
충남농업기술원	분자육종
씨더스	분자육종
한국생명공학연구원	분자육종
대연육종	마케팅
부농종묘	마케팅
미꾸코	마케팅

5. 주요 이슈 및 전략방향

1) 주요 이슈

- UPOV가입에 따른 품종보호제도 적용 품목의 확대로 해외수입종자에 대한 농가의 로열티 지출 부담을 경감시키기 위한 기술개발 필요
- 우리나라는 2002년에 국제식물신품종보호동맹(UPOV)에 가입함에 따라 2012년부터는 신품종 보호 대상작물이 전작물로 확대되어 무한경쟁 시작
 - 품종보호 대상작물: 27건('98) → 113('03) → 223('08) → 전작물 확대('12)
- 수출시장의 확대를 통한 국내종자산업의 활성화가 필요
- 중국 채소시장의 거대화로 미래 황금시장으로 떠오르고 있음
- 2008년을 기준으로 전체 중국 종자시장 규모는 약 315억 위안에 이르며, 중국 채소의 주요 품종 가운데 토마토는 7.75억 위안, 오이는 8.6억 위안, 가지는 3.5억 위안, 고추는 5.5억 위안의 규모를 가지고 있음
 - 토마토 종자 시장은 2002년 3.65억 위안에서 2006년 7.75억 위안으로 200% 증가
- 다국적 기업의 생명공학 방법을 이용한 품종 육성 극대화
- 다국적 종자회사에서는 분자유종 기술을 도입하여 분자마커를 활용한 토마토 신품종 개발을 추진하면서 전 세계 토마토 시장을 주도하고 있으므로 이에 대응할 국내 연구 개발이 절실함
- 고품질계 토마토 품종의 수요가 증가
- 수확 후 저장성은 토마토 상품성을 유지하는데 있어서 매우 중요한 원예적 형질
 - 국내외 종자회사들은 고저장성 토마토 품종을 개발하기 위하여 에틸렌 대사가 정상적으로 이루어지지 않는 *ripening-inhibitor (rin)*, *non-ripening (nor)* 등의 유전자원을 활용하여 왔으나, 과실 풍미 등 품질이 저하되는 문제점이 대두
 - 다양한 토마토 유전자원에 대한 수집 및 평가를 통하여 *rin* 및 *nor* 유래 품종보다 더 상품성이 뛰어난 고품질계 토마토 품종의 개발이 절실함
 - 수확 후 저장성을 증대시키기 위하여 토마토 큐티클 층의 대사체 및 전사체 분석과 같은 새로운 연구의 시도가 요구됨
- 선진국형 토마토산업은 고기능성 품종 개발로 전환 중
- 토마토의 대사산물은 혈압강하, 항산화 효과, 항암 효과, 면역력 증강, 혈중 콜레스테롤 저하 등 많은 생리 활성을 나타내는 것으로 알려짐
 - 주요 토마토 생리활성 물질은 카로테노이드 주성분인 라이코펜(lycopene), 베타카로틴(β -carotene)과 플라보노이드 주성분인 플라보놀(quercetin, kaempferol 및 myricetin) 등

- 이러한 기능성 대사 성분을 분석할 수 있는 체계의 확립 및 기능성이 강화된 토마토 계통 및 신품종 육성 연구가 요구됨
- 국내 농업은 자유무역협정(FTA) 추진에 따른 시장 개방의 가속화에 대응하기 위하여 종자산업의 국제 경쟁력 강화, 글로벌 브랜드 수준의 품종 개발 및 정부의 실용적 정책 추진이 요구되고 있음
- 세계 종자시장의 50% 이상을 차지하고 있는 몬산토, 듀폰, 신젠타 등 글로벌 종자회사는 막대한 R&D 투자를 통하여 세계 종자시장에 대한 지배력을 강화하고 있음. 국내 기업의 R&D 투자 여력이 아직 매우 미흡한 실정인 바, 국내 종자기업의 글로벌 종자기업으로의 규모화를 유도하여 다국적 종자회사와 경쟁할 수 있도록 하는 정책적 지원이 절실함

<표2-38> 주요 이슈 및 전략방향

구분	주요 재배국가	주요 시장 구분	소비용도	전략방향 및 요구도	
수입 대체용	국내	대과토마토시장	쥬스, 생식	대과종 토마토의 대부분 수입 복합내병계 품종 육성 필요	
		방울토마토 시장	생식	원형에서 대추형으로 시장이 전환중 급변하는 기후나 재배환경에 적응성이 뛰어난 품종 육성 복합내병성 토마토 품종 육성 필요	
		대목 토마토 시장		국내의 대목토마토 시장은 수입품종이 대부분 저온신장성, 접목친화성이 우수하며 복합내병계인 토마토 대목 품종 육성	
수출용	동북아 (중국)	무한성장형 Pink 토마토시장 무한성장형 Red 토마토 시장 방울 토마토 시장	생식,조리	장거리 수송과 저장성이 뛰어난 LSL형의 품종 육성 산동지방을 시작으로 TYLCV 만연하여 TYLCV저항성 품종 육성 필요	
	동서남아	서남아 (인도, 파키스탄)	일반종 (General) 토마토시장 TYLCV 내병계 토마토 시장 Sour & Flat (PKM) 토마토시장 청고병(BW) 내병계 토마토시장 무한성장형 토마토시장	삼발,조리, 생식	대부분 노지재배가 이루어지며 낮은 수준의 가격형성으로 독특한 신규 시장의 창출로 가격 경쟁력 있는 미래지향적 고부가가치 품종 육성 필요 재배환경 조건에 따라 건기용, 우기용 품종 개발 TYLCV가 만연한 가운데 내병화 작업이 필수적
		동남아 (인도네시아, 미얀마)	고지대용 ID type 토마토 시장 저지대용 D type 토마토 시장	삼발, 생식	적도부근의 열대지방으로 청고병과 TYLCV에 내병성인 품 종 육성 필요 재배지역의 고도에 따른 타켓형 품종 개발 필요
	중동	터키	Beef 토마토	생식,조리, 가공	종자가격이 고가로 형성되고 있어 내병성, 기능성 등의 유용 형질을 도입하여 고부가가치의 토마토 품종 육성 필요
		이집트	Cluster (화방수확형) 토마토 Cocktail 토마토		
		이란	노지재배 토마토		

2) SWOT 분석

□ 강점요인

- 종자산업을 신성장동력 산업으로 육성하려는 정부의 의지가 강하고, 종자 개발 관련 R&D 투자확대 정책기조를 유지하고 있음
- 2009년 10월 「2020 종자산업 육성대책」을 발표함
- 4계절의 구분이 뚜렷하여 다양한 기후 적응 품종 개발 및 기후 적응 시험이 용이함
- 중국, 일본 등 대규모 소비시장과 종자산업이 발달하지 않은 동남아 지역과 인접함

□ 약점요인

- 국내 종자시장은 세계시장 대비 1.5% 수준이고, 종자수출을 위한 기반이 취약함
- 장기간 및 천문학적인 자본이 필요한 품종 개발은 민간 종자기업의 영세성으로 인해 한계가 있음
- 다수의 민간 종자기업이 자본력과 기술력의 한계로 국제 비즈니스 판로 개척을 위한 독자적인 시장분석과 전략수립 추진 역량이 부족함
- 국공립연구기관에 의해 추진되고 있는 공공재 성격의 R&D 시스템으로 인해 경쟁력을 키울 수 있는 민간 시장 메카니즘 활성화에 어려움이 있음
- 종자 개발 전문서비스 기업 육성이 활성화 되지 않고, 정부차원의 체계적 전문인력 양성 프로그램 및 정책 부재로 인해 전문인력이 감소하고 있음
- 품종의 검정 및 관리체계가 미흡함
- 해외 시장 개척을 위해 현지 적응용 종자기술 및 재배기술의 확보와 인프라의 지원이 약함

- 해외수출을 위한 현지 적응품종 및 세계적 수요가 많은 작물의 품종 개발이 부족함
- 종자 수출 및 종자 산업에 대한 관심이 부족하여 수요시장에 부응하는 품종 개발 및 세계화 전략이 미흡함
- 기존 연구개발 성과가 산업화로 이어지기 위한 종자개발 R&BD 전략 부재와 산학연관의 협력부재로 인한 신품종 육성 플랫폼 확립이 미약함
- 생물학자와 농민과의 협력 및 소통 부족과 가교연구 및 사업화 R&D 지원이 충분치 않아 연구실에만 머물러 있는 기초원천성과들의 실용화가 이루어지지 않고 있음
- 도시화 및 국토 개발로 인하여 종자를 생산할 수 있는 재배지와 농업 인구가 감소하고 있고, 이에 따라 산업화를 위한 종자 생산에 어려움이 따름
- 일부 품목에 대해서는 수입 종자에 대한 선호도 및 의존도가 높음

□ 기회요인

- 바이오마커, 바이오인포메틱스 등 생명공학기술의 발전으로 신품종 개발의 육종 기간과 비용을 획기적으로 단축할 수 있음
- 인간이 필요로 하는 특성을 가진 품종의 개발이 가능해짐에 따라 식량 안보 및 기후변화에 대비하는 Vertical Farming 등의 미래농업 선도를 위한 맞춤형 종자(Designer plant) 개발 수요 증가 예상
- G20 정상회담의 서울 개최 등으로 인한 국가위상 제고 및 이에 따른 우리나라의 선진국과 후진국간의 가교역할에 대한 기대가 증가함
- 중국, 인도 등 신흥개발도상국의 인구 및 소득증가에 따른 식량식품의 수요 증가
- 개발도상국의 소득 증대로 육류수요 증가와 웰빙수요가 지속적으로 증가하여 육류 생산공급의 확대를 위한 사료 곡물 시장의 성장이 예상됨

- 서구식 식습관에 따른 당뇨, 비만 등 대사성 질환과 노인성 질환 대응 이슈로 기능성 식품 수요가 지속적으로 증가하여 고부가가치 신제품 개발 및 육종이 필요함
- FTA 체결 국가의 증가로 농업시장 개방으로 인한 농업경쟁력강화의 핵심인 종자산업의 관심이 고조됨
- 경쟁력 있는 종자산업으로 고기능성 및 고품질 농산물 생산이 필요

□ 위협요인

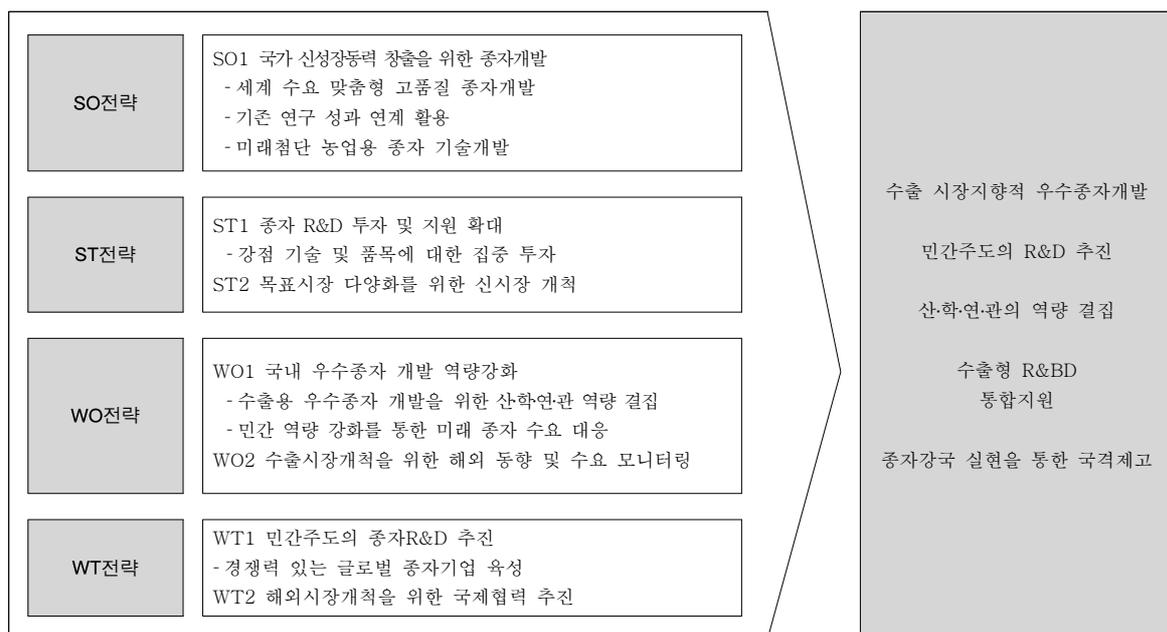
- 소득 증대 및 인구 증가로 인해 미래 유망한 목표 시장인 중국 및 인도시장에 대한 대형 글로벌 종자기업의 공격적인 진출 강화
- 기후변화와 UPOV 등으로 인한 국제 곡물 가격의 상승으로 식량의 안정적인 공급이 위협받음
- 기후변화로 인한 농작물 재배면적 변동, 농업용지 감소, 병해충 피해 증가, 수확량 및 품질 저하 등이 확대되고 있음
- 품종보호제도(UPOV) 발효로 각국에서 육성된 신제품에 대한 소유권이 강화되면서 국가 간 급증하는 로열티 지출 문제 발생
- 내몽골 지역의 사막화 가속으로 인해 발생하는 황사문제로 동북아 지역민의 삶의 질과 경제 문제에 영향을 줄 수 있음

3) 토마토 종자산업 발전을 위한 전략

- 수출목적의 시장지향적 우수 종자 개발
- 향후 대규모 종자기업의 중국 및 인도시장 진출 확대에 따라 점차 가격이 비싸더라도 고품질종자를 선호하는 경향으로 변화하고 있으며, 이러한 추세는 확대 될 것으로 전망함
- 품종 개발은 종자업체를 중심으로 첨단기술을 이용한 육종시간 단축과 품질 고급화 등 전략적이고 집중적인 품종 개발이 이루어져야 함
- 강점기반 해외시장 개척이 가능한 품종의 집중적 연구개발 강화로 외국품종과의 차별화를 더욱 심화시키고, 품질 경쟁력에서 미흡한 품종 개발을 통한 단계적 시장점유율 확대에 초점을 맞춰야 함
- 한국형 품종에 대한 수출판매 일변도의 공략은 지양하고 점진적으로 목표시장의 국민들이 선호하는 품종 개발을 통한 시장 확대를 모색하여야 함
- 우수 품종 개발을 위해 한국의 혁신적이고 우수한 생명공학 기술을 이용하여 효과적으로 활용한 품종 개발을 확대해 나가는 것이 필요
- 민간주도의 R&D 추진
- 몬산토, 신젠타 등 다국적 기업이 독점하고 있는 글로벌 종자 시장에 진입할 수 있는 종자업체 육성 필요
- 종자업체를 중심으로 학연·관 연구자들과 공동 협력 체제를 확립하여 사업화 지원
- 주요 목표시장이 되고 있는 중국 및 인도 등의 경우 매우 경쟁이 심한 시장에서 살아남기 위해서는 글로벌 종자기업을 육성하여 위험성이 높은 가격경쟁력이 아닌 브랜드 이미지를 구축하여 장기적인 시장 확대

- 산학연관의 역량을 결집하는 R&BD 전략을 통한 수출육성 지원
 - 한국 종자산업이 수출산업으로 정착할 수 있도록 부청 연계를 통하여 경쟁력 있는 품목의 품종 개발·육성 및 사업화까지의 전주기적 종자산업 R&D 지원 확대
 - 영세한 자본과 부족한 인적 인프라로 해외시장 개척에 어려움을 겪고 있는 민간 종자 회사와 학연관의 전략적 파트너십을 통한 수출 시장 확대 지원
 - 대학 및 출연(연)에서 개발된 기초연구성과(바이오마커 개발 등)를 활용한 신품종 개발이 이루어지고, 통제된 시험포장시설에서 시험되고 또한 농업현장에서 발생한 문제로부터 새로운 품종 개발에 대한 아이디어를 얻는 등 생물학자와 농민이 협력하여 연구를 수행하는 가교연구시스템의 확립이 필요
 - 연구실에 머물고 있는 많은 기초 원천연구성과들이 실용화, 산업화 연구로의 전개가 이루어질 수 있도록 신품종 개발체계의 확립이 필요
 - 대학 및 출연(연)의 연구성과가 신속하게 산업화될 수 있도록 하기 위한 시스템으로 종자 개발 Super Highway 플랫폼을 구축 운영할 필요
 - 예를 들면, 바이오마커 개발, 새로운 후보 품종 개발 등이 이루어지면 바로 다음 단계의 품종 개발로 이어달릴 수 있도록 하는 지원 시스템 구축 운영 필요
- 수출형 R&BD 통합 지원
 - 우리나라 종자는 품목에 따라 한정된 시장유형에만 진출하고 있어 편향된 시장 확대 가능성만을 내포하고 있어 시장 확대에 있어 한계를 만들 수 있는 문제를 안고 있음
 - 따라서 해외시장분석(Intelligence Analysis Activity)을 활성화하여 목표 시장에 대한 품목별 생산수급, 육종수준, 종자 수준, 필요 품목품종, 재배방식 등 관련 정보 수집 후 집중적인 연구 및 검토를 거쳐 목표시장 다양화가 실현되어야 함
 - 우리나라 종자의 글로벌 시장 진출에 있어서 목표시장에게 제공할 수 있는 혜택을 일관성 있게 약속하는 전략적 포지셔닝이 필요함

- 목표시장이 향후 세계시장의 생산 및 수출을 절대적 위치에 도달하기에 필수적인 품질 수준 향상 및 우수인력 육성 등 목표시장의 종자산업 발전의 중요한 파트너로서 인식 되는 것이 중요
- 세계 대규모 다국적 종자기업의 격전장이 될 미래 유망 목표 시장이 크고 점유율 확대 가능성이 많다고 하더라도 적절한 목표시장과 고객을 대상으로 하는 포지셔닝 전략을 명확히 수립해야 함
- 분자유종을 결합한 첨단 육종체계 확립
- DNA마커 육종 등 분자유종기술은 새로운 품종의 개발 뿐만 아니라 신품종 육종기간을 획기적으로 단축시킬 수 있는 가능성을 제시하고 있음
- 현재 연구단계에 머물고 있는 분자유종기술을 산업계의 신품종 육종 플랫폼으로 확립할 필요
- 분자유종관련 서비스를 제공하는 분자유종 전문서비스 기업이 활동할 수 있도록 지원 필요



<그림 2-28> 기본 추진방향 도출

제3장 목표 설정 및 프로젝트 도출

제1절. 목표 설정

1. 최종 목표

- GSP 토마토 연구개발사업의 최종목표는 국내 수입대체 국내시장 70%이상 점유, 국외 국제적 수준 품종육성 1,000만불 이상 수출로 설정

2. 연차별 목표 및 단계별 목표

1단계 목표	2단계 목표
1. 핵심육성소재 확보 및 응용 2. 분자 시스템 구축 및 계통 육성 3. 목표 시장 분석 완료	1. 분자 육종 시스템 응용 및 대량 생산 기술 확립 2. 목표 경쟁력 품종 개발 및 상업화

□ 1단계 (2013-2016)

- 핵심육성소재 확보 및 응용, 분자 시스템 구축 및 계통 육성, 목표 시장 분석완료
- 토마토 유전자원의 평가
- 토마토 복합내병성 등 유전자원 평가 및 선발
- 신규 병저항성 분자표지 평가 및 개발
- 고기능성 유전자원의 평가, 선발
- SNP분석을 통한 세대단축기술 및 우량육종소재개발
- 분자표지 이용 효율 극대화를 위한 High-throughput MAS 체계 개발
- 융성불임 유전자원 확보 및 원예적 형질 평가
- 국산화율 30~35%에서 52% 이상 점유
- 해외 종자수출 450만불 이상 달성

□ 2단계 (2017-2021)

○ 분자 육종 시스템 응용 및 대량 생산 기술 확립, 목표 경쟁력 품종 개발 및 상업화

- 국내용 토마토 조합작성 및 성능검정, 선발, 농가시험, 품종보호 출원
- 해외용 토마토 조합작성 및 현지 적응성 시험, 선발, 상업화
- 고기능성 계통 및 품종 육성
- 내병성 관련 마커개발
- 기능성관련 마커개발
- MAS 시스템 구축을 통한 민간회사의 토마토 품종육성 지원체계 마련
- 융성불임성 계통육성 및 채종체계 확립, 상업화
- 국산화 대과종 토마토 70%, 방울토마토 85%, 대목토마토 70% 이상 점유
- 해외 종자수출 1,000만불 이상 달성

3. 목표 설정 근거

<표 3-1> 토마토 GSP 목표설정 근거

구분	국내시장				구분	동북아 (중국)	동서남아		중동(터키, 이집트, 이란)	합계
	대과	방울	대목	계			서남아 (인도,파키스탄)	동남아 (인도네시아, 미얀마)		
현 시장(억원)	90	60	20	170	현 시장(만불)	10,000	4,100	980	15,000	30,080
2021년 예상 종자시장 (억원)	130	90	40	260	2021년 예상 종자시장 (만불)	20,000	총: 8,200 (7,200 1,000)	총: 1,960 (960 1,000)	20,000	50,160
목표액 (억원)	90	63	28	181	목표액 (만불)	400	250	150	200	1,000
국산화율(%)	70	70	70	70	시장대비 수출비율(%)	2.0	3.0	0.7	1.0	2.0
목표액비중(%)	50	35	15	100	목표액 비중(%)	40	25	15	20	100

- 우리나라의 UPOV 가입('02)과 품종보호제도 전면시행으로 로열티 지급의무 발생 품목이 급증하고 이에 대응하는 품종 개발이 미흡함 : 품종보호대상작물 27건('98) → 113건('03) → 223건('08)
- 국내의 토마토 재배면적 및 종자시장이 크게 증가되고 있으나, 종자의 대부분을 수입에 의존하고 있는 실정임
 - 면적: ('95) 3,927→('01) 3,348→('06) 6,613→('10) 5,270ha→('12) 6,344ha
 - 생산량: ('95) 177 → ('01) 206 → ('06) 433 → ('10) 330→ ('12) 393천톤
 - 종자시장규모(대목제외): ('01) 35 → ('06) 92 → ('10) 134→ ('12) 150억원
- 쥬스 위주의 소비에서 샐러드, 조리 등 선진국형 소비 형태로 전환될 경우 토마토 소비량은 급격하게 증가할 것으로 예상되며 이에 적합한 다양한 유형의 고기능성 품종을 개발할 필요가 있음
- 주 재배 지역에서는 오랜 연작으로 인한 연작장애 및 기후 온난화에 따른 병해충의 발생이 증가하고 있는 실정이어서 재배에 안정적이고 내병성이 강한 품종 및 우리나라 환경에 맞는 우수한 품종 개발이 필요하지만 토마토의 국내 육종이 미미하며 높은 종자수입 가격으로 인하여 국내 토마토 재배 농가의 부담이 날로 가중되고 있는 실정임
- 세계 토마토 재배면적은 약 470만ha(FAO, 2011)이며, 이 중 20%인 98만 ha가 중국, 17%인 82만 ha가 인도, 5.7%인 27만 ha가 터키, 4.4%인 21만 ha가 이집트에서 재배되고 있어 한정적인 국내시장 뿐만 아니라 거대한 규모의 수출용 토마토 시장에도 투자를 하여야 할 시기임
- 미국 Cornell의 연구진이 2,000여개의 RFLP, SCAR, CAPS marker를 개발하여 공유할 수 있는 여건을 조성하였으므로 토마토의 분자육종을 실현하기 위한 기초기반은 조성되어 있으나 토마토의 국내 분자육종에 대한 관심과 투자가 저조한 실정임
- 다국적기업에서는 이미 토마토 한 품종에 내병성 유전자 5-6점이 마커를 이용하여 고정되고 있으며 국내에 상주하고 있는 몬산토, 신젠타 등 외국기업에서는 자국에서 개발된 마커를 이용한 토마토 육성을 하고 있으며, 이에 대한 대비책을 마련하려면 국내에서도 마커를 이용한 토마토 육성 인프라를 구축해야 함

- 네델란드의 Keygene 회사는 여러 유럽종자회사들과 일본의 다끼이 종묘 등이 출자하여 육종에 필요한 분자표지를 개발하여 출자회사에 공급하고 있으며, 개발한 표지 마커들은 첨단 마커로서 향후 신품종 육성에 지대한 영향을 미치는 바 국내에서도 경쟁력 있는 마커개발이 절실히 요구됨
- 국내 토마토 품종 육성의 역사가 외국과 비교하여 절대적으로 짧은 상황에서 국내 토마토 종자시장 뿐만 아니라 해외 시장의 개척을 위해서도 토마토 품종육성에서 DNA 마커대량 분석시스템의 활용과, 원예적 형질과 연관되어 육성목표에 부합되는 새로운 분자마커를 찾기 위한 기본적인 자료로써 토마토 유전자 연관지도의 작성이 필요한 상황임
- 현재까지 토마토의 품질은 건물량, Brix 값, 당당류, 구연산 및 기타 유기산 및 휘발성 화합물의 량 등을 중심으로 다루어져 왔으나, 금후에는 GABA, carotenoids, lycopene, phenolic compounds, lutein 등과 같은 많은 2차 대사산물의 축적 양에 따라서 품종의 우열이 정해질 것으로 판단되므로 고기능성 품종 육성이 시급함
- 지금까지 토마토 품종 육성에 대한 정부지원 과제는 극소수에 불과하였고 지원 규모나 과제기간도 너무 짧았음
 - 최소 품종육성에 대한 지원 과제는 5-7년 이상이어야 함
- 지원사업의 대부분이 관 중심으로 이루어져 산업화에 한계가 있었음
 - 민, 관, 학 통합 운영하여 결과물이 도출시 민간 중심으로 산업화가 되어야 함
- 국내 토마토시장에 대한 민간기업의 투자가 극소수이며 자본력 부재함
 - 대단위 정부과제의 지원 사업으로 민간기업의 투자 동기 부여
- 정부기관의 기초 연구 부재 및 대 민간 기업에 대한 공유 부족
 - 정부 과제사업을 통하여 민간 기업이 함께 참여하여 공감대 형성 및 정보 교류 확대
- 국내의 토마토 품종육성 역사는 짧으며, 제일 중요한 토마토 육종가의 양성이 타작물에 비해 활발하지 못함(국내 민간 토마토 육성 경력이 극소수임)

제2절. 프로젝트 구성

1. 후보과제 도출 배경 및 과정

- 국내외 주요 동향과 수요 조사 결과를 참고하여 전문가들이 후보과제를 제시하였고, 이후 후보과제에 대한 중복성 및 핵심성 등에 대한 검토 과정을 거쳐 최종 프로젝트 및 세부 프로젝트를 구성하였음
 - 프로젝트 도출을 위해 각 관련 산, 학, 연 및 전문가 초청 회의를 개최하고 이후 서면을 통한 의견 수렴 과정을 거쳤음
 - 또한 최종 논의 결과를 검토하여 최종 프로젝트 구성안을 확정하였음

□ “국내 수입대체 국내시장 70%이상 점유, 국외 국제적 수준 품종육성 1,000만불 이상 수출”을 목적으로 이관과제를 포함하여 7개 프로젝트를 도출함

○ 수입대체 복합내병성 대과종 토마토 품종육성

- 국내 대과종 토마토 종자는 거의 대부분이 수입에 의존하고 있으며, 국내 육성품종이 약 15%정도로 매년 수십억의 외화를 지불하며, 종자가격도 비싸 재배농가에 경제적 부담이 가중되고 있음
- 최근에는 겨울철 극저온과 여름철 극고온으로 작과가 불량하고, 여러 생리장해 및 바이러스, 곰팡이 등의 발생이 갈수록 심해지고 있음
- 따라서, 이상기후에 적응할 수 있는 복합내병성 대과종 토마토 품종육성이 필요함

○ 수입대체 복합내병성 방울토마토 품종육성 및 대목 개발

- 국내 주요 원형 방울토마토 품종은 대부분 글로벌 기업 소유의 토마토 품종이 시장을 우점하고 있음
- 최근 각종 병 발생 증가로 인한 수량 감소 및 품질 저하, 웰빙 흐름에 따른 친환경 재배의 증가 등의 이유로 토마토 복합 병저항성 육성의 필요성이 대두됨. 이에 따라 급변하는 기후나 재배환경에 적응할 수 있는 내재해성 품종 요구도가 증가하고 있음
- 또한 친환경 토마토 재배를 위한 토마토 대목육성이 시급한 실정이나, 국내 대목 토마토 시장은 해외 육성품종들이 대부분을 점유하고 있는 실정임. 농가의 종자 구입 부담을 줄이며 로열티 지출을 낮추며 친환경 장기 재배가 가능한 토마토 대목 개발이 필요

○ 동북아 수출용 토마토 품종개발

- 토마토 종자시장의 규모는 2002년 약 3.7억 위안에서 2008년에는 약 7.8억 위안까지 증가하였고, 특히 2005년 이후 급격한 증가가 이루어짐
- 종자단가 측면에서 핑크, 레드 무한성장형 시장과 방울토마토 시장이 종자가격

이 높게 형성되어 있어 진출이 필요하며 국내 시장을 교두보로 개발 가능함

- 2009년부터 산동성 일부 하우스에서 발병이 관측된 이후 2010년 산동성에서 만연하여 저항성 품종이 재배되기 시작하여TYLCV 저항성 품종 개발이 필수됨

○ 동서남아 수출용 노지재배형 토마토 품종개발

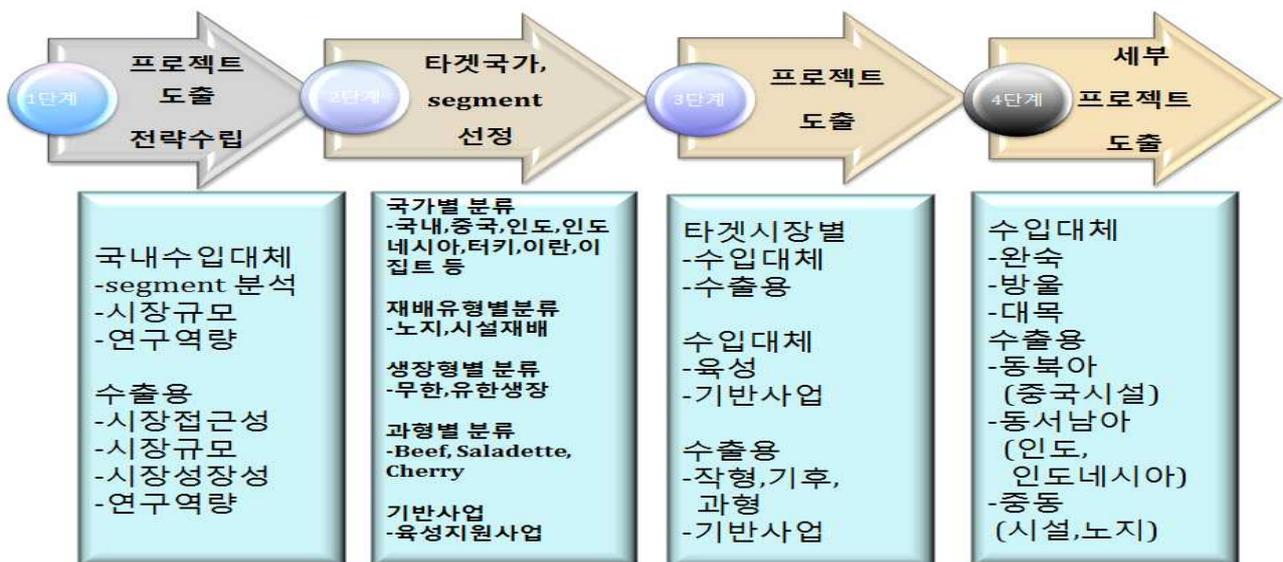
- 인도의 토마토 종자시장은 약 400억원 규모이며 중국 다음으로 넓은 토마토 재배국가로 잠재력이 매우 큰 시장임. 인도 종자시장의 시장점유율을 높인다면 주변 서남아 국가로의 진출 기회가 주어질 것으로 예상됨
- 동남아시아의 토마토 재배 품종은 내서성, 청고병 및 바이러스 내병성이 필수적으로 요구됨

○ 중동 수출용 토마토 품종개발

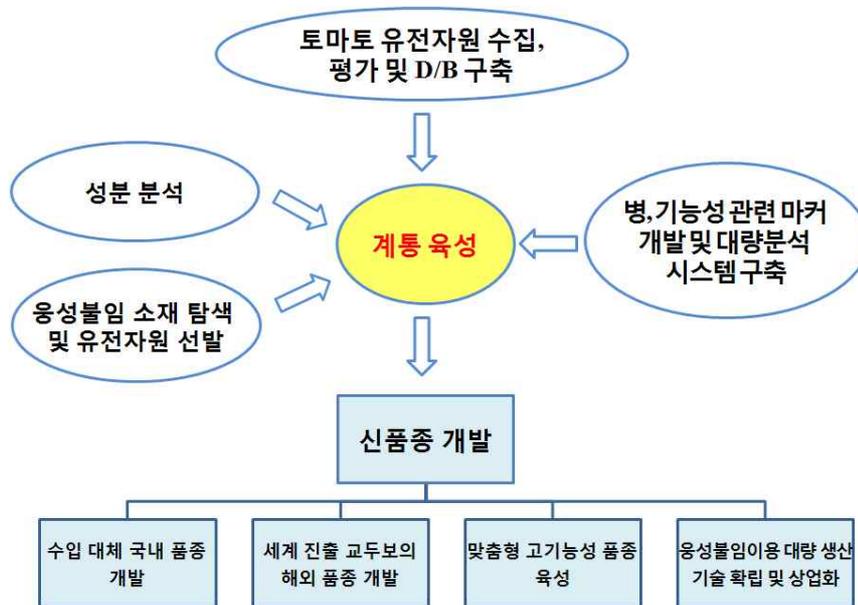
- 터키, 이란, 이집트의 총 토마토 재배면적은 66만ha로 전세계의 약 14%차지하며, 터키 하우스용 무한생장형 Beef 토마토 종자가격은 고가로 형성되어 고품질계 토마토 육성시 고부가가치 창출 가능

○ 토마토 품종육성을 위한 내병성 및 원예형질 분자표지 개발

- 기존 보고된 마커 중 국내 육종소재에 활용 가능한 마커 검정하여 MAS에 활용할 수 있는 연구가 필요함. 특히 흰가루병, 청고병 등 내병성 품종육성 및 기능성 토마토 품종육성을 위한 분자표지가 요구됨
- TYLCV/역병/겹무늬병에 대한 저항성 유전자 관련 분자표지들이 많이 개발되었으나, 최근 새로운 종이 출현함에 따라 신규 분자표지 개발이 요구됨



<그림 3-1> 토마토 GSP 프로젝트 도출과정



<그림 3-2> GSP 토마토 개발 조직 체계

<표 3-1-1> GSP 토마토 프로젝트 도출을 위한 주요회의

프로젝트 도출을 위한 주요 회의				
구분	주요안건	회의 내용	주요 산출물	비고
1차 회의 (2012.11.17)	상세기획팀 발대식	-토마토 GSP 추진일정 및 내용 협의	상세기획 세부과제 제안서 취합본	
2차 회의 (2012.12. 4)	세미나 개최	-미국 토마토 동향 및 분자 육종 세미나 개최	과제개요 및 미국동향자료 수집	
3차 회의 (2012.12.10)	세미나 개최	-국내외 토마토 재배동향 세 미나 개최 -중국 토마토 재배동향 -인도 토마토 재배동향 -국내 토마토 재배동향	국내외 동향자료 수집	
4차 회의 (2013. 1.17)	자체 보고회	-제1차 토마토 GSP상세기획 자체 보고회 -GSP 센터 참관 진도 점검	자문의원 의견 수렴	
5차 회의 (2013. 1.31)	세미나 개최	-국내 유럽형(Red)토마토 재 배동향 세미나 개최	유럽 동향자료 수집	
6차 회의 (2013.2.25.-2.26)	자체 보고회	-제2차 토마토 GSP 상세기 획 자체 보고회	Micro 로드맵 초안	
7차 회의 (2013. 2.28)	최종 보고서 작성	-프로젝트별 기획 보고서 작 성 및 의견 수렴	프로젝트별 최종 목표 및 성과목표	
최종 의견 수렴 (2013. 3. 1)	프로젝트 로드맵 최종 검토	-최종 보고서 검토	최종 상세기획 보고서	

2. 프로젝트 구성 및 내용

□ 상세기획 대상 수입대체 및 수출용 토마토 종자개발을 위한 프로젝트 구성

2-1. 프로젝트 구성

○ 프로젝트 1 : 수입대체 복합내병성 대과종 토마토 품종육성

배경	최근 국내 토마토 재배면적 및 종자시장이 크게 증가함에 따라 재배가 안정적인 내재해성 대과종 토마토품종에 대한 요구가 절실하지만 국내 품종개발 수준이 미미하여 대부분의 종자를 외국으로부터 고가로 수입하여 농가의 부담이 가중되고 있음	
목표	국내 대과종 토마토 종자시장에 외국 품종이 점유하고 있는 비율을 2021년까지 30% 이내로 줄여, 국산화 70%을 달성	
수입대체 복합내병성 대과종 토마토 품종 육성	세부프로젝트 1	내재해성 복합내병성 대과종 토마토 품종육성
	주요 연구내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 내재해성 복합 내병성 대과 토마토 유전자원 특성 평가 <ul style="list-style-type: none"> - 내재해성 및 내병성 유전자원 - 재배안정성 대과 토마토 유전자원 - 병저항성 마커 검정에 의한 선발 후 포장검정 ○ 내재해성 복합 내병성 대과 토마토 계통화 <ul style="list-style-type: none"> - 재육성으로 다양한 신소재 창출(년 10점 이상) - Multi 내병성 계통육성(년 10점 이상) ○ 내재해성 복합 내병성 대과 토마토 계통화 <ul style="list-style-type: none"> - 유망한 핵심 조합 선발(년 20조합 이상) ○ 내재해성 복합 내병성 대과 토마토 품종화 <ul style="list-style-type: none"> - 품종화 및 상품화 10품종 이상 ○ 내재해성 복합 내병성 대과 토마토 상품화 <ul style="list-style-type: none"> - 지역별, 작형별 적응성시험으로 농가현장에서 평가 선발 - 품종등록, 세미나, 홍보, 판매 --> 상품화
	세부프로젝트 2	SNP 분석을 통한 세대 단축 기술 및 우량 육종소재 개발
	주요 연구내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 토마토 RILs 집단의 증식을 통한 시료 확보 및 RILs resequencing <ul style="list-style-type: none"> - 기 확보된 RIL 집단의 재배/증식을 통한 시료 확보 - Multiplexed Hiseq-2000 시스템을 이용하여 RIL 집단의 resequencing ○ RILs 집단의 형질 정보 조사 <ul style="list-style-type: none"> - 분자마커의 검증을 위한 2년 반복 형질 조사 및 내병성, 고기능성(항산화) 물질, 고품질 등 형질 연관 정보의 연차별 조사 - 형질 조사결과를 이용한 QTL mapping ○ RILs 집단 resequencing을 통한 SNP 기반의 genetic map 작성 <ul style="list-style-type: none"> - SNP 정보를 교배 양친과 비교하여 genotyping을 수행 - 초고밀도 genetic map 구성 ○ 토마토 여교잡 MAB 검정 시스템 <ul style="list-style-type: none"> - 자손집단의 SNP 간 관계도 계산하여 지놈의 교차율을 확인 - 기 확보된 내병성, 고기능성(항산화) 물질, 고품질 등 형질에 관련된 분자마커 제작 ○ Gene pyramiding 최적화 <ul style="list-style-type: none"> - RILs 개체별 염색체 모식화를 통한 Linkage Disequilibrium (LD) 측정 ○ MAB용 분자마커기 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 검증된 분자마커를 이용하여 MAB용 분자마커기 개발 ○ SNP 마커 활용 선발된 우량육종형질 (내병성 및 기능성) package화

○ 프로젝트 2 : 수입대체 복합내병성 방울토마토 품종육성 및 대목개발

배경	최근 국내 토마토 재배지역에서 연작으로 인한 병충해 피해가 크게 늘어나 복합내병성인 방울토마토 품종과 대목의 요구가 늘어나고 있음	
목표	국내 토마토 종자시장에 외국 품종이 점유하고 있는 비율을 2021년까지 30% 이내로 줄여, 국산화를 방울토마토85%, 대목토마토 70%을 달성	
수입대체 복합내병성 방울토마토 품종 육성 및 대목개발	세부프로젝트 1	고식미계 복합내병성 방울토마토 품종육성
	주요 연구내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 유용 유전자원 수집 및 특성 분석을 통한 우수 자원 선발 <ul style="list-style-type: none"> - 고식미계 내재해성 및 내병성 유전자원 - 재배안정성 방울 토마토 유전자원 - 생육 및 과실 특성평가 (과균일도, 수량성, 저장성, 색상) - 병저항성 마커 검정에 의한 선발 후 포장검정 ○ GMS를 이용한 경제적인 종자 생산 체계 구축 <ul style="list-style-type: none"> - 여교배를 통한 GMS 계통화(년 5점 이상) ○ 수입대체용 고품질 우수 방울토마토 계통화 <ul style="list-style-type: none"> - 재육성으로 다양한 순계계통(년 10점 이상) - 우량한 parent line의 육성(년 20점 이상) - Multi 내병성 계통육성(년 10점 이상) ○ 고당도, 고식미 등 고품질에 복합내병성이 추가된 우수 계통 육성 ○ 수입대체용 고품질, 복합내병성 우수 방울토마토 품종 개발 (TYLCV, GLS, LM, N 내병성 등이 반드시 포함되어야 함)
	세부프로젝트 2	복합내병성 증강기 재배용 토마토 대목 품종육성
	주요 연구내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 유전자원 수집 및 기보유계통의 특성 평가 <ul style="list-style-type: none"> - DNA marker 및 병접종을 이용한 유용유전자원 선발 - 병 접종을 통한 선발유전자원 및 기 보유계통의 병저항성 정도판별 - 선발 유전자원의 세대진전 - 선발 유전자원 및 계통의 접목 친화성 평가 ○ 조합작성 및 선발 <ul style="list-style-type: none"> - 기 보유계통 및 육성계통들 간 F1 조합작성 - DNA marker 및 병 접종을 통한 조합들의 병저항성 정도 판별 - 선발 조합들의 접목 친화성 평가 ○ 재배시험 <ul style="list-style-type: none"> - 농가재배시험을 통한 선발 조합 및 품종의 성능검정 - 재배포장에서 발현되는 병저항성, 접목친화성 장기재배 및 다수확 가능 여부를 평가하고 농가호응도와 평가를 반영하여 계통 및 선발 조합들의 단점을 보완

○ 프로젝트 3 : 동북아 수출용 토마토 품종개발

배경		동북아 지역의 토마토 재배면적(중국 98만ha, 2011년 FAO)은 국내시장(6,344ha,2011년 FAO)에 비하여 월등히 거대한 시장으로 수출 타겟을 설정하고 지역별, 유형별로 맞는 수출 맞춤형 품종을 개발하여 미래의 한국 토마토 종자 산업의 활로 모색
목표		토마토 증자수출 2021년 400만불 이상 목표 달성
동북아 수출용 토마토 품종 개발	세부프로젝트 1	무한성장형 LSL 대과 및 증장기 재배용 방울토마토 품종육성
	주요 연구내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 요령, 하남,동북 3성 등의 하우스 재배 전용과 산서, 광서, 운남성 등의 노지재배용 대과종 개발 ○ 산동성의 하우스 전용 핑크, 레드와 광서성의 노지전용 핑크, 황색 방울토마토 개발 ○ 복합 병저항성 및 다양한 토마토 유전자원 수집과 특성 평가 <ul style="list-style-type: none"> - 내서성 및 청고병, TYLCV, GBNV, rin등 유전자원 수집 - 생육 및 과실 원예적 형질 평가 - DNA 마커 검정에 의한 선발 후 포장검정 ○ 내병계 토마토 계통 및 품종 선발을 위한 생명공학 이용 <ul style="list-style-type: none"> - TYLCV, GLS, LM, N , BW등 다양한 저항성 연관 DNA 마커 활용 - 세대단축을 위하여 MAB(Maker Assisted Backcross) 시스템 활용 - LSL 토마토 육성을 위한 rin gene 마커 활용 ○ 조합 작성 및 현지 시험 <ul style="list-style-type: none"> - 무한 성장형 LSL 대과 토마토 조합 작성 - 증장기 재배형 방울 토마토 조합 작성 - 타겟 품종의 TYLCV 내병화 - 중국법인 및 현지 거래처를 통한 연구소, 농장 1차 적응성 시험 - 2차 현지 거래처 및 법인 활용 대규모 적응성 검정 - 대과종 요령, 동북 3성 등의 하우스와 산서, 광서, 광동, 운남성 등의 노지재배 평가회 - 방울토마토 산동성의 하우스와 광서성의 노지재배 평가회 ○ 현지 품종 등록 및 상업화 <ul style="list-style-type: none"> - 품종보호출원 및 판매

○ 프로젝트 4 : 동서남아 수출용 노지재배형 토마토 품종개발

배경	동서남아지역의 토마토 재배면적(인도 86.5만ha, 도네시아 57,000ha, 2011년 FAO)은 국내시장(6,344ha,2011년 FAO)에 비하여 시장 잠재성이 큰 지역을 수출 타겟으로 설정하고 지역에 맞는 수출 맞춤형 품종을 개발하여 미래의 한국 토마토 종자 산업의 활로 모색	
목표	토마토 종자수출 2021년 400만불 이상 목표 달성	
동서남아 수출용 노지재배형 토마토 품종개발	세부프로젝트 1	서남아 유한성장형 Saladette 및 Sour&Flat 토마토 품종 육성
	주요 연구내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 복합 병저항성 및 다양한 토마토 유전자원 수집과 특성 평가 <ul style="list-style-type: none"> - 내서성 및 청고병, TYLCV, GBNV 등 유전자원 수집 - 생육 및 과실 원예적 형질 평가 - DNA 마커 검정에 의한 선발 후 포장검정 ○ 내병계 토마토 계통 및 품종 선발을 위한 생명공학 이용 <ul style="list-style-type: none"> - TYLCV, GLS, LM, N, BW등 다양한 저항성 연관 DNA 마커 활용 - 세대단축을 위하여 MAB(Maker Assisted Backcross) 시스템 구축 활용 ○ 조합 작성 및 현지 시험 <ul style="list-style-type: none"> - 노지전용 유한성장형 Saladette 토마토 조합 작성 - 노지전용 유한성장형 Sour & Flat 토마토 조합 작성 <ul style="list-style-type: none"> - 인도법인 및 현지 거래처를 통한 연구소, 농장 1차 적응성 시험 - 2차 현지 거래처 및 법인 활용 대규모 적응성 검정 ○ 현지 품종 등록 및 상업화 <ul style="list-style-type: none"> - 품종보호출원 및 판매
	세부프로젝트 2	동남아 청고병 및 TYLCV 복합내병계 토마토 품종 육성
주요 연구내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 청고병 내병성 우수계통 육성 : 20계통 ○ TYLCV 내병성 우수계통 육성 : 20계통 ○ 초세가 강하며 과실의 경도가 강한 우수계통 육성 : 20계통 ○ 고랭지(해발 700m이상) 재배용 ID(Indeterminate type) 우수계통 육성 : 20계통 ○ 저지대(해발 700m이하) 재배용 D(Determinate type) 우수계통 육성 : 20계통 ○ 내서성이 강한 우수계통 육성 : 20계통 ○ 다수확 우수계통 육성 : 20계통 ○ 적응성 시험 및 상업화 	

○ 프로젝트 5 : 중동 수출용 토마토 품종개발

배경	중동지역의 총 토마토 재배면적은 66만 ha로 전세계의 약 14% 차지하며 하우스용 무한생장형 Beef토마토 종자가격은 고가로 형성되어 고품질계 토마토 육성시 고부가가치 창출 가능
목표	토마토 종자수출 2021년 200만불 이상 목표 달성
중동 수출용 토마토 품종개발	세부프로젝트 1
	<p>무한생장형 하우스 및 유한생장형 노지재배 토마토 품종육성</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 복합 병저항성 및 다양한 토마토 유전자원 수집과 특성 평가 <ul style="list-style-type: none"> - 내서성 및 TYLCV, FCRR, Alternaria 유전자원 수집 - 생육 및 과실 특성평가 - DNA마커 검정에 의한 선발 후 포장검정 ○ 고품질 토마토 계통 및 품종 선발용 DNA 마커 활용 <ul style="list-style-type: none"> - TYLCV, N, FCRR 저항성 연관 DNA 마커 활용 ○ 조합 작성 및 현지 시험 <ul style="list-style-type: none"> - 타겟 국가 법인 및 현지 거래처 연구소, 농장 1차 적응성 시험 - 2차 현지 거래처 및 법인 활용 대규모 적응성 검정 ○ 현지 품종 등록 및 상업화

○ 프로젝트 6 : 토마토 품종육성을 위한 내병성 및 원예형질 분자표지 개발

배경		토마토는 채소작물중 품종육성에 대한 MAS의 적용이 가장 잘 이루어지고 있는데 반해, 국내의 기술수준은 선진국에 비해 많이 뒤쳐져 있음. 청고병, 흰가루병, TYLCV, 역병, 겹무늬병이 최근 국내와 국제적으로 문제시되고 있으며 내병성 품종 육성을 위한 분자표지가 요구됨. 또한 토마토 과색과 저장성관련 분자표지도 기능성 토마토 품종 육성을 위하여 요구됨
목표		내병성 및 과색, 저장성 관련 신규 분자표지 12점 이상 개발
토마토 품종육성을 위한 내병성 및 원예형질 분자표지 개발	세부프로젝트 1	국내용 토마토 청고병/흰가루병 및 과색관련 분자표지 개발
	주요 연구내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 목표형질의 병리검정 기술 확립 및 최적 지수표준 설정 ○ 목표형질 분자마커 개발과 계통육성에 필요한 핵심유전자원 집단 구축 ○ 기존 공개된 분자표지(TSWV, 잎곰팡이병, 역병(Ph-3), 고구마뿌리혹선충병 (Mi1,2,3)의 국내육종소재 적용가능성 검정 ○ SNP 기반의 청고병, 흰가루병 내병성 유전자지도작성 및 QTL 분석 ○ Bulked segregant analysis를 이용한 과색 판별용 분자표지개발 ○ SNP 정보를 활용한 여교잡선발(background selection)용 분자마커 탐색 ○ 효율적 MAS/MAB 지원을 위한 대량샘플 자동화분석 시스템 구축
	세부프로젝트 2	수출용 토마토 TYLCV/역병/겹무늬병 및 저장성 관련 분자표지 개발
	주요 연구내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 목표형질에 대한 핵심 유전자원 선발 <ul style="list-style-type: none"> - 중국, 인도 등 수출 타겟시장에서 요구되어지는 병저항성(TYLCV, 역병, 겹무늬병 등) 및 저장성(LSL)에 대한 핵심유전자원 선발 ○ 목표형질에 대한 분리집단을 작성하고 목표형질 연관 신규 분자표지 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 선발된 핵심유전자원을 이용하여 목표형질에 대한 분리집단을 형성 ○ Association mapping 방법으로 목표형질 관련 유전자를 동정 및 MAS용 분자표지 개발 ○ 목표형질의 분리집단을 이용하여 기존에 개발된 분자표지들의 MAS 적용가능성을 검정 ○ 개발된 목표형질 관련 분자표지를 이용하여 다수의 유용유전자를 신속하게 집적 할 수 있는 효율적인 MAS/MAB 시스템 구축

○ 프로젝트 7 : 중국 수출용 대과 및 미니토마토 품종 육성

중국 수출용 대과 및 미니토마토 품종 육성	세부프로젝트 1	중국 수출용 대과 및 미니토마토 품종육성
	주요 연구내용	<ul style="list-style-type: none"> 이관과제 2015년 종료 -산동, 하북형 대과종개발 -북경, 상해형 미니개발

2-2. 세부 프로젝트 후보과제

- 총 15개의 세부 프로젝트 후보과제 중 우선순위 결과에 따라 우선 추진할 10개의 세부 프로젝트를 선정(1개 세부 프로젝트는 이관과제). 2단계로 2015년부터 1개의 세부 프로젝트 시작(5-1 과제)
- 우선순위는 세부과제 내용의 핵심성, 상위 목표와의 부합성, 연구내용의 구체성 등을 검토하여 평가하였음

구분	No.	후보과제명	내용	비고
1.수입대체 복합내병성 대과종 토마토 품종육성	1	내재해성 복합내병계 대과종 토마토 품종 육성	- 저온기용 복합내병계 대과종 토마토 5 품종이상 육성 - 고온기용 복합내병계 대과종 토마토 5 품종이상 육성	우선 추진
	2	SNP 분석을 통한 세대단축기술 및 우량육종소재 개발	-SNP 분석을 통한 세대단축기술 및 우량육종소재개발 (레드 및 핑크 대과종 순계계통 각 10점, 방울토마토 순계계통 각 10점)	우선 추진
2.수입대체 복합내병성 방울토마토 품종육성 및 대목개발	1	고식미계 복합내병성 방울토마토 품종육성	- 수입대체용 방울토마토 7품종 이상 개발(원형 3품종 이상, 대추형 4품종 이상) - 개발 품종에 당도 10브릭스 이상, 저장성 우수, 식후 과피 해결, 증장기재배 가능	우선 추진
	2	복합내병성 증장기 재배용 토마토 대목 품종육성	- 저온신장성이 강한 복합내병계 토마토 대목 품종육성 (3품종 상품화) - 접목친화성이 우수한 내서성 복합내병계 토마토 대목 품종육성 (3품종 상품화)	우선 추진
3.동북아 수출용 토마토 품종개발	1	무한생장형 LSL대과 및 증장기 재배용 방울토마토 품종육성	- 요령,하남,동북3성 등의 하우스와 산서,광서,광둥, 운남성 등의 노지 재배 Pink 4, Red 4 품종개발 - 산동성 하우스와 광서성 노지재배 방울 4품종 개발 - 최종 수출 목표 400만불 이상 달성	우선 추진
4.동서남아 수출용 노지재배형 토마토 품종개발	1	서남아 유한생장형 Saladette 및 Sour & Flat 토마토 품종 육성	- 시교사업(20조합) 및 10품종 이상 품종화 - 최종 수출 목표 250만불 이상	우선 추진
	2	동남아 청고병 및 TYLCV 복합내병계 토마토 품종 육성	- 조합작성(100조합) 및 지역적응성(10곳) - 채종 시험(10조합) 및 5품종 이상 상업화 - 최종 수출 목표 150만불 이상 달성	우선 추진
5. 중동 수출용 토마토 품종개발	1	무한생장형 하우스 및 유한생장형 노지 재배 토마토 품종육성	- 고부가가치 무한생장형 중대과종 터키수출용 토마토 3품종 육성 - 노지 재배용 이란, 이집트, 수출용 유한생장형 토마토 4품종 육성 - 최종 수출 목표 200만불 이상	2015년 시작 (7년과제)

6. 토마토 품종육성을 위한 내병성 및 원예형질 분자표지 개발	1	국내용 토마토 청고병/흰가루병 및 과색 관련 분자표지 개발	- 기존 TSWV, 잎곰팡이(Cf-9), 역병(Ph-3), 고구마뿌리혹선충(Mi1,2,3) 분자표지 4점 MAS 실용화 - 청고병, 흰가루병 저항성 QTL 분석 및 신규 분자표지 6점 이상 개발	우선 추진
	2	수출용 토마토 TYLCV/역병/겹무늬병 및 저장성 관련 분자표지 개발	- 목표형질 관련 신규 분자표지 개발 - 기존에 개발된 분자표지 검증 - 효율적인 MAS/MAB 체계 확립 - 최종 신규 마커 6점 이상 개발	우선 추진
7. 중국 수출용 대과 및 미니토마토 품종 육성	1	중국 수출용 대과 및 미니토마토 품종육성	- 중국의 산동성, 허북성에 적합한 대과종 및 북경, 상해에 적합한 미니토마토 품종육성으로, 현재 3년차 진행(2010. 6 - 2015. 6, 5년 과제)	이관 과제
후보과제	1	약/소포체 배양을 통한 신규 유전자원 발굴	-상업용 F1품종을 이용한 약/소포자배양을 통한 homozygote 계통 다량 육성하여 신규 유전자원 발굴	
	2	요리전용 토마토 품종 육성	-요리전용 장동형 F1 3품종 육성 -과육이 단단하고, 수분함량이 적은 품종개발	
	3	고색소의 수출용 가공 토마토 품종 육성	-고색소 수출용 토마토 3품종 육성	
	4	중남미 수출용 토마토 품종 육성	- 조합작성(100조합) 및 지역적응성(10곳) - 채종 시험(10조합) 및 5품종 이상 상업화	

○ 프로젝트별 최적 연구진 구성은, 품종육성분야는 민간기업 위주로 구성하며 해외수출용 품종 육성분야는 국내, 해외 연구소 및 해외법인과 전문 육성가를 보유한 민간 기업이 담당, 기반육성과제는 대학 및 국가, 민간 연구기관 위주로 편성함

프로젝트 구분	참여기관	연구인력	시설	영업 및 마케팅	실적	기타
수입대체 품종육성	민간 종묘회사	토마토 전문육성가 (경력 최소 5년이상)	국내연구소 보유	국내 영업 및 마케팅 전문요원 보유	품종보호 출원 실적	생산시설 확보
수출용 품종육성	민간 종묘회사	토마토 전문육성가 (경력 최소 5년이상)	국내와 해외연구소 보유	해외 법인 및 거래처 확보 기관	해당국가 품종등록 실적	생산시설 확보
기반과제	대학, 국가 연구기관, 민간 생명공학연구소 보유 기관	관련분야 5년이상 경력 박사학위 소지	관련분야 연구소 보유		관련분야 개발실적 (마커개발, 특허출원 등)	대량분석 시스템 확보

3. 프로젝트 간 연관관계

□ GSP 토마토 6개의 프로젝트는 수입대체 및 수출용 종자개발을 목적으로 신품종을 육성하고, 각 10개의 세부 프로젝트를 진행하기 위한 산, 학, 연 협력관계를 갖춤

○ 프로젝트 1 : 수입대체 복합내병성 대과종 토마토 품종육성

○ 프로젝트 2 : 수입대체 복합내병성 방울토마토 품종 육성 및 대목개발

○ 프로젝트 3 : 동북아 수출용 토마토 품종개발

○ 프로젝트 4 : 동서남아 수출용 노지재배형 토마토 품종개발

○ 프로젝트 5 : 중동 수출용 토마토 품종개발

○ 프로젝트 6 : 토마토 품종육성을 위한 내병성 및 원예형질 분자표지 개발

○ 프로젝트 1의 1-2와 프로젝트 6의 세부 프로젝트 6-1과 6-2는 기반 육성 프로젝트이며 수입대체 국내용과 수출용 토마토 신품종 개발을 위한 육종기반 연구인 세대단축기술 및 우량육종소재 개발, DNA 마커 대량분석과 신규 분자표지개발 사업임

○ 기반육성 과제 1-2은 프로젝트 1의 수입대체 국내용 토마토 품종육성을 주로 지원하는 사업임(결과물에 따라 프로젝트 2와 3,4,5도 지원 가능사업)

○ 기반육성 과제 6의 6-1과 6-2는 마커개발 과제로 모든 과제들이 결과물을 이용가능함

프로젝트 간 관계도

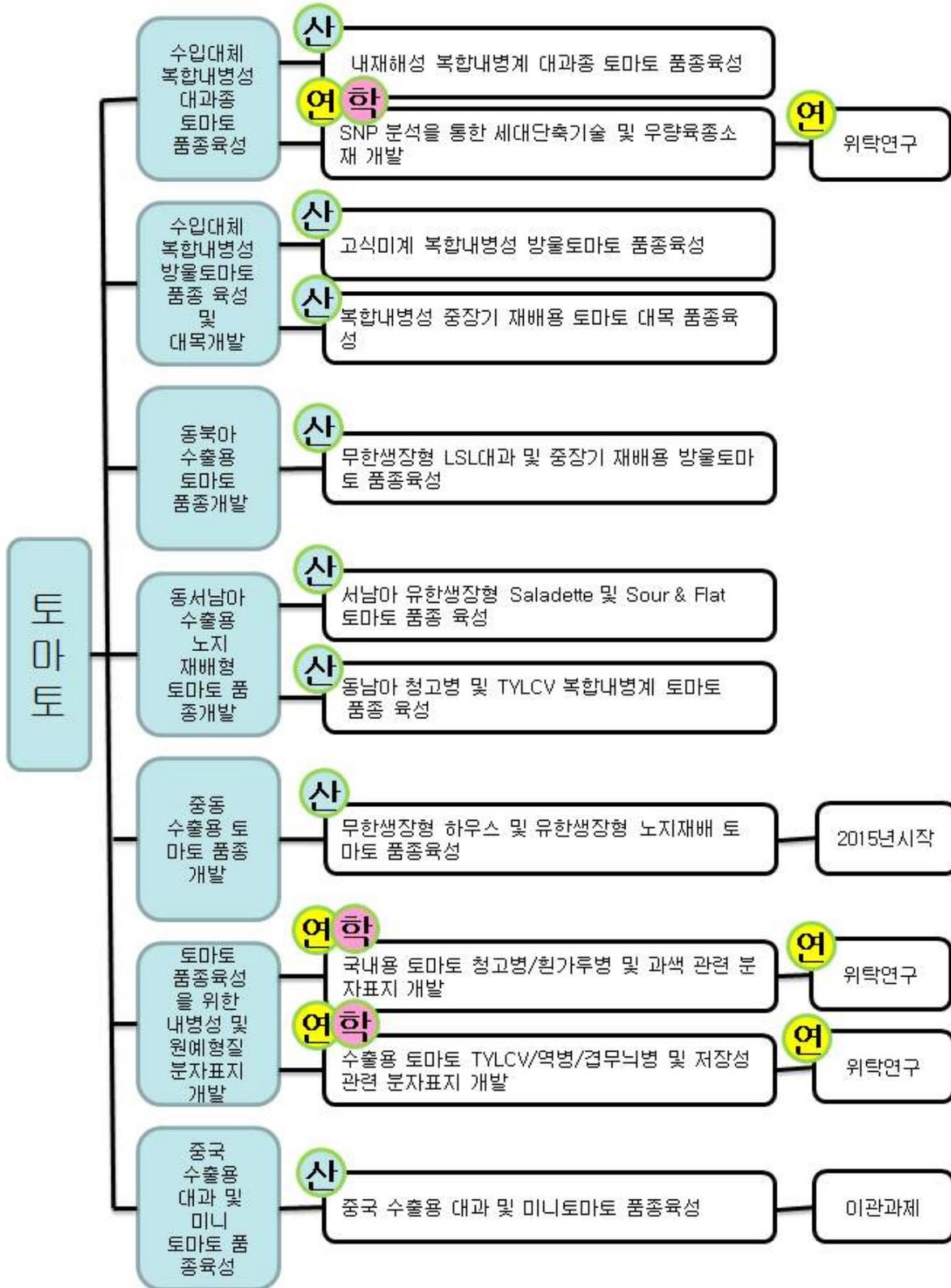
프로젝트 연구 영역	프로젝트1	프로젝트2		프로젝트3	프로젝트4		프로젝트5
	<u>세부프로젝트</u> 1-1	<u>세부프로젝트</u> 2-1	<u>세부프로젝트</u> 2-2	<u>세부프로젝트</u> 3-1	<u>세부프로젝트</u> 4-1	<u>세부프로젝트</u> 4-2	<u>세부프로젝트</u> 5-1
품종 개발	내재해성 복합 내병계 대과종 토마토 품종 육성	고식미계 복합내병성 방울토마토 품종육성	복합내병성 중장기 재배용 토마토 대목 품종육성	무한성장형 LSL 대과 및 중장기 재배형 방울토마토 품종육성	서남아 유한성장형 Saladette 및 Sour& Flat 토마토 품종육성	동남아 청고병 및 TYLCV 복합 내병계 토마토 품종육성	무한성장형 하우스 및 유한성장형 노지재배 토마토 품종육성



기반 육종	<p>1-2. SNP 분석을 통한 세대단축기술 및 우량육종소재 개발</p> <p>6-1. 국내용 토마토 청고병/흰가루병 및 과색관련 분자표지 개발</p> <p>6-2. 수출용 토마토 TYLCV/역병/겉무늬병 저항성 및 저장성 관련 분자표지 개발</p>
----------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

제4장 품목별 프로젝트 추진체계 및 추진전략

1. 연구추진체계



2. 연구추진전략

2-1. 기술개발 추진전략

□ 기술개발 추진 방향

○ 내재해성 수입대체 복합내병계 대과종 토마토 품종육성

- 저온하에서도 생리 장애에 둔감한 계통 선발함(이상줄기, 기형과, 착색불량과, 창문과 등 중점 조사)
- 내서성이 강한 계통선발 (착과비대불량, 창문과, 공동과 조사)
- 고품질계 계통선발 (당도, 산도, 착색, 경도, 균일성 등) : HPLC, 경도계, 당도계 사용
- 복합내병 계통육성 및 선발 : DNA 마커와 관행 생물 검정 방법 병행
- * 1 계통에 최소 2-3개 이상 내병성 인자 도입한 계통선발

○ 수입대체 고식미계 복합내병성 원형 및 대추형 방울토마토 품종육성

- 재배가 용이하고 생리장애에 둔감한 계통선발함 (이상줄기, 공동과, 톨 장애, 석회결핍 조사)
- 고품질계 계통선발 (당도 10.0 이상, 과피적음, 색상, 저장성, 균일성 등)
- 복합내병 계통육성 및 선발
- * 1 계통에 최소 2개 이상 내병성 인자 도입
- 융성불임성 도입 : 우수 계통에 MS인자 도입 (여교잡 실시)

○ 고 기능성 품종개발

- 요리 전용 품종개발 : 과육이 단단하고 수분이 적은 장동형 품종육성
- 과색별 품종 개발 : Pink, Red, Yellow, Orange, Green, Purple
- 라이코펜, 베타 카로틴, 루테인, 비타민 성분 고함량 계통 및 품종개발

○ 해외용 복합내병성 품종개발

- 중국용 : 생리장애에 둔감한 조생 대과종 완숙 품종 선발
- * 중국 현지 연구소 및 농가 적응성 시험
- 복합내병성 계통선발 (Tm2a, Mi, Cf9, Sw5 등)

- 인도용 : 내서성과 TYLCV에 강한 장동형 품종육성
 - * DNA 마커 사용 및 현지 적응성 검정
- 중동용 : 내서성과 수송성이 우수하며 TYLCV에 내병성인 품종 개발
- 인도네시아용 : 내서성, 청고병 및 TYLCV에 강한 중저지대용 품종 육성
 - * TYLCV : DNA 마커 사용 및 현지 연구소 시험
 - * 청고병 : 접종시험 및 현지 적응성 시험

○ 병저항성 및 기능성 마커개발

- 분자마커 개발은 알려진 정보를 먼저 이용(논문)
- AFLP, RFLP 정보, 유전자 정보, 분리집단 확보, RAPD, SSR 마커, Cornell web site 등을 이용
- Primer 디자인 후 합성 의뢰하고 분리집단에 적용
- 생물검정과 개발된 마커 내병성 일치 여부 확인

○ 마커 대량검정 및 유전자지도 작성

- Real-Time PCR을 이용한 SNP end-point detection 시스템 구축
- 기존 CAPS 형태의 마커를 1차년도 (Tm-2a, Mi, Ty-1), 2차년도 (Ve, I2, Sw-5)에 단계적으로 SNP 마커로 전환
- SNP 마커를 이용한 토마토 품종 육성재료 인자 분석지원
- 유전자 연관지도 작성용 토마토 양친선정
- 유전자 연관지도 작성용 F₂ 집단 육성
- SGN에 등록된 2,500여개의 토마토 COSII 정보를 이용하여 양친간 다형성을 보이는 SNP 마커선별
- SNP 마커를 이용한 유전자 연관지도 작성

○ 옹성불임(GMS)을 이용한 토마토 F1 종자 대량 생산 기술 확립

- 고순도의 종자 생산
- 대량 생산 기술 확립 및 종자 생산단가 절감 효과

□ 산학연관 역할 분담

- 국내용 고품질·복합내병성 품종개발 : 관, 민
- 해외용 복합내병성 품종개발 : 관, 민
- 고 기능성 품종개발 : 학, 관, 민
- 병저항성 및 기능성 마커개발 : 학, 관, 민
- 마커 대량검정 및 유전자지도 작성 : 학, 관, 민
- 융성불임(GMS)을 이용한 토마토 F1 종자 대량 생산 기술 확립 : 관, 민

2-2. 사업화 추진방향

□ 사업화 추진주체

- 품종보호와 수출개척의 목표를 효과적으로 달성하기 위해서 사업화 추진 시 산업체와 연구소, 학계가 협력해야 함
- 토마토의 수출에 대해서는 국내 일부 기업이 중국시장, 유럽시장과 북미시장에 진출하여 경쟁력을 갖추고 있음
- 관련 산업체와 연구소, 학계가 연계되어 개발 품종을 실용화시켜야 사업이 효과적으로 추진될 수 있음

3. 성과지표 설정 방안

3-1 최종 성과 지표

1) 수입대체 복합내병성 대과종 토마토 품종 육성

국산화율 70%, 토마토 10품종육성, 유용계통 20계통 논문 13편

성과지표	목표 (2021년)
국내특허출원	2
국내품종보호출원	10
논문발표	13
유용계통육성	20
국내 매출액(억원)	90
국내 점유율(%)	70
유전자원수집 및 특성평가	250
교배모본 선발 및 특성평가	
유용 인자 개발	
분자 마커 개발	
기술이전	2
언론 홍보	9
교육 및 지도	35

2) 수입대체 복합내병성 방울토마토 품종육성 및 대목 개발

국산화율 방울토마토 85%, 대목토마토 70%, 토마토 13품종육성, 논문 6편

성과지표	목표 (2021년)
국외품종보호출원	13
논문발표	6
국내 매출액(억원)	91
국내 점유율(%)	70
형질진단마커선발	
유전자원수집 및 특성평가	400
교배모본 선발 및 특성평가	
유용 인자 개발	
분자 마커 개발	
기술이전	
언론 홍보	14
교육 및 지도	50

3) 동북아 수출용 토마토 품종개발

□ 수출액 400만불 달성 , 토마토 12품종육성, 논문 2편

성과지표	목표 (2021년)
국외품종보호출원	12
논문발표	2
품종육성 (기능성, 고유품종)	
종자 수출액(만불)	400
형질진단마커선발	
유전자원수집 및 특성평가	200
교배모본 선발 및 특성평가	
유용 인자 개발	
분자 마커 개발	
기술이전	
언론 홍보	5
교육 및 지도	10

4) 동서남아 수출용 노지재배형 토마토 품종개발

□ 수출액 400만불 달성 , 토마토 15품종육성, 논문 4편

성과지표	목표 (2021년)
국외품종보호출원	15
논문발표	4
품종육성 (기능성, 고유품종)	
종자 수출액(만불)	400
형질진단마커선발	
유전자원수집 및 특성평가	300
교배모본 선발 및 특성평가	
유용 인자 개발	
분자 마커 개발	
기술이전	
언론 홍보	8
교육 및 지도	16

5) 중등 수출용 토마토 품종개발

수출액 200만불 달성 , 토마토 7품종육성, 논문 1편

성과지표	목표 (2021년)
국외품종보호출원	7
논문발표	1
품종육성 (기능성, 고유품종)	
종자 수출액(만불)	200
형질진단마커선발	
유전자원수집 및 특성평가	100
교배모본 선발 및 특성평가	
유용 인자 개발	
분자 마커 개발	
기술이전	
언론 홍보	2
교육 및 지도	6

6) 토마토 품종육성을 위한 내병성 및 원예형질 분자표지 개발

신규분자표지 12점, 논문 25편, 특허 7점

성과지표	목표 (2021년)
논문발표	25
품종육성 (기능성, 고유품종)	
유전체분석	
형질진단마커선발	
국내특허출원	7
교배모본 선발 및 특성평가	
유용 인자 개발	
분자 마커 개발	12
기술이전	4
언론 홍보	
교육 및 지도	

7) 중국 수출용 대과 및 미니토마토 품종육성

이관과제

3-2 단계별 성과 지표

예상성과항목		1단계	2단계	총계	
공 통 지 표	국내 논문	SCI	3	6	9
		등재학술지	12	18	30
	국외 논문	SCI			
		비SCI	3	6	9
	국내특허출원		3	4	7
	국내 매출액(억원)		105	181	181
	국내 점유율(%)		52	70	70
	종자 수출액 (만 달러)		450	1,000	1,000
	품종개발		17	40	57
	품종보호등록출원		17	40	57
기술이전		3	3	6	
특 성 지 표	유전자원 수집 및 평가		250	500	750
	마커개발		6	6	12
	생명자원등록				
	기능성 물질 규명				
	교배 모본 선발				
	적응성 시험		150	250	400
	언론홍보		16	20	38
	교육 및 지도		47	75	122

4. 연구개발 소요예산

세부프로젝트명	구분 연구 기간	1단계				2단계					총계 (억원)
		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	
내재해성 복합내병계 대과종 토마토 품종 육성	정부 (억원)	1.7	4	3.6	3.5	3.55	3.4	3.7	3.7	3.7	30.85
	민간 (억원)	0.55	1.35	1.02	1	1	1	1.23	1.23	1.48	9.86
	합계	2.25	5.35	4.62	4.5	4.55	4.4	4.93	4.93	5.18	40.71
SNP 분석을 통한 세대단 축 기술 및 우량 육종소 재 개발	정부 (억원)	1.2	3	2.8	2.8	2.85	2.75	2.9	2.9	2.9	24.1
	민간 (억원)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	합계	1.2	3	2.8	2.8	2.85	2.75	2.9	2.9	2.9	24.1
고식미계 복합내병성 방울토마토 품종육성	정부 (억원)	1.4	3.1	2.7	2.65	2.7	2.5	2.9	2.9	2.9	23.75
	민간 (억원)	0.55	1.35	1.02	1	1	1	1.23	1.23	1.48	9.86
	합계	1.95	4.45	3.72	3.65	3.7	3.5	4.13	4.13	4.38	33.61
복합내병성 증장기 재배 용 토마토 대목 품종육성	정부 (억원)	1	2.2	2.1	2.1	2.15	2.05	2.3	2.3	2.3	18.5
	민간 (억원)	0.3	0.84	0.66	0.66	0.66	0.66	0.8	0.8	0.89	6.27
	합계	1.3	3.04	2.76	2.76	2.81	2.71	3.1	3.1	3.19	24.77
무한성장형 LSL 대과 및 증장기 재배용 방울토마 토 품종육성	정부 (억원)	1.5	3.7	3.3	3.3	3.3	3.2	3.6	3.6	3.6	29.1
	민간 (억원)	0.52	1.33	1	1.02	1.02	1.02	1.27	1.27	1.5	9.95
	합계	2.02	5.03	4.3	4.32	4.32	4.22	4.87	4.87	5.1	39.05
서남아 유한성장형 Saladette 및 Sour&Flat 토마토 품종육성	정부 (억원)	1.3	3.4	2.9	2.9	2.9	2.8	3.1	3.1	3.1	25.5
	민간 (억원)	0.41	1.26	0.9	0.92	0.92	0.92	1.14	1.14	1.2	8.81
	합계	1.71	4.66	3.8	3.82	3.82	3.72	4.24	4.24	4.3	34.31
동남아 청고병 및 TYLCV 복합내병계 토마토 품종 육성	정부 (억원)	1.17	2.9	2.35	2.35	2.45	2.35	2.5	2.5	2.5	21.07
	민간 (억원)	0.4	1.1	0.85	0.85	0.85	0.85	0.9	0.9	1	7.7
	합계	1.57	4	3.2	3.2	3.3	3.2	3.4	3.4	3.5	28.77
무한성장형 하우스 및 유한성장형 노지재배 토마토 품종 육성	정부 (억원)	0	0	2.65	2.7	2.8	2.75	2.9	2.9	2.9	19.6
	민간 (억원)	0	0	0.85	0.85	0.85	0.85	0.93	0.93	0.95	6.21
	합계	0	0	3.5	3.55	3.65	3.6	3.83	3.83	3.85	25.81
국내용 토마토 청고병/흰가루병 및 과색 관련 분자표지 개발	정부 (억원)	1.2	2.55	2.45	2.45	2.45	2.35	2.5	2.5	2.5	20.95
	민간 (억원)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	합계	1.2	2.55	2.45	2.45	2.45	2.35	2.5	2.5	2.5	20.95
수출용 토마토 TYLCV/역병/결부늪병 및 저장성 관련 분자표지 개발	정부 (억원)	1.2	2.55	2.45	2.45	2.45	2.35	2.5	2.5	2.5	20.95
	민간 (억원)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	합계	1.2	2.55	2.45	2.45	2.45	2.35	2.5	2.5	2.5	20.95
중국 수출용 대과 및 미 니토마토 품종육성	정부 (억원)	0.8	0.8								1.6
	민간 (억원)	0.27	0.27								0.54
	합계	1.07	1.07								2.14
총 합	정부 (억원)	12.47	28.2	27.3	27.2	27.6	26.5	28.9	28.9	28.9	235.97
	민간 (억원)	3	7.5	6.3	6.3	6.3	6.3	7.5	7.5	8.5	59.2
	합계	15.47	35.7	33.6	33.5	33.9	32.8	36.4	36.4	37.4	295.17

5. 품목 총괄 로드맵

단계별 목표		1단계				2단계					최종목표	
		핵심육성소재 확보 및 응용, 분자 시스템 구축 및 계통 육성, 목표 시장 분석 완료				분자 육종 시스템 응용 및 대량 생산 기술 확립, 목표 경쟁력 품종 개발 및 상업화					국내 수입대체 국내시장 70%이상 점유, 국외 국제적 수준 품종육성 1,000만불 이상 수출	
중점연구영역		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	프로젝트 목표	
수입 대체 복합 내병성 대과종 토마토 품종 육성	내재해성 복합내병성 대과종 토마토 품종 육성	복합내병성 소재 수집 및 계통 육성										- 고온기대와 5품종 개발 - 저온기대와 5품종 개발
		예비조합 작성										
		성능 검정 및 조합 선발										
		농가 적응성 검정 및 생산										
		수입 대체 70% 이상 가능한 품종 개발 및 품종보호출원, 상업화										
수입 대체 복합 내병성 대과종 토마토 품종 육성	SNP 분석을 통한 세대단축기술 및 우량육종소재 개발	소재 탐색 및 우수 계통 선발										- 레드 및 핑크 대과종 순계계통 각 10점 - 방울토마토 순계계통 각 10점
		유용인자 여교잡후 세대단축 기술개발										
		Elite line 육종소재 개발 민간회사에 유용계통 제공										
		SNP 마커를 이용한 토마토 육종재료 인자 분석										
수입 대체 복합 내병성 방울 토마토 품종 육성 및 대목 개발	고식미계 복합내병성 방울토마토 품종육성	고식미계 방울토마토 소재 수집 및 계통 육성										-원형 3품종 개발 -대추형 4품종 개발
		제육 및 GMS 예비조합 작성										
		성능 검정 및 조합 선발										
		농가 적응성 검정 및 생산력 시험										
		수입 대체 85% 이상 가능한 품종 개발 및 품종보호출원, 상업화										
수입 대체 복합 내병성 방울 토마토 품종 육성 및 대목 개발	복합내병성 중장기 재배용 토마토 대목 품종육성	복합내병성 대목 소재 수집										- 저온신장성이 강한 복합내병성 토마토 대목 3 품종 개발 - 집목친화성이 우수한 내서성 복합내병성 토마토 대목 3품종 개발
		계통육성, 마커분석 및 생물검정 병행										
		성능 검정 및 조합 선발										
		농가 적응성 검정 및 생산										
		수입 대체 70% 이상 가능한 품종 개발 및 보호 출원, 상업화										
동북아 수출용 토마토 품종 개발	무한성장형 LSL 대과 및 중장기 재배용 방울토마토 품종육성	시장분석 및 소재탐색										- 하남성, 요령성, 동북 3성 등의 내한성이 강한 하우스재배 무한성장형 중만생 대과종 4품종 개발 - 광서성, 광동성, 운남성 등의 내서성이 강한 노지재배전용 LSL 대과종 4품종 개발 - 산동성의 하우스와 광서성의 노지전용 방울토마토 4품종개발 -최종 수출 목표 400만불 이상
		제육육성 및 유용인자 기 보유계통 여교배										
		예비조합작성 및 성능검정										
		조합 선발, 현지 농가 적응성 시험 및 생산력 검정										
		복합내병성 품종육성 및 상업화										

동서 남아 수출용 노지 재배형 토마토 품종 개발	서남아 유한생장형 Saladette 및 Sour & Flat 토마토 품종 육성	소재 수집 및 현지 계통 육성						- 서남아 토마토 250만불 이상 수출 - 노지 전용 유한생장형 Saladette 토마토 건기용 & 우기용 토마토 5품종 개발 - Sour & Flat 토마토 5품종 개발
		계통 내병화 작업 및 유용인자 기 보유 계통 여교배						
		예비 조합 작성 및 성능검정						
		조합 선발, 현지 농가 적응성 검정 및 대규모 시험 사업						
		현지 국가 품종 등록 및 상업화						
동남아 청고병 및 TYLCV 복합내병계 토마토 품종 육성	동남아 청고병 및 TYLCV 복합내병계 토마토 품종 육성	현지 계통육성 및 고정화						- 동남아토마토 150만불이상 수출 - TYLCV 복합내병계 토마토 동남아 품종 5품종 개발
		마커분석 및 생물검정 병행						
		예비 조합 작성 및 성능검정						
		조합 선발, 현지 농가 내병성 검정						
		국가별 복합내병성 품종 등록 및 상업화						
중동 수출용 토마토 품종 개발	무한생장형 하우스 및 유한생장형 노지재배 토마토 품종 육성	계통 육성						- 중동 토마토 200만불 이상 수출 - 이란생과용 2품종 개발 - 이집트 유한생장형 TYLCV+Nematode+ 내 서성 2품종 개발 - 터키 하우스재배용 무한생장형 Beef, Cluster, Cocktail 3품종 개발
		현지 계통 육성 병행						
		예비 조합 작성 및 성능검정						
		조합 선발, 국가별 농가 적응성 검정 및 대규모 시험 사업						
		국가별 복합내병성 품종 등록 및 상업화						
토마토 품종 육성을 위한 내병성 및 원예 형질 분자 표지 개발	국내용 토마토 청고병/흰가루병 및 과색관련 분자표지 개발	청고병/흰가루병, 과색 마커 개발						-청고병, 흰가루병 저항 성 QTL 분석 및 신규 분 자표지 6점 이상 개발
		병리 검정 및 계통 내병화 작업						
		마커를 이용한 토마토 육성재료 인자 분석						
		민간회사에 내병계통 제공						
수출용 토마토 TYLCV/역병/겹무늬병 및 저장성 관련 분자표지 개발	수출용 토마토 TYLCV/역병/겹무늬병 및 저장성 관련 분자표지 개발	내병 소재 및 마커 정보 수집						- TYLCV, 역병, 겹무늬병 저항성에 대한 신규 분자표지를 3개 이상 개발 - 저장성 (LSL) 관련 3개의 신규 분자표지 개발
		신규 마커 개발 및 생물검정 대조 시험						
		마커를 이용한 토마토 육성재료 인자 분석						
		민간회사에 내병계통 제공하여 국가별 품종육성 및 상업화 연계						
중국 수출용 대과 및 미니 토마토 품종 육성	중국 수출용 대과 및 미니토마토 품종육성	이관과제						이관과제 2015년 종료 -산동,하북형 대과종개발 -북경, 상해형 미니개발

6. 성과 확산 방안

- 우리나라의 기후와 토양조건에 대한 적응성 평가 없이 수입 판매하는 종자시장 풍토 개선
- 국내 시설과 기후에 적합한 신품종을 개발하여 안정적이면서도 고품질의 토마토를 다수 확 할 수 있도록 하여 수입대체효과를 높임
- 국내 육종 능력 향상 및 우수 품종 개발로 국내 재배 품종의 국산화율을 높일 뿐만 아니라 농가 소득에도 기여
- 다양한 유형의 품종 개발로 주스용 소비 형태에서 벗어나 선진국형 소비 형태인 샐러드, 조리 등의 요리 소비 형태로 전환하여 토마토 소비 증진은 물론 지속적인 재배 면적 증가를 꾀함
- 거대 시장인 중국, 인도, 중동, 미국, 유럽 등 진출을 위한 수출용 품종을 개발 할 수 있는 기반 확보로 토마토 산업 전반에 걸친 국가 경쟁력을 향상시킴
- 지구 온난화로 인하여 점차 아열대 기후로 변하는 국내시장에 적합한 아열대 품종 육성을 위한 기초 토대를 마련함

7. 사업화 및 수출 확대 전략

- 수출대상국에서 선호하는 과실 특성 (색, 맛, 모양)에 맞는 품종을 개발하고, 해당 특성을 안정적 재배 생산 할 수 있는 품종육성
- 육종품종의 상업적 재배 시험 시스템 확립, 개발된 다양한 토마토 품종을 수출 타켓 현장에서 재배하여 평가함으로써 품종완성도 제고
- 문제점을 파악하고 육종연구 수행주체가 이를 반영함으로써 더 완성도 있는 품종을 개발 할 수 있음
- 수출 체계 구축 및 수출전문회사 활용을 통한 수출 극대화
- 현지적응성 시험을 통한 안정적 생산 및 대리점 발굴을 통한 수출 체계 구축
- 개발된 토마토품종을 수출전문회사에 제공함으로써 수출지역별로 선호하는 토마토품종의 생산과 수출이 전문화 되어 클레임이 없이 안정적으로 수출될 수 있을 것으로 사료 됨

<표4-1> 수입대체 및 수출 확대전략

구 분	시 기	전 략 내 용
수입대체용	단기 (2013-2014)	- 타겟segment별 시장 정보 업데이트 및 개발 착수 - 유용 유전자원 수집 평가, 분석, 필요시 공유 - 기 개발된 품종 전문 마케팅팀을 운용하여 확대 적응성 및 전시포 운영
	중기 (2015-2017)	- 타겟segment별 조합 작성 및 현지 선발 - Segment별, 지역별 맞춤형 품종 개발을 위한 프로그램 가동 - 육성, 마케팅, 영업 등의 역할 분담 및 상시 상호교류 체계 확립 - 타겟시장에선점 품종 대비 경쟁력 및 차별성이 있는 품종 선별하여 현지 대규모 적응성 시험 - 육묘장, 대리점, 유통회사, 농민 등 대규모 전시회 및 언론 홍보
	장기 (2018-2021)	- 점유율 확대를 위한 포인트 시스템 도입 - 우수 육묘장 및 대리점 인센티브 제도 운영으로 판매 촉진 - 피드백 시스템 도입으로 품종육성 및 개발 체계 보완 - 국산화율 70% 이상 달성
수출용	단기 (2013-2014)	- 타겟 국가별 해인법인 및 현지 거래처 통해 시장 정보 업데이트 및 품종육성 착수 - 유용 유전자원 수집 평가, 분석, 필요시 세부프로젝트와 공유 - 기 개발된 품종 해외법인 및 거래처 통하여 확대 적응성 시험 - 적응성 시험을 통해 보완점 및 육성 포인트 단계별 수정, 수립 - 국가별 해외 전문 마케팅 인프라 구축(장기 시스템 구축)
	중기 (2015-2017)	- 국가별, Segment별 맞춤형 품종 개발을 위한 프로그램 가동 - 육성, 마케팅, 영업 등의 역할 분담 및 상시 상호교류 체계 확립 - 타겟시장에선점 품종 대비 경쟁력 및 차별성이 있는 품종 선별하여 현지 대규모 적응성 시험 - 타겟시장별현지 법인 및 판매 전문 거래처 활성화, 사업 파트너십 강화
	장기 (2018-2021)	- 국가별 현지법인과 거래처간 판매 활성화를 위한 포인트 시스템 도입 - 현지 개발전문 회사를 통한 브랜드 사업 강화 - 피드백 시스템 도입으로 품종육성 및 개발 체계 보완 - 국제 경쟁력을 가진 해외품종 육성하여 1,000만불 수출 달성

<표4-2>수입대체시장 지원 및 마케팅을 위한 전략

구분		내용
맞춤형 개발	지역 특성화	- 지역 특성을 품종 요구도에 반영 품종 개발 - 지역 재배환경 및 기술 고려 - 현지 선발 및 적응성 시험
	서비스 현지화	- 지역별 맞춤화 서비스 - 지역별 육묘장, 거래처, 유통상인 등 마케팅
기술	제품 차별화	- 선도품종 평가, 분석하여 차별화된 품종 개발 - 내병성 및 원예형질 차별화로 부가가치 창출
	마케팅 차별화	- 주산단지 대규모 평가회 개최(년 2회 이상) - 주요 육묘장, 유통상인, 대리점 연구소 초청 품종 평가회
정보	시장정보	- 지역별/유형별 시장정보 수집 평가 분석 - 주요 품종 보호출원 및 특허출원
	경쟁사정보	- 선도품종 동향 및 경쟁사 영업, 마케팅 방향 분석
조직	마케팅 조직	- 지역별 단지에 마케팅 요원 배치하여 농민, 육묘장, 대리점관리 - 마케팅 전문 인력 확보
	유통 조직	- 주요 유통인 신제품 소개 및 평가회 주기적 참석 유도 - 품종 육성가-대리점-농민-육묘장-유통상인 네트워크 강화
홍보	매스컴 및 유인물 활용	- 주기적 품종 평가회 개최(년 2회 이상) - 신제품 출시하면 품종 홍보(매스컴 활용) - 신제품 소개 및 재배 정보지 제작 홍보

<표4-3>수출시장 지원 및 마케팅을 위한 전략

구분		내용
현지화	제품 현지화	- 현지 식문화 고려 품종 요구도에 반영 품종 개발 - 재배기술 현지화 - 현지 적응성 시험
	서비스 현지화	- 지역별/국가별 맞춤화 서비스 - 해당 거래처 마케팅
기술	제품 차별화	- 환경적응성 및 복합내병성 품종 개발 - 품종 현지 적응성 시험
	마케팅 차별화	- 주산단지 대규모 평가회 개최(년중) - 연구소 초청 품종 평가회
정보	시장정보	- 국가별/지역별/유형별 시장정보 수집 평가 분석 - 국가별 품종 등록 및 식물검역 시스템 조사, 대응책 마련
	경쟁사정보	- 경쟁사의 품종 동향 및 영업, 마케팅 방향 분석 - 선도 품종 마케팅 및 거래처 개발 동향 평가 분석
조직	해외사업조직	- 해외 거래처 관리 - 해외 마케팅 전문 인력 확보
	현지법인조직	- 타겟 시장별 현지 법인 구축 - 현지법인-딜러 네트워크 강화
네트워크	현지 판매네트워크	- 주요 타겟 시장별 거래처 개발 및 확보 전략적 사업 파트너십 구축하여 판매 네트워크 형성
	현지전문가 네트워크	- 현지 마케팅 전문가 육성 - 품종 홍보(매스컴, 평가회 등)

제5장 프로젝트별 세부기획

제1절. 수입대체 복합내병성 대과종 토마토 품종육성

1. 연구개발 목표

1.1 최종목표

- 최근 국내 토마토 재배면적 및 종자시장이 크게 증가함에 따라 대과종 토마토의 수요가 늘어나고 있지만, 대부분의 대과종 토마토는 수입의존도는 85-90%로 높아 매년 수십억의 외화를 지불하고 있으며, 종자가격도 비싸 토마토 재배농가의 부담을 가중시키고 있음
- 이에 따라 본 연구의 최종 목표는 다양한 소비자의 수요와 병충해 증가 및 재배환경 변화에 대처하기 위한 국산 신품종을 개발하는 것이며 이를 위해 1) 국내에서 선호하는 외국계 품종의 특성을 검토하여 육종목표를 설정하고 수집된 유전자원으로부터 체계적으로 평가, 분석 2) 선발된 유전자원의 효과적으로 활용 3) MAS을 통한 육종효율 증진 및 육종소재 다변화 4) 우수 계통간 조합을 통한 내재해성 복합내병계 품종육성 등을 목표로 함
- 이를 통해 육종가가 쉽고 빠르게 우수한 품종 개발에 활용하여 단기간에 토마토 품종개발 경쟁력을 갖추어 우수품종들을 보급함으로써 토마토의 육성 기반을 조성하고 국가 경쟁력을 향상을 도모하고자 함
- 이를 위해 고온기 대과종 5품종, 저온기 대과종 5품종 새로운 육종소재 20계통을 개발하고자 함
- 이에 따라 국내 토마토 종자시장에 외국 품종이 점유하고 있는 비율을 2021년까지 30% 이내로 줄여, 국산화 70%를 달성하고자 함

1.2 단계별 목표

1단계 ('13~'16)	2단계('17~'21)
<p>내재해성 복합내병계 대과종 토마토 품종 육성</p> <ul style="list-style-type: none"> - 저온기용 복합내병계 대과종 토마토 품종육성 (고정 및 분리 계통 250점, 성능검정 30점) - 고온기용 복합내병계 대과종 토마토 품종육성 (고정 및 분리 계통 250점, 성능검정 30점) - 계통육종, 내병성 검정, 조합작성 및 평가 - 레드 및 핑크 대과종 품종 상품화 	<p>복합 내병성, 내재해성 대과종 토마토 품종개발 및 상품화, 종자생산</p> <ul style="list-style-type: none"> - 저온기용 복합내병계 대과종 토마토 품종육성 (레드 및 핑크 대과종 총 5품종 상품화) - 고온기용 복합내병계 대과종 토마토 품종육성 (레드 및 핑크 대과종 총 5품종 상품화) - 국내 대과종 토마토 종자시장의 국산화율 70%이상 점유
<p>SNP분석을 통한 세대단축기술 및 우량육종소재개발</p> <ul style="list-style-type: none"> - 여교잡후대 SNP마커활용 세대단축 개체선발 및 고정화 (유전체상의 표식 형질 및 병저항성 등 - 고정 및 분리 계통 350점) - 여교잡을 통한 우량육종형질 (내병계 및 기능성) package 자식계통 육성(고정 및 분리 계통 250점)(위탁과제) 	<p>SNP분석을 통한 세대단축기술 및 우량육종소재개발</p> <ul style="list-style-type: none"> -복합내병성 육종소재개발 (레드 및 핑크 대과종 순계계통 각 10점, 원형 및 대추형 방울토마토 순계계통 각 10점) -다양한 package 자식계통 육종소재개발 (레드 및 핑크 대과종 순계계통 각 20점, 원형 및 대추형 방울토마토 순계계통 각 10점)(위탁과제)

2. 연구개발 필요성

2.1 연구개발 대상 기술의 경제적·산업적 중요성 및 연구개발의 필요성

- 국내 토마토 재배면적은 '02년부터 건강식품으로 인식되어 '07년까지 연평균 15% 증가 하였으나 현재는 재배면적과 단위면적당 수량은 정체상태에 놓여 있음
 - 재배면적 : ('01) 3,348 → ('06) 6,613 → ('10) 5,270ha → ('12) 6,344ha
 - 생산량 : ('01) 206 → ('06) 433 → ('10) 325천 톤 → ('12) 393천 톤
- 국내 토마토 육종기술 및 인력 부족으로 외국품종 점유율 높음. 비싼 외국산 품종 재배에 따른 농가 경영비 부담 증가되고 있음. 재배품종의 약 70%가 외국품종, 종자시장규모(대목제외) : ('01) 35 → ('06) 92 → ('10) 134억원 → ('12) 150억원
- 토마토 연작에 따른 병해충 발생 증가와 최근 잦아진 저온, 고온, 집중호우 등 기후 변화에 따른 토마토 안정생산이 위협받고 있음. 따라서 풋마름병, 선충 및 TYLCV 등에 복합내병성이면서 환경(내한, 내서, 내습 등)에 적응성이 우수한 수입 대체용 토마토 신 품종의 개발이 시급한 실정임

- 대과종 토마토는 크게 핑크계(pink)와 레드계(red)로 분류되는데 핑크계가 90%,레드계가 10% 정도를 차지하고 있으나 억제작형에서 레드계가 빠르게 증가
- 대과종은 수입의존율이 높아 핑크계는 85-90%가 일본 및 다국적회사 품종이고, 레드계는 100% 네덜란드, 이스라엘 등에서 수입하고 있는 실정임
- 또한 단기간 내에 선진국의 품종 육성 수준으로 도달하기 위해서는 분자마커 이용선발 (Marker-assisted selection, MAS)기술을 이용한 품종개발 연한 단축 및 우량개체 선발효율의 극대화를 통해 경쟁력을 확보하여야 함
- 우리나라가 단기간에 토마토 품종개발 경쟁력을 확보하기 위해서는 유전자원의 평가 및 공유, MAS의 실용적인 활용, 육종 기술이 적절히 갖추어진 산. 학. 연의 육종기반 조성 과 조직간 유기적인 협조가 필요함

2.2 연구개발대상 기술의 국내외 현황

1) 세계적 수준

- 토마토 육성역사를 세대별로 구분하면 1세대는 수량성 (1970년대 잡종품종 보급), 2세대는 환경적응성(1980년대), 3세대는 저장성 및 내병성 (1990년대), 4세대는 과품질 위주의 성분육종 (2000년대)으로 나눌 수 있으며 국내보다 분야별로 약 5-10년 이상 앞서 있는 것으로 파악되고 있음
- 일본의 경우 핑크대과와 방울토마토에서는 내병성과 품질, 대목 품종에서는 복합내병성 육종위주로 연구가 진행되고 있음
- 수량, 균일성, 병저항성 등에서 일본 및 세계의 유력 품종들이 한국 품종에 비해 상당한 우위를 차지하고 있음
- 토마토 품종 육성에 생명공학기술을 적극 활용하여 병해충 저항성 선발 시 DNA marker를 이용하여 선발 효율을 극대화시키고 육종 연한을 단축하고 있음
- 현재까지 25여개의 토마토 Inter-, Intra-specific cross linkage map이 발표되었으며 과실특성 및 생리장애에 관한 유전자뿐만 아니라 20여종의 내병성 관련 유전자나 QTL이 분석되었거나 클로닝 되었음. 이들 정보를 토대로 현재 19개 이상의 복합내병성, 기능성, 수량관련 형질들에 대한 분자마커 이용선발이 종자회사나 정부 연구기관에 의해

크게 활용되고 있음. 그 결과 국내에 수입되는 토마토 F1 품종의 대부분이 4-5개 이상의 내병성을 package로 가지고 있음

- 육종에 있어 분자표지의 중요성이 크게 부각되어 있으며, 다국적 종자회사들을 중심으로 자체 마커 개발기술과 High-throughput(HT)-MAS system 확립에 많은 투자를 하고 있는데, 세계적 마커개발 전문회사인 Keygene에 대한 네덜란드, 프랑스, 일본의 주요 종자회사들의 공동투자과 기술 활용이 대표적인 예라 할 수 있음

2) 국내수준

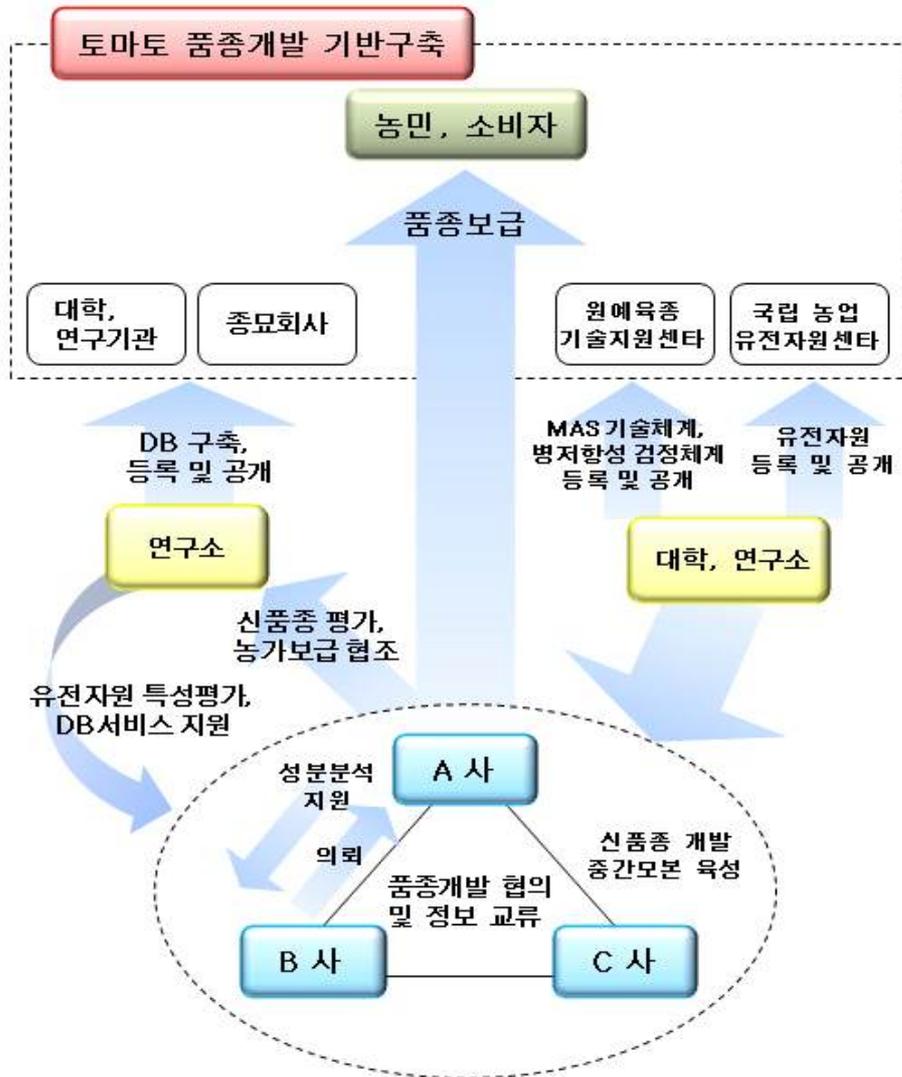
- 토마토 품종육성 선진국의 경우 유전자원의 수집 및 평가의 역사가 오래되고 체계적으로 관리되고 있으나 국내 토마토 유전자원은 주로 관련 연구소, 종묘회사 등에서 자체적으로 수집, 관리되고 있어 이용의 범위가 제한적임
- 현재 국내에서 보급되고 있는 품종도 4~5가지 병해에 대해서 저항성을 가지고 있으나 환경적응성과 원예적 특성에 있어서 외국 품종에 비해 경쟁력이 떨어짐
- 국가 및 지자체 육종연구기관에서 고정종 방울토마토, 송이토마토, 완숙형 토마토 품종을 육성하고 있으며 채종 효율을 높이기 위해 옹성불임을 이용한 F1 품종이 개발됨
- 토마토육종에 참여하고 있는 국내 기업이 극소수이며 토마토육종의 가장 큰 핵심 요소인 내병성육종 부분의 기술력 및 연구기반이 취약함
- 국내 다국적 종자회사를 중심으로 몇 가지 병저항성 분자마커를 이용하여 선발하고 있으나 그 외 종자회사에서는 분자마커 활용에 관심은 있으나 투자를 주저하고 있는 실정임
- MAS 시스템을 이용한 육종 효율을 증진하기 위한 MAS 기술력의 확보가 미진함
- 현재 육종가들은 마커에 대한 필요성은 인식하고 있으나 국내에서 적용 가능한 마커들의 종류, 선발 효율성, 특성 등이 객관적으로 파악되고 정리되지 않아 그 활용은 극히 미미한 실정임
- 외국 대기업의 경우 효율적인 MAS를 위해 HT-MAS system이 일반화 되어 있는데 반해, 국내에서는 주로 아가로스젤을 이용한 전기영동과 제한효소 절단법에 기반을 둔 효율성이 낮은 genotyping system에 의존하고 있음

3. 기존 연구와의 중복성 및 연계방안

구분	유사과제 · 키워드 검색 결과		유사·중복성			의견
	과제명 (과제관리기관, 연구기간)	과제수행기관 (연구책임자)	없음	일부 유사	중복	
기획이후	토마토 복합내병성 및 환경 저항성 계통 육성 (농진청, 2012-2016)	원예특작원 (최학순)		○		민간회사에서 상업용 계통 육성하기 때문에 용도가 다름
기획이후	중국 수출용 대과 및 미니 토마토 품종 개발 (IPET, 2010-2015)	토마토생명과학 연구소 (김명권)				이관과제 -산동, 하북형 대과종개발 -북경, 상해형 미니개발
기획이후	토마토 TYLCV 저항성 계통 육성 (농진청, 2010-2012)	원예특작원 (최학순)	○			
기획이후	토마토 꽃마름병 및 시들병 저항성 계통 육성 (농진청, 2009-2011)	원예특작원 (최학순)		○		민간회사에서 상업용 계통 육성하기 때문에 용도가 다름
기획이후	토마토 고품질·복합내병성 품종육성 및 분자표지 개발 (IPET, 2008-2013)	주)농우바이오 (원동찬)		○		민간회사에서 상업용 계통 육성하기 때문에 용도가 다름
기획이후	MAS 이용 복합내병성 계통 육성 (농진청, 2008-2009)	원예특작원 (최학순)	○			
기획이후	토마토 분자표지 기술의 실용화 및 TYLCV 저항성 마커 개발 (농진청, 2008-2009)	부산대 (박영훈)	○			
기획이후	여교잡 효율 증진을 위한 토마토 분자육종 기술 개발 (농진청, 2008-2009)	서울대 (강병철)	○			
기획이후	고품질 방울토마토 품종육성(농진청, 2008-2010)	부여토마토시험장 (박권서)		○		민간회사에서 상업용 계통 육성하기 때문에 용도가 다름
기획이후	고품질 완숙대과 토마토 품종육성 (농진청, 2008-2010)	원예특작원 (정해봉)		○		민간회사에서 상업용 계통 육성하기 때문에 용도가 다름
기획이후	시설재배용 토마토 대목 품종 개발 (농진청, 2008-2010)	동부하이텍 (김원기)		○		민간회사에서 상업용 계통 육성하기 때문에 용도가 다름
기획이후	고품질 송이형 토마토 신품종 개발(농진청, 2008-2010)	삼성종묘 (백남권)		○		민간회사에서 상업용 계통 육성하기 때문에 용도가 다름
기획이후	고기능성 토마토 품종육성(농진청, 2008-2010)	현대종묘 (손길우)		○		민간회사에서 상업용 계통 육성하기 때문에 용도가 다름
기획이후	친환경재배에 알맞은 흑색송이형 토마토 품종육성(농진청, 2008-2010)	전남도원 (서종분)		○		민간회사에서 상업용 계통 육성하기 때문에 용도가 다름

4. 프로젝트 추진체계 및 추진전략

4.1 프로젝트 추진체계



4.2 프로젝트 추진전략

- 소재육성과 계통육성, 조합선발시험, 선발된 조합은 농가실증시험 실시
- 세대진전으로 빠른 유전적 순화 및 고정화, 시교생산
- 분자마커를 활용하여 유전적 초기세대 선발 및 확인
- 영업 마케팅 회사와 연계하여 시장 진입
- Network search : internet, 문헌, 특허, 유전자 은행, 연구사례 등
- 국내외 관련 학회 참가 : 국제원예학회, 육종학회, 식물병리학회 등
- 국내외 토마토 재배 단체 및 육종 연구자와 상호교류 : 종묘회사, 대학, 재배농가 등
- 다양한 병 저항성 계통 수집 및 분리, 평가
- 분자마커를 이용한 유전자원 평가
- 병리 검정법 개발을 통한 유전자원 평가
- 국내에서 연 2세대 진행 및 해외 포장을 이용한 세대진전
- 교배 조합 작성 및 장내 성능검정 진행
- 국내외 토마토 분자마커 개발과 활용수준 현황 분석
- 품종육성에 필요한 다각적인 분자마커활용 분야(주요 형질선발용 마커, 여교잡 마커, 품종 판별용 마커 등) 설정
- 다국적기업 및 선진국 연구기관의 마커기술 벤치마킹과 모델링
- 분자마커 적용이 필요한 목표형질 설정 및 마커개발을 위한 오믹스 차원의 기술적 접근법 모색
- 국내 환경에 적합한 소규모 종자회사 대상 분자마커이용선발(MAS) 지원 시스템
- 국내외 주요 토마토 병의 생물검정기술 활용현황 분석 및 프로토콜 개발
- 전통육종기술-마커이용선발-생물검정 3자 연계구도의 통합적 육종프로그램안 제시
- 목표달성을 위한 국내 최적 연구팀 구성 및 구성원 간 연계체계 제시

5. 프로젝트 Micro 로드맵

단계별 목표		1단계				2단계					최종목표	
		수입대체용 토마토 품종의 기반구축 및 신품종 개발 및 상용화				복합 내병성, 내재해성 품종개발 및 상용화, 종자생산 기반구축						
중점연구영역		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	프로젝트 목표	
수입대체 복합내병성 대과종 토마토 품종 육성	내재해성 복합내병계 대과종 토마토 품종육성	TYLCV, TSWV, 잎곰팡이병, 근부위조병, 흰가루병 등 복합내병계 소재 수집 및 계통 육성										- 고온기 대과 5품종 개발 - 저온기 대과 5품종 개발
		계통 선발, 내병성 검정 및 예비조합 작성										
		성능 검정 및 조합 선발										
		농가 적응성 검정 및 생산										
		품종 생산판매행사, 품종보호출원, 상업화										
	SNP분석을 통한 세대단축기술 및 우량육종소재개발	소재 탐색, 우수 계통 선발										- 레드 및 핑크 대과종 순계 계통 각 10점 - 원형 및 대추형 방울토마토 순계계통 각 10점
		우량유전자 집적한 계통 선발 및 고정										
		Elite line 육종소재 개발, 민간회사에 유용계통 제공										
		양적형질 유전자들의 집적된 순계 계통간 조합선발										
		SNP 마커를 이용한 토마토 육성재료 인자 분석										

6. 세부프로젝트 추진계획

1) 내재해성 복합내병계 대과종 토마토 품종육성

(1) 세부프로젝트 도출 배경

가. 연구개발 대상 기술의 경제적 산업적 중요성 및 연구개발의 필요성

- 토마토의 국내 재배면적은 6,344ha(2012) 전후이며, 이 중 대과종 토마토 면적비율이 55-60%, 방울토마토가 40-45% 정도로 재배되고 있음
- 대과종 토마토는 크게 핑크계(pink)와 레드계(red)로 분류되는데 핑크계가 90%,레드계가 10% 정도를 차지하고 있으나 억제작형에서 레드계가 빠르게 증가
- 대과종은 수입의존율이 높아 핑크계는 85-90%가 일본 및 다국적회사 품종이고, 레드계는 100% 네덜란드, 이스라엘 등에서 수입하고 있는 실정임
- 국내 토마토 종자시장 170억 정도로 추산되는데 핑크대과가 70억, 레드대과가 20억, 방울토마토가 60억, 토마토대목이 20억 정도로 추정되고 있음
- 대과종의 수입의존도가 높아 85-90%로 매년 수십억의 외화를 지불하고 있으며, 종자 가격도 비싸 토마토 재배농가의 부담을 가중시키고 있음
- 최근에는 겨울철 극저온과 여름철 극고온으로 착과가 불량하고, 여러 생리장해가 많이 발생하며, 바이러스, 곰팡이, 세균병의 발생이 갈수록 심해지고 있음
- 따라서 이상기후에 적응할 수 있는 내재해성의 복합내병계 대과종 토마토 품종 육성이 절실히 필요함

나. 연구개발 대상 기술의 국내·외 현황

□ 세계적 수준

- 토마토 대과종의 경우 수량, 균일성, 병저항성 등에서 일본 및 세계의 유력 품종들이 한국 품종에 비해 상당한 우위를 차지하고 있음
- 수량, 균일성, 병저항성 등에서 일본 및 세계의 유력 품종들이 한국 품종에 비해 상당한 우위를 차지하고 있음
- 선진 외국회사에서 개발된 대부분의 토마토 품종은 병해충저항성 유전자를 최소한 5가지(*Mi*, *Cf*, *Tm2*, *Ve*, *I* 등) 이상 보유하고 있음
- 토마토 품종 육성에 생명공학기술을 적극 활용하여 병해충 저항성 선발 시 DNA marker를 이용하여 선발 효율을 극대화시키고 육종 연한을 단축하고 있음

□ 국내수준

- 토마토 품종육성 선진국의 경우 유전자원의 수집 및 평가의 역사가 오래되고 체계적으로 관리되고 있으나 국내 토마토 유전자원은 주로 관련 연구소, 종묘회사 등에서 자체적으로 수집, 관리되고 있어 이용의 범위가 제한적임
- 현재 국내에서 보급되고 있는 품종은 4~5가지 병해에 대해서 저항성을 가지고 있으나 환경적응성과 원예적 특성에 있어서 외국 품종에 비해 경쟁력이 떨어짐

(2) 세부프로젝트 최종 목표

- 저온기에 내한성이 강하고 180-230g 정도에 착과비대가 균일하고 생리장해에 둔감한 복합내병성인 핑크(pink) 및 레드(red) 대과토마토 F1 품종육성 (5품종 이상 개발)
- 고온기에 내서성이 강하고 180-230g 정도에 착과비대가 균일하고 저장성이 좋으며 복합내병성인 핑크(pink) 및 레드(red) 대과토마토 F₁ 품종 육성 (5품종 이상 개발)
- 국내 대과종 토마토 종자시장이 약 90억으로 추산되는데, 국산화율을 10-15%에서 70% 이상 끌어올리는 것이 목표

(3) 세부프로젝트의 추진방법 및 전략

가. 추진방법

- 다양한 유전자원 수집 평가
 - 육종목표에 맞는 품종이나 재래종, OP 등을 탐색 평가하여 육종의 기초 소재로 활용
 - 재료 : 해외 유전자은행 등 유전자원 수집
 - 처리 : 수집된 유전자원
 - 활용 : 내병성 재료 개발로 활용
 - 조사내용 : 내병성 도입여부, 과장, 과경, 과중 등 원예적 형질

- 신소재 개발로 우수한 육종계통 육성
 - 기초소재의 특성평가를 통하여 기존의 계통과 재조합 교배를 하여 새로운 유전변이 창출
 - 재료 : 기 수집된 자원 300점, 고정 및 분리 계통 150점
 - 처리 : 기 수집된 재료 70점 고정 및 분리 계통 100점, 성능검정 20점
 - 활용 : 재료 개발 및 조합작성 재료로 활용
 - 조사내용 : 과장, 과경, 과중 등 원예적 형질

- 축적된 기술과 경험을 토대로 우량 양친계통 선발
 - 재료 : 수집한 유전자원
 - 활용 : 내병성 재료 개발로 활용
 - 조사내용: 내병성 도입여부, 국내 품종육성에 적합한 초형, 과형, 과색, 식미, 내병성 등을 검정 평가하여 parent line 쓸 수 있는 개체 및 계통선발

- 분자마커를 활용하여 multi 내병성 계통선발 및 확인
 - 재료 : 선발 재료, 고정 및 분리 계통
 - 처리 : 선발재료 및 계통, 분자표지 이용 가능한 내병성
 - 활용 : 내병성 재료 개발 활용 (대과 및 대목용 품종 개발)
 - 조사내용 : 과장, 과경, 과중 등 원예적 형질, 내병성
 - 식물분자유종사업단, 대학에서 개발된 토마토 병 관련 MAS마커를 이용하여

육성계통들의 복합내병성을 일시에 검정 및 선발

- 세대진전으로 빠른 유전적 순화 및 고정화
 - F2-F5 세대의 초기세대에 유전적, 표현형적 순화를 위하여 1년에 2-3 cycle 세대 진전 시험을 통하여 유전적 고정화

- 예측 가능한 조합작성, F1조합 선발
 - 조합능력을 최대로 발휘할 수 있는 조합을 작성하여 교배하고 F1 품종육성
 - 정확한 재배시험을 통하여 육종목표에 부합하는 조합을 선발

- 지역별, 작형별 적응성 시험으로 시장현장에서 평가 선발
 - 국내 토마토 재배단지의 각 지역별, 작형별로 농가실증시험을 실시하며, 토마토 재배농가, 육종가, 마케팅전문가, 유통업자, 농업기술센터, 국가연구소, 대학 등 여러 전문가들이 참석하여 평가하고 협의하여 품종을 선발

- 전문 영업, 마케팅 회사와 연계해 개발, 홍보, 판매
 - 국내 토마토전문 개발, 영업회사와 연계해서 홍보, 세미나 등을 통하여 신품종을 확산 보급

- 재배농가들에 대한 재배방법, 생리장해 대책, 병발생 예찰 등 사후지도 및 컨설팅을 하며, 수확출하, 유통, 소비자 반응 등을 통하여 보급품종에 대한 모니터링을 통하여 다음단계의 계획을 설정

나. 추진전략

- 다양한 유전자원 수집 평가 및 신소재 개발로 우수한 육종 소재 확보
- 축적된 기술과 경험을 토대로 우량 양친계통 선발
- 예측 가능한 조합작성, F1 조합 선발시험
- 세대진전으로 빠른 유전적 순화 및 고정화
- 분자마커를 활용하여 유전적 초기세대 선발 및 확인
- 지역별, 작형별 적응성 시험으로 시장현장에서 평가 선발
- 전문 영업, 마케팅 회사와 연계해 개발, 홍보, 판매
- 대학, 연구소, 국가기관과 연계해서 협동으로 연구진행

(4) 세부프로젝트 성과지표 설정 방안

- 본 과제는 토마토 신품종을 육종하여 농가에 보급하여 농가 소득증대뿐만 아니라 토마토종자 수입대체가 주목적임
- 성과지표는 개발한 품종 등록수(품종생산판매신고, 품종보호), 상품화수, 종자판매량, 판매액, 논문, 특허, 교육지도, 홍보물 등으로 함
- 상품화 및 국산화율(수입대체)

예상성과항목		1단계	2단계	총계	주요 고려사항	
공 통 지 표	종자개발 건수	2	8	10		
	품종등록 건수	국내	2	8	10	
		국외				
	종자수출액					
	수입대체 효과(%)		30	70	70	
	국내논문	SCI				
		등재학술지	1	2	3	
	국외논문	SCI				
		비SCI				
	국내특허	출원				
		등록				
	국제특허	출원				
		등록				
매출액(억원)	국내	40	90	90		
	국외					
기술이전						

특 성 지 표	인력양성	2	3	5		
	기반구축 실적					
	D/B 구축					
	분자마커					
	유용유전자					
	언론홍보		4	5	9	
	교육 및 지도		15	20	35	

(5) 세부프로젝트 최적 연구진 구성안

- 연구진 구성(국내 연구소 보유 민간회사)
- 풍부한 경력을 보유한 연구인력 확보
 - 한중일 삼국의 유전자원을 확보하고 이들 유전자원의 특성을 이해한 고경력 육종가
 - 순차적 육종목표 도달을 위한 계통육성 능력 보유 고경력 육종가
 - 육종학 박사 1명, 연구원 학사 2명, 연구보조 3명이 토마토만 집중적으로 품종개발을 하는 회사

세부 프로젝트명	구분	1단계				2단계				
		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
내재해성 복합 내병계 대과종 토마토 품종육 성	책임급	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	선임급					1	1	1	1	1
	원급	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	기타	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	총합	6	6	6	6	7	7	7	7	7

(6) 세부프로젝트 예산

세부프로젝트 명	구분 연구기간	1단계				2단계					총계 (억)
		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	
내재해성 복합내병계 대과종	정부 (억원)	1.7	4	3.6	3.5	3.55	3.4	3.7	3.7	3.7	30.85
	민간 (억원)	0.55	1.35	1.02	1	1	1	1.23	1.23	1.48	9.86
토마토 품종 육성	합계	2.25	5.35	4.62	4.5	4.55	4.4	4.93	4.93	5.18	40.71

□ 예산 설정 근거

- 국내 대과종 토마토 품종개발은 시장규모가 가장 큰 품목이며 핵심과제임
- 이상 기후 환경에 적응할 수 있는 저온기용과 고온기용으로 구분하여 품종육성을 하며 여러 작형별로 시험을 하고, TYLCV, LM, GLS 등 복합내병성 검정을 통하여 품종을 만드는 점을 감안하여 예산을 산정함
- 2008-2013년 농우바이오에서 주관하여 ‘토마토 고품질·복합내병성 품종육성 및 분자표지 개발’ 과제는 정부예산 평균 1.7억원이 투자되었음

(7) 종자개발을 통한 수출증대 및 수입대체 전략

※ 개발, 생산, 유통, 기술보급 등 세분화된 전략도출

(8) 세부프로젝트 사업제안요구서(RFP)

프로젝트명	수입대체 복합내병성 대과종 토마토 품종육성		
세부 프로젝트명	내재해성 복합내병계 대과종 토마토 품종육성		
연구 기간	2013 ~ 2021 (9 년)	연구비 지원범위	총 4,071 백만원 (9년, 정부 3,085백만, 민간 986백만원)
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 : <ul style="list-style-type: none"> - 토마토 수입대체를 위해 재배안정성이 뛰어나고 환경 친화적 재배가 가능한 품종육성 - 토마토의 소비확대에 기여하고 새로운 소비문화에 부응할 수 있는 품종육성 - 수입대체 고품질 대과종 10품종, 신기능 육종소재 20계통 육성 ○ 세부프로젝트목표 <ul style="list-style-type: none"> - 저온기용 복합내병계 대과종 토마토 5 품종 이상 육성 - 고온기용 복합내병계 대과종 토마토 5 품종 이상 육성 - 국내 토마토 수입대체 70% 점유 		
연구 필요성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 국내 대과종 토마토 종자는 거의 대부분이 수입에 의존하고 있으며, 국내 육성품종이 약 15% 정도로 매년 수십억의 외화를 지불하며, 종자가격도 비싸 재배농가에 경제적 부담이 가중되고 있음 ○ 최근에는 겨울철 극저온과 여름철 극고온으로 착과가 불량하고, 여러 생리장해가 많이 발생하며, 바이러스, 곰팡이, 세균병의 발생이 갈수록 심해지고 있음 ○ 따라서 이상기후에 적응할 수 있으며, 복합내병계 대과종 토마토 품종육성이 필요함 		
주요 연구 내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 내재해성 복합 내병계 대과 토마토 유전자원 특성 평가 <ul style="list-style-type: none"> - 내재해성 및 내병성 유전자원 - 재배안정성 대과 토마토 유전자원 - 생육 및 과실 특성평가 - 병저항성 기내 검정에 의한 선발 후 포장검정 ○ 내재해성 복합 내병계 대과 토마토 계통화 <ul style="list-style-type: none"> - 재육성으로 다양한 신소재 창출 - 우량한 parent line 의 육성(년 20점 이상) - Multi 내병성 계통육성 - 유망한 핵심 조합 선발(년 20조합 이상) ○ 내재해성 복합 내병계 대과 토마토 품종화 <ul style="list-style-type: none"> - 품종화 및 상품화 10품종 이상 ○ 내재해성 복합 내병계 대과 토마토 상품화 <ul style="list-style-type: none"> - 지역별, 작형별 적응성시험으로 농가현장에서 평가 선발 - 품종등록, 세미나, 홍보, 판매 --> 상품화 		
시장 전망 및 기대 효과	<ul style="list-style-type: none"> ○ 국내의 환경과 재배여건에 적합한 토마토 품종개발로 생산성 제고와 농가소득의 증대 ○ 국내 품종으로 전환되면서 종자수급이 원활해지고 비싼 외국산 종자에 대한 농가부담을 경감시키고 외화유출 방지 ○ 우수품종 개발과 더불어 유통, 식품, 건강 산업 등 연관 산업의 활성화 		
자격 및 신청 요건	<ul style="list-style-type: none"> ○ 연구기관 자격 : 토마토 육종기술이 축적되어 있고 토마토 품종개발을 하여 보급해본 실적이 있는 기관 ○ 신청 요건 : 토마토 전문육종가 보유, 토마토 전문 육종회사 ○ 기타 사항 : 		
Keyword	한 글	대과토마토, 육종, 내재해성, 복합내병성, 핑크계, 레드계	
	영 문	Large tomato, Breeding, Disaster tolerance, Multi-disease resistance, Pink color, Red color	

2) SNP 분석을 통한 세대단축기술 및 육종육종소재 개발

(1) 세부프로젝트 도출배경

가. 연구개발 대상 기술의 경제적·산업적 중요성 및 연구개발의 필요성

- 토마토의 유전체 염기서열 정보 전체가 공개(*S. lycopersicum* Heinz 1706; Nature, 2012)되어 이용 가능한 상황이며, 현재 13 품종 토마토의 genome sequencing project가 완료 혹은 진행 중임
- 토마토는 주요 육종 목표는 과실 수량 및 숙성, 크기, 색깔, 가용성 고형물 함량과 같이 맛을 결정하는 요인과 병해충 저항성, 환경스트레스 저항성 등 재배 편의성에 집중하고 있으며, 중요한 육종형질은 오랜 기간 동안 유전적 연구와 유전자 연구가 진행되어 풍부한 문헌정보를 가지고 있음
- 현재까지 형질관련 분자마커 개발은 단일 유전자에 의해 조절되는 형질 중심으로 개발되어 왔으나, 세대단축을 위하여 여교잡 선발(Marker-assisted backcrossing: MAB)을 위한 교배조합별 이용 가능한 genome-wide SNP 선발이 필요
- 또한 육종 과정 중에서 제거해야 할 linkage dragging를 확인할 수 있는 분자마커 개발과 gene pyramiding을 위한 형질 연관 마커 및 교차율을 이용한 후손세대 예측 등 육종에 실질적인 정보를 생산 및 제공이 필요
- 유전체 기반의 육종 시스템을 구현하기 위해서는 육종소재에 대한 정확한 데이터베이스, 표준유전체 정보, 모든 유전자의 유전양상을 이해할 수 있는 초고밀도 유전지도가 필요
- 육종효율을 증대시키기 위해서는 육종연한의 단축이 필수적이며, 이에 유전체 정보와 결합된 유용유전자원의 추출과 이에 대한 분자마커 기술 개발이 핵심역량으로 부상하고 있음. 최근 급속히 증가되고 있는 유전체정보에 생물정보학(bioinformatics) 기술을 접목하여 지식 기반 육종에 적합한 고급 정보를 제공함으로써, 유전체 정보와 육종간의 상호 소통 및 활용이 원활하도록 지원하는 가교역할이 필요

나. 연구개발 대상 기술의 국내·외 현황

□ 세계적 수준

- 토마토는 시장 규모만큼이나 종자시장도 크며, 다른 채소에 비해 선도적인 육종기술이 개발되었고 유전자 지도도 가장 먼저 작성
- '11년 현재 세계의 토마토 종자 시장은 약 1조원에 달하며, 국내의 종자시장은 '01년 이래 매년 6.5%씩 성장
- 발달된 분자육종 기술을 이용하여 원하는 유전자를 확인하는 등 선발효율을 향상시키고 육종기간을 획기적으로 단축
- 2003년부터 시작된 국제가지과 유전체 컨소시엄을 통해 토마토 유전체 해독이 완료되었고, 2012년 5월 Nature에 발표되어 유전체 정보 공개됨
- 국제 가지과 공동연구 컨소시엄을 통해 매년 회원국에서 워크샵을 개최하고 정보 및 연구재료를 공유하여 우수한 협력체계 구축함
- SolCAP (<http://solcap.msu.edu/>)은 가지과 작물 유전체를 실용화하기 위하여 토마토와 감자에 집중하여 SNP 등 육종에 필요한 마커 및 분석용 tool로 개발 중임
- Tomato Functional Genomics Database (<http://ted.bti.cornell.edu/>)는 microarray를 통해 분석된 유전자 발현 양상을 분석한 데이터 베이스이며, 토마토 열매 관련하여 집중적으로 연구 중
- Tomato QTL database (<http://zamir.sgn.cornell.edu/Qtl/Html/home.htm>)는 토마토 IL 분석을 통해 확보된 QTL 정보를 제공함

□ 국내수준

- 한국생명공학연구원을 중심으로 2003년부터 시작된 국제가지과유전체 컨소시엄에 참가하여, 6년간 국제컨소시엄을 구성하였고, 토마토 유전체 분석(2번 염색체 담당)을 수행우수한 성과(http://solgenomics.net/genomes/Solanum_lycopersicum/index.pl)

- 서울대에서 차세대바이 오그린 사업단의 지원으로 고추 유전체 해독을 완성도 높은 수준까지 진행 중이며(93X 유전체 정보생산, scaffold의 합이 90% 이상의 genome coverage), 국제적 협력을 이끌고 있음
- *C. annuum* Dempsey X Perennial의 RIL 120개체와 양친 2종 포함 122개체의 resequencing 수행, 평균 1X genome coverage의 low-depth sequencing 실시
- 부모를 포함한 122 RIL 계통으로부터 genome-wide SNP 선발 ; 평균 SNP는 867,927개, 최소 SNP를 가진 계통은 102,197개, 최대 SNP를 가진 계통은 4,971,051개를 얻을 수 있었는데 이는 시퀀스양이 부족하여 SNP 선발 기준의 경계에 걸쳐 있는 것이 많음
- 부모 사이에서 발생된 SNP를 120 계통의 RIL 집단에서 염기서열 수준에서 검증하는 알고리즘을 개발함. 95% 이상의 genotyping 정확도를 보여 육종연한 단축 및 우량 육종소재를 개발 할 수 있는 여건이 마련됨

(2) 최종목표

- 육성 타켓 계통간 여교잡후대 SNP마커활용 세대단축 개체선발 및 육종소재 개발 (레드 및 핑크 대과종 순계계통 10점, 원형 및 대추형 방울토마토 순계계통 10점)
- SNP 마커 활용 선발된 우량육종형질 (내병계 및 기능성) package화 (레드 및 핑크 대과종 순계계통 10점, 원형 및 대추형 방울토마토 순계계통 10점)

(3) 세부프로젝트의 추진방법 및 전략

가. 추진방법

- 토마토 RILs 집단의 증식을 통한 시료 확보 및 RILs resequencing
 - 기 확보된 RIL 집단의 재배/증식을 통한 시료 확보
 - MAB 검증용 여교잡 집단 (BC₂, BC₃) 구축
 - 12 lane을 한 번에 수행할 수 있는 Multiplexed Hiseq-2000 시스템을 이용하여 RIL
 - 집단의 resequencing 실험을 10 set (총 120 samples) 수행

○ RILs 집단의 형질 정보 조사

- 분자마커의 검증을 위한 2년 반복 형질 조사 및 내병성, 고기능성(항산화) 물질, 고품질 등 형질 연관 정보의 연차별 조사
- 형질 조사결과를 이용한 QTL mapping

○ RILs 집단 resequencing을 통한 SNP 기반의 genetic map 작성

- 교배 양친의 resequencing 정보를 기 확보된 표준유전체 정보에 대입함으로써 각 양친에 대한 SNP 정보를 발굴
- RILs의 resequencing 정보를 기 확보된 표준유전체 정보에 대입하여 SNP 정보를 발굴하고, 총 120 계통에 대한 RILs의 SNP 정보를 교배 양친과 비교하여 genotyping을 수행
- SNP 정보의 정확도를 실험적으로 검증
- Genotyping matrix 작성 및 연관도 분석을 통한 초고밀도 genetic map 구성

○ 토마토 여교잡 MAB 검정 시스템

- 초고밀도 genetic map 정보를 이용하여 자손집단의 SNP 간 관계도 계산하여 지놈의 교차율을 확인
- 교차율 정보에 따라 초고밀도 genetic map에서 교배 자손의 지놈이 교차되는 크기마다 격자(window)를 구성하여 해당 부위를 표현하는 분자마커를 선발
- Resequencing 정보를 이용하여 MAB 적용을 위한 분자마커 세트 확보
- 기 확보된 내병성, 고기능성(항산화) 물질, 고품질 등 형질에 관련된 분자마커 제작

○ Gene pyramiding 최적화를 위한 모델링

- RILs 개체별 염색체 모식화를 통한 Linkage Disequilibrium (LD) 측정 및 형질 지도 제작
- Linkage disequilibrium 결과를 활용한 linkage dragging 분리용 마커 검정 모델링을 통한 교배 후 선발에 필요한 자손 수 예측

○ 육종 실현화를 위한 DB 구축

- 유전자 부위 SNP를 응용하여 유전자간 유전거리 계산하고 유전자 기능 변환 여부를 확인하여 유전자 cataloging 데이터베이스 구축
- MAB 교배 조합별 교차율에 대한 데이터베이스 구축

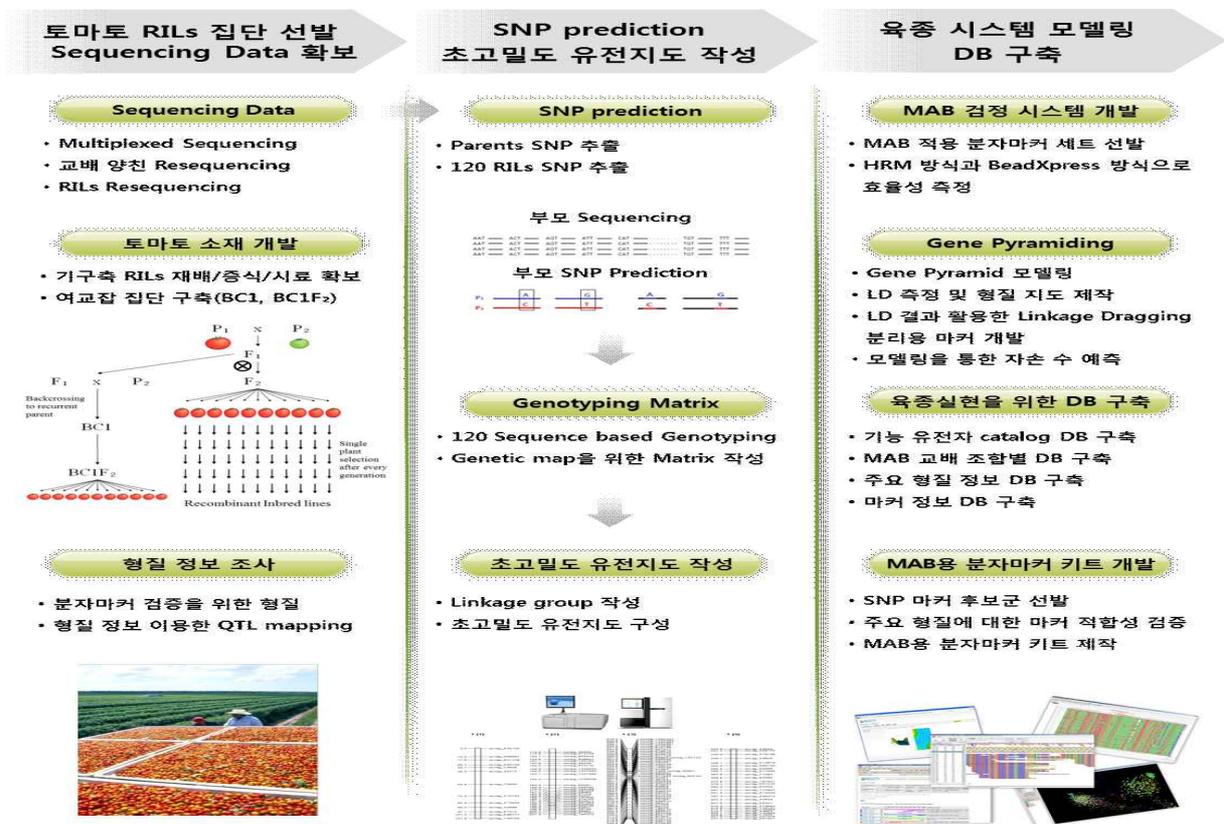
- 내병성, 고기능성(항산화) 물질, 고품질 등의 형질 정보 및 관련 마커 정보의 데이터 베이스 구축

○ MAB용 분자마커키트 개발

- 기 확보된 주요 형질 정보를 이용하여 마커의 정확도 검증
- 검증된 분자마커를 이용하여 MAB용 분자마커키트 개발

나. 연구 추진전략

- 여교잡후대 SNP마커활용 세대단축 개체선발을 통한 육종연한단축
- SNP 마커 활용 선발된 우량육종형질 (내병계 및 기능성) package화



(4) 세부프로젝트의 성과지표 설정방안

- 본 과제는 토마토 신품종을 육종하여 농가에 보급하여 농가소득 증대뿐만 아니라 토마토종자 수입대체가 주목적임
- 성과지표는 개발한 품종 등록수 (품종생산판매신고, 품종보호), 상품화수, 종자판매량, 판매액, 논문, 특허, 교육지도, 홍보물 등으로 함
- 상품화 및 국산화율(수입대체)

예상성과항목		1단계	2단계	총계	주요 고려사항	
공 통 지 표	종자개발 건수					
	품종등록 건수	국내				
		국외				
	종자수출액					
	수입대체 효과					
	국내논문	SCI	1	2	3	
		등재학술지	2	3	5	
	국외논문	SCI				
		비SCI	1	1	2	
	국내특허	출원	1	1	2	
		등록				
	국제특허	출원				
		등록				
매출액	국내					
	국외					
기술이전		1	1	2		

특 성 지 표	인력양성		2	2	4	
	기반구축 실적					
	D/B 구축					
	분자마커					
	유용유전자					
	유용 계통		10	10	20	

(5) 세부프로젝트의 최적연구진 구성안

□ 연구진 구성(대학, 연구기관- 민간 상호 연계사업)

○ 본 과제의 인력은 연구내용과 연구비를 고려하여 연구기간 9년 동안 박사 1명, 석사급 2명, 기타 4명으로 총 연구기간 동안 63명으로 구성함

○ 국가 출연 연구기관 및 대학교 연구소에서 수행이 바람직

세부 프로젝트명	구분	1단계				2단계				
		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
SNP 분석을 통한 세대단축 기술 및 우량 육종소재 개발	책임급	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	선임급	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	원급	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	기타	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	총합	7	7	7	7	7	7	7	7	7

(6) 세부프로젝트의 예산

세부 프로젝트명	구분	1단계				2단계					총계
		연구기간	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	
SNP 분 석을 통한 세대단축기 술 및 우량 육종소재 개발	정부 (억원)	1.2	3	2.8	2.8	2.85	2.75	2.9	2.9	2.9	24.1
	민간 (억원)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	합계	1.2	3	2.8	2.8	2.85	2.75	2.9	2.9	2.9	24.1

□ 예산 설정 근거

- 새로운 유전자원을 탐색하고 도입하여 육종소재로 이용가능한지를 평가 분석함
- 필요한 유전자간에 재육성을 통하여 이용 가능한 계통을 만들며, 유전적 분리를 빨리 고정시키는 기술개발에 드는 비용을 계산함

(7) 종자개발을 위한 수출증대 및 수입대체 전략

(8) 세부프로젝트 사업제안 요구서(RFP)

프로젝트명	수입대체 복합내병성 대과종 토마토 품종육성		
세부 프로젝트명	SNP 분석을 통한 세대단축기술 및 우량육종소재 개발		
연구 기간	2013 ~ 2021 (9 년)	연구비 지원범위	총 2,410백만원 (9년, 정부 2,410백만, 민간 백만원)
과제 성격	<input checked="" type="checkbox"/> 실용화기술(통합형과제)		<input type="checkbox"/> 실용화기술(개별과제)
	<input type="checkbox"/> 원천기술		<input type="checkbox"/> 공공기반기술
연구개발 목표	<p>○ 최종목표 :</p> <ul style="list-style-type: none"> - 토마토 수입대체를 위해 재배안정성이 뛰어나고 환경 친화적 재배가 가능한 품종육성 - 토마토의 소비확대에 기여하고 새로운 소비문화에 부응할 수 있는 품종육성 - 수입대체 고품질 대과종 10품종, 신기능 육종소재 20계통 육성 <p>○ 세부프로젝트목표</p> <ul style="list-style-type: none"> -SNP 분석을 통한 세대단축기술 및 우량육종소재개발 (레드 및 핑크 대과종 순계계통 10점, 원형 및 대추형 방울토마토 순계계통 10점) 		
연구요구	<p>○ 토마토는 주요 육종 목표는 과실 수량 및 숙성, 크기, 색깔, 가용성 고형물 함량과 같이 맛을 결정하는 요인과 병해충 저항성, 환경스트레스 저항성 등 재배 편의성에 집중하고 있으며, 중요한 육종형질은 오랜 기간 동안 유전적 연구와 유전자 연구가 진행되어 풍부한 문헌정보를 가지고 있음</p> <p>○ 또한 육종 과정 중에서 제거해야 할 linkage dragging를 확인할 수 있는 분자마커 개발과 gene pyramiding을 위한 형질 연관 마커 및 교차율을 이용한 후손세대 예측 등 육종에 실질적인 정보를 생산</p> <p>○ 따라서 여교잡 후대에서 일어날 수 있는 교차과정을 SNP분석으로 정보를 파악하여 육종세대 단축한 개체선발을 통해 우량 육종소재개발이 절실히 필요</p> <p>○ 또한 다양한 형질이 집적된 package 계통의 육성이 요구됨</p>		
주요 연구 내용	<p>○ 토마토 RILs 집단의 증식을 통한 시료 확보 및 RILs resequencing</p> <ul style="list-style-type: none"> - 기 확보된 RIL 집단의 재배/증식을 통한 시료 확보 - MAB 검증용 여교잡 집단 (BC₂, BC₃) 구축 - Multiplexed Hiseq-2000 시스템을 이용하여 RIL 집단의 resequencing <p>○ RILs 집단의 형질 정보 조사</p> <ul style="list-style-type: none"> - 분자마커의 검증을 위한 2년 반복 형질 조사 및 내병성, 고기능성(항산화) 물질, 고품질 등 형질 연관 정보의 연차별 조사 - 형질 조사결과를 이용한 QTL mapping <p>○ RILs 집단 resequencing을 통한 SNP 기반의 genetic map 작성</p> <ul style="list-style-type: none"> - 교배 양친에 대한 SNP 정보를 발굴 -SNP 정보를 교배 양친과 비교하여 genotyping을 수행 - SNP 정보의 정확도를 실험적으로 검증 -초고밀도 genetic map 구성 <p>○ 토마토 여교잡 MAB 검증 시스템</p> <ul style="list-style-type: none"> - 자손집단의 SNP 간 관계도 계산하여 지놈의 교차율을 확인 -분자마커를 선발 및 세트 확보 - 기 확보된 내병성, 고기능성(항산화) 물질, 고품질 등 형질에 관련된 분자마커 제작 <p>○ Gene pyramiding 최적화</p> <ul style="list-style-type: none"> - RILs 개체별 염색체 모식화를 통한 Linkage Disequilibrium (LD) 측정 <p>○ MAB용 분자마커기트 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> - 검증된 분자마커를 이용하여 MAB용 분자마커기트 개발 <p>○ SNP 마커 활용 선발된 우량육종형질 (내병성 및 기능성) package화</p>		
시장전망 및 기대효과	<p>○ 양친 집단내 존재하는 모든 SNP를 대량 발굴함. 토마토의 대량 SNP 발굴은 추후 core collection 집단 혹은 육종 소재를 진단하고 검정하는 중요한 자원이 됨</p> <p>○ 목표 형질 관련 유전 조사가 완료될 시, 형질 연관 분자마커 개발에 소요되는 시간을 단축할 수 있으며 교배 집단의 유전양상 및 형질 연관도를 측정할 수 있음</p> <p>○ 식품 소재 및 의약품 소재 개량 기술로 접목할 경우, 농산물보다 부가 가치가 높은 산업과 연계가 가능하며, 파생 기술을 이용하는 산업을 촉진하여 바이오 경제의 경쟁력을 확보함</p>		
자격 및 신청 요건	<p>○ 연구기관 : 관련 품목에 대한 연구개발 역력이 있고 실적이 인정되는 기관</p> <p>○ 신청요건 : 대학, 연구기관</p> <p>○ 기타사항 :</p>		
Keyword	한 글	SNP 분석, 선발, 연관, 유전자집적, 여교잡	
	영 문	SNP application, Selection, Linkage Disequilibrium, gene pyramiding, Backcross	

제2절. 수입대체 복합내병성 방울토마토 품종육성 및 대목 개발

1. 연구개발 목표

1.1 최종목표

- 최근 건강에 대한 관심이 고조되면서 라이코핀, 카로틴, 비타민 함유량이 높은 방울토마토 소비는 날로 증가하고 있음
- 외국산 원형 방울토마토 품종들이 우점 하였으나 최근 당도와 신미가 우수한 국산품종인 미니찰토마토 등의 대추형 방울토마토로 50%정도 전환되고 있으며, 토마토 재배에 있어 지속적인 연작으로 인해 토양 병이 증가하고 연작장해가 일어나 대목에 대한 필요성 역시 증가하고 있음
- 이를 통해 원형계 방울토마토 3품종, 타원형계 방울토마토 4품종, 저온기용 대목토마토 3품종, 고온기용 대목토마토 3품종 등을 개발하고자 함
- 이에 따라 국내 토마토 종자시장에 외국 품종이 점유하고 있는 비율을 2021년까지 30% 이내로 줄여, 방울토마토 국산화 85%, 대목토마토 국산화 70%를 달성하고자 함

1.2 단계별 목표

1단계 ('13~'16)	2단계('17~'21)
<p>고식미계 복합내병성 방울토마토 품종육성</p> <ul style="list-style-type: none"> -고식미계 복합내병성 원형토마토 품종육성 (고정 및 분리 계통 150점, 성능검정 20점) -고식미계 복합내병성 대추형토마토 품종육성 (고정 및 분리 계통 150점, 성능검정 20점) - 계통육종, 고품질 검정, 조합작성 및 평가 -당도 10브릭스 이상, 저장성 우수, 식후 과피 해결, 증장기재배 가능 	<p>고식미계 복합내병성 원형 및 대추형 방울토마토 품종개발 및 상품화, 종자생산</p> <ul style="list-style-type: none"> -고식미계 복합내병성 원형토마토 품종육성 (3품종 상품화) -고식미계 복합내병성 대추형토마토 품종육성 (4품종 상품화) - 국내 방울토마토 종자시장의 국산화 85%이상 점유
<p>복합내병성 증장기 재배용 토마토 대목 품종육성</p> <ul style="list-style-type: none"> - 저온신장성이 강한 복합내병계 토마토 대목 품종육성 (고정 및 분리 계통 150점, 성능검정 20점) - 접목친화성이 우수한 내서성 복합내병계 토마토 대목 품종육성 (고정 및 분리 계통 150점, 성능검정 20점) 	<p>복합내병성 증장기 재배용 토마토 대목 품종개발 및 상품화, 종자생산</p> <ul style="list-style-type: none"> - 저온신장성이 강한 복합내병계 토마토 대목 품종육성 (3품종 상품화) - 접목친화성이 우수한 내서성 복합내병계 토마토 대목 품종육성(3품종 상품화) -국내시장 국산화 70%이상 점유

2. 연구개발 필요성

2.1 연구개발 대상 기술의 경제적·산업적 중요성 및 연구개발의 필요성

- 국내 토마토 재배면적은 '02년부터 건강식품으로 인식되어 '07년까지 연평균 15% 증가 하였으나 현재는 재배면적과 단위면적당 수량은 정체상태에 놓여 있음
 - 재배면적 : ('01) 3,348 → ('06) 6,613 → ('10) 5,270ha → ('12) 6,344ha
 - 생산량 : ('01) 206 → ('06) 433 → ('10) 325천 톤 → ('12) 393천 톤

- 최근 건강에 대한 관심이 고조되면서 기능성 채소의 소비량이 지속적으로 증가하고 있으며 그 중에서도 라이코펜, 카로틴, 비타민 함유량이 높은 토마토 소비는 날로 증가하고 있는 추세임

- 국내 주요 방울 토마토 품종은 몬산토코리아의 유니콘, 다끼이의 큐티 등이며 대부분 글로벌 기업 소유의 토마토 품종이 시장을 우점 하였으나 최근 당도와 신미가 우수한 국산품종인 미니찰토마토 등의 대추형 방울토마토로 50%정도 전환되고 있음

- 토마토 연작에 따른 병해충 발생 증가와 최근 잦아진 저온, 고온, 집중호우 등 기후 변화에 따른 토마토 안정생산이 위협받고 있음. 따라서 풋마름병, 선충 및 TYLCV 등에 복합내병성이면서 환경(내한, 내서, 내습 등)에 적응성이 우수한 수입 대체용 토마토 신 품종의 개발이 시급한 실정임

- 지속적인 연작으로 인해 토양 병이 증가하고 있어 대목에 대한 필요성 역시 증가하고 있음

- 또한 단기간 내에 선진국의 품종 육성 수준으로 도달하기 위해서는 분자마커 이용선발 (Marker-assisted selection, MAS)기술을 이용한 품종개발 연한 단축 및 우량개체 선발효율의 극대화를 통해 경쟁력을 확보하여야 함

2.2 연구개발대상 기술의 국내외 현황

1) 세계적 수준

- 일본의 경우 핑크대과와 방울토마토에서는 내병성과 품질, 대목 품종에서는 복합내병성 육종위주로 연구가 진행되고 있음
- 선진 외국회사에서 개발된 대부분의 토마토 품종은 병해충저항성 유전자를 최소한 5가지(*Mi*, *Cf*, *Tm2*, *Ve*, *I* 등) 이상 보유하고 있음
- 토마토 품종 육성에 생명공학기술을 적극 활용하여 병해충 저항성 선발 시 DNA marker를 이용하여 선발 효율을 극대화시키고 육종 연한을 단축하고 있음
- 토마토 유전체는 미국의 NSF의 지원하에 Cornell 대학 연구팀의 주도로 완전 해독되어 발표한 상태이며, 이미 6,000여개의 RFLP, SSR, CAPS 마커들로 구성된 12개 염색체의 physical map에 관한 상세한 정보가 Sol Genome Network을 통해 세계적으로 공유되고 있음
- 육종에 있어 분자표지의 중요성이 크게 부각되어 있으며, 다국적 종자회사들을 중심으로 자체 마커 개발기술과 High-throughput(HT)-MAS system 확립에 많은 투자를 하고 있는데, 세계적 마커개발 전문회사인 Keygene에 대한 네덜란드, 프랑스, 일본의 주요 종자회사들의 공동투자와 기술 활용이 대표적인 예라 할 수 있음

2) 국내수준

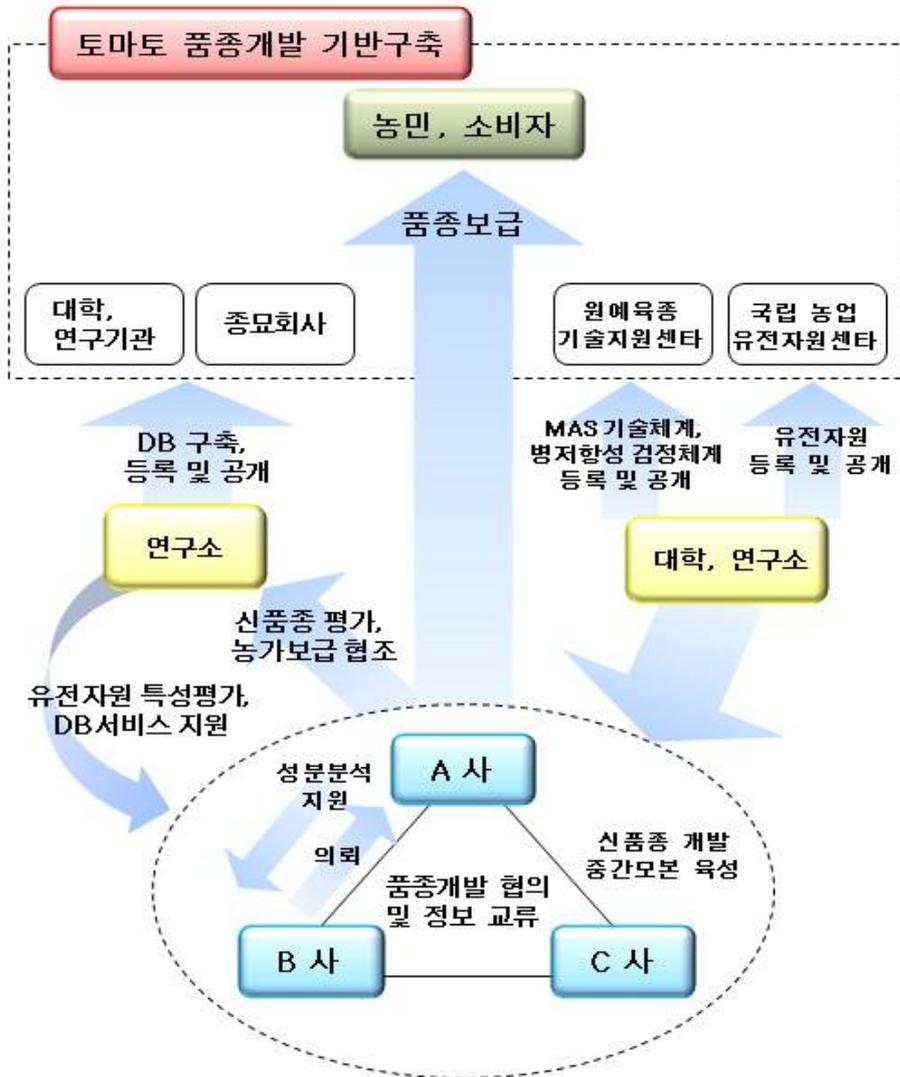
- 토마토 품종육성 선진국의 경우 유전자원의 수집 및 평가의 역사가 오래되고 체계적으로 관리되고 있으나 국내 토마토 유전자원은 주로 관련 연구소, 종묘회사 등에서 자체적으로 수집, 관리되고 있어 이용의 범위가 제한적임
- 현재 국내에서 보급되고 있는 품종도 4~5가지 병해에 대해서 저항성을 가지고 있으나 환경적응성과 원예적 특성에 있어서 외국 품종에 비해 경쟁력이 떨어짐
- 국가 및 지자체 육종연구기관에서 고정종 방울토마토, 송이토마토, 완숙형 토마토 품종을 육성하고 있으며 채종 효율을 높이기 위해 옹성불임을 이용한 F1 품종이 개발됨
- 토마토육종에 참여하고 있는 국내 기업이 극소수이며 토마토육종의 가장 큰 핵심 요소인 내병성육종 부분의 기술력 및 연구기반이 취약함
- 국내 다국적 종자회사를 중심으로 몇 가지 병저항성 분자마커를 이용하여 선발하고 있으나 그 외 종자회사에서는 분자마커 활용에 관심은 있으나 투자를 주저하고 있는 실정임
- MAS 시스템을 이용한 육종 효율을 증진하기 위한 MAS 기술력의 확보가 미진함
- 미국, 유럽에서 개발되어진 마커들을 중심으로 국내의 다국적 종묘회사는 기존에 개발된 마커를 이용하여 내병성 계통육성이 진행되고 있는 상황이지만, 국내 종묘회사에서는 유전자 클로닝 및 지도 작성 등을 통한 새로운 마커의 자체적 개발 실적이 거의 전무할 뿐만 아니라 적용기술 수준도 낮은 상황임

3. 기존 연구와의 중복성 및 연계방안

구분	유사과제 · 키워드 검색 결과		유사·중복성			의견
	과제명 (과제관리기관, 연구기간)	과제수행기관 (연구책임자)	없음	일부 유사	중복	
기획이후	토마토 복합내병성 및 환경 저항성 계통 육성 (농진청, 2012-2016)	원예특작원 (최학순)		○		민간회사에서 상업용 계통 육성하기 때문에 용도가 다름
기획이후	중국 수출용 대과 및 미니 토마토 품종 개발 (IPET, 2010-2015)	토마토생명과학 연구소 (김명권)				이관과제 -산동,하북형 대과종개발 -북경, 상해형 미니개발
기획이후	토마토 TYLCV 저항성 계통 육성 (농진청, 2010-2012)	원예특작원 (최학순)	○			
기획이후	토마토 꽃마름병 및 시들병 저항성 계통 육성 (농진청, 2009-2011)	원예특작원 (최학순)		○		민간회사에서 상업용 계통 육성하기 때문에 용도가 다름
기획이후	토마토 고품질·복합내병성 품종육성 및 분자표지 개발 (IPET, 2008-2013)	주)농우바이오 (원동찬)		○		민간회사에서 상업용 계통 육성하기 때문에 용도가 다름
기획이후	MAS 이용 복합내병성 계통 육성 (농진청, 2008-2009)	원예특작원 (최학순)	○			
기획이후	토마토 분자표지 기술의 실용화 및 TYLCV 저항성 마커 개발 (농진청, 2008-2009)	부산대 (박영훈)	○			
기획이후	여교잡 효율 증진을 위한 토마토 분자유종 기술 개발 (농진청, 2008-2009)	서울대 (강병철)	○			
기획이후	고품질 방울토마토 품종육성(농진청, 2008-2010)	부여토마토시험장 (박권서)		○		민간회사에서 상업용 계통 육성하기 때문에 용도가 다름
기획이후	고품질 완숙대과 토마토 품종육성 (농진청, 2008-2010)	원예특작원 (정해봉)		○		민간회사에서 상업용 계통 육성하기 때문에 용도가 다름
기획이후	시설재배용 토마토 대목 품종 개발 (농진청, 2008-2010)	동부하이텍 (김원기)		○		민간회사에서 상업용 계통 육성하기 때문에 용도가 다름
기획이후	고품질 송이형 토마토 신품종 개발(농진청, 2008-2010)	삼성종묘 (백남권)		○		민간회사에서 상업용 계통 육성하기 때문에 용도가 다름
기획이후	고기능성 토마토 품종육성(농진청, 2008-2010)	현대종묘 (손길우)		○		민간회사에서 상업용 계통 육성하기 때문에 용도가 다름
기획이후	친환경재배에 알맞은 흑색송이형 토마토 품종육성(농진청, 2008-2010)	전남도원 (서종분)		○		민간회사에서 상업용 계통 육성하기 때문에 용도가 다름

4. 프로젝트 추진체계 및 추진전략

4.1 프로젝트 추진체계



4.2 프로젝트 추진전략

- 소재육성과 계통육성, 조합선발시험, 선발된 조합은 농가실증시험 실시
- 세대진전으로 빠른 유전적 순화 및 고정화, 시교생산
- 분자마커를 활용하여 유전적 초기세대 선발 및 확인
- 영업 마케팅 회사와 연계하여 시장 진입
- Network search : internet, 문헌, 특허, 유전자 은행, 연구사례 등
- 국내외 관련 학회 참가 : 국제원예학회, 육종학회, 식물병리학회 등
- 국내외 토마토 재배 단체 및 육종 연구자와 상호교류 : 종묘회사, 대학, 재배농가 등
- 다양한 병 저항성 계통 수집 및 분리, 평가
- 분자마커를 이용한 유전자원 평가
- 병리 검정법 개발을 통한 유전자원 평가
- 국내에서 연 2세대 진행 및 해외 포장을 이용한 세대진전
- 교배 조합 작성 및 장내 성능검정 진행
- 국내외 토마토 분자마커 개발과 활용수준 현황 분석
- 품종육성에 필요한 다각적인 분자마커활용 분야(주요 형질선발용 마커, 여교잡 마커, 품종 판별용 마커 등) 설정
- 다국적기업 및 선진국 연구기관의 마커기술 벤치마킹과 모델링
- 분자마커 적용이 필요한 목표형질 설정 및 마커개발을 위한 오믹스 차원의 기술적 접근법 모색
- 국내 환경에 적합한 소규모 종자회사 대상 분자마커이용선발(MAS) 지원 시스템
- 국내외 주요 토마토 병의 생물검정기술 활용현황 분석 및 프로토콜 개발
- 전통육종기술-마커이용선발-생물검정 3자 연계구도의 통합적 육종프로그램안 제시
- 목표달성을 위한 국내 최적 연구팀 구성 및 구성원 간 연계체계 제시

5. 프로젝트 Micro 로드맵

단계별 목표		1단계				2단계					최종목표
		수입대체용 토마토 품종의 기반구축 및 신품종 개발 및 상용화				복합 내병성, 내재해성 품종개발 및 상용화, 종자생산 기반구축					
중점연구영역		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	프로젝트 목표
수입대체 복합내병성 방울토마토 품종육성 및 대목개발	고식미계 복합 내병성 방울토마토 품종육성	고식미계 방울토마토 소재 수집, 우수 자원 선발 및 계통 육성									- 원형 3품종 개발 - 대추형 4품종 개발
		GMS를 활용한 종자생산 체계 구축, 계통 내병성 검정 및 예비조합 작성									
		성능 검정 및 조합 선발									
		농가 적응성 검정 및 제육, GMS를 활용한 생산력 시험									
		품종 생산관매신고, 품종보호출원, 상업화									
	복합내병성 중장기 재배용 토마토 대목 품종육성	연작지 토양 전염성 병 피해조사 및 복합내병성 대목 소재 수집									- 저온신장성 토마토 대목 3 품종 개발 - 복합내병계 내서성 토마토 대목 3품종 개발
		계통육성, 마커분석 및 생물검정 병행									
		성능 검정 및 조합 선발									
		토양 전염성병 유묘검정법 개선 및 농가 내병성 검정, 시험재배									
		품종 생산관매신고, 품종보호출원, 상업화									

6. 세부프로젝트 추진계획

1) 고식미계 복합내병성 방울토마토 품종육성

(1) 세부프로젝트 도출 배경

가. 연구개발 대상 기술의 경제적·산업적 중요성 및 연구개발의 필요성

- 최근 건강에 대한 관심이 고조되면서 기능성 채소의 소비량이 지속적으로 증가하고 있으며 그 중에서도 라이코핀, 카로틴, 비타민 함유량이 높은 토마토 소비는 날로 증가하고 있는 추세임
- 국내 주요 방울 토마토 품종은 몬산토코리아의 유니콘, 다끼이의 큐티 등이며 대부분 글로벌 기업 소유의 토마토 품종이 시장을 우점 하였으나 최근 당도와 신미가 우수한 국산품종인 미니찰토마토 등의 대추형 방울토마토로 50%정도 전환되고 있음
- 토마토 품종 육성 재료를 다양화하기 위하여 유전자원 수집 및 평가를 지속적으로 수행하고 있으며 세계적으로 유명한 외국 시판 품종들의 동향을 분석하기 위해 시판 품종 수집 및 평가도 매년 지속적으로 수행하고 있음
- 특히 방울토마토 품종 육성연구를 1996부터 수행하여 2004년 ‘원홍 1호’ (품종 보호 제 1470) 등 5품종을 육성하여 품종 보호등록을(품종보호 제 1470, 품종보호 제 1471, 품종보호 제 1472, 품종보호 제 1473, 품종보호 제 1474) 한 바 있음
- 토마토 품종 육성을 활성화하고 채종 기술을 개발하기 위하여 1996년 토마토 옹성불임 유전자원을 수집 평가하여 품종 육성에 활용 가능한 옹성불임 유전자 2-132(ms-10) 등 5점을 선발하여 1998년 12월 국내 11개 종묘회사에 무상으로 종자를 분양 (관련 : 종협 제 960호, 채육 51855-89) 한 바 있음

나. 연구개발대상 기술의 국내외 현황

□ 세계적수준

- 해외의 토마토 육성 역사는 국내보다 많이 앞서 있으며 수량, 환경적응성, 저장성 및 내병성에 더해 품질 위주의 육성이 많이 이루어지고 있음

- 일본의 경우 핑크계 대과와 방울토마토에서 내병성, 품질, 대목 품종에서 복합내병성 위주로 육종이 이루어지고 있음
- 글로벌기업들의 토마토 품종들은 다양한 병해충 저항성 유전자를 가지고 있음
- 토마토 품종 육성에 분자마커 기술을 이용하여 선발 효율을 극대화하고 있음
- 다양한 유전자원을 확보하고 있음

□ 국내수준

- 토마토 품종육성 선진국의 경우 유전자원의 수집 및 평가의 역사가 오래되고 체계적으로 관리되고 있으나 국내 토마토 유전자원은 주로 관련 연구소, 종묘회사 등에서 자체적으로 수집, 관리되고 있어 이용의 범위가 제한적임
- 현재 국내에서 보급되고 있는 품종은 4~5가지 병해에 대해서 저항성을 가지고 있으나 환경적응성과 원예적 특성에 있어서 외국 품종에 비해 경쟁력이 떨어짐

(2) 세부프로젝트 최종 목표

- 국내 환경에 적합하고 착과 비대가 균일하고, 생리장해가 없으며, 당도 10브릭스 이상, 저장성 우수, 식후 과피 해결, 중장기재배 가능한 원형 및 대추형 방울토마토 F1 품종육성 (원형 3품종 이상, 대추형 4품종 이상 개발)
- 방울토마토 종자의 국산화 85% 이상 달성

(3) 세부프로젝트의 추진방법 및 전략

가. 추진방법

- 유용 유전자원 수집 및 특성 분석을 통한 우수 자원 선발
 - 재료 : 해외 유전자은행 등 유전자원 수집 및 육성 계통
 - 처리 : 수집된 유전자원 및 육성계통

- 활용 : 내병성 재료 개발로 활용
 - 조사내용 : 내병성 도입여부, 과장, 과정, 과중 등 원예적 형질
 - 선발: 당도 식미 등 과실의 품질이 우수한 자원 수집 및 선발
- 고당도, 고식미 등 고품질에 복합내병성 우수 계통 육성
- 재료 : 기 수집된 자원 300점, 고정 및 분리 계통 150점
 - 처리 : 기 수집된 재료 70점, 고정 및 분리 계통 100점, 성능검정 20점
 - 활용 : 재료 개발 및 조합작성 재료로 활용
 - 조사내용 : 과장, 과정, 과중 등 원예적 형질
- 고당도, 고식미 등 고품질에 복합내병성 우수 계통 재조합 및 선발
- 처리 : 수집된 유전자원
 - 활용 : 내병성 재료 개발로 활용
 - 조사내용: 내병성도입여부, 과장, 과정, 과중 등 원예적 형질
 - 재료 : 선발 재료, 고정 및 분리 계통
 - 처리 : 선발 재료 고정 및 분리 계통 200점, 성능검정 30점
 - 활용 : 재료 개발 및 조합작성 재료로 활용, 품종 육성을 위한 계통 선발
 - 조사내용 : 과장, 과정, 과중 등 원예적 형질
- 고당도, 고식미 등 고품질에 복합내병성 우수 계통 선발 및 계통육성
- 재료 : 선발 재료, 고정 및 분리 계통
 - 처리 : 고정 및 분리 계통 300점, 성능검정 50점
 - 활용 : 재료 개발 및 조합작성 재료로 활용
 - 조사내용 : 과장, 과정, 과중 등 원예적 형질, 내병성 검정
 - 재료 : 선발 재료, 고정 및 분리 계통
 - 처리 : 선발재료 및 계통, 분자표지 이용 가능한 내병성
 - 활용 : 내병성 재료 개발 활용 (대과 및 대목용 품종 개발)
 - 조사내용 : 과장, 과정, 과중 등 원예적 형질, 내병성
- 경제적인 종자 생산 체계 구축
- 방울토마토의 채종 효율성을 높이기 위하여 모계로 사용할 GMS 계통 육성

- 수입대체용 고품질 우수 품종 개발
- 고정된 계통을 이용한 다양한 조합작성
- F1 조합의 조합능력검정 및 지역적응성 시험 실시
- 수입대체용 고품질 방울토마토 F1 품종 개발 및 품종 등록

나. 연구 추진전략

- 유용 유전자원 검색 및 국내외 유전자원은행으로부터의 도입
- 도입된 유전자원의 특성검정 및 평가
- 마커검정을 통한 육성효율의 증진
- 고품질, 복합내병성을 위한 계통내 유전자 집적
- 개발된 국산품종의 보급방안 확립

(4) 세부프로젝트의 성과지표 설정방안

- 본 과제는 토마토 신품종을 육종하여 농가에 보급하여 농가 소득증대뿐만 아니라 토마토종자 수입대체가 주목적임
- 성과지표는 개발한 품종 등록수(품종생산판매신고, 품종보호), 상품화수, 종자판매량, 판매액, 논문, 특허, 교육지도, 홍보물 등으로 함
- 상품화 및 국산화율(수입대체)

예상성과항목		1단계	2단계	총계	주요 고려사항	
공 통 지 표	종자개발 건수	3	4	7		
	품종등록 건수	국내	3	4	7	
		국외				
	종자수출액					
	수입대체 효과(%)		60	70	70	최소70%,최대85%달성
	국내논문	SCI				
		등재학술지	1	2	3	
	국외논문	SCI				
		비SCI				
	국내특허	출원				
		등록				
	국제특허	출원				
		등록				
매출액(억원)	국내	50	63	63	최소 70%달성시 산정	
	국외					
기술이전						

특 성 지 표	인력양성	2	3	5		
	기반구축 실적					
	D/B 구축					
	분자마커					
	유용유전자					
	언론홍보	4	5	9		
	교육 및 지도	15	20	35		

(5) 세부프로젝트 최적 연구진 구성안

- 연구진 구성(국내 연구소 보유 민간회사)
 - 풍부한 경력을 보유한 연구인력 확보
 - 한중일 삼국의 유전자원을 확보하고 이들 유전자원의 특성을 이해한 고경력 육종가
 - 순차적 육종목표 도달을 위한 계통육성 능력 보유 고경력 육종가
 - 육종학 박사 1명, 연구원 학사 2명, 연구보조 2명이 토마토만 집중적으로 품종개발을 하는 회사

세부 프로젝트명	구분	1단계				2단계				
		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
고식미계 복합 내병성 방울 토마토 품종육 성	책임급	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	선임급					1	1	1	1	1
	원급	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	기타	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	총합	5	5	5	5	6	6	6	6	6

(6) 세부프로젝트 예산

세부프로젝트명	구분	1단계				2단계					총계
		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	
고식미계 복합 내병성 방울토 마토 품종육성	정부 (억원)	1.4	3.1	2.7	2.65	2.7	2.5	2.9	2.9	2.9	23.75
	민간 (억원)	0.55	1.35	1.02	1	1	1	1.23	1.23	1.48	9.86
	합계	1.95	4.45	3.72	3.65	3.7	3.5	4.13	4.13	4.38	33.61

□ 예산 설정 근거

- 국내 방울토마토는 원형계와 타원형계(대추형)로 나뉘며, 또한 저온기재배용과 고온기재배용으로 구분하여 품종을 개발해야 되는 것을 감안하여 예산을 산정함
- 2008-2010년 부여토마토시험장에서 주관하여 ‘고품질 방울토마토 품종육성’ 과제는 육종소재개발로 정부예산 평균 5천만원이 투자 되었으므로 품종화하여 농가에 보급하여 대체율을 85%까지 올리기 위해서는 본 과제의 예산이 타당함

(7) 종자개발을 통한 수출증대 및 수입대체 전략

※ 개발, 생산, 유통, 기술보급 등 세분화된 전략도출

(8) 세부프로젝트 사업제안요구서(RFP)

프로젝트명	수입대체 복합내병성 방울토마토 품종육성 및 대목 개발		
세부 프로젝트명	고식미계 복합내병성 방울토마토 품종육성		
연구 기간	2013 ~ 2021 (9 년)	연구비 지원범위	총 3,361백만원 (9년, 정부 2,375백만, 민간 986백만원)
과제 성격	<input checked="" type="checkbox"/> 실용화기술(통합형과제)		<input type="checkbox"/> 실용화기술(개별과제)
	<input type="checkbox"/> 원천기술		<input type="checkbox"/> 공공기반기술
연구 개발 목표	<p>○ 최종목표 :</p> <ul style="list-style-type: none"> - 토마토 수입대체를 위해 재배안정성이 뛰어나고 환경 친화적 재배가 가능한 품종육성 - 토마토의 소비확대에 기여하고 새로운 소비문화에 부응할 수 있는 품종육성 - 수입대체 방울토마토 7품종, 대목 6품종 개발 <p>○ 세부프로젝트목표</p> <ul style="list-style-type: none"> - 수입대체용 방울토마토 7품종 이상 개발(원형 3품종, 대추형 4품종 이상) - 개발 품종에 당도 10브릭스 이상, 저장성 우수, 식후 과피 해결, 증장기재배 가능 		
연구 필요성	<p>○ 국내 방울토마토 시장은 원형이 주종을 이루고 있으나 당도와 식미가 더 우수한 대추형 시장으로 빠르게 전환되고 있음</p> <p>○ 국내 주요 원형 방울토마토 품종은 몬산토코리아의 유니콘, 다끼이의 큐티 등이며 대부분 글로벌 기업 소유의 토마토 품종이 시장을 우점하고 있음</p> <p>○ 급변하는 기후나 재배환경에 적응할 수 있는 내재해성(연작, 고온, 다습, 내한성, 내염성 등) 품종요구도가 증가하고 있음</p> <p>○ 최근 각종 병 발생 증가로 인한 수량 감소 및 품질 저하, 웰빙 흐름에 따른 친환경 재배의 증가 등의 이유로 토마토 복합 병저항성 육성의 필요성이 대두됨</p>		
주요 연구 내용	<p>○ 유용 유전자원 수집 및 특성 분석을 통한 우수 자원 선발</p> <ul style="list-style-type: none"> - 고식미계 내재해성 및 내병성 유전자원 - 재배안정성 방울 토마토 유전자원 - 생육 및 과실 특성평가 - 병저항성 마커 검정에 의한 선발 후 포장검정 <p>○ GMS를 이용한 경제적인 종자 생산 체계 구축</p> <ul style="list-style-type: none"> - 여교배를 통한 GMS 계통화 (년 5점 이상) <p>○ 수입대체용 고품질 우수 방울토마토 계통화</p> <ul style="list-style-type: none"> - 재육성으로 다양한 순계계통(년 10점 이상) - 우량한 parent line의 육성(년 20점 이상) - Multi 내병성 계통육성(년 10점 이상) <p>○ 고당도, 고식미 등 고품질에 복합내병성이 추가된 우수 계통 육성</p> <p>○ 수입대체용 고품질, 복합내병성 우수 방울토마토 품종 개발 (TYLCV, GLS, LM, N 내병성 등이 반드시 포함되어야 함)</p> <p>○ 고식미계 복합 내병성 방울토마토 상품화</p> <ul style="list-style-type: none"> - 지역별, 작형별 적응성시험으로 농가현장에서 평가 선발 - 품종등록, 세미나, 홍보, 판매 --> 상품화 		
시장 전망 및 기대 효과	<p>○ 수입대체용 국산 품종 개발을 통한 국내 방울토마토 종자주권 확보</p> <p>○ 특성이 검증된 유용 유전자원 보유를 통한 육종기반 구축</p> <p>○ 선진국과의 육종기술 격차 극복을 통한 글로벌 경쟁력 확보</p> <p>○ 농가에 안정적인 종자공급 가능</p> <p>○ 수입으로 인한 비싼 종자값 절감을 통한 재배농가의 경영비 절감</p>		
자격 및 신청 요건	<p>○ 연구기관 자격 : 토마토 육종기술이 축적되어 있고 토마토 품종개발을 하여 보급해본 실적이 있는 기관</p> <p>○ 신청 요건 : 토마토 전문육종가 보유, 토마토 전문 육종회사</p> <p>○ 기타 사항 :</p>		
Keyword	한 글	토마토, 육종, 고식미, 내병성	
	영 문	Tomato, Breeding, Good taste, Disease resistance	

2) 복합내병성 증장기 재배용 토마토 대목 품종육성

(1) 세부프로젝트 도출배경

가. 연구개발대상 기술의 경제적·산업적 중요성 및 연구개발의 필요성

- 지속적인 연작으로 인해 토양 병이 증가하고 있어 대목에 대한 필요성 역시 증가하고 있음
- 국내 주요 대목 품종은 다끼이의 B블로킹, 몬산토코리아의 신청강 등이며 대부분 글로벌 기업 소유의 토마토 품종이 시장을 우점하고 있음
- 시설 재배의 특성상 지속적으로 연작에 의한 토양환경 악화로 인해 대목의 필요성은 증가할 것이며, 시장규모도 커갈 것으로 예상됨
- 토양살균제에 의한 토양 살균은 토양환경을 파괴하며 수질오염을 유발되며, 친환경 토마토 재배를 위한 토마토 대목육성이 시급한 실정임

나. 연구개발대상 기술의 국내외 현황

□ 세계적 수준

- 해외의 토마토 육성 역사는 국내보다 많이 앞서 있으며 수량, 환경적응성, 저장성 및 내병성에 더해 품질 위주의 육성이 많이 이루어지고 있음
- 일본의 경우 핑크계 대과와 방울토마토에서 내병성, 품질, 대목 품종에서 복합내병성 위주로 육종이 이루어지고 있음
- 글로벌기업들의 토마토 품종들은 다양한 병해충 저항성 유전자를 가지고 있음
- 토마토 품종 육성에 분자마커 기술을 이용하여 선발 효율을 극대화하고 있음
- 다양한 유전자원을 확보하고 있음

□ 국내수준

- 국내 토마토 유전자원은 주로 관련 연구소, 종묘회사 등에서 자체적으로 수집, 관리되고 있으며, 활용도가 낮음
- 토양병 저항성 유전자원의 경우 특히 부족하며 병 저항성 평가에 있어서도 그 기술력이 다소 떨어짐
- 국내 육성 품종 중 우수한 품종도 일부 있으나 시장 점유율 면에서 미미함
- 토마토 육종에 참여하고 있는 국내 기업이 극소수이며 토마토 육성의 가장 큰 핵심 요소인 내병성 육종의 기술력 및 연구기반이 취약한 편임
- 국내 진출한 글로벌 기업에서 해외 유전자원을 바탕으로 국내용 토마토 품종 개발이 이루어지고 있음

(2) 최종목표

- 저온신장성이 강한 복합내병계 토마토 대목 품종육성 (3품종 상품화)
- 접목친화성이 우수한 내서성 복합내병계 토마토 대목 품종육성 (3품종 상품화)
- 국내 대목시장 국산화 70%이상 점유

(3) 세부프로젝트의 추진방법 및 전략

가. 추진방법

- 유용 유전자원 수집 및 종자 증식
 - 청고병, 갈색근부병, 시들음병, 반시들음병, 근부위조병, 고구마뿌리혹선충 등 주요 병충해에 대한 저항성 소재 평가 및 선발
- 병 접종 및 유묘검정 조건 확립
 - 접종농도, 접종모령, 접종후의 재배환경(온도)를 구명하여 최적 검정조건 설정

- 저항성유전자원간의 교배조합 작성과 계통분리
 - 청고병, 갈색근부병은 유묘검정과 오염포장에서의 포장저항성 검정을 통해 저항성 개체 선발
 - 시들음병, 반시들음병, 근부위조병, 고구마뿌리혹선충 저항성은 저항성 마커를 이용하여 개체 선발

- 선발 유전자원의 세대진전을 통하여 유용형질의 고정
 - 1년 2세대로 형질 고정 연한 단축
 - 저온과 고온 조건에서 온도적응성 검정
 - 수직, 수평적 근계분포를 조사하여 재배환경 적응성 및 장기재배 적응성 조사
- 선발계통간의 교배조합 작성과 교배조합의 복합내병성 검정

- 육성계통의 보완을 위한 새로운 교배조합 작성
 - 1단계의 육성결과를 세밀히 분석하여 문제점을 발굴하고 해결을 위한 새로운 교배조합을 작성하여 1단계와 같은 방법으로 계통육성
- 1단계 선발조합의 접목적응성 검토
 - 수량과 품질 조사
- 1단계 선발조합의 계절별 환경적응성 검정(생산력 검정)
 - 고온기, 저온기별로 수량과 품질 조사
- 1단계 선발조합의 생산력 검정
- 1단계 선발조합에 대해 농가 오염포장에서의 현지실증 시험 실시
- 2단계 선발 계통의 교배조합 작성, 조합능력 검정과 접목적응성 검정
- 2단계 선발조합의 생산력 검정 및 농가실증 시험
- 육성된 조합에 품종명을 부여하고 신품종 보호 출원

나. 추진전략

○ 유전자원 및 정보 수집

- 농촌진흥청의 유전자원센터, AVRDC, 대목 전문 육종회사와 협력을 통해 성과를 달성할 수 있는 유전자원과 정보 수집

○ 청고병 접종조건 확립과 오염포장 준비

- 청고병 감수성 품종은 100% 이병되고, 내병성 품종은 30%정도가 생존할 수 있는 접종조건을 구명하기 위해 접종 균의 농도, 접종 묘령, 치상온도를 구명함, 청고병과 갈색근부병에 이병된 식물체를 이용하여 인위적으로 오염포장을 조성함

○ 유전자원의 종자증식, 특성 조사 및 내병성 평가

- 고정계통은 하우스에 심어 시험용 종자증식을 하고 시판 교배종은 연구목적에 부합하는 품종 간에 복교배종을 작성하여 채종
- 청고병의 유묘검정에서 생존한 개체에 대해 시들음병, 반시들음병, 근부위조병, 고구마 뿌리혹선충을 저항성 마커를 이용하여 내병성을 검정하여 생존개체를 선발함

○ 세대진전을 통하여 유용형질의 고정

- 1년 2세대로 유묘검정과 포장검정, 저항성 마커를 이용한 선발을 되풀이 함. F5, 6, 7세대에서는 선발계통의 뿌리 생육상태를 수평적, 수직적으로 관찰하여 근계분포 특성을 조사하고 교배조합 작성의 참고자료로 활용하며 근계 형성의 유전적 특성을 파악함

○ 선발계통간의 교배조합 작성과 교배조합의 복합내병성 검정

- F7세대에서 선발된 계통 간에 교배조합을 작성함. 양적유전을 하는 청고병과 갈색근부병은 모계, 부계 모두 내병성 계통이어야 하며 그 외의 병에 대하여는 모계, 부계 어느 한쪽만 저항성을 가지면 됨. 내병성 외에 초세, 근계발달특성을 고려함

○ 육성계통의 보완을 위한 새로운 교배조합 작성

- 제1단계의 마지막 연도, 또는 제2단계 초년도에 그간의 육성결과를 평가하여 보완이 필요한 경우 다시 교배조합을 작성함

○ 접목적응성(친화성) 검토

- 선발조합에 토마토 접수품종(시판품종)을 접목하여 초세, 수량, 과실의 품질을 고온기, 저온기별로 검토하여 우수조합을 선발하고 선발된 조합의 생산력을 2회 평가

○ 농가 오염포장에서의 현지실증 시험 실시

- 청고병 등의 토양전염성 병에 오염된 농가포장을 선정하여 2회 이상 생산력과 품질, 내병성 평가를 실시함

○ 신품종 보호출원

- 우수성이 인정된 조합은 품종명을 부여하고 신품종 보호출원을 하여 육성품종에 대한 권리를 보호받음

(4) 세부프로젝트의 성과지표 설정방안

- 본 과제는 토마토 신품종을 육종하여 농가에 보급하여 농가소득 증대뿐만 아니라 토마토종자 수입대체가 주목적임
- 성과지표는 개발한 품종 등록수 (품종생산판매신고, 품종보호), 상품화수, 종자판매량, 판매액, 논문, 특허, 교육지도, 홍보물 등으로 함
- 상품화 및 국산화율(수입대체)

예상성과항목		1단계	2단계	총계	주요 고려사항	
공 통 지 표	종자개발 건수	2	4	6		
	품종등록 건수	국내	2	4	6	
		국외				
	종자수출액					
	수입대체 효과(%)		30	70	70	
	국내논문	SCI				
		등재학술지	1	2	3	
	국외논문	SCI				
		비SCI				
	국내특허	출원				
		등록				
	국제특허	출원				
등록						
매출액(억원)	국내	15	28	28		
	국외					
기술이전						

특 성 지 표	인력양성	2	2	4		
	기반구축 실적					
	D/B 구축					
	분자마커					
	유용유전자					
	언론 홍보	2	3	5		
	교육 및 지도	10	15	25		

(5) 세부프로젝트의 최적연구진 구성안

□ 연구진 구성(민간회사 - 국가 연구기관 상호 연계사업)

○ 풍부한 육성 경력을 보유한 연구진과 생물검정과 동시에 분자육종이 가능한 연구팀을 보유한 민간 또는 연구기관

세부 프로젝트명	구분	1단계				2단계				
		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
복합내병성 중장기 재배용 토마토 대목 품종육성	책임급	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	선임급									
	원급	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	기타	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	총합	4	4	4	4	4	4	4	4	4

(6) 세부프로젝트의 예산

세부 프로젝트명	구분	1단계				2단계					총계
		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	
복합내병성 중장기 재배용 토마토 대목 품종육성	정부 (억원)	1	2.2	2.1	2.1	2.15	2.05	2.3	2.3	2.3	18.5
	민간 (억원)	0.3	0.84	0.66	0.66	0.66	0.66	0.8	0.8	0.89	6.27
	합계	1.3	3.04	2.76	2.76	2.81	2.71	3.1	3.1	3.19	24.77

□ 예산 설정 근거

- 토마토대목 육종을 위하여 청고병, 위조병, 반신위조병, 선충, 근부위조병, 갈색 근부병, 역병, 바이러스 등 많은 병을 검정해야 되고, multi 내병성이 있는 계통을 육성해야 함
- 분자마커검정과 생물검정을 동시에 실시하며, 포장저항성을 확인하여 품종을 개발해야 하는 것을 감안하여 예산을 산정함

(7) 종자개발을 위한 수출증대 및 수입대체 전략

(8) 세부프로젝트 사업제안 요구서(RFP)

프로젝트명	수입대체 복합내병성 방울토마토 품종육성 및 대목 개발		
세부 프로젝트명	복합내병성 증장기 재배용 토마토 대목 품종육성		
연구 기간	2013 ~ 2021 (9 년)	연구비 지원범위	총 2,477백만원 (9년, 정부 1,850백만, 민간 627백만원)
과제 성격	<input checked="" type="checkbox"/> 실용화기술(통합형과제)		<input type="checkbox"/> 실용화기술(개별과제)
	<input type="checkbox"/> 원천기술		<input type="checkbox"/> 공공기반기술
연구 개발 목표	<p>○ 최종목표 :</p> <ul style="list-style-type: none"> - 토마토 수입대체를 위해 재배안정성이 뛰어나고 환경 친화적 재배가 가능한 품종육성 - 토마토의 소비확대에 기여하고 새로운 소비문화에 부응할 수 있는 품종육성 - 수입대체 방울토마토 7품종, 대목 6품종 개발 <p>○ 세부프로젝트목표</p> <ul style="list-style-type: none"> - 저온신장성이 강한 복합내병계 토마토 대목 품종육성 (3품종 상품화) - 접목친화성이 우수한 내서성 복합내병계 토마토 대목 품종육성 (3품종 상품화) - 국내 대목시장 국산화율 70%이상 점유 		
연 필 요 구 성	<p>○ 토마토는 주로 시설재배를 통하여 생산되기 때문에 연작에 대한 피해가 큼</p> <p>○ 토양살균제에 의한 토양살균은 토양환경을 파괴하며 수질오염을 유발함</p> <p>○ 친환경 토마토 재배를 위한 토마토 대목육성이 시급한 실정임</p> <p>○ 국내 대목토마토 시장은 해외 육성품종들이 대부분을 점유하고 있는 실정임</p> <p>○ 해외 육성품종들은 종자구입비를 증가시키며 막대한 로열티를 지출시킴</p> <p>○ 농가의 종자구입 부담을 줄이며 로열티 지출을 낮추며 친환경 장기 재배가 가능한 토마토 대목 개발이 필요</p>		
주 요 연구 내용	<p>○ 유전자원 수집 및 기보유계통의 특성 평가</p> <ul style="list-style-type: none"> - DNA marker 및 병접종을 이용한 유용유전자원 선발 - 병 접종을 통한 선발유전자원 및 기 보유계통의 병저항성 정도판별 - 선발 유전자원의 세대진전 - 선발 유전자원 및 계통의 접목 친화성 평가 <p>○ 조합작성 및 선발</p> <ul style="list-style-type: none"> - 기 보유계통 및 육성계통들 간 F1 조합작성 - DNA marker 및 병 접종을 통한 조합들의 병저항성 정도 판별 - 선발 조합들의 접목 친화성 평가 <p>○ 재배시험</p> <ul style="list-style-type: none"> - 농가재배시험을 통한 선발 조합 및 품종의 성능검정 - 재배포장에서 발현되는 병저항성, 접목친화성 장기재배 및 다수확 가능 여부를 평가 하고 농가호응도와 평가를 반영하여 계통 및 선발 조합들의 단점을 보완 		
시장 전망 및 기대 효과	<p>○ 국내 기술로 육성된 품종보급으로 인한 토마토 재배농가의 종자 부담 감소 및 로열티 지급 감소</p> <p>○ 친환경 장기재배가 가능하므로 우수 토마토 생산이 가능해짐</p> <p>○ 친환경 생산물로 인한 토마토 소비가 증대</p>		
자격 및 신청 요건	<p>○ 연구기관 자격 : 토마토 육종기술이 축적되어 있고 토마토 품종개발을 하여 보급해본 실적이 있는 기관</p> <p>○ 신청 요건 : 토마토 전문 육종가 보유, 토마토 전문 육종회사, 연구기관</p> <p>○ 기타 사항 :</p>		
Keyword	한 글	토마토, 육종, 라이코핀, 베타카로틴, 기능성성분, 내병성	
	영 문	Tomato, Breeding, Lycopene, β -carotene, Vitamin C Functional contents, Disease resistance	

제3절. 동북아 수출용 토마토 품종개발

1. 연구개발 목표

1.1 최종목표

- 토마토는 당면한 국내의 수입대체 뿐만 아니라 한정된 국내토마토 시장 (6,344ha, 2012년)에서 벗어나 거대 시장인 중국(98만ha, 2011년 FAO)시장에도 지역별, 작형별, 유형별로 수출 타겟을 설정하고 선호도에 맞는 수출 맞춤형 품종을 개발하여 미래의 한국 토마토 종자 산업의 활로를 모색하고자 함
- 수출용 토마토의 최종 목표는 목적인 시장의 다양한 품종 선호도와 병충해 증가 및 재배환경 변화에 대처하기 위한 타겟지역의 수출 맞춤형 품종을 개발하는 것이며 이를 위해 1) 타겟지역의 선도품종의 특성을 평가 및 분석하여 목표를 설정하고 수집된 유전자원으로부터 재평가 및 선발 2) 선발된 유전자원의 재합성으로 신규의 계통을 육성 활용 3) MAS을 통한 육종효율 증진 및 육종소재 다양화 4) Elite 계통간 조합을 통한 타겟시장의 품종 기호도, 복합내병성 및 환경적응성 품종육성 등을 목표로 함
- 품종 최종목표 12품종 개발
 - 하남성, 요령성, 동북 3성 등의 하우스재배 전용과 산서성, 광서성, 광동성, 운남성 등의 노지재배 전용 무한생장형 LSL 중만생종 대과종 토마토 8품종 개발
 - 산동성의 하우스전용 핑크, 레드와 광서성의 노지전용 핑크, 황색 방울토마토 4품종 개발
- 이를 기반으로 2021년 토마토 종자수출액 400만불 이상 목표를 달성하고자 함

1.2 단계별 목표

1단계 ('13~'16)	2단계('17~'21)
무한생장형 LSL 대과 및 중장기 재배용 방울토마토 품종육성 - 유용 유전자원 수집 및 특성 분석을 통한 신규 유전자원 발굴(200점) - 계통 육성(100점) 및 조합작성(200조합) - 현지 연락 시험(12곳) 및 조합선발(20조합) - 생산성 검정(5조합)	무한생장형 LSL 대과 및 중장기 재배용 방울토마토 품종육성 - 유용 유전자원 수집 및 특성 분석을 통한 신규 유전자원 발굴(100점) - 계통 육성(100점) 및 조합작성(300조합) - 지역적응성 시험(20곳) 및 조합선발(30조합) - 생산성 검정(10조합) - Pink 4, Red 4, 방울 4 총 12품종이상 상업화 - 최종 수출 목표 400만불 이상 달성

2. 연구개발 필요성

2.1 연구개발 대상 기술의 경제적·산업적 중요성 및 연구개발의 필요성

- 세계 토마토 재배 면적은 약 470만ha에 생산량은 15,900만톤(FAO, 2011)에 이르는 대표적인 글로벌 채소 작물임(한국 2012년 6,344ha)
 - 재배 면적순으로 보면 중국이 98만ha(20%)로 가장 넓고 인도 82만ha(17%), 터키 27만ha(5.7%), 이집트 21만ha (4.4%)순으로 나타남

- 세계 최대의 채소 재배국으로 부상한 중국의 채소 종자 시장규모는 2002년 78억 위안에서 2006년 98억 위안으로 지속적으로 증가하고 있으며 2010년 중국 채소 생산면적 1,870만 ha, 채소 종자 소비량은 4만톤, 시장 규모가 120억위안으로 중국전체 종자시장의 30% 이상을 차지하고 있음. 2015년 중국 채소 종자 시장 규모는 200억 위안을 넘을 것으로 예측됨

- 중국 채소의 주요 품종 가운데 상품화율이 높은 품종으로는 토마토, 오이, 가지, 고추, 양배추, 배추, 무, 파 등으로 채소 전체 파종 면적의 50% 내외 차지
 - 채소 종자가 전체 채소 종자의 55% 정도를 차지하고 있는데, 특히 오이와 토마토의 비중이 23%인 것으로 나타남

2.2 연구개발대상 기술의 국내외 현황

- 세계적 수준
- 세계시장의 50% 이상을 점유하고 있는 글로벌 종자기업은 인수합병을 통한 외형 확대 등 지속적인 집중화와 대형화 추세

- 세계시장 규모는 693억불 내외로 추정되며 분자마커, GM기술 등 첨단생명공학기법 접목으로 지속 성장 전망

- 미국 Cornell의 연구진이 2,000여개의 RFLP, SCAR, CAPS marker를 개발하여 공유할 수 있는 여건을 조성

- 다국적기업에서는 이미 토마토 한 품종에 내병성 유전자 5-6점이상 마커를 이용하여 고정되고 있으며 국내에 상주하고 있는 몬산토, 신젠타 등 외국기업에서는 자국에서 개발된 마커를 이용한 토마토 육성을 하고 있음
- 네델란드의 Keygene 회사는 여러 유럽종자회사들과 일본의 다끼이 종묘 등이 출자하여 육종에 필요한 분자표지를 개발하여 출자회사에 공급
- 생식용 소비 형태에서 벗어나 다양한 요리 형태에 적합한 과색별, 과형별, 기능별 맞춤형 품종들이 개발되어 소비자들에게 선을 보이고 있음
- Marker-Assisted Breeding (MAB)을 통한 품종육성을 위하여 기본적으로 필요한 DNA 마커분석 시스템은, 마커형태의 발달 (Isozyme → RFLP → PCR-based DNA 마커)과 함께 점차적으로 대량화 및 자동화하는 추세임(Single Nucleotide Polymorphism (SNP) 마커의 개발이 중요한 전환점)
 - SOL Genomics Network (SGN)에 따르면, *S. lycopersicum* LA925와 *S. pennellii* LA716 type F2.2000을 양친으로 한 Tomato-EXPEN 2000 map에는 2,506개의 마커가 CAPS, RFLP, SNP, SSR 마커 등의 형태로 올라가 있으며 sequencing project 와 함께 physical mapping이 완료되면 토마토 품종육성에 필요한 새로운 DNA 마커를 개발하는데 중요한 정보를 제공할 수 있을 것으로 기대하고 있음

□ 국내수준

- 토마토 육성 기반 확충에 따른 필요성
 - 다양한 유전자원 확보를 통해 내병성, 기능성 등의 유용 형질을 분자마커에 적용시켜 육성 인프라를 증가시킬 필요가 있으나 부족한 실정임
- 토마토는 채소작물중 품종육성에 대한 MAS의 적용이 가장 잘 이루어지고 있는데 반해, 국내의 기술수준은 선진국에 비해 많이 뒤쳐져 있음
- TYLCV 저항성 유전자 관련 분자표지들이 (*Ty-1, 2, 3*) 개발되었고 품종육성에 활용되고 있으나 최근 새로운 변종 TYLCV의 출현으로 이에 대한 대비책이 요구됨
- Long Self Life (LSL)는 저장성을 결정하는 주요 형질로 현재 두 개의 유전자 (*nor*과

rin) 알려져 있으나 MAS용 분자표지의 개발이 필요함

- 최근 건강에 대한 관심이 고조되면서 기능성채소의 소비량이 지속적으로 증가하고 있으며 그 중에서도 라이코핀, 카로틴, 비타민 함유량이 높은 토마토 소비는 날로 증가하고 있는 추세임
- 또한 단기간 내에 선진국의 품종 육성 수준으로 단기간에 도달하기 위해서는 분자마커 이용선발(Marker-assisted selection, MAS)기술을 이용한 품종개발 연한 단축 및 우량개체 선발효율의 극대화를 통해 경쟁력을 확보하여야 함
- 우리나라가 단기간에 토마토 품종개발 경쟁력을 확보하기 위해서는 유전자원의 평가 및 공유, MAS의 실용적인 활용, 육종 기술이 적절히 갖추어진 산. 학. 연의 육종기반 조성 과 조직간 유기적인 협조가 필요함

3. 기존 연구와의 중복성 및 연계방안

구분	유사과제 · 키워드 검색 결과		유사·중복성			의견
	과제명 (과제관리기관, 연구기간)	과제수행기관 (연구책임자)	없음	일부 유사	중복	
기획이후	토마토 복합내병성 및 환경 저항성 계통 육성 (농진청, 2012-2016)	원예특작원 (최학순)		○		민간회사에서 상업용 계통 육성하기 때문에 용도가 다름
기획이후	중국 수출용 대과 및 미니 토마토 품종 개발 (IPET, 2010-2015)	토마토생명과학 연구소 (김명권)				이관과제 -산동, 하북형 대과종개발 -북경, 상해형 미니개발
기획이후	토마토 TYLCV 저항성 계통 육성 (농진청, 2010-2012)	원예특작원 (최학순)	○			
기획이후	토마토 풋마름병 및 시들병 저항성 계통 육성 (농진청, 2009-2011)	원예특작원 (최학순)		○		민간회사에서 상업용 계통 육성하기 때문에 용도가 다름
기획이후	토마토 고품질·복합내병성 품종육성 및 분자표지 개발 (IPET, 2008-2013)	주)농우바이오 (원동찬)		○		민간회사에서 상업용 계통 육성하기 때문에 용도가 다름
기획이후	MAS 이용 복합내병성 계통 육성 (농진청, 2008-2009)	원예특작원 (최학순)	○			
기획이후	토마토 분자표지 기술의 실용화 및 TYLCV 저항성 마커 개발 (농진청, 2008-2009)	부산대 (박영훈)	○			
기획이후	여교잡 효율 증진을 위한 토마토 분자육종 기술 개발 (농진청, 2008-2009)	서울대 (강병철)	○			
기획이후	고품질 방울토마토 품종육성(농진청, 2008-2010)	부여토마토시험장 (박권서)		○		민간회사에서 상업용 계통 육성하기 때문에 용도가 다름
기획이후	고품질 완숙대과 토마토 품종육성 (농진청, 2008-2010)	원예특작원 (정해봉)		○		민간회사에서 상업용 계통 육성하기 때문에 용도가 다름
기획이후	시설재배용 토마토 대목 품종 개발 (농진청, 2008-2010)	동부하이텍 (김원기)		○		민간회사에서 상업용 계통 육성하기 때문에 용도가 다름
기획이후	고품질 송이형 토마토 신품종 개발(농진청, 2008-2010)	삼성종묘 (백남권)		○		민간회사에서 상업용 계통 육성하기 때문에 용도가 다름
기획이후	고기능성 토마토 품종육성(농진청, 2008-2010)	현대종묘 (손길우)		○		민간회사에서 상업용 계통 육성하기 때문에 용도가 다름
기획이후	친환경재배에 알맞은 흑색송이형 토마토 품종육성(농진청, 2008-2010)	전남도원 (서종분)		○		민간회사에서 상업용 계통 육성하기 때문에 용도가 다름

< 이관과제 연계 방안 >

□ 과제제목: 중국 수출용 대과 및 미니토마토 품종개발(iPET 과제)

○ 과제 개요

- 기간 : 2010. 6- 2015. 6(5년)
- 수행기관 : 토마토생명과학연구소(김명권)
- 연구 개발비 : 년 107백만원(정부 80백만원, 기업 27백만원)

○ 수행중인 과제는 중국의 산동성, 허북성을 한정하여 시설재배에 적합한 조생 대과종 토마토와 북경, 상해지역을 한정된 원형과 타원형 미니토마토 품종육성 과제로 조생종에 치중하고 현재 3년차 진행 중임

○ 주요 연구내용은

- 분홍색(pink) 대과종으로 200-250g 정도에 조숙성이며 과 균일도와 수송성, 잎곰팡이병 등 내병성이 우수한 품종육성
- 홍색(red) 대과종으로 200-250g 정도에 조숙성이며 과 균일도와 수송성, 선충 등 내병성이 우수한 품종육성
- 수량성과 당도가 높고 저장성, 수송성, TYLCV 등 내병성이 우수한 미니토마토 품종육성

○ 계통육성과 고정된 계통간에 조합작성을 하고, F1 성능검정을 하고 있는 단계임

○ 중국의 토마토 재배단지는 산동성, 허북성, 북경, 상해 뿐만 아니라, 허남성, 요녕성, 동북 3성, 광서성, 운남성, 산서성, 광둥성, 신장성 등 전 성에 걸쳐 대면적이 재배되고 있음

○ 품종군도 핑크대과, 레드중대과, 방울토마토, 노지재배용, 시설재배용, 가공용 등 다양한 Segment가 있기 때문에 지역, 숙기, 작형, 유형별로 세분하여 과제 수행시 중복되지 않는 시장임

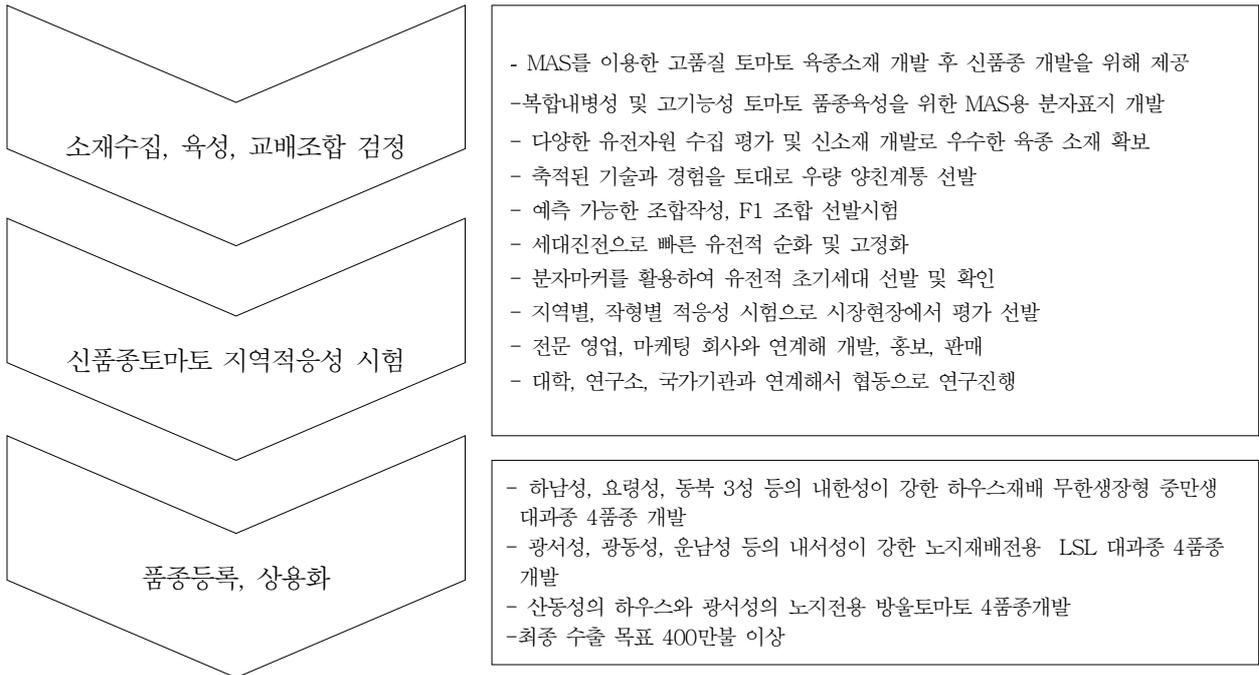
□ 연계방안

○ 기존 업체의 연구진행으로 1차적인 성과를 만들고, 계속해서 GSP를 통하여 다른 업체

도 참여하여 토마토종자 수출실적을 올릴 수 있는 최고의 시장으로 판단됨

- 육종방향이나 시장정보 분석, 전략 등을 서로 공유할 수 있으며, 육종효율이 증가되어 시너지 효과가 생겨 품종개발의 속도가 빨라짐
- 우수한 품종개발로 한국토마토 품종에 대한 인지도 강화 및 국제 경쟁력도 향상 시킬 수 있음
- 기 수행중인 과제예산은 1억7백만원(정부 8천만(품종육성 5천만, 마커개발 3천만)+ 민간 2천7백만)으로 중국의 거대시장 프로젝트로는 부족하며 특히 제한된 과제 기간과 연구인력 참여로 수출목표를 달성하기 어려움. GSP 시작과 함께 중국의 시장을 세분하여 많은 연구인력과 연구비를 추가 투자하여 폭 넓은 품종을 개발하여 수출 1,000만불 달성을 위하여 시장을 확대 개척해 나가야 할 것으로 판단됨
- 또한 기 수행중인 이관과제는 산동성과 하북성의 조생 대과종에 치중하고 있으므로 GSP의 과제는 이외의 주요 단지의 중만생종 토마토 개발이 타당함. 방울토마토는 과제를 세분하여 GSP에서는 산동성과 광서성의 하우스, 노지 작형에 과색별 품종 개발이 타당할 것으로 사료됨

4. 프로젝트 추진체계 및 추진전략



5. 프로젝트 Micro 로드맵

단계별 목표		1단계				2단계					최종목표	
		수출용 품종 개발을 위한 기반구축 및 육종소재 개발				수출용 품종 개발 종자생산 기반 구축 수출시장 개척					토마토 종자수출 400만불 달성	
중점연구영역		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	프로젝트 목표	
동북아 수출용 토마토 품종개발	무한 성장형 LSL 대과 및 중장기 재배용 방울 토마토 품종 육성	시장분석 및 신규 유전자원 발굴										<ul style="list-style-type: none"> - 하남성, 요령성, 동북 3성 등의 내한성이 강한 하우스재배 무한성장형 중만생 대과종 4품종 개발 - 광서성, 광동성, 운남성 등의 내서성이 강한 노지재배전용 LSL 대과종 4품종 개발 - 산동성의 하우스와 광서성의 노지전용 방울토마토 4품종개발 - 최종 수출 목표 400만불 이상
		계통육성 및 유용인자 기 보유계통 여교배										
		예비조합작성 및 현지 성능검정										
		조합 선발, 현지 농가 적응성 시험 및 생산력 검정										
		복합내병성 품종육성 및 상업화										

6. 세부프로젝트 추진계획

1) 무한성장형 LSL 대과 및 중장기 재배용 방울토마토 품종육성

(1) 세부프로젝트 도출배경

□ 동북아 토마토 품종 육성의 중요성 및 필요성

- 전 세계 채소종자 시장규모는 증가 추세로 1975년 120억 달러에서 2011년 780억 달러 규모로 년 10%씩 급속도로 성장
 - 상업용 채소종자 시장은 2011년 약 5조 5천억 원으로 추정되며, 2020년에는 9조 6천억 원까지 성장할 것으로 전망(2020 outlook Major Vegetabale Crop Seed Markets(2010))

- 세계 토마토 재배 면적은 약 470만ha에 생산량은 15,900만톤(FAO, 2011)에 이르는 대표적인 글로벌 채소 작물임
 - 재배 면적순으로 보면 중국이 98만ha(20%)로 가장 넓고 인도 82만ha(17%), 터키 27만ha(5.7%), 이집트 21만ha (4.4%)순으로 나타남
 - 생산량은 중국이 4,700만톤으로 가장 많으며 미국(1,280만톤), 인도 (1,240만톤), 터키 (1,000만톤), 이집트(850만톤)순으로 나타남

- 세계 최대의 채소 재배국으로 부상한 중국의 채소 종자 시장규모는 2002년 78억 위안에서 2006년 98억 위안으로 지속적으로 증가하고 있으며 2010년 중국 채소 생산면적 1,870만 ha, 채소 종자 소비량은 4만톤, 시장 규모가 120억 위안으로 중국전체 종자 시장의 30% 이상을 차지하고 있음. 2015년 중국 채소 종자 시장 규모는 200억 위안을 넘을 것으로 예측됨

- 중국 채소의 주요 품종 가운데 상품화율이 높은 품종으로는 토마토, 오이, 가지, 고추, 양배추, 배추, 무, 파 등으로 채소 전체 파종 면적의 50% 내외 차지
 - 채소 종자가 전체 채소 종자의 55% 정도를 차지하고 있는데, 특히 오이와 토마토의 비중이 23%인 것으로 나타남

□ 중국 토마토시장 동향

- 중국 토마토 재배면적은 2000년 이후 86만 ha이후 꾸준히 증가하다가 2006년 140만 ha를 기점으로 공급과잉으로 인해 면적이 줄었으나 조금씩 증가 추세로 98만 ha(2011, FAO)로 세계 최대 토마토 재배면적임
- 재배면적, 종자비, 상용화 비율 등은 종자시장의 규모를 결정하는 중요 인자임. 최근 중국의 토마토 종자비와 상용화 비율이 꾸준히 증가함에 따라 토마토 종자시장의 규모는 2002년 약 3.7억 위안에서 2008년에는 약 7.8억 위안까지 증가하였고, 특히 2005년 이후 급격한 증가가 이루어짐
- 중국의 주요 토마토 재배단지는 하남성 11만 ha(13.2%), 하북성 8.5만 ha(10.2%), 산둥성, 강소성, 광서성(2006. 중국농업부)으로 이들 상위 5개지역의 재배면적은 중국 전체 토마토 재배면적의 45%를 차지함
- 2008년부터 산둥성 일부 하우스에서 발병이 관측된 이후 2009년 산둥성 전체 재배농가중 50~60%가 TYLCV에 감염, 2010년 산둥성 전체 90% 이상 농가가 감염되어 저항성 품종이 재배되기 시작, TYLCV 내병성 품종 필수
- 로컬 기업이 시장의 90% 이상을 차지하고 있으며 주요 품종은 대과(90%), 미니(5% 이내)로 나타나며 과색은 Pink계통(50%)과 Red계통(50%)이고, 유럽과 미국기업이 고가품종을 대상으로 시장의 약 10%정도를 차지하고 있음
 - 중국 토마토 시장은 무한성장형 Pink계, 무한성장형 Red계, 방울토마토, 유한성장형 Red계, 가공용 토마토로 크게 5종류로 분류됨
 - 종자단가 측면에서 핑크, 레드 무한성장형 시장과 방울 토마토 시장이 종자가격이 높게 형성되어 있음

(2) 세부프로젝트 최종목표

- 중만생 대과종 토마토와 과색별 방울토마토 총 12품종 이상 개발하여 토마토 종자 수출액 400만불 이상 달성
 - 하남성, 요령성, 동북 3성 등의 내한성이 강한 하우스재배전용 무한성장형 중만생종 4 품종 개발
 - 광서성, 광둥성, 운남성 등의 내서성이 강한 노지재배전용 LSL 대과종 4품종 개발

- 산동성의 하우스전용 핑크, 레드와 광서성의 노지전용 핑크, 황색 방울토마토 4품종 개발

(3) 연구내용

1단계 (2013~2016)

- 유용 유전자원 수집 및 특성 분석을 통한 신규 유전자원 발굴
- TYLCV, 잎곰팡이병을 비롯한 다양한 병저항성 토마토 계통 수집 및 마커, 병리 검정을 이용한 특성 조사
- LSL (Long Shelf Life)토마토 육성을 위한 rin , nor gene 유전자원 탐색
- 당도와 식미 등 과실의 품질이 우수한 자원 수집 및 선발
- 유용 유전자들의 계통 내 집적 및 세대진전
- 우수 계통 선발 및 고정

- 계통 육성 및 조합작성
- 신소재의 원예적 형질 평가 및 유전적 안정화(년 신규 100계통 이상 평가)
- DNA 마커 및 생물검정을 통한 내병성 계통 육성
- 신소재 발굴을 위한 여교잡 진행
- 우수 계통을 이용한 F1 조합 작성(년 100조합 이상 작성)

- 현지 연락 시험 및 조합선발(년 5조합 이상 예비선발)
- 중국 내 재배작형과 지역별 맞춤형 연락시험 및 시범포 운용(주요지역 3곳 이상) : 현지법인과 거래처 이용

- 생산성 검정
- 주요 모계 생산성 검정
- 생산적지 물색

- 경제적인 종자 생산 체계 구축
- 방울토마토의 채종 효율성을 높이기 위하여 모계로 사용할 GMS 계통 육성

2단계 (2017~2021)

- 유용 유전자원 수집 및 특성 분석을 통한 신규 유전자원 발굴(연속 사업)
 - TYLCV, 잎곰팡이병을 비롯한 다양한 병저항성 토마토 계통 수집 및 마커, 병리 검정을 이용한 특성 조사
 - LSL(Long Shelf Life)토마토 육성을 위한 rin , nor gene 유전자원 탐색
 - 당도와 식미 등 과실의 품질이 우수한 자원 수집 및 선발
 - 유용 유전자들의 계통 내 집적 및 세대진전
 - 우수 계통 선발 및 고정

- 계통 육성 및 조합작성(연속사업)
 - 신소재의 원예적 형질 평가 및 유전적 안정화(년 신규 100계통 이상 평가)
 - DNA 마커 및 생물검정을 통한 내병성 계통 육성
 - 신소재 발굴을 위한 여교잡 진행
 - 우수 계통을 이용한 F1 조합 작성(년 100조합 이상 작성)

- 현지 연락 시험 및 조합선발(년 5조합 이상 예비선발)
 - 중국 내 재배작형과 지역별 맞춤형 연락시험 및 시범포 운용(주요지역 3곳 이상) : 현지법인과 거래처 이용

- 지역 적응성 시험 및 품종화(최종 12개 이상 상업화)
 - 중만생 LSL 대과종 토마토 품종개발 : 하남성, 요령성, 동북 3성의 하우스와 광서성, 광둥성, 운남성의 노지에서 적응성 시험 후 최종 선발(8품종 이상)
 - 과색별 방울토마토 품종개발 : 산둥성의 하우스와 광서성, 해남도의 노지에서 과색별로 지역 적응성 시험 후 최종 상업화(4품종 이상)

- 생산성 검정
 - 주요 F1 조합 및 상업화 품종 생산성 검정, 적지 선정하여 대량생산 체계 구축

(4) 세부프로젝트의 추진방법 및 전략

□ 추진 방법 및 전략

○ 신규 유전자원 도입 및 특성 조사

- 동북아 등에서 재배되고 있는 품종들을 생육 형태, 과색, 과형, 과크기, 용도 등에 따라 분류하고 내병성과 원예적 형질 조사

○ 우수계통 육성

- 육성 목표에 적합한 소재들을 파악하여 세대를 진전시켜 고정시킨 후 우수 계통으로 선발하고, 기존에 보유하고 있는 계통에 특정 인자를 도입하여 계통을 육성. 계통 육성 시 내병성, 기능성 등의 유용형질들은 연관 분자마커를 활용하여 검정하고 마커 부재시에는 병리 검정 실시

○ 조합 작성 및 선발

- 보유한 계통을 활용하여 교배조합을 작성하고 국내 및 현지 국가의 법인 연구소 및 거래처 농장, 연구소에서 생육형태, 재배장소, 작형(봄, 여름, 가을, 겨울), 과형태(Beef, Cluster, Cocktail, Cherry 등), 재배기간(단기, 장기) 등을 고려하여 성능검정을 실시하여 현지 적응성 여부를 확인하고 우수한 조합을 선발

○ 현지 국가 적응성 시험

- 국내 및 현지 국가의 법인 연구소 및 거래처 농장, 연구소에서 선발된 조합들을 1차로 현지 국가 농가에 재배 시험을 하고 성능이 우수한 조합은 2차로 대규모 시범포를 운영하여 적응성 검정을 폭넓게 실시

○ 품종 등록

- 현지 국가에서 1, 2차 적응성 검정을 통해 결과가 우수한 조합은 최종 선발을 하여 현지 국가에 품종등록을 신청

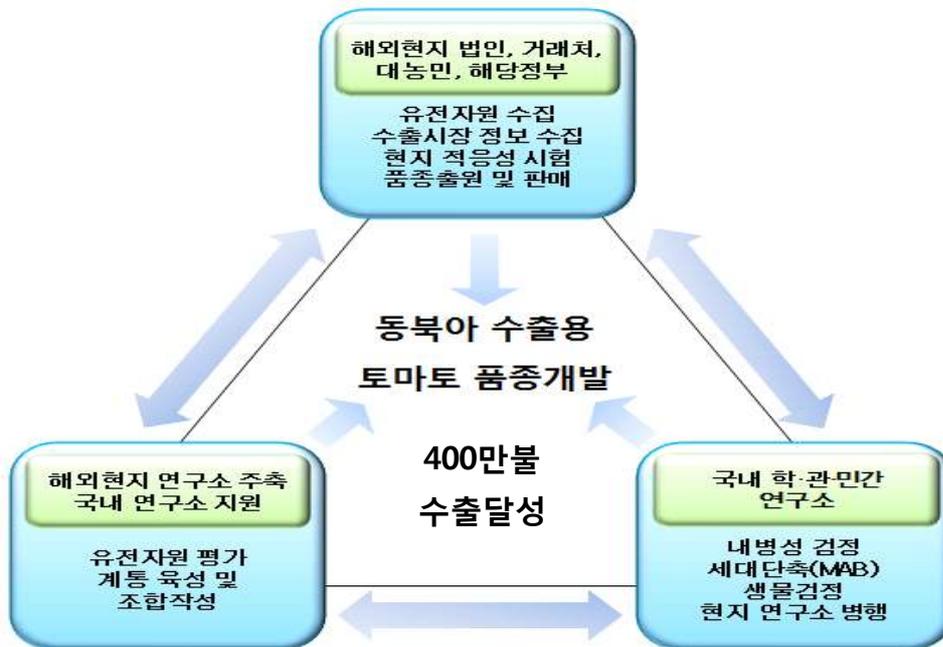
○ 선발 조합의 생산력 검정 및 생산

- 선발된 조합의 종자 생산 능력 검정(순도, 발아율 등)
- 판매 종자 생산을 위한 원종 증식

○ 판매 및 모니터링

- 판매된 품종이 실제 농가에서 재배했을 경우, 재배농가의 반응과 분석을 통하여 재배 지역, 재배시기 등의 경종개요와 농가의 요구도를 파악하여 품종의 미비점을 보완함

□ 추진 체계



(5) 세부프로젝트의 성과지표 설정방안

- 본 과제는 토마토 신품종을 육종하여 해외 수출화가 주목적임
- 성과지표는 개발한 품종 등록수 (품종생산판매신고, 품종보호), 상품화수, 종자판매량, 판매액, 논문, 특허, 교육지도, 홍보물 등으로 함
- 상품화 및 수출목표 달성

예상성과항목		1단계	2단계	총계	주요 고려사항	
공 통 지 표	종자개발 건수	4	8	12		
	품종등록 건수	국내				
		국외	4	8	12	
	종자수출액(만 \$)		250	400	400	
	수입대체 효과					
	국내논문	SCI				
		등재학술지	1	1	2	
	국외논문	SCI				
		비SCI				
	국내특허	출원				
		등록				
	국제특허	출원				
		등록				
매출액(만 \$)	국내					
	국외	250	400	400		
기술이전						

특 성 지 표	인력양성	2	3	5		
	기반구축 실적					
	D/B 구축					
	분자마커					
	유용유전자					
	언론 홍보	2	3	5		
	교육 및 지도	4	6	10		

(6) 세부프로젝트의 최적연구진 구성안

- 연구진 구성(해외법인, 해외와 국내연구소 보유 민간회사)
 - 풍부한 경력을 보유한 육종 연구인력 확보
 - 국내 연구소와 해외 현지 연구소 보유 연구팀
 - 신규연구원 채용 보다 경력 연구원 보유팀
 - 분자마커를 이용한 세대단축 및 내병성검정 연구인력 확보
 - 생명공학연구소 시설 및 연구인력 보유팀
 - 대량 분석 시스템 구축 및 신규 마커 개발 가능한 연구팀
 - 해외 마케팅 인력 확보
 - 국내 해외 영업팀과 현지 법인 마케팅 인력 보유 민간회사
 - 현지 거래처 확보 민간회사
 - 생산기반 및 인력확보
 - 생산기지 및 생산인력 확보 민간회사

세부 프로젝트명	구분	1단계				2단계				
		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
무 한 생 장 형 LSL 대 과 및 증장 기 재배용 방울토마토 품종육성	책임급	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	선임급	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	원급	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	기타	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	총합	7	7	7	7	7	7	7	7	7

(7) 세부프로젝트의 예산

세부프로젝트명	구분	1단계				2단계					총계
		연구기간	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	
무 한 생 장 형 LSL 대과 및 증장기 재배용 방울토마토 품종육성	정부 (억원)	1.5	3.7	3.3	3.3	3.3	3.2	3.6	3.6	3.6	29.1
	민간 (억원)	0.52	1.33	1	1.02	1.02	1.02	1.27	1.27	1.5	9.95
	합계	2.02	5.03	4.3	4.32	4.32	4.22	4.87	4.87	5.1	39.05

□ 예산 설정 근거

- 동북아시아 중에서도 중국은 가장 큰 시장으로 지역별, 작형별, 유형별로 다르나 핑크대과와 레드대과, 방울토마토로 대별되며, 품종개발을 위하여 계통육성을 각각 구분하여 진행하여야 하며, 지역, 작형, 유형별로 적응성 시험도 여러 지역에 걸쳐 이루어지므로 예산 소요가 매우 큼
- 저장성, 수송성, 과색별 계통육성과 TYLCV, LM, GLS 등 다양한 내병성 검정 선발을 마커분석을 통하여 선발하는 점을 감안하여 예산을 산정함
- 국내와 해외연구소를 동시에 운영하여야 하며, 특히 해외 법인의 거래처를 통한 현지 적응성 시험이 병행되어야 하므로 상대적으로 장시간의 대규모 예산 투자가 필요함

(8) 종자개발을 통한 수출증대 및 수입대체 전략

※ 개발, 생산, 유통, 기술보급 등 세분화된 전략도출

9) 세부프로젝트사업제안서(RFP)

프로젝트명	동북아 수출용 토마토 품종 개발		
세부프로젝트명	무한생장형 LSL 대과 및 중장기 재배용 방울토마토 품종 육성		
연구 기간	2013 ~ 2021 (9 년)	연구비 지원범위	총 3,905백만원 (9년,정부 2,910백만원,민간 995백만원)
과제 성격	<input checked="" type="checkbox"/> 실용화기술(통합형과제)		<input type="checkbox"/> 실용화기술(개별과제)
	<input type="checkbox"/> 원천기술		<input type="checkbox"/> 공공기반기술
연구개발 목표	<ul style="list-style-type: none"> ○ 최종목표 <ul style="list-style-type: none"> - 타겟시장의 품종 기호도, 환경적응성과 복합내병성을 보유한 품종육성 - 독특한 신규 시장의 창출로 가격 경쟁력이 있는 미래지향적 고부가가치 품종육성 - 동북아 수출용 12품종 이상 육성하여 최종 수출액 400만불 달성 ○ 세부프로젝트목표 <ul style="list-style-type: none"> - 하남성, 요령성, 동북 3성 등의 내한성이 강한 하우스재배 무한생장형 중만생 대과종 4품종 개발 - 광서성, 광동성, 운남성 등의 내서성이 강한 노지재배전용 LSL 대과종 4품종 개발 - 산동성의 하우스와 광서성의 노지전용 과색별 방울토마토 4품종개발 		
연구필요성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 토마토 재배면적은 2000년 이후 86만 ha이후 꾸준히 증가하다가 2006년 140만 ha를 기점으로 공급과잉으로 인해 면적이 줄었으나 조금씩 증가 추세로 98만 ha(2012, FAO)로 세계 최대 토마토 재배면적임 ○ 토마토 종자시장의 규모는 2002년 약 3.7억 위안에서 2008년에는 약 7.8억 위안까지 증가하였고, 특히 2005년 이후 급격한 증가가 이루어짐 ○ 로컬 기업이 시장의 90% 이상을 차지하고 있으며 주요 품종은 대과(90%), 미니(5% 이내)로 나타나며 과색은 Pink계통(50%)과 Red계통(50%)이고, 유럽과 미국기업이 고가 품종을 대상으로 시장의 약 10%정도를 차지하고 있음 ○ 종자단가 측면에서 핑크, 레드 무한생장형 시장과 방울 토마토 시장이 종자가격이 높게 형성되어 있어 진출 필요하며 국내시장을 교두보로 개발 가능함 ○ 2008년부터 산동성 일부 하우스에서 발병이 관측된 이후 2009년 산동성 전체 재배 농가중 50~60%가 TYLCV에 감염, 2010년 산동성에서 만연하여 저항성 품종이 재배되기 시작하여 TYLCV저항성 품종 개발 필수 		
주요연구내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 복합 병저항성 및 다양한 토마토 유전자원 수집과 특성 평가 <ul style="list-style-type: none"> - 내서성 및 청고병, TYLCV, GBNV, rin 등 유전자원 - 생육 및 과실 원예적 형질 평가 - DNA 마커 검정에 의한 선발 후 포장검정 ○ 내병계 토마토 계통 및 품종 선발을 위한 생명공학 이용 <ul style="list-style-type: none"> - TYLCV, GLS, LM, N , BW 등 다양한 저항성 연관 DNA 마커 활용 - 세대단축을 위하여 MAB(Maker Assisted Backcross) 시스템 활용 - LSL 토마토 육성을 위한 rin gene 마커 활용 ○ 조합 작성 및 현지 시험 <ul style="list-style-type: none"> - 하우스 전용 무한 생장형 LSL 대과 토마토 조합 작성 - 중장기 재배형 방울 토마토 조합 작성 - 타겟 품종의 TYLCV 내병화 - 중국법인 및 현지 거래처를 통한 연구소, 농장 1차 적응성 시험 - 2차 현지 거래처 및 법인 활용 대규모 적응성 검정 ○ 현지 품종 등록 및 상업화 <ul style="list-style-type: none"> - 품종보호출원 및 판매 		
시장전망 및 기대효과	<ul style="list-style-type: none"> ○ 해외 진출로 협소한 국내토마토 종자시장을 탈피를 위한 발판 마련 ○ 거대 시장인 동북아시장의 진출로 한국 토마토 종자 산업 활로 모색 ○ 해외 토마토 종자 수출로 외화 획득 및 토마토 육성 기반 구축, 품종 개발 기술 향상 ○ 2021년 토마토 종자 수출액 1,000만불 달성에 기여 		
자격 및 신청요건	<ul style="list-style-type: none"> ○ 연구기관 자격 : 토마토 육종기술이 축적되어 있고 토마토 품종개발을 하여 보급해본 실적이 있는 기관 ○ 신청 요건 : 토마토 육성가 보유, 해외 법인 및 연구시설 보유, 해외 마케팅 팀 및 거래처 보유, 분자육종 지원팀 보유 ○ 기타 사항 : 		
Keyword	한 글	토마토, 육종, 분자표지, 동북아, 중국, TYLCV, 내병성, rin, LSL	
	영 문	Tomato, Breeding, China, Molecular marker, Disease resistance, TYLCV, rin, LSL	

제4절. 동서남아 수출용 노지 재배형 토마토 품종개발

1. 연구개발 목표

1.1 최종목표

- 토마토는 당면한 국내의 수입대체 뿐만 아니라 한정된 국내토마토 시장 (6,344ha, 2012년)에서 벗어나 해외 거대시장인 동서남아 (인도86.5만ha, 인도네시아 5.7만ha, 2011년 FAO) 지역에 수출 타겟을 설정하고 지역에 맞는 수출 맞춤형 품종을 개발하여 수출 타겟지역과 주변지역까지 제2차 수출과급 효과를 기대할수 있음
- 수출용 토마토의 최종 목표는 목적인 시장의 다양한 품종 선호도와 병충해 증가 및 재배환경 변화에 대처하기 위한 타겟지역의 수출 맞춤형 품종을 개발하는 것이며 이를 위해 1) 타겟지역의 선도품종의 특성을 평가 및 분석하여 목표를 설정하고 수집된 유전자원으로부터 재평가 및 선발 2) 선발된 유전자원의 재합성으로 신규의 계통을 육성 활용 3) MAS을 통한 육종효율 증진 및 육종소재 다양화 4) Elite 계통간 조합을 통한 타겟시장의 품종 기호도, 복합내병성 및 환경적응성 품종육성 등을 목표로 함
- 품종 개발의 최종목표는 서남아 수출용 10품종개발, 동남아 수출용 품종 5품종 개발하여 동서남아 수출용 노지 재배형 토마토 총 15품종을 육성하고자 함
- 이를 기반으로 2021년 토마토 종자수출액 400만불 이상 목표를 달성하고자 함

1.2 단계별 목표

1단계 ('13~'16)	2단계('17~'21)
서남아 유한생장형 Saladette 및 Sour&Flat 토마토 품종 육성 - 유용 유전자원 수집 및 특성 조사(200점) - 계통 육성 및 세대진전(100점) - F1 조합 작성(200조합) - 적응성 시험(10조합)	서남아 유한생장형 Saladette 및 Sour&Flat 토마토 품종 육성 - 유용 유전자원 수집 및 특성 조사(100점) - 계통 육성 및 세대진전(200점) - F1 조합 작성(100조합) - 시교사업(20조합) 및 총 10품종 이상 품종화 - 최종 수출 목표 250만불 이상 달성
동남아 청고병 및 TYLCV 복합내병계 토마토 품종 육성 - 목표시장에 적합한 유전자원 수집 및 육종소재 개발(200점) - 우수계통 육성 및 세대진전(100점) - GMS 계통 육성(10점) - 품종육성용 조합 작성(100조합) - 적응성 시험(10조합)	동남아 청고병 및 TYLCV 복합내병계 토마토 품종 육성 - 조합작성(100조합) 및 지역적응성(10곳) - 채종 시험(10조합) 및 총 5품종 이상 상업화 - 최종 수출 목표 150만불 이상 달성

2. 연구개발 필요성

2.1 연구개발 대상 기술의 경제적·산업적 중요성 및 연구개발의 필요성

- 세계 토마토 재배 면적은 약 470만ha에 생산량은 15,900만톤(FAO, 2011)에 이르는 대표적인 글로벌 채소 작물임(한국 2012년 6,344ha)
 - 재배 면적순으로 보면 중국이 98만ha(20%)로 가장 넓고 인도 82만ha(17%), 터키 27만ha(5.7%), 이집트 21만ha (4.4%)순으로 나타남
- 인도의 토마토 종자시장 규모는 약 400억원 규모이며 중국 다음으로 넓은 토마토 재배 국가이며 잠재력이 매우 큰 시장임
- 인도토마토는 노지용 종자시장이 대부분을 차지하고 있으며 이로 인해 낮은 수준에서 가격이 형성되고 있으나 최근 경제성장과 다국적 기업의 진출로 F1 종자시장의 규모가 폭발적으로 성장함
- 인도 종자시장의 시장점유율을 높인다면 주변 인접국인 방글라데시, 파키스탄등 주변 서남아 국가로의 진출할 수 있는 기회가 주어질 것으로 예상됨. 따라서 인도 토마토 수출시장 개척은 제2차 수출과급 효과를 기대할 수 있는 수출 거점으로서의 중요성도 상당히 큼
- 동남아의 토마토 종자시장의 규모는 500억원 수준으로 인도네시아, 미얀마, 필리핀 등지에서 재배가 많이 되고 있으며 재배면적의 증가에 따른 연평균 5%의 종자시장이 성장하고 있음
- 지구 온난화로 인하여 농작물의 재해 피해가 날로 증가하며 심각한 수준에 이르고 또한 아열대와 열대기후로 전환됨에 따라 신규 병해충의 피해가 극심하므로 환경적응성과 복합내병성의 요구도가 높아지고 있음. 특히 열대지역에서는 내서성, 청고병과 함께 TYLCV의 내병성이 반드시 필요한 실정임

2.2 연구개발대상 기술의 국내외 현황

□ 세계적 수준

- 세계시장의 50% 이상을 점유하고 있는 글로벌 종자기업은 인수합병을 통한 외형 확대 등 지속적인 집중화와 대형화 추세
- 다국적기업에서는 이미 토마토 한 품종에 내병성 유전자 5-6점이상 마커를 이용하여 고정되고 있으며 국내에 상주하고 있는 몬산토, 신젠타 등 외국기업에서는 자국에서

개발된 마커를 이용한 토마토 육성을 하고 있음

- 네델란드의 Keygene 회사는 여러 유럽종자회사들과 일본의 다끼이 종묘 등이 출자하여 육종에 필요한 분자표지를 개발하여 출자회사에 공급
- 생식용 소비 형태에서 벗어나 다양한 요리 형태에 적합한 과색별, 과형별, 기능별 맞춤형 품종들이 개발되어 소비자들에게 선을 보이고 있음
- 일본 및 유럽에서는 내병성 품종의 개발뿐만 아니라 알레르기, 생활 습관병에 효과가 있는 토마토의 기능성 성분인 naringenin chalcone(NGC), γ -아미노酪(GABA)등을 다량 생산하는 토마토 계통을 개발하고 있음

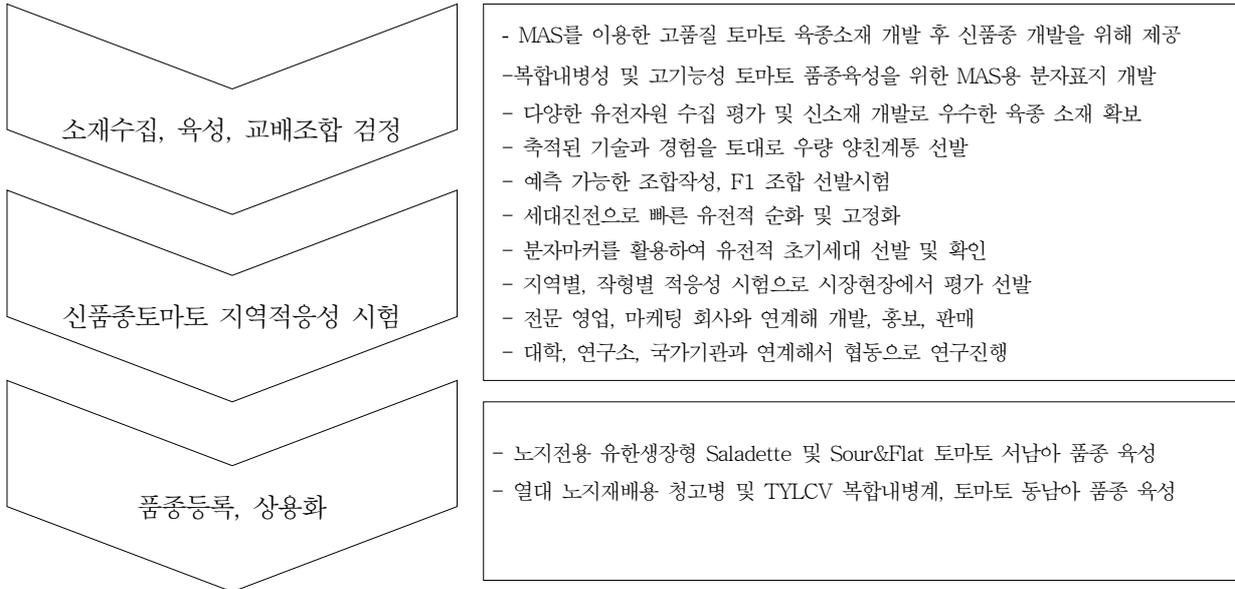
□ 국내수준

- 토마토 육성 기반 확충에 따른 필요성
 - 다양한 유전자원 확보를 통해 내병성, 기능성 등의 유용 형질을 분자마커에 적용시켜 육성 인프라를 증가시킬 필요가 있으나 부족한 실정임
- 동남아 지역의 연작과 지구 온난화로 인한 청고병 및 TYLCV 발병증가에 따른 내병성 품종 필요가 있으나 기초 연구가 부족함
- 토마토는 채소작물중 품종육성에 대한 MAS의 적용이 가장 잘 이루어지고 있는데 반해, 국내의 기술수준은 선진국에 비해 많이 뒤쳐져 있음
- TYLCV 저항성 유전자 관련 분자표지들이 (*Ty-1, 2, 3*) 개발되었고 품종육성에 활용되고 있으나 최근 새로운 변종 TYLCV의 출현으로 이에 대한 대비책이 요구됨
- 최근 건강에 대한 관심이 고조되면서 기능성채소의 소비량이 지속적으로 증가하고 있으며 그 중에서도 라이코핀, 카로틴, 비타민 함유량이 높은 토마토 소비는 날로 증가하고 있는 추세임
- 또한 외식산업의 확대와 함께 요리용 토마토의 소비가 급격히 증가함에 따라 가열조리에 적합한 다양한 품종의 보급이 요구됨
- 또한 단기간 내에 선진국의 품종 육성 수준으로 단기간에 도달하기 위해서는 분자마커 이용선발(Marker-assisted selection, MAS)기술을 이용한 품종개발 연한 단축 및 우량개체 선발효율의 극대화를 통해 경쟁력을 확보하여야 함

3. 기존 연구와의 중복성 및 연계방안

(중복과제 없음)

4. 프로젝트 추진체계 및 추진전략



5. 프로젝트 Micro 로드맵

단계별 목표	1단계				2단계					최종목표	
	수출용 품종 개발을 위한 기반구축 및 육종소재 개발				수출용 품종 개발 종자생산 기반 구축 수출시장 개척						
중점연구영역	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	프로젝트 목표	
동서남아 수출용 노지재배형 토마토 품종개발	서남아 유한생장형 Saladette 및 Sour&Flat 토마토 품종 육성	유용 유전자원 수집 및 현지 계통 육성									- 250만불 수출 - 건기용 & 우기용 토마토 5품종 개발 - Sour&Flat 토마토 5품종 개발
		계통 내병화 작업 및 유용인자 기 보유 계통 여교배									
		예비 조합 작성 및 현지 성능검정									
		조합 선발, 현지 농가 적응성 검정 및 대규모 시험 사업									
	동남아 청고병 및 TYLCV 복합내병계 토마토 품종 육성	현지 계통육성 및 고정화, GMS 계통 육성									- 150만불 수출 - TYLCV 복합내병계 토마토 5품종 개발
		TYLCV, 청고병 검정 시스템 구축 및 마커 분석, 생물검정 병행									
		예비 조합 작성 및 성능검정									
		조합 선발, 현지 농가 내병성 검정									
			국가별 복합내병성 품종 등록 및 상업화								

6. 세부프로젝트 추진계획

1) 서남아 유한생장형 Saladette 및 Sour&Flat 토마토 품종 육성

(1) 세부프로젝트 도출배경

□ 서남아 토마토 품종육성의 중요성 및 필요성

- 인도 토마토 종자시장은 재배면적이 2011년 약 82만 ha로 세계2위, 시장규모가 약 400억원으로 채소작물 중 가장 비중이 큼. 토마토 종자 소요량은 F1종자는 약 85톤, OP는 250톤으로 총 335톤으로 추정되며 OP종 비율이 아직 높은 편이어서 종자가격이 낮게 형성되어 있음
- Namdhari Seeds, Syngenta, US agriseeds, Nunhems 등의 다국적 회사들이 진출하여 경쟁중이며, 토마토 품종육성을 적극적으로 하여 F1 시장이 커지고 있지만 품종의 종류가 많지 않기 때문에 시장잠재력과 수출가능성이 높은 인도 시장을 공략할 수 있는 다양한 토마토 품종개발이 필요함. 따라서 신품종 육성은 인도시장을 개척할 수 있는 중요한 과제임
- 다양한 토마토 품종을 개발하여 인도 종자시장의 시장점유율을 높인다면 주변 인접국인 방글라데시, 파키스탄 등 주변 서남아 국가로의 진출할 수 있는 기회가 주어질 것으로 예상됨. 따라서 인도 토마토 수출시장 개척은 제2차 수출과급 효과를 기대할 수 있는 수출 거점으로서의 중요성도 상당히 큼

□ 서남아 토마토 재배 품종 현황

- 인도 토마토 시장은 Saladette(Oval type), Sour&Flat(PKM), Round type으로 구분. 토마토 재배는 노지에서 이루어지며 대부분의 시장은 유한생장형의 Saladette(Oval type)와 Sour & Flat 타입이며 Maharashtra주, AP(Andhra Pradesh)주, MP(Madhya Pradesh)주 등에서 재배, 일부 무한생장형(ID-type)의 토마토는 HP(Himachal Pradesh)주에서 재배
- 인도 토마토의 재배는 3월~6월의 비가 오지 않고 온도가 40℃를 넘는 경우가 있는 건기용 재배품종과 여름이 지난 6월~9월의 우기용 재배로 나누어짐

- TYLCV가 만연한 가운데 TYLCV내병계 품종이 출하되면서 우기재배가 어려운 토마토 재배를 가능케 하여 토마토 교배종 시장이 폭발적으로 성장함. 시장에서 요구되는 형태와 재배안정성이 갖추어진 TYLCV 저항성 품종개발이 이루어져야 시장진입 가능
- 지난 수 년간 과가 납작하고 신맛이 있는 Sour & Flat(PKM) 토마토의 재배가 확대되면서 현재 25,000kg의 종자가 소요되며, 인도 토마토 품목중 가장 널리 재배가 되어 Sour & Flat 타입의 품종개발이 필수적이며 이와 더불어 TYLCV 내병화도 동시에 진행 필요

(2) 최종목표

- 노지전용 유한생장형 토마토 10품종 이상 육성하여 수출 250만불 이상 기여
- 노지전용 유한생장형 Saladette 토마토 건기용 2품종, 우기용 3품종 육성
 - 건기는 고온 건조로 인하여 내서성이 가장 중요한 요구도이고 TYLCV 내병성과 잎 커버가 우수하여야 하며, 장거리 수송에 맞게 경도와 수송성이 좋은 품종개발
 - 우기는 중도의 TYLCV 내병성과 내습성(EB)이 우수하여야 하며, 청고병 내병성이 중요, 건기와 마찬가지로 과균일성과 경도 수송성이 좋은 품종 개발
- 노지전용 Sour&Flat 토마토 5품종 육성
 - Sour & Flat 품종은 과는 납작하고 신맛을 나타내며 중도의 TYLCV 내병성, 내습성과 내서성, 경도우수, 수송성이 우수한 품종 개발

(3) 연구내용

1단계 (2013~2016)

- 유용 유전자원 수집 및 특성 조사
 - TYLCV, GBNV, BW을 비롯한 지역에서 발생하는 다양한 내병성 유전자원을 수집
 - 내습성, 내서성 등 등 환경 적응성 우수한 자원 수집 및 선발

- 과품질 및 과비대 등 우수한 자원 수집 및 선발
 - 계통 육성 및 세대진전
 - 우수형질 계통 선발 및 세대진전
 - 우수형질 계통에 내병성 인자 도입을 위한 여교잡 실시
 - 계통 육성 및 F1 조합 작성
 - 계통 육성
 - 우수 고정계통을 이용한 F1 조합 작성

2단계 (2017~2021)

- 유용 유전자원 수집 및 평가(계속진행)
- 계통 육성 및 세대진전(계속진행)
- 계통 육성 및 F1 조합 작성(계속진행)
- 시교사업 및 품종화
 - 선발 품종의 종자생산성 시험 및 원종 증식 검정
 - 인도 현지 단지권 농가 적응성 시험
 - 품종 등록 및 품종보호출원
 - 노지전용 유한생장형 Saladette 토마토 건기용 2품종, 우기용 3품종 등록 판매
 - 노지전용 유한생장형 Sour & Flat 토마토 5품종 등록 판매

(4) 세부프로젝트의 추진방법 및 전략

□ 추진 방법 및 전략

- 유전자원 및 정보 수집
 - 서남아 수출용 토마토 개발에 필요한 유전자원들은 인도 현지 법인의 거래처를 통해 지역 선도품종 및 시판종, F2, 정보 수집
 - 해외 영업팀과 현지거래처를 중심으로 지역도입 가능한 전 세계 유전자원 및 정보 수집
 - TYLCV, GBV 등 다양한 내병성 유전자원 수집
- 유전자원 특성 조사 및 평가
 - 보유한 유전자원 및 계통은 국내와 현지연구소에서 실험하여 원예적 형질이 우수한 자원을 선발 및 특성 조사하고 이에 대한 계통정보를 확보함

- TYLCV, BW 등 여러 내병성 검정은 국내 민·학·관 연구소와 연관 분자 마커를 활용하여 검정

○ 목표 형질 우수계통 육성

- 건기용 품종을 위해 내서성, TYLCV에 강한 유전자원 중 그 특성이 육성목표에 적합할 경우 선발하여 유전적으로 순화시켜 계통으로 육성을 하며, 우기용 품종 육성을 위해 내습성, 청고병 저항성, TYLCV에 강한 계통을 선발하여 세대진전을 통해 우수한 계통으로 육성
- Sour & Flat 타입의 특성에 적합한 계통 육성 및 TYLCV내병계 계통 육성
- 수집된 유전자원 및 계통을 분리하여 형질이 우수한 개체를 선발하여 세대진전을 시켜 우수한 계통으로 육성하여 나갈 것이고, 기 보유 우수계통에 특정 형질을 도입하기 위한 여교잡을 계속 진행할 것임
- 토마토 계통육성의 효율성을 증진을 위해 민·학·관 생명공학연구소를 이용, 토마토 유용형질 연관 분자마커를 활용하여 내병성을 검정 및 세대단축 실시

○ 교배조합 작성 및 조합선발

- 기 보유중인 노지용 Saladette(Oval type) 토마토 계통과 Sour & Flat(PKM)계통을 활용하여 교배조합을 작성하며, 작성된 교배조합을 그 목적에 부합되도록 현지 연구소에서 재배시험 및 특성 평가 후 육성 목표에 부합되는 조합 선발

○ 농가재배시험

- 현지연구소에서 선발된 조합들은 현지 법인과 거래처를 통하여 토마토 재배권 단지 농가에 지역 적응성 시험을 실시하고 현지 거래처 및 대농민을 상대로 대규모 평가회를 통하여 수출상품화를 추진함

○ 품종보호출원

- 각 지역별 농가 실증시험을 실시하여 최종 선발된 조합에 대하여 품종보호출원을 신청함

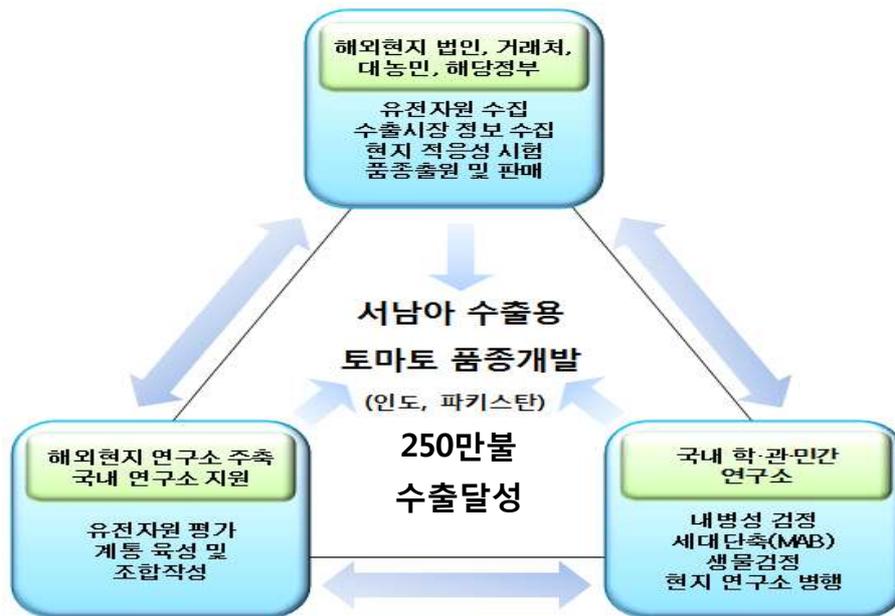
○ 선발 조합의 채종시험, 원종증식, 판매 종자생산

- 선발된 조합들에 대해서는 종자의 품질·순도와 종자 생산 능력을 검정
- 농가실증시험 종자를 채종시험
- 판매 종자 생산을 위한 원종 증식

○ 판매 및 모니터링

- 현지 법인과 거래처를 이용하여 수출(판매)된 품종의 재배농가 반응과 분석을 통하여 품종 요구도, 경종개요 등을 수집 하여 품종의 미비점 보완

□ 추진 체계



(5) 세부프로젝트의 성과지표 설정방안

- 본 과제는 토마토 신품종을 육종하여 해외 수출화가 주목적임
- 성과지표는 개발한 품종 등록수 (품종생산판매신고, 품종보호), 상품화수, 종자판매량, 판매액, 논문, 특허, 교육지도, 홍보물 등으로 함
- 상품화 및 수출목표 달성

예상성과항목		1단계	2단계	총계	주요 고려사항	
공 통 지 표	종자개발 건수	4	6	10		
	품종등록 건수	국내				
		국외	4	6	10	
	종자수출액(만 \$)		120	250	250	
	수입대체 효과					
	국내논문	SCI				
		등재학술지				
	국외논문	SCI	1	1	2	
		비SCI				
	국내특허	출원				
		등록				
	국제특허	출원				
		등록				
	매출액(만 \$)	국내				
국외		120	250	250		
기술이전						

특 성 지 표	인력양성	2	2	4		
	기반구축 실적					
	D/B 구축					
	분자마커					
	유용유전자					
	언론 홍보	2	2	4		
	교육 및 지도	4	4	8		

(6) 세부프로젝트의 최적연구진 구성안

- 연구진 구성(해외법인, 해외와 국내연구소 보유 민간)
 - 풍부한 경력을 보유한 육종 연구인력 확보
 - 국내 연구소와 해외 현지 연구소 보유 연구팀
 - 신규연구원 채용 보다 경력 연구원 보유팀
 - 분자마커를 이용한 세대단축 및 내병성검정 연구인력 확보
 - 생명공학연구소 시설 및 연구인력 보유팀
 - 대량 분석 시스템 구축 및 신규 마커 개발 가능한 연구팀
 - 해외 마케팅 인력 확보
 - 국내 해외 영업팀과 현지 법인 마케팅 인력 보유 민간회사
 - 현지 거래처 확보 민간회사
 - 생산기반 및 인력확보
 - 생산기지 및 생산인력 확보 민간회사

세부 프로젝트명	구분	1단계				2단계				
		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
서남아 유한생장형 Saladette 및 Sour & Flat 토마토 품종 육성	책임급	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	선임급	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	원급	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	기타	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	총합	7								

(7) 세부프로젝트의 예산

세부프로젝트명	구분	1단계				2단계					총계
	연구기간	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	
서남아 유한생장형 Saladette 및 Sour & Flat 토마토 품종 육성	정부 (억원)	1.3	3.4	2.9	2.9	2.9	2.8	3.1	3.1	3.1	25.5
	민간 (억원)	0.41	1.26	0.9	0.92	0.92	0.92	1.14	1.14	1.2	8.81
	합계	1.71	4.66	3.8	3.82	3.82	3.72	4.24	4.24	4.3	34.31

□ 예산 설정 근거

- 서남아지역의 핵심시장은 인도이며, 유한생장형에 중과종으로 노지재배에 적합한 품종육성으로 건기용과 우기용으로 구분하여 실험을 함
- 이 지역도 재배면적과 지역이 광범위하여 지역적응성 시험이 여러 곳에서 작기별로 이루어지는 점을 계산하여 예산을 책정함

8) 종자개발을 통한 수출증대 및 수입대체 전략

※ 개발, 생산, 유통, 기술보급 등 세분화된 전략도출

(9) 세부프로젝트사업제안서(RFP)

프로젝트명	동서남아 수출용 노지재배형 토마토 품종개발		
세부 프로젝트명	서남아 유한성장형 Saladette 및 Sour & Flat 토마토 품종 육성		
연구 기간	2013 ~ 2021 (9 년)	연구비 지원범위	총 3,431백만원 (9년, 정부 2,550백만원, 민간 881백만원)
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 - 타겟시장의 품종 기호도, 환경적응성과 복합내병성을 보유한 품종육성 - 독특한 신규 시장의 창출로 가격 경쟁력이 있는 미래지향적 고부가가치 품종육성 - 동서남아 수출용 토마토 15품종 개발하여 최종 수출액 400만불 달성 ○ 세부프로젝트목표 - 서남아 토마토 품종 육성하여 250만불 이상 수출 - 노지 전용 건기와 우기 유한성장형 Saladette(Oval type) 5품종 개발 - Sour & Flat(PKM) 토마토 5품종 개발 		
연구 필요 구성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 인도의 토마토 종자시장 규모는 약 400억원 규모이며 중국 다음으로 넓은 토마토 재배 국가이며 잠재력이 매우 큰 시장임 ○ 노지용 종자시장이 대부분을 차지하고 있으며 이로 인해 낮은 수준에서 가격이 형성되고 있으나 최근 경제성장과 다국적 기업의 진출로 F1종자시장의 규모가 폭발적으로 성장함 ○ 인도 종자시장의 시장점유율을 높인다면 주변 인접국인 방글라데시, 파키스탄 등 주변 서남아 국가로의 진출할 수 있는 기회가 주어질 것으로 예상됨. 따라서 인도 토마토 수출 시장 개척은 제2차 수출과급 효과를 기대할 수 있는 수출 거점으로서의 중요성도 상당히 큼 		
주요 연구 내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 복합 병저항성 및 다양한 토마토 유전자원 수집과 특성 평가 - 내서성 및 청고병, TYLCV, GBNV 등 유전자원 수집 평가 - 생육 및 과실 원예적 형질 평가 - DNA 마커 검정에 의한 선발 후 포장검정 ○ 내병계 토마토 계통 및 품종 선발을 위한 생명공학 이용 - TYLCV, GLS, LM, N , BW 등 다양한 저항성 연관 DNA 마커 활용 - 세대단축을 위하여 MAB(Maker Assisted Backcross) 시스템 구축 활용 ○ 조합 작성 및 현지 시험 - 노지전용 유한성장형 Saladette 토마토 조합 작성 - 노지전용 유한성장형 Sour & Flat 토마토 조합 작성 - 타겟 품종의 TYLCV 내병화 - 인도법인 및 현지 거래처를 통한 연구소, 농장 1차 적응성 시험 - 2차 현지 거래처 및 법인 활용 대규모 적응성 검정 ○ 현지 품종 등록 및 상업화 - 품종보호출원 및 판매 		
시장 전망 및 기대 효과	<ul style="list-style-type: none"> ○ 해외 진출로 협소한 국내토마토 종자시장을 탈피를 위한 발판 마련 ○ 거대 시장인 서남아시아의 진출로 한국 토마토 종자 산업 활로 모색 ○ 해외 토마토 종자 수출로 외화 획득 및 토마토 육성 기반 구축, 품종 개발 기술 향상 ○ 2021년 토마토 종자 수출액 1,000만불 달성에 기여 		
자격 및 신청 요건	<ul style="list-style-type: none"> ○ 연구기관 자격 : 토마토 육종기술이 축적되어 있고 토마토 품종개발을 하여 보급해본 실적이 있는 기관 ○ 신청 요건 : 토마토 육성가 보유, 해외 법인 및 연구시설 보유, 해외 마케팅 팀 및 거래처 보유, 분자육종 지원팀 보유 ○ 기타 사항 : 		
Keyword	한 글	토마토, 육종, 서남아, 인도, TYLCV, 종자 수출, GBNV, EB	
	영 문	Tomato, Breeding, India, Seed Export, TYLCV, GBNV, EB	

2) 동남아 청고병 및 TYLCV 복합내병계 토마토 품종 육성

(1) 세부프로젝트 도출배경

- TYLCV 및 청고병 내병성 육성의 기술, 경제, 산업적 중요성 및 연구 개발의 필요성
- 동남아의 토마토 종자시장의 규모는 500억원 수준으로 인도네시아, 미얀마, 필리핀 등지에서 재배가 많이 되고 있으며 재배면적의 증가에 따른 연평균 5%의 종자시장이 성장하고 있음
- 인도네시아 및 동남아시아의 토마토 품종은 대부분 청고병 및 바이러스 내병성을 위주로 육성되었고 최근 TYLCV의 다발생으로 인한 TYLCV 내병성 품종 연구가 활발히 이루어지고 있으나 실제 현지 농가에서 요구하는 TYLCV 내병계 고품질을 갖춘 품종의 종류가 적음
- 동남아 지역의 현지 회사는 육종능력이 떨어지며 마커의 활용도가 낮으므로 품종육성 기한이 길어 빠르게 변하는 시장 요구도에 비해 신품종 대처 능력이 떨어짐
- 품종개발의 효율성을 높이기 위해 분자마커를 도입하여 활용도를 높인다면 동남아 시장의 요구도에 맞는 다양한 품종을 단기간에 육성할 수 있음
- 따라서 선발/교배육종에 분자마커를 활용하여 동남아시아의 재배품종 보다 내병성이 강화된 고품질의 토마토 품종을 빠르게 개발하여 인도네시아 및 동남아시아 토마토 시장에 빠르게 진입 가능할 것으로 판단됨

(2) 최종목표

□ 청고병 및 TYLCV 복합내병계 동남아시아 수출용 토마토 품종 개발하여 150만 불 수출 달성

○ 청고병과 TYLCV 복합내병계 5품종 육성

- 저장성과 과품질이 우수하며 청고병, TYLCV 내병성을 보유한 중고지대 재배용 무한생장형 토마토 2품종 육성
- 내서성, 내습성, 청고병과 TYLCV 내병성을 가진 열대지역의 환경적응성이 우수한 중저지대 재배용 유한생장형 토마토 3품종 육성

(3) 연구내용

제1단계(2013 ~ 2016)

○ 인도네시아 및 동남아시아에 적합한 토마토 유전자원 수집 및 육종소재 개발

- 우수한 원예적형질 및 특정 병저항성을 갖는 leading variety 및 local variety 유용자원 수집 및 평가(40품종)
- TYLCV 및 청고병 저항성 검정 후 우수유전자원 선발 (30점)
- 기보유 및 수집 계통의 TYLCV 및 청고병 내병성 유무 및 특성평가 후 목표시장별 분류 (분류항목 : Indeterminant, Determinant, 다수확, 숙기, 청고병내병성, 크기, 색깔, TYLCV내병성, 내서성, 과 모양별, 초세별, 경도)
- 선발계통 F2분리를 통한 계통 육성
- GMS 자원 탐색, F2 분리를 통한 MS 유무 판단

○ 우수계통육성 및 계통육성용 조합작성

- TYLCV 및 청고병 내병성, 중형, 다수확 계통 육성용 F2 분리계통 세대진전(30계통)
- F2분리세대 TYLCV 내병성 검정 및 선발 : 마커 및 접종시험(선발 및 육성계통 F2~F4)
- F2분리세대 청고병 내병성 검정 및 선발 : 병원균 접종시험(선발 및 육성계통 F2~F4)
- 계통 육성 : 우수형질 계통을 이용한 특정 형질 도입용 조합작성
- 계통육성 분리집단 및 선발계통 세대진전(30계통)
- 내서성, 내병성(TYLCV, 복합내병성), 조생종 우수계통 선발(50계통)
- 조생종, 내서성, TYLCV 내병계 및 경도가 강한 계통육성용 조합작성(15조합)
- TYLCV내병성, 내서성 선발계통 세대진전(30계통)

○ GMS 계통 육성

- F2분리 후 선발된 MS 계통 세대진전 및 선발(30계통) : 내병성 및 목표품종 육성 모계용 MS 계통육성
- GMS 계통 유기 및 육성용 조합 작성 및 선발(5점)

○ TYLCV 및 청고병 검정 시스템 구축

- 농촌진흥청 및 본과제 협동기관의 병접종 manual 확립 및 평가 체계 확립

○ 효율적 자원탐색을 위한 마커 선발 시스템 구축

- TYLCV 내병성 마커검정 system 적용 체계 확립
(협동과제 개발 마커 및 기 개발된 마커 적용가능성 시험)

○ 품종육성용 조합 작성

- 고정계통을 이용한 개발목표별 다양한 F1 조합작성(60조합) : 특성검정결과 선발된 기보유계통 및 F4세대 이상 선발된 우수계통이용
- F1 조합 특성검정 및 우수조합 선발(10조합)
- 선발조합 채종시험 및 지역적응성 시험(5조합)

제2단계 (2017 ~ 2021)

○ 품종육성 및 지역적응성 시험

- MS 계통 유기 및 육성 계통(30계통)
- 계통육성용 조합 선발 및 세대진전 계속진행(50조합)
- 우수선발계통 현지 지역 적응성시험(내서성, 내병성, 숙기 등)을 통한 조합선발(40조합)
- 선발계통 및 선발조합 TYLCV 및 청고병 내병성 검정(50계통, 30조합)
- 선발된 우수계통 이용 F1 조합작성(90조합)
- 우수조합선발(10조합)
- 선발품종의 현지 지역적응성 시험(5조합)
- 선발품종 종자생산성 시험(10조합)
- 품종보호출원(3품종)
- 선발품종 현지 판매(semi-comercial)

○ 품종육성 및 채종 시험

- 계통육성용 조합 선발 및 세대진전 계속진행(30조합)
- MS 계통 유기 및 육성 계통(20계통)
- 계통육성용 조합 선발 및 세대진전 계속진행(30조합)
- 현지 지역 적응성시험(내서성, 내병성, 과품질, 숙기 등)을 통한 조합선발(20조합)
- 우수조합선발(10조합) 및 선발품종의 현지 지역적응성 시험(5조합)
- 선발품종 종자생산성 시험(5조합)
- 품종보호출원(3품종)
- 선발품종 현지 판매(comercial)

(4) 세부프로젝트의 추진방법 및 전략

□ 추진 방법 및 전략

○ 유전자원 및 정보 수집

- 해외무역부와 거래처를 통하여 유전자원과 시장점유율이 높은 시판품종을 수집하고 직접 방문하여 시장조사와 정보 우수 유전자원을 F₁ 및 OP종을 직접 수집할 것임

○ 유전자원 특성 조사 및 평가

- 수집된 유전자원은 수집된 유전자원은 내병성, 내서성 등 내병성과 Type, 크기 수확성 등을 고려하여 F₂ 분리를 위해 선발하고 기 보유계통은 고정율이 높은 계통을 우선적으로 내병성과 형질 특성평가한 후 각 목표 segment별로 분류하여 조합작성용 교배 모본으로 바로 활용

○ 마커 및 병접종 체계확립

- TYLCV 병 내병성 개체를 조기에 선발하기위한 마커를 이용하여 유묘상태에서 검정하기 위해 농촌진흥청 기 활용마커를 우선 적용하여 효율성을 평가한 후 협동과제에서 개발된 마커를 이용하여 마커 검정체계를 확립함
- 청고병 및 TYLCV 내병계 계통 및 품종을 육성하기 위해 병원균 접종 system을 지원받아 활용하고 병저항성 접종 system 확보

○ 우수계통육성

- 육성목표가 정해진 수집계통이 선발되면 F₂분리를 통하여 세대진전 및 순화를 통하여 육성모본을 우선 육성하고 특정형질 도입을 위하여 여교잡 및 계통육성용 조합작성을 통하여 목표 계통을 육성함

- 병접종 system과 마커 system을 통하여 내병성 계통을 강선발 하여 확실한 내병성 계통을 육성함

○ 교배조합 작성 및 조합선발

- 특성검정 후 선발된 기 보유 계통을 우선활용하여 교배조합을 작성하며, 작성된 교배조합을 평가하고 선발한 다음 지역적응성 시험을 거쳐 수출용품종을 육성함

○ 지역적응성 시험 및 채종시험

- 선발조합은 종자 생산성 시험을 거쳐 판매타당성 여부를 확인하고 현지 농가에 직접 농가 지역적응성 시험을 거쳐 무역부와 현지 거래처를 통하여 상품화하여 적합한 품종선발함
- 지역적응성 시험은 3군대 이상 약 2회정도 시험하여 특징과 작형을 파악하고 확실한 판매품종을 선발 함

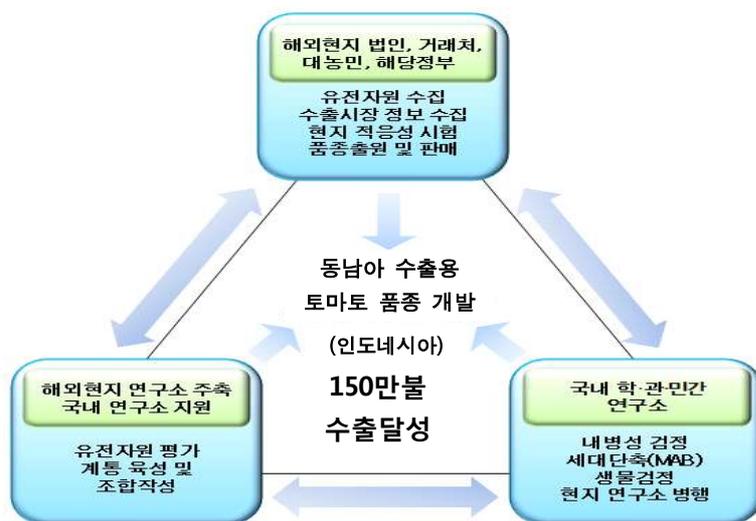
○ 품종보호출원

- 현지 농가 실증시험을 실시하여 최종 선발된 조합에 대하여 품종보호출원을 신청함

○ 수출촉진

- 개발된 품종의 수출을 위해 각종 종자 전시회 및 홍보회에 참여하여 소비자에게 충분한 신뢰 구축기반을 마련하고 해외영업부를 통하여 공격적인 영업을 통한 매출액 증대에 힘 씬

□ 추진 체계



(5) 세부프로젝트의 성과지표 설정방안

- 본 과제는 토마토 신품종을 육종하여 해외 수출화가 주목적임
- 성과지표는 개발한 품종 등록수 (품종생산판매신고, 품종보호), 상품화수, 종자판매량, 판매액, 논문, 특허, 교육지도, 홍보물 등으로 함
- 상품화 및 수출목표 달성

예상성과항목		1단계	2단계	총계	주요 고려사항	
공 통 지 표	종자개발 건수	2	3	5		
	품종등록 건수	국내				
		국외	2	3	5	
	종자수출액(만 \$)	80	150	150		
	수입대체 효과					
	국내논문	SCI				
		등재학술지	1	1	2	
	국외논문	SCI				
		비SCI				
	국내특허	출원				
		등록				
	국제특허	출원				
		등록				
매출액(만 \$)	국내					
	국외	80	150	150		
기술이전						

특 성 지 표	인력양성	2	2	4		
	기반구축 실적					
	D/B 구축					
	분자마커					
	유용유전자					
	언론 홍보	2	2	4		
	교육 및 지도	4	4	8		

(6) 세부프로젝트의 최적연구진 구성안

□ 연구진 구성(해외법인, 해외와 국내연구소 보유 민간)

- 풍부한 경력을 보유한 육종 연구인력 확보
 - 국내 연구소와 해외 현지 연구소 보유 연구팀
 - 신규연구원 채용 보다 경력 연구원 보유팀
- 해외 마케팅 인력 확보
 - 국내 해외 영업팀과 현지 법인 마케팅 인력 보유 민간회사
 - 현지 거래처 확보 민간회사
- 생산기반 및 인력확보
 - 생산기지 및 생산인력 확보 민간회사

세부 프로젝트명	구분	1단계				2단계				
		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
동남아 청고병 및 TYLCV 복합 내병계 토마토 품종 육성	책임급	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	선임급									
	원급	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	기타	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	총합	6								

(7) 세부프로젝트의 예산

세부프로젝트 명	구분 연구기간	1단계				2단계					총계
		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	
동남아 청고병 및 TYLCV 복합 내병계 토마토 품종 육성	정부(억원)	1.17	2.9	2.35	2.35	2.45	2.35	2.5	2.5	2.5	21.07
	민간(억원)	0.4	1.1	0.85	0.85	0.85	0.85	0.9	0.9	1	7.7
	합계	1.57	4	3.2	3.2	3.3	3.2	3.4	3.4	3.5	28.77

□ 예산 설정 근거

- 동남아지역의 주시장은 인도네시아이며, 저지대와 고지대로 구분하여 품종육성을 해야 함
- 무한생장형과 유한생장형의 청고병, TYLCV 저항성인 계통을 선발하여 품종을 만드는 점을 감안하여 예산을 산정함

(8) 종자개발을 통한 수출증대 및 수입대체 전략

※ 개발, 생산, 유통, 기술보급 등 세분화된 전략도출

(9) 세부프로젝트사업제안서(RFP)

프로젝트명	동서남아 수출용 노지재배형 토마토 품종개발		
세부 프로젝트명	동남아 청고병 및 TYLCV 복합내병계 토마토 품종 육성		
연구 기간	2013 ~ 2021(9 년)	연구비 지원범위	총 2,877백만원 (9년, 정부 2,107백만, 민간 770백만원)
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 <ul style="list-style-type: none"> - 타겟시장의 품종 기호도, 환경적응성과 복합내병성을 보유한 품종육성 - 독특한 신규 시장의 창출로 가격 경쟁력이 있는 미래지향적 고부가가치 품종육성 - 동서남아 수출용 토마토 15품종 개발하여 최종 수출액 400만불 달성 ○ 세부프로젝트목표 <ul style="list-style-type: none"> - 동남아시아 수출용 토마토 품종 개발하여 150만불 수출 달성 - 청고병과 TYLCV 복합내병계 5품종 육성 <ul style="list-style-type: none"> * 저장성과 과품질이 우수하며 청고병, TYLCV 내병성을 보유한 중고지대 재배용 무한생장형 토마토 2품종 육성 * 내서성, 내습성, 청고병과 TYLCV 내병성을 가진 열대지역의 환경적응성이 우수한 중저지대 재배용 유한생장형 토마토 3품종 육성 		
연구 필요성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 동남아 지역의 연작과 지구온난화로 인한 청고병 및 TYLCV바이러스 발병증가에 따른 내병성 품종 필요 ○현재 인도네시아 및 동남아시아의 토마토 재배 품종은 대부분 청고병 및 바이러스 내병성 요구하는 TYLCV 내병계 고품질을 갖춘 품종의 종류가 필요함 		
주요 연구 내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 품종보호출원 5품종 ○ 청고병 내병성 우수계통 육성 ○ TYLCV 내병성 우수계통 육성 ○ 초세가 강하며 과실의 경도가 강한 우수계통 육성 ○ 고랭지(해발 700m이상) 재배용 ID(Indeterminant type) 우수계통 육성 ○ 저지대(해발 700m이하) 재배용 D(Determinant type) 우수계통 육성 ○ 내서성이 강한 우수계통 육성 ○ 다수확 우수계통 육성 		
시장 전망 및 기대 효과	<ul style="list-style-type: none"> ○ 인도네시아 및 동남아시아 토마토 시장 진입으로 열대시장 개발 가능 ○ 해외 토마토 종자 수출로 외화 획득 및 토마토 육성 기반 구축, 품종 개발 기술 향상 ○ 2021년 토마토 종자 수출액 1,000만불 달성에 기여 		
자격 및 신청 요건	<ul style="list-style-type: none"> ○ 연구기관 자격 : 토마토 육종기술이 축적되어 있고 토마토 품종개발을 하여 보급해본 실적이 있는 기관 ○ 신청 요건 : 토마토 육종가 보유, 해외 법인 및 연구시설 보유, 해외 마케팅 팀 및 거래처 보유, 분자육종 지원팀 보유 ○ 기타 사항 : 		
Keyword	한 글	토마토, 육종, 분자표지, 내병성	
	영 문	Tomato, Breeding, Molecular marker	

제5절. 중동 수출용 토마토 품종개발

1. 연구개발 목표

1.1 최종목표

- 터키, 이란, 이집트는 토마토 재배면적 66만 Ha(FAO, 2011)로 세계 토마토 재배면적의 14%를 차지하고 있고, 신흥 토마토 시장으로 하우스 및 노지에서 전 세계 종자회사의 품종들이 고가로 판매되어 재배되고 있음
- 본 연구의 최종 목표는 수출 타겟 국가의 품종기호도, 환경적응성과 내병성 등에 맞는 수출전략의 고부가가치형 품종을 개발하는 것이며 이를 위해 1) 해당 국가에서 재배되는 선도품종의 특성을 검토하여 육성목표를 설정하고 수집된 유전자원을 평가, 분석 2) 선발된 유전자원을 효과적으로 활용 3) MAS을 통한 육종효율 증진 및 육종소재 다변화 4) 우수 계통간 조합을 통한 착과 및 과비대가 안정된 복합내병성 품종을 육성하는 것을 목표로 함
- 이를 통해 이란 남부지역의 Fresh 토마토 2품종, 이집트 TYLCV + Nematode+ 내서성 2품종 등 노지 재배용 유한생장형 토마토를 4품종을 개발하고자 하며, 또한 터키 Beef, Cluster, Cocktail 무한생장형 토마토를 3품종 총 7품종을 개발하고자 함
- 중동 인근 타겟국가의 토마토 품종을 육성하여 200만불을 수출하여 고부가가치를 창출하고자 함

1.2 단계별 목표

1단계 ('15~'16)	2단계('17~'21)
<p>중동 수출용 토마토의 품종육성을 위한 육성소재 개발 및 기반구축</p> <ul style="list-style-type: none"> - 노지 재배용 유한생장형 토마토 품종 육성 (TYLCV, 선충, 흰가루병 등 내병성, 내서성 소재 도입 60점, 고정 및 분리 계통 100점) - 중동지역의 하우스용 무한생장형 토마토 품종육성(재배 시기, 과형, 과 크기에 따른 소재 도입 60점, 고정 및 분리 계통 100점) - 계통육종, 내병성 검정 	<p>중동 수출용 토마토 품종개발 및 상품화, 종자생산 기반 구축</p> <ul style="list-style-type: none"> - 계통 육종, 조합작성 및 평가(성능검정 40점) - 노지 재배용 유한생장형 토마토 4품종 육성(이란 생과용 2 품종, 이집트 TYLCV + Nematode + 내서성 2품종) - 터키지역의 하우스용 무한생장형 토마토 3 품종 육성(Beef, Cluster, Cocktail 개발) - 최종 목표 수출액 200만불 이상 달성

2. 연구개발 필요성

○ 2011년 FAO 추산 터키(27만 ha), 이란(18만 ha), 이집트(21만 ha)의 총 토마토 재배면적은 66만 ha로 세계 토마토 재배면적 약 470만ha(FAO, 2011)의 14%를 차지하고 있으며 고부가가치의 신흥 토마토 시장임

○ 터키 토마토시장 현황

- 토마토 재배면적이 전세계 재배면적의 5.7%로 26.9만ha(FAO, 2011)를 차지하고 있고 생산량은 1,100만톤으로 세계 4위임. 토마토는 하우스와 노지에서 재배되고 있음
- 하우스는 무한생장형이 재배되고 있으며 Beef, Cluster, Cocktail 토마토가 주로 재배되며 종자가격이 높게 형성되어 있음
- 노지재배는 유한과 무한생장형 Beef토마토가 재배되며 유한생장형 가공용 토마토 종자 거래량은 많지만 종자단가가 무한생장형 Beef토마토 보다 낮게 형성되어 있음
- 터키 시장은 전 세계 종자회사의 품종들이 재배되고 있으며, 특히 하우스 무한생장형 Beef 토마토의 종자가격은 고가이고 종자 시장 규모도 크기 때문에 고부가가치를 창출 할 수 있는 수출 품목이 될 것으로 판단됨

○ 이집트 토마토시장 현황

- 토마토 재배면적은 21만 ha(FAO, 2011)로 생산량은 800만톤이고 유한생장형의 토마토가 재배되며 노지 재배로 이루어짐. 주요 재배지역은 기온이 40도 이상 올라가는 Upper Egypt, 지중해성 기후로 온난한 지역인 Alexandria, Ismailia가 해당됨
- 토마토 품종 요구도는 내병성(Tylocv+Nematode), 내서성, 과크기 100~120g, 과형 Round 또는 Square Round이나 내병성과 내서성이 가장 중요함

○ 이란 토마토시장 현황

- 토마토 재배면적은 18만 ha로 생산량은 680만톤에 이름(2011, FAO). 주요 재배지역은 이란 북부지역과 남부해안지역을 중심으로 재배되고 있음. 북부지역에서 유한생장형 노지용 토마토가 주로 재배되고 생산된 토마토의 대부분은 케찹과 Paste 용도로 사용

○ 터키, 이란, 이집트의 중동 토마토 시장 규모와 현황 등을 분석했을 때 국내의 종자 시장 규모보다 현저히 큼. 현지 국가에서 재배되고 있는 선도 품종, 내병성, 내서성 등을 갖춘 유전자원을 수집하고 국내의 육성 인력과 시설 증대에 투자를 한다면 우수한 품종을 육성하여 고부가가치를 창출 할 수 있는 시장임. 또한 이런 품종 개발을 바탕으로 북아프리카, 동유럽, 중남미 등 토마토가 많이 재배되는 국가로도 수출을 확대 할 발판을 마련할 수 있을 것으로 판단됨

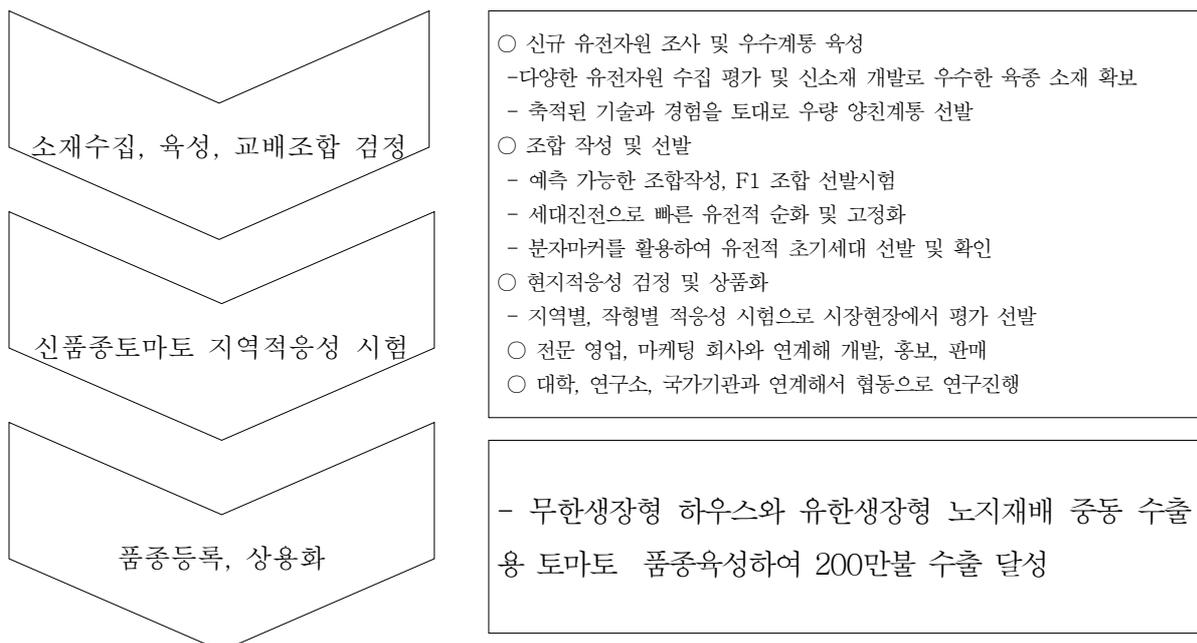
○ 터키의 타겟시장은 무한성장형 레드계 토마토이므로 수출용 토마토 프로젝트의 동북아 품종육성과 연계하여 상호 정보교류를 통하여 시장 개발시 접근이 용이하고 시너지효과가 있을 것으로 판단됨

○ 이집트와 이란의 타겟시장은 유한성장형 토마토이므로 수출용 토마토 프로젝트의 서남아 품종육성과 연계하여 시장 개발이 바람직할 것으로 보임. 서남아의 건기재배와 이집트, 이란의 재배환경이 유사하므로 두 시장의 육성소재와 육성방법이 유사한 면이 많으므로 상호 정보교류가 중요함

3. 기존 연구와의 중복성 및 연계방안

○ 기존 연구과제와 중복성 없음

4. 프로젝트 추진체계 및 추진전략



5. 프로젝트 Micro 로드맵

단계별 목표		1단계				2단계					최종목표	
		수출용 토마토의 품종육성을 위한 육성소재 개발 및 기반구축				토마토 품종개발 및 상품화 , 종자생산 기반 구축					토마토 종자수출 200만불 달성	
중점연구영역		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	프로젝트 목표	
중동수출용 토마토 품종 개발	무한성장형 하우스 및 유한성장형 노지재배 토마토 품종 육성			신규 유전자원 도입, 우수 계통 선발 및 계통 육성							<ul style="list-style-type: none"> - 200만불 수출 - 이란 2품종 개발 - 이집트 2품종 개발 - 터키 3품종 개발 	
				TYLCV, N, FCRR 저항성 연관 DNA 마커 활용 시스템 구축 및 현지 계통 육성 병행								
					예비 조합 작성 및 성능검정							
					조합 선발, 국가별 농가 적응성 검정 및 대규모 시험 사업							
						국가별 복합내병성 품종 등록 및 상업화						

6. 세부프로젝트 추진계획

1) 무한생장형 하우스 및 유한생장형 노지재배 토마토 품종 육성

(1) 세부프로젝트 도출 배경

□ 중동 토마토 품종 육성의 중요성 및 필요성

- 2011년 FAO 추산 터키(27만 ha), 이란(18만 ha), 이집트(21만 ha)의 총 토마토 재배면적은 66만 ha로 세계 토마토 재배면적 약 470만ha(FAO, 2011)의 14%를 차지하고 있음. 중국, 인도 다음으로 대단위 재배면적의 신흥 토마토 시장임
- 터키는 토마토 재배면적이 전세계 재배면적의 5.7%로 26.9만ha(FAO, 2011)를 차지하고 있고 생산량은 1,100만톤으로 세계 4위임
 - 터키 시장은 전 세계 종자회사의 품종들이 재배되고 있으며, 특히 하우스 무한생장형 Beef 토마토의 종자가격은 고가이고 종자 시장 규모도 크기 때문에 고부가가치를 창출 할 수 있는 효자 수출 품목이 될 것으로 판단되며, 특히 중국의 무한생장형 레드계 토마토육성과 연계하여 품종 개발시 효과가 증대될 것으로 판단됨
- 이집트 토마토 재배면적은 21만 ha(FAO, 2011)로 생산량은 800만톤이고 유한생장형의 토마토가 재배되며 노지 재배로 이루어짐
 - 내병성(Tylocv+ Nematode)과 내서성이 중요시 되고 있으며 Saladette의 중대과종의 시장이 가장 크므로 기존 서남아 수출용토마토 육성과 연계하여 품종 육성이 접근하기가 용이할 것으로 판단됨
- 이란 토마토 재배면적은 18만 ha로 생산량은 680만톤에 이룸(2011, FAO). 주요 재배지역은 이란 북부지역과 남부해안지역을 중심으로 재배되고 있음
 - 이란과 이집트 토마토는 기본적으로 유사한 특성을 보이고 있으므로 노지용 품종 육성에 치중하면서 조생계 품종을 개발하면 시장 진입에 용이할 것으로 보임

(2) 최종목표

□ 고부가가치 중등 수출용 토마토 7품종 이상 육성하여 200만불 수출 달성

○ 최종목표

- 이란 생과용 2품종 육성
- 이집트 TYLCV+Nematode+ 내서성 2품종 육성
- 터키 하우스 재배용 무한생육형 Beef, Cluster, Cocktail 3품종 육성

○ 세부프로젝트 목표

- 이란 : 선충, TYLCV와 흰가루병에 내병성이며 장기저장 및 수송성이 좋고 착색이 우수한 중대과종의 내서성 품종 개발
- 이집트 : 뛰어난 내서성과 선충에 대한 저항성이 있으며 과중이 120g 이상의 대과종 Saladette 품종 개발
- 터키 : 무한생장형으로 착색과 경도가 우수한 180g 내외의 중대과종의 Beef 토마토, 과중이 80-100g 내외로 일시 착색이 되며 화방출현 형태가 Fish bone형태의 Cluster 토마토, 과중이 40~50g 내외로 일시 착색되며 열과에 둔감하고 경도가 강한 조생종의 Cocktail 토마토 품종 개발

□ 연구내용

세부 프로젝트 목표	단계별 추진 목표	
	1단계(2015-2016)	2단계(2017-2021)
무한생장형 하우스 및 유한생장형 노지재배 토마토 품종육성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 신규 유전자원 도입 및 특성 조사 <ul style="list-style-type: none"> - 터키, 이집트, 이란 지역 재배 품종 수집 및 원예적 특성 조사 - TYLCV, FCRR, Alternaria 등 내병성 및 내서성 형질 분석 ○ 계통 육성 및 조합 작성 <ul style="list-style-type: none"> - 선발 우수계통 순화 및 특성조사 - TYLCV, N, FCRR 저항성 연관 DNA 마커 활용 - 병저항성 기내 검정에 의한 선발 후 포장검정 - 유용 유전자들의 계통 내 집적 및 세대진전 - F1 조합 작성 - 현지 국가 성능검정 실시 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 1단계 사업 연속 진행 <ul style="list-style-type: none"> - 신규 유전자원 도입 및 특성조사 - 계통 육성 및 조합 작성 ○ 조합 작성 및 선발 <ul style="list-style-type: none"> - F1 조합 작성 및 선발 - 주요 조합 특성 조사 ○ 현지 국가 적응성 시험 <ul style="list-style-type: none"> - 해당 국가 법인 및 현지 거래처 연구소, 농장을 통한 적응성 검정 실시 - 현지 거래처 및 법인을 활용한 대규모 시범포 운영 ○ 생산력 검정 <ul style="list-style-type: none"> - 주요 조합 생산력 검정 ○ 신품종 등록 <ul style="list-style-type: none"> - 터키, 이란, 이집트 현지 국가에 품종등록 및 상업화

(3) 세부프로젝트의 추진방법 및 전략

□ 추진 방법 및 전략

○ 신규 유전자원 도입 및 특성 조사

- 터키, 이란, 이집트 등에서 재배되고 있는 품종들을 생육 형태(무한·유한생장형), 재배 장소(하우스, 노지), 작형(봄, 여름, 가을, 겨울), 과 형태(Beef, Cluster, Cocktail, Oval 등), 재배 기간(단기, 장기), 내병성 등에 따라 분류하여 수집하고 특성에 맞게 조사

○ 우수계통 육성

- 해당 국가별로 육성 목표에 적합한 소재들을 파악하여 세대를 진전시켜 고정시킨 후 우수 계통으로 선발하고, 기존에 보유하고 있는 계통에 특정 인자를 도입하여 계통을 육성. 계통 육성 시 내병성, 기능성 등의 유용형질들은 연관 분자마커를 활용하여 검정하고 마커 부재 시에는 병리 검정 실시

○ 조합 작성 및 선발

- 보유한 계통을 활용하여 교배조합을 작성하고 국내 및 현지 국가의 법인 연구소 및 거래처 농장, 연구소에서 생육형태(무한·유한생장형), 재배장소(하우스, 노지), 작형(봄, 여름, 가을, 겨울), 과형태(Beef, Cluster, Cocktail, Oval 등), 재배기간(단기, 장기) 등을 고려하여 성능검정을 실시하여 현지 적응성 여부를 확인하고 우수한 조합을 선발

○ 현지 국가 적응성 시험

- 국내 및 현지 국가의 법인 연구소 및 거래처 농장, 연구소에서 선발된 조합들을 1차로 현지 국가 농가에 재배 시험을 하고 성능이 우수한 조합은 2차로 대규모 시범포를 운영하여 적응성 검정을 폭넓게 실시

○ 품종 등록

- 현지 국가에서 1, 2차 적응성 검정을 통해 결과가 우수한 조합은 최종 선발을 하여 현지 국가에 품종등록을 신청

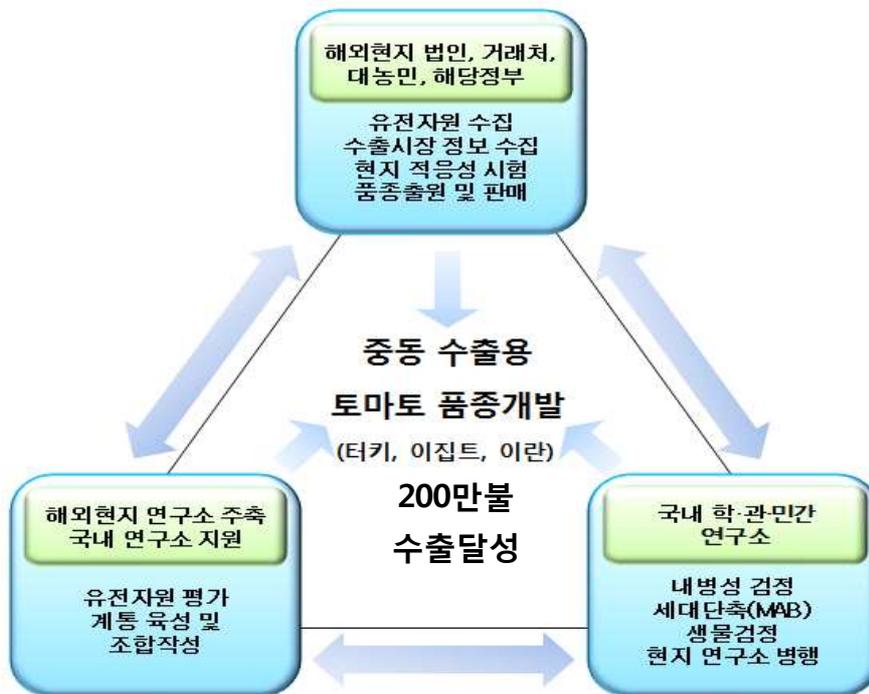
○ 선발 조합의 생산력 검정 및 생산

- 선발된 조합의 종자 생산 능력 검정(순도, 발아율 등)
- 판매 종자 생산을 위한 원종 증식

○ 판매 및 모니터링

- 판매된 품종이 실제 농가에서 재배했을 경우, 재배농가의 반응과 분석을 통하여 재배 지역, 재배시기 등의 경종개요와 농가의 요구도를 파악하여 품종의 미비점을 보완함

□ 추진 체계



(4) 세부프로젝트의 성과지표 설정방안

- 본 과제는 토마토 신품종을 육종하여 해외 수출화가 주목적임
- 성과지표는 개발한 품종 등록수 (품종생산판매신고, 품종보호), 상품화수, 종자판매량, 판매액, 논문, 특허, 교육지도, 홍보물 등으로 함
- 상품화 및 수출목표 달성

예상성과항목		1단계	2단계	총계	주요 고려사항	
공 통 지 표	종자개발 건수		7	7		
	품종등록 건수	국내				
		국외		7	7	
	종자수출액(만 \$)			200	200	전쟁, 내란 등으로 인한 국가 혼란 사태
	수입대체 효과					
	국내논문	SCI				
		등재학술지		1	1	
	국외논문	SCI				
		비SCI				
	국내특허	출원				
		등록				
	국제특허	출원				
		등록				
매출액(만 \$)	국내					
	국외		200	200		
기술이전						
특 성 지 표	인력양성	1	1	2		
	기반구축 실적					
	D/B 구축					
	분자마커					
	유용유전자					
	언론 홍보		2	2		
	교육 및 지도		6	6		

(5) 세부프로젝트의 최적연구진 구성안

□ 연구진 구성(해외법인, 해외와 국내연구소 보유 민간)

○ 풍부한 경력을 보유한 연구인력 확보

- 터키, 이집트, 이란 국가에서 재배되고 있는 유전자원을 확보하고 이들 유전자원의 특성을 이해한 고경력 육종가
- 순차적 육종목표 도달을 위한 계통육성 능력 보유 고경력 육종가
- 마커, 병리 검정 등의 업무를 수행할 수 있는 민간회사
- 해외 현지 법인 보유, 시범포 사업 및 외국 거래처 확보가 가능한 민간 회사

세부 프로젝트명	구분	1단계				2단계				
		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
무한생장형 하우스 및 유한생장형 노지 재배 토마토 품종육성	책임급			1	1	1	1	1	1	1
	선임급			1	1	1	1	1	1	1
	원급			2	2	2	2	2	2	2
	기타			3	3	3	3	3	3	3
	총합			7	7	7	7	7	7	7

(6) 세부프로젝트의 예산

세부프로젝트명	구분	1단계				2단계					총계
		연구기간	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	
무한생장형 하우스 및 유한생장형 노지재배 토마토 품종육성	정부 (억원)	0	0	2.65	2.7	2.8	2.75	2.9	2.9	2.9	19.6
	민간 (억원)	0	0	0.85	0.85	0.85	0.85	0.93	0.93	0.95	6.21
	합계	0	0	3.5	3.55	3.65	3.6	3.83	3.83	3.85	25.81

□ 예산 설정 근거

- 중동 수출용 토마토품종육성 예산은 이관과제가 끝나는 2015년도부터 예산을 산정함
- 이집트, 터키, 이란 등 중동지역의 토마토 재배면적은 매우 크며, 향후 고부가가치 종자시장으로 예비과제로 책정함

(7) 종자개발을 통한 수출증대 및 수입대체 전략

※ 개발, 생산, 유통, 기술보급 등 세분화된 전략도출

(8) 세부프로젝트사업제안서(RFP)

프로젝트명	중등 수출용 토마토 품종 개발		
세부 프로젝트명	무한생장형 하우스 및 유한생장형 노지재배 토마토 품종육성		
연구 기간	2015 ~ 2021 (7년)	연구비 지원범위	총 2,581백만원 (7년, 정부1,960백만, 민간 621백만원)
과제 성격	<input checked="" type="checkbox"/> 실용화기술(통합형과제)		<input type="checkbox"/> 실용화기술(개별과제)
	<input type="checkbox"/> 원천기술		<input type="checkbox"/> 공공기반기술
연구개발 목표	○ 최종목표 : 중등 수출용 토마토 7품종 이상 육성하여 200만불 수출 달성 ○ 세부프로젝트목표 - 이란 생과용 2품종 육성 - 이집트 TYLCV+Nematode+내서성 2품종 육성 - 터키 하우스 재배용 무한생육형 Beef, Cluster, Cocktail 3품종 육성		
연구필요성	○ 토마토 종자 시장 규모에 의한 필요성 - 터키, 이란, 이집트의 총 토마토 재배면적은 66만 ha로 전세계의 약 14% 차지 - 터키 하우스용 무한생장형 Beef토마토 종자가격은 고가로 형성되어 고품질계 토마토 육성시 고부가가치 창출 가능 ○ 토마토 육성 기반 확충에 따른 필요성 - 다양한 유전자원 확보를 할 수 있으며, 내병성, 기능성 등의 유용 형질을 분자마커를 적용시켜 육성 인프라 증가에 기여함		
주요 연구 내용	○ 복합 병저항성 및 다양한 토마토 유전자원 수집과 특성 평가 - 내서성 및 TYLCV, FCRR Alternaria 유전자원 수집 평가 - 생육 및 과실 특성평가 - DNA마커 검정에 의한 선발 후 포장검정 ○ 고품질 토마토 계통 및 품종 선발용 DNA 마커 활용 - TYLCV, N, FCRR 저항성 연관 DNA 마커 활용 ○ 조합 작성 및 현지 시험 - 타겟 국가 법인 및 현지 거래처 연구소, 농장 1차 적응성 시험 - 2차 현지 거래처 및 법인 활용 대규모 적응성 검정 ○ 현지 품종 등록 및 상업화		
시장 및 기대 효과	○ 해외 진출로 협소한 국내토마토 종자시장 탈피 ○ 거대 시장인 이집트, 이란, 터키 등의 진출로 한국 토마토 종자 산업 활로 모색 ○ 해외 토마토 종자 수출로 외화 획득 및 토마토 육성 기반 구축, 품종 개발 기술 향상 ○ 2021년 토마토 종자 수출액 1,000만불 목표달성에 기여		
자격 및 신청 요건	○ 연구기관 자격 : 토마토 육종기술이 축적되어 있고 토마토 품종개발을 하여 보급해본 실적이 있는 기관 ○ 신청 요건 : 토마토 육성이 보유, 해외 법인 및 연구시설 보유, 해외 마케팅 팀 및 거래처 보유, 분자육종 지원팀 보유 ○ 기타 사항 :		
Keyword	한 글	토마토, 육종, 분자마커, 내병성, N, TYLCV, Beef	
	영 문	Tomato, Breeding, Molecular marker, Disease resistance, N, TYLCV, Beef	

제6절. 토마토 품종육성을 위한 내병성 및 원예형질 분자표지 개발

1. 연구개발 목표

1.1 최종목표

- 토마토는 미국에서 1992년 야생종과 재배종 교배집단에 대한 RFLP 마커 기반 고밀도 유전자 지도가 작성된 후 중합효소연쇄반응(Polymerase Chain Reaction, PCR)에 기초한 다양한 분자마커들이 개발되었고 이와 더불어 선도적인 분자육종기술이 개발되어 왔음
- 전 세계적으로 기후변화와 토마토 연작에 따른 병해충의 증가와 새로운 병원균의 출현으로 이에대한 대비책이 요구되며 다양한 기능성과 저장성관련 분자표지의 개발도 요구됨
- 이에 기존 TSWV, 잎곰팡이(Cf-9), 역병(Ph-3), 고구마뿌리혹선충병(Mi1,2,3) 분자표지 4점 SNP 실용화
- 국내용 토마토 청고병, 흰가루병 등 저항성과 과색관련 유전자 QTL 분석 및 신규 분자표지 6점 이상 개발
- 수출용 토마토 TYLCV/역병/겉무늬병 및 저장성 관련 신규 마커 6점 이상 개발

1.2 단계별 목표

1단계 ('13~'16)	2단계('17~'21)
<p>수입대체 토마토 청고병/흰가루병 및 과색관련 분자표지 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> - 청고병, 흰가루병 내병성 및 과색관련 유전자지도작성 및 QTL 분석용 분리집단(F2:3, RIL) 개발 - 청고병, 흰가루병 내병성 및 과색관련 유전자지도작성 분리집단의 표현형 검정 	<p>수입대체 토마토 청고병/흰가루병 및 과색관련 분자표지 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> - 청고병, 흰가루병 및 과색관련 유전자지도 작성용 부모본의 genome-wide SNP 탐색 - SNP 기반 청고병, 흰가루병 및 과색관련 유전자지도 작성 및 QTL 분석을 통한 분자마커 개발 - SNP 정보를 활용한 여교잡 선발용 분자마커 탐색 - 효율적 MAS/MAB 지원을 위한 대량샘플자동화분석 - 신규 분자 마커 6점 개발
<p>수출용 토마토 TYLCV/역병/겉무늬병 및 저장성 관련 분자표지 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> - 내병성 및 저장성 관련 핵심 유전자원 선발 - 분리집단 작성 및 목표형질 관련 신규 분자표지 개발 - 기존에 개발된 분자표지 검정 - 목표 설정된 마커 포함 3점 이상 개발 	<p>수출용 토마토 TYLCV/역병/겉무늬병 및 저장성 관련 분자표지 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> - 목표형질 관련 신규 분자표지 개발 - 기존에 개발된 분자표지 검정 - 효율적인 MAS/MAB 체계 확립 - 최종 신규 마커 6점 이상 개발

2. 연구개발 필요성

2.1 연구개발 대상 기술의 경제적·산업적 중요성 및 연구개발의 필요성

- 토마토 연작에 따른 병해충 발생 증가와 최근 잦아진 저온, 고온, 집중호우 등 기후 변화에 따른 토마토 안정생산이 위협받고 있음. 따라서 풋마름병, 선충 및 TYLCV 등에 복합내병성이면서 환경(내한, 내서, 내습 등)에 적응성이 우수한 수입 대체용 토마토 신 품종의 개발이 시급한 실정임
- 또한 단기간 내에 선진국의 품종 육성 수준으로 도달하기 위해서는 분자마커 이용선발 (Marker-assisted selection, MAS)기술을 이용한 품종개발 연한 단축 및 우량개체 선 발효율의 극대화를 통해 경쟁력을 확보하여야 함
- TYLCV 저항성 유전자 관련 분자표지들이 최근 미국 플로리다대학교와 위스콘신대학(6 번 염색체상의 *Ty-1*과 *Ty-3* 유전자, *S. chilense* introgression), AVRDC(11번 염색 체상의 *Ty-2* 유전자, *S. habrochaites* introgression)의 주도하에 개발되었고 품종육 성에 활용되고 있으나 최근 새로운 변종 TYLCV의 출현으로 이에 대한 대비책이 요구 됨
- 세균성 점무늬병(*Xanthomonas* spp)은 노지재배에서 문제가 많이 되는 병으로 다수의 저항성 유전자들이(*Rx-3*, *Rx-4*, *Xv3*)에 대한 분자표지가 개발되었으나 최근 새로운 종의 출현하여 이에 대한 연구가 필요함
- 토마토 잎마름역병에 대한 저항성 유전자는 4가지(*Ph-1,2,3,4*)가 알려져 있는데, 이 중 *Ph-4*에 대한 분자표지 연구가 필요
- Long Shelf 저장성을 결정하는 주요 형질로 현재 두 개의 유전자 (*nor*과 *rin*) 알려져 있으나 MAS용 분자표지의 개발이 요구됨

2.2 연구개발대상 기술의 국내외 현황

1) 세계적 수준

- 토마토 육성역사를 세대별로 구분하면 1세대는 수량성 (1970년대 잡종품종 보급), 2세대는 환경적응성(1980년대), 3세대는 저장성 및 내병성 (1990년대), 4세대는 과품질 위주의 성분육종 (2000년대)으로 나눌 수 있으며 국내보다 분야별로 약 5-10년 이상 앞서 있는 것으로 파악되고 있음
- 선진 외국회사에서 개발된 대부분의 토마토 품종은 병해충저항성 유전자를 최소한 5가지(*Mi*, *Cf*, *Tm2*, *Ve*, *I* 등) 이상 보유하고 있음
- 토마토 품종 육성에 생명공학기술을 적극 활용하여 병해충 저항성 선발 시 DNA marker를 이용하여 선발 효율을 극대화시키고 육종 연한을 단축하고 있음
- 특히 네덜란드의 민간 육종회사들은 육종 효율을 극대화하기 위하여 DNA marker 개발 전문회사인 Keygene을 공동으로 투자, 설립하여 운영하였는데 효과가 매우 높아 지금은 프랑스와 일본의 육종회사도 공동 투자하여 프로젝트에 의해 개발된 DNA marker를 독자적 혹은 공동으로 회사의 요구와 필요에 따라 이용하고 있음
- 토마토 유전체는 미국의 NSF의 지원하에 Cornell 대학 연구팀의 주도로 완전 해독되어 발표한 상태이며, 이미 6,000여개의 RFLP, SSR, CAPS 마커들로 구성된 12개 염색체의 physical map에 관한 상세한 정보가 Sol Genome Network을 통해 세계적으로 공유되고 있음
- 현재까지 25여개의 토마토 Inter-, Intra-specific cross linkage map이 발표되었으며 과실특성 및 생리장애에 관한 유전자뿐만 아니라 20여종의 내병성 관련 유전자나 QTL이 분석되었거나 클로닝 되었음. 이들 정보를 토대로 현재 19개 이상의 복합내병성, 기능성, 수량관련 형질들에 대한 분자마커 이용선발이 종자회사나 정부 연구기관에 의해 크게 활용되고 있음. 그 결과 국내에 수입되는 토마토 F1 품종의 대부분이 4-5개 이상의 내병성을 package로 가지고 있음

- 육종에 있어 분자표지의 중요성이 크게 부각되어 있으며, 다국적 종자회사들을 중심으로 자체 마커 개발기술과 High-throughput(HT)-MAS system 확립에 많은 투자를 하고 있는데, 세계적 마커개발 전문회사인 Keygene에 대한 네덜란드, 프랑스, 일본의 주요 종자회사들의 공동투자와 기술 활용이 대표적인 예라 할 수 있음

2) 국내수준

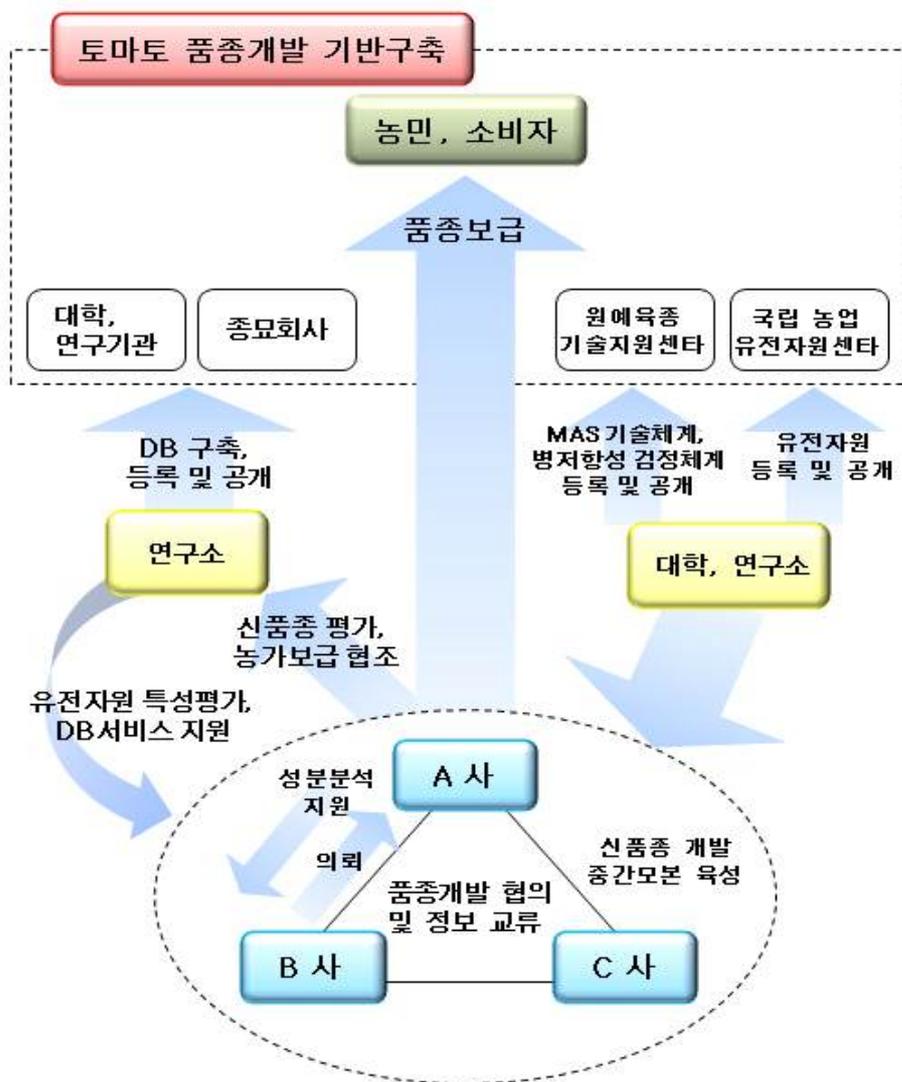
- 토마토 품종육성 선진국의 경우 유전자원의 수집 및 평가의 역사가 오래되고 체계적으로 관리되고 있으나 국내 토마토 유전자원은 주로 관련 연구소, 종묘회사 등에서 자체적으로 수집, 관리되고 있어 이용의 범위가 제한적임
- 현재 국내에서 보급되고 있는 품종도 4~5가지 병해에 대해서 저항성을 가지고 있으나 환경적응성과 원예적 특성에 있어서 외국 품종에 비해 경쟁력이 떨어짐
- 토마토육종에 참여하고 있는 국내 기업이 극소수이며 토마토육종의 가장 큰 핵심 요소인 내병성육종 부분의 기술력 및 연구기반이 취약함
- 국내 다국적 종자회사를 중심으로 몇 가지 병저항성 분자마커를 이용하여 선발하고 있으나 그 외 종자회사에서는 분자마커 활용에 관심은 있으나 투자를 주저하고 있는 실정임
- MAS 시스템을 이용한 육종 효율을 증진하기 위한 MAS 기술력의 확보가 미진함
- 미국, 유럽에서 개발되어진 마커들을 중심으로 국내의 다국적 종묘회사는 기존에 개발된 마커를 이용하여 내병성 계통육성이 진행되고 있는 상황이지만, 국내 종묘회사에서는 유전자 클로닝 및 지도 작성 등을 통한 새로운 마커의 자체적 개발 실적이 거의 전무할 뿐만 아니라 적용기술 수준도 낮은 상황임
- 현재 육종가들은 마커에 대한 필요성은 인식하고 있으나 국내에서 적용 가능한 마커들의 종류, 선발 효율성, 특성 등이 객관적으로 파악되고 정리되지 않아 그 활용은 극히 미미한 실정임

3. 기존 연구와의 중복성 및 연계방안

(기존 연구과제와 중복성 없음)

4. 프로젝트 추진체계 및 추진전략

4.1 프로젝트 추진체계



4.2 프로젝트 추진전략

- 분자마커를 활용하여 유전적 초기세대 선발 및 확인
- Network search : internet, 문헌, 특허, 유전자 은행, 연구사례 등
- 국내외 관련 학회 참가 : 국제원예학회, 육종학회, 식물병리학회 등
- 다양한 병 저항성 계통 수집 및 분리, 평가
- 분자마커를 이용한 유전자원 평가
- 병리 검정법 개발을 통한 유전자원 평가
- 국내외 토마토 분자마커 개발과 활용수준 현황 분석
- 품종육성에 필요한 다각적인 분자마커활용 분야(주요 형질선발용 마커, 여교잡 마커, 품종 판별용 마커 등) 설정
- 다국적기업 및 선진국 연구기관의 마커기술 벤치마킹과 모델링
- 분자마커 적용이 필요한 목표형질 설정 및 마커개발을 위한 오믹스 차원의 기술적 접근법 모색
- 국내 환경에 적합한 소규모 종자회사 대상 분자마커이용선발(MAS) 지원 시스템
- 국내외 주요 토마토 병의 생물검정기술 활용현황 분석 및 프로토콜 개발
- 전통육종기술-마커이용선발-생물검정 3자 연계구도의 통합적 육종프로그램안 제시
- 목표달성을 위한 국내 최적 연구팀 구성 및 구성원 간 연계체계 제시

5. 프로젝트 Micro 로드맵

단계별 목표		1단계				2단계					최종목표	
		핵심육성소재 확보 및 응용, 분자 시스템 구축, 마커개발, 실용화				분자 육종 시스템 응용, 마커개발 및 대량 분석시스템 기술 확립, 실용화						
중점연구영역		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	프로젝트 목표	
토마토 품종육성을 위한 내병성 및 원예형질 분자표지 개발	국내용 토마토 청고병/흰가루병 및 과색 관련 분자표지 개발	청고병/흰가루병, 과색 마커 개발용 분리집단, 유전자 지도 작성 및 마커 개발										- 신규 분자표지 6점 이상 개발
		병리 검정, 계통 내병화 작업, QTL 분석										
		마커를 이용한 토마토 육성재료 인자 분석 및 대량샘플 자동화분석 시스템 구축										
		민간회사에 내병계통 제공										
수출용 토마토 TYLCV/역병/겉무늬병 및 저장성 관련 분자표지 개발	수출용 토마토 TYLCV/역병/겉무늬병 및 저장성 관련 분자표지 개발	내병성 및 저장성 관련 유전자원 선발										- TYLCV, 역병, 겉무늬병 등 저항성 분자마커 3점 개발 - 저장성 (LSL) 관련 분자마커 3점 개발
		분리집단 작성, 신규 분자표지 개발 및 생물검정 대조 시험										
		마커를 이용한 토마토 육성재료 인자 분석										
		효율적인 MAS/MAB 체계 확립, 민간회사에 내병계통 제공하여 국가별 품종육성 및 상업화 연계										

6. 세부프로젝트 추진계획

1) 국내용 토마토 청고병/흰가루병 및 과색 관련 분자표지 개발

(1) 세부프로젝트 도출배경

가. 연구개발대상 기술의 경제적·산업적 중요성 및 연구개발의 필요성

- 국가 경쟁력 확보를 위해서는 분자마커이용선발 (Marker-assisted selection, MAS) 기술을 이용한 품종개발 연한 단축 및 우량개체 선발효율의 극대화 할 수 있는 MAS 육종시스템 정착이 필요함
- 반면, 국내에서 토마토 분자마커 연구지원은 제한적이고, 일부 회사를 제외하고는 마커 개발과 활용이 현재 가능한 회사가 없어 국가적 차원에서 마커 개발 및 지원 채널이 요구되는 상황임
- 국내 토마토 MAS 지원을 가속화하기 위해서는 형질별 요구도, 기술도, 마커개발용 유전자원 확보유무에 따라 우선순위 선정이 필요하고, 마커개발이 해외에서 보고되었으나 국내 활용 가능성 검토가 필요한 마커와 신규로 개발이 필요한 마커에 대한 연구가 진행되어야 함

나. 연구개발대상 기술의 국내외 현황

- 국내용 토마토 품종에 요구되는 주요 병은 바이러스병으로 *Tomato mosaic virus*(ToMV), *Tomato spotted wilt virus*(TSWV), TYLCV, 곰팡이병으로 잎마름역병, 근부위조병, 반신위조병, 갈색근부병, 회색잎곰팡이병, 흰가루병, 세균병으로 청고병, 썩양병, 선충병으로 고구마뿌리혹병 등이 있음
- 국내에서 MAS가 가능하여 일상 활용되는 병은 ToMV (선발유전자: *Tm2a*), TYLCV (*Ty-1,2,3*), 시들음병 (*I2, 3*), 반신위조병 (*Ve1, 2*)이 있고, 분자표지는 해외에서 개발 보고되어 있으나, 국내 육종소재 적용가능성 검토가 필요한 병은 TSWV (*Sw-5*), 잎곰팡이 (*Cf5, 9*), 잎마름역병 (*Ph-3*), 고구마뿌리혹병 (*Mi1,2,3*)이 있음
- 신규로 국내에서 분자표지 개발이 우선적으로 필요한 병으로는 청고병, 흰가루병, 근부위조병이 있고, 갈색근부병, 회색잎곰팡이병은 저항성 육종소재가 확보되어 있지 않고 생물검정기술 확립이 되어 있지 않아 현재는 분자표지개발 진입이 어려움

(2) 최종목표

- 기존 내병성 분자표지의 국내 적용성 검정
 - TSWV, 잎곰팡이(Cf-9), 역병(Ph-3), 고구마뿌리혹선충병(Mi1,2,3) 4점 SNP 실용화
- 신규 내병성 분자표지 3점 이상 개발
 - 청고병, 흰가루병 저항성 등 QTL 분석 및 신규 분자표지 3점 이상 개발
- 신규 과색형질 분자표지 3점 이상 개발
 - 과색(레드/핑크 등) 관련 판별 분자표지 개발

(3) 세부프로젝트의 추진방법 및 전략

가. 추진방법

- 국내 TSWV, 잎곰팡이병, 역병, 고구마뿌리혹선충, 청고병, 흰가루병의 병리검정 기술 확립 및 최적 지수표준 설정
- 목표형질 분자마커 개발과 유용 계통육성에 필요한 핵심유전자원 집단 구축
- 효율적 염기서열변이 확보 및 유전자지도작성에 용이한 최적 고정계통 선발
- 기존 공개된 분자표지(TSWV, 잎곰팡이병, 역병(Ph-3), 고구마뿌리혹선충병(Mi1,2,3)의 국내 육종소재 적용가능성 검정
- 청고병, 흰가루병 내병성 유전자지도작성 및 QTL 분석용 분리집단(F2:3, RIL) 개발
- 청고병, 흰가루병 내병성 및 과색관련 유전자지도작성 분리집단의 표현형 검정
- 과색(레드/핑크) 판별용 분자표지개발용 분리집단(F2) 개발
- Bulk segregant analysis를 이용한 과색(레드/핑크) 판별용 분자표지개발
- 청고병, 흰가루병 유전자지도 작성용 부모본의 genome-wide SNP 탐색
- SNP 기반 청고병, 흰가루병 유전자지도 작성 및 QTL 분석을 통한 분자마커 개발
- SNP 정보를 활용한 여교잡 선발(background selection)용 분자마커(MAB) 탐색
- 효율적 MAS/MAB 지원을 위한 대량샘플자동화분석 시스템 구축

나. 추진 전략

- 육종소재 및 분자표지개발용 분리집단의 내병성 검정
 - 바이러스, 세균, 곰팡이 병에 대한 병리검정 시스템 확보를 위해 채소병리검정사업단, 대학(동아대, 강릉대), 기관(원예특작과학원)과 연계하여 프로토콜 개발 및 서비스의뢰
- 핵심유전자원(육종소재) 및 분자표지개발용 분리집단 확보
 - 내병성, 과형질 유전자원은 고정계통을 중심으로 프로젝트 참여 종사회사로부터 분양

받음

- 분양받은 재료의 고정정도 및 표현형 재평가를 통해 정확한 핵심유전자원집단을 구축함
- 마커개발을 위한 분리집단 양성은 육종회사와 긴밀히 협력하여 세대진전 하며 열대지역(인도네시아, 태국) 채종을 통해 연간 3회 세대진전을 통해 가속화 함
- 분리집단 개발은 마커 개발용 뿐만 아니라 여교잡을 통한 다양한 고정계통 개발이 동시에 가능하도록 계획함

○ 기존 분자표지의 국내 육종소재 적용가능성 검토

- 기존 보고된 분자표지 정보는 논문, 특허, 국외 대학과의 연락을 통해 확보
- 확보된 분자표지를 국내 내병성 계통, F1, 분리집단 등에 적용하여 마커-형질간 연관성 분석
- 기존 분자표지가 PCR-based marker가 아닐 경우, 마커 염기서열 내 Indel/SNP 등을 밝혀내고, SCAR, CAPS 마커로 전환

○ 유전자지도작성을 통한 신규 분자표지의 개발

- 목표형질의 유전양상이 비교적 단순한 경우 주동유전자를 보다 간편하고 신속하게 알아내기 위한 BSA 방법을 활용하고자 함 (미동유전 자를 놓칠 수 있음)
- 유전양상이 복잡한 양적 형질의 경우 유전자 지도작성과 QTL 분석이 요구됨
- 유전자지도작성 기존 개발된 CAPS, SSR, EST-SSR을 이용하여 base map을 만들고 대략적인 QTL의 염색체상 위치를 파악한 후 공개된 reference map/physical map을 활용 하여 탐색된 염색체부위에 대해 보다 자세한 지도를 만듦으로서 마커-유전자간 범위를 좁혀나감
- 유전자지도작성에 적용할 마커타입은 궁극적으로 SNP에 기반하나, 목표형질과 상황에 따라 RAPD, AFLP 등의 random 마커형태를 포함하여, SGN에 공시된 통합 유전자지도의 EST-SSR를 적극 활용함
- 또한 해외 토마토 계통간 SNP 분석 자료를 통해 각 SNP의 염기서열을 분석할 수 있는 primer kit를 개발한 후 본 연구의 유전자지도작성용 부모본 계통의 SNP variation을 스크린하여 유전자지도를 작성함

○ 개발된 목표형질 분자표지의 MAS 적용

- 목표형질 선발용(foreground selection) 마커는 대량샘플자동분석 (semi-high

throughput)이 가능한 HRM, Lightcycler probe platform에 맞게 전환하여 MAS 지원

- 외국 거대 다국적 기업에 비해 아직 요구되는 샘플의 수가 많지 않은 국내 상황에서는 1년에 한 마커에 대해 5,000점 이하로 예상할 경우 LightCycler480 Real-time PCR platform과 같은 HybProbe이나 simpleProbe을 이용하는 semi-high throughput system이 적절함 (연구원 1인이 8시간 내 1,000점 이상 PCR에서 genotyping까지 완수 가능)
- 주요 내병성 마커나 기능성 마커를 동시에 검정할 수 있는 multiplex PCR 설계
- MAS의 체계가 구축되면 기술이전, 특허이전 등을 통해 사업단 주관기관에 마커 정보를 양도하고 산업단의 통합된 단일 채널을 통한 회사 육종프로그램 지원이 가능하도록 함

○ 마커이용여교잡 (marker-assisted backcross) 체계 구축

- 목표형질을 지니는 유전자원의 일반 원예형질이 미비하거나 원하는 토마토 타입(완숙, 방울, 가공용 등)으로 육성하고자 할 때, 여교잡을 통해 다양한 중간모본계통 육성이 요구됨
- 핵심유전자원 집단 구성시 여교잡의 반복친으로 활용될 우수 계통이 포함되도록 설계함
- 핵심유전자원의 sequencing, 또는 SNP-chip 분석에 의해 밝혀진 유전자원간 SNP들은 여교잡에서 반복친의 염색체 선발(background selection) 마커로 사용할 수 있도록 염색체당 균등히 분포된 SNP, 또는 반복친 계통 회복 효율을 극대화 할 수 있는 염색체별 타겟 SNP를 설정(recombination hot-spot, euchromatin, telomere, centromere 감안)하여 마커세트(목표형질 마커와 함께)을 구성하고 대량자동화분석 (500개의 개체를 100개 마커로 동시에 검정)이 가능한 platform (bead express)으로 구축하여 MAB 지원
- MAB의 체계가 구축되면 기술이전, 특허이전 등을 통해 사업단 주관기관에 마커 정보를 양도하고 산업단의 통합된 단일 채널을 통한 회사 육종프로그램 지원이 가능하도록 함

(4) 세부프로젝트의 성과지표 설정방안

- 본 과제는 토마토 신품종을 육종하여 농가에 보급하여 농가소득 증대뿐만 아니라 토마토종자 수입대체가 주목적임
- 성과지표는 개발한 품종 등록수 (품종생산판매신고, 품종보호), 상품화수, 종자판매량, 판매액, 논문, 특허, 교육지도, 홍보물 등으로 함
- 상품화 및 국산화율(수입대체)

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

특 성 지 표	인력양성		2	2	4	
	기반구축 실적					
	D/B 구축					
	분자마커		3	3	6	
	유용유전자					

(5) 세부프로젝트의 최적연구진 구성안

□ 연구진 구성(대학, 연구기관 주축 - 민간 보조)

○ 본 과제 of 인력은 연구내용과 연구비를 고려하여 연구기간 9년 동안 박사 1명, 석사급 2명, 기타 2명으로 총 연구기간 동안 45명으로 구성함

○ 국가 출연 연구기관 및 대학교 연구소에서 수행이 바람직

세부 프로젝트명	구분	1단계				2단계				
		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
국내용 토마토 청고병/흰가루병 및 과색관련 분 자표지 개발	책임급	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	선임급	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	원급	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	기타	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	총합	5								

(6) 세부프로젝트의 예산

세부프로젝트명	구분 연구기간	1단계				2단계					총계
		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	
국내용 토마토 청고병/흰가루병 및 과색관련분자 표지 개발	정부 (억원)	1.2	2.55	2.45	2.45	2.45	2.35	2.5	2.5	2.5	20.95
	민간 (억원)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	합계	1.2	2.55	2.45	2.45	2.45	2.35	2.5	2.5	2.5	20.95

□ 예산 설정 근거

○ 토마토 청고병, 흰가루병 분자마커 개발을 위하여 저항성인자와 감수성인자를 교배하여 분리집단을 만들고 연관유전자를 찾아야 함

○ 청고병은 다인자가 관여하기 때문에 QTL 분석을 해야 하며, 기존에 개발 중인 마커를 실제 육종소재에 적용하여 일치하는지 확인하는 실험에 드는 비용을 계산하여 예산을 책정함

(7) 종자개발을 위한 수출증대 및 수입대체 전략

(8) 세부프로젝트 사업제안 요구서(RFP)

프로젝트명	토마토 품종육성을 위한 내병성 및 원예형질 분자표지 개발		
세부 프로젝트명	국내용 토마토 청고병/흰가루병 및 과색관련 분자표지개발		
연구 기간	2013~ 2021 (9년)	연구비 지원범위	총 2,095백만원 (9년, 정부2,095백만원 , 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 : <ul style="list-style-type: none"> - 내병성 및 원예적 형질 관련 신규 분자표지 12점 이상 개발 ○ 세부프로젝트목표 <ul style="list-style-type: none"> - 기존 TSWV, 잎곰팡이(Cf-9), 역병(Ph-3), 고구마뿌리혹선충병(Mi1,2,3) 분자표지 4점 SNP 실용화 - 청고병, 흰가루병 등 저항성과 과색관련 유전자 QTL 분석 및 신규 분자표지 6점 이상 개발 		
연구 필요성	<ul style="list-style-type: none"> ○국내 품종육성을 위해 MAS를 통한 복합내병성 육종 가속화가 요구됨 ○기존 보고된 마커 중 국내 육종소재에 활용 가능한 마커를 검증하여 MAS에 활용할 수 있는 연구가 필요함 ○흰가루병, 청고병이 최근 문제가 있으며 내병성 품종육성을 위한 분자표지가 요구됨 ○여러가지 색을 가진 기능성 토마토 품종 육성을 위한 분자표지가 요구됨 ○개발된 마커의 MAS 지원을 극대화 하기위해 대량샘플자동화분석 시스템이 요구됨 		
주요 연구 내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 목표형질의 병리검정 기술 확립 및 최적 지수표준 설정 ○ 목표형질 분자마커 개발과 계통육성에 필요한 핵심유전자원 집단 구축 ○기존 공개된 분자표지(TSWV, 잎곰팡이병, 역병(Ph-3), 고구마뿌리혹선충병 (Mi1,2,3)의 국내육종소재 적용가능성 검증 및 SNP 실용화 ○ SNP 기반의 청고병, 흰가루병 내병성 및 과색관련 유전자지도작성 및 QTL 분석 ○ Bulked segregant analysis를 이용한 과색판별용 분자표지개발 ○ SNP 정보를 활용한 여교잡선발 (background selection)용 분자마커(MAB) 탐색 ○효율적 MAS/MAB 지원을 위한 대량샘플자동화분석 시스템 구축 		
시장 전망 및 기대 효과	<ul style="list-style-type: none"> ○ 분자표지는 기술특허 및 기술이전을 통한 고부가가치 창출 가능 ○ MAS를 통해 육종연한 단축 및 육종효율 증대로 종자회사에 크게 기여함 ○ 첨단 분자육종 기술의 국제경쟁력 강화 		
자격 및 신청 요건	<ul style="list-style-type: none"> ○ 연구기관 자격 : 관련 품목에 대한 마커개발 경험이 있고 실적이 인정되는 기관 ○ 신청 요건 : 대학, 연구기관 ○ 기타 사항 : 		
Keyword	한 글	토마토, 품종육성, 분자표지, 내병성, 과색,	
	영 문	Tomato, breeding, molecular marker, disease resistance, fruit color	

2) 수출용 토마토 TYLCV/역병/접무늬병 및 저장성 관련 분자표지 개발

(1) 세부프로젝트 도출 배경

- 토마토는 미국에서 1992년 야생종과 재배종 교배집단에 대한 RFLP 마커 기반 고밀도 유전자 지도가 작성된 후 중합효소연쇄반응(Polymerase Chain Reaction, PCR)에 기초한 다양한 분자마커들이 개발되었고 이와 더불어 선도적인 분자유종기술이 개발되어 왔음
- 미국, 유럽, 일본등의 선진국에 토마토는 채소작물중 품종육성에 대한 분자표지이용선발(Marker-Assisted Selection, MAS)의 적용이 가장 잘 이루어지고 있는데 반해, 국내 토마토 육종에서 MAS는 제한적으로 적용되어 많은 연구와 실용화가 시급함
- 현재까지 국내 품종육성을 위한 분자표지의 개발은 단일 및 소수의 유전자에 의해 조절되는 형질 중심으로 문헌정보를 이용하여 개발함
- 현재 몬산토 등 다국적 종자회사에서는 토마토와 같은 고부가가치 채소 품종 개발을 위해서 MAS 기술 개발 및 활용에 많은 예산과 인력을 투입하고 있음
- 치열한 세계종자시장에서 MAS 기술을 이용한 품종개발 연한 단축 및 우량개체 선발 효율의 극대화로 경쟁력 확보를 위한 MAS 육종시스템 정착이 필요
- 2007년 이후 차세대 염기서열 분석(Next Generation Sequencing, NGS) 기술의 발전으로 식물 유전체 서열 해독연구에 획기적인 진전과 더불어 단 기간에 대량의 분자표지 개발이 가능해졌음
- 가장 빈번한 염기서열변이인 SNP는 유전적 다양성이 낮은 토마토 육성 계통간에 매우 효과적
- 최근 미국 SolCAP 토마토 공동연구팀은 NGS와 RNA-Seq 기술을 통해 5개의 대표 재배품종과 1개의 야생종의 발현유전자의 염기서열(transcriptome) 정보를 확보하였고 이를 생물정보학적 방법으로 분석하여 7,720개의 SNP를 동시에 분석할 수 있는 토마토 최초의 대량(high-throughput) 유전자형 분석 array를 개발

- 2012년 한국을 포함한 14개국 연구진들의 지난 8년간의 노력의 결실로 토마토 재배종 (*Solanum lycopersicum* Heinz 1706 품종)과 야생근연종(*S. pimpinellifolium*)에 대한 표준 유전체 염기서열의 해독이 완료됨
- 개발된 genome-wide SNP 자원과 표준유전체 염기서열정보는 향후 유용유전자들을 보다 심도 있게 연구하고 많은 수의 MAS용 분자표지 개발을 가속화할 것으로 기대됨
- 여교잡육종에 genome-wide SNP의 활용은 반복친의 유전자형을 신속하게 회복시킬수 있어 마커이용여교잡 (Marker-Assisted Backcrossing: MAB)의 효율성을 향상시키고 품종육성의 기간을 단축할 수 있음
- 황화잎말림바이러스병(Tomato Yellow Leaf Curly Virus: TYLCV)은 담배가루이 (white fly)를 매개로 전염되는데 최근 전 세계로 확산되고 있어 우수 내병성 품종의 개발이 시급한 실정
- TYLCV 저항성 유전자 관련 분자표지들이 최근 미국 플로리다대학과 위스콘신대학(6번 염색체상의 *Ty-1*과 *Ty-3* 유전자, *S. chilense* introgression), AVRDC(11번 염색체상의 *Ty-2* 유전자, *S. habrochaites* introgression)의 주도하에 개발되었고 품종육성에 활용되고 있으나 최근 새로운 변종 TYLCV의 출현으로 이에 대한 대비책이 요구됨
- 세균성 점무늬병(*Xanthomonas* spp)은 노지재배에서 문제가 많이 되는 병으로 다수의 저항성 유전자들이(*Rx-3*, *Rx-4*, *Xv3*)에 대한 분자표지가 개발되었으나 최근 새로운 종의 출현하여 이에 대한 연구가 필요함
- 토마토 잎마름역병에 대한 저항성 유전자는 4가지(*Ph-1,2,3,4*)가 알려져 있는데, 이 중 *Ph-4*에 대한 분자표지 연구가 필요
- Long Shelf Life(LSL)는 저장성을 결정하는 주요 형질로 현재 두 개의 유전자 (*nor*과 *rin*) 알려져 있으나 MAS용 분자표지의 개발이 요구됨

(2) 세부프로젝트 최종 목표

- 내병성과 원예형질 관련 신규 마커 6점 이상 개발
 - 수출 타겟시장에서 문제가 되는 TYLCV, 역병, 겹무늬병 저항성에 대한 신규 분자표지를 3점 이상 개발
 - LSL 관련 3점 이상의 신규 분자표지 개발

(3) 연구내용

□ 1단계 (2013~2016)

- 목표형질에 대한 핵심 유전자원 수집 및 평가
 - TYLCV, 역병, 겹무늬병의 저항성 유전자원 확보 및 형질검정
 - LSL 관련 유전자원 확보 및 형질검정

- 목표형질에 대한 분리집단을 작성
 - 선발된 핵심유전자원을 교배하여 위에 언급한 병 및 LSL에 대한 분리집단(F2, F3, BC, RIL등)을 형성
 - 온실 및 해외 육종포(베트남, 태국)를 활용하여 세대진전

- 기존에 개발된 분자표지 MAS 활용성 검정 및 신규 분자표지 개발
 - 각 목표형질에 대한 분리집단을 이용하여 기존에 개발된 분자표지의 MAS 적용가능성을 검정
 - Association mapping을 통해 목표형질에 관련된 유용유전자를 동정하고 MAS용 분자표지 개발

□ 2 단계 (2017~2021)

- 기존의 분자표지 MAS 활용성 검정 및 신규 분자표지 개발 (계속진행)
 - 목표형질에 관련 분리집단을 이용하여 기존에 개발된 분자표지들의 MAS 적용가능성을 검정
 - 목표형질 관련 유용유전자의 동정은 association mapping 방법을 통해 수행하고 이를

바탕으로 MAS용 분자표지 개발

○ 효율적인 MAB 시스템 구축

- 개발된 MAS용 분자표지를 통해 목표형질 유전자를 가지고 있는 계통을 선발
- 여교잡 부모본에 다형성을 보여주는 96~384개의 genome-wide SNP 마커를 선발, 활용하여 반복친의 유전자형의 87.5% 이상을 계통을 BC1 세대에서 선발하여 여교잡육종 기간을 단축

(4) 세부프로젝트의 추진방법 및 전략

- 중국, 인도 등 종자수출 대상국가의 시장요구도를 정밀히 분석하여 내병성 및 기능성 성분 관련 목표형질을 선정
- 농촌진흥청 농업유전자원센터, 토마토 시험장, 대학 및 국내 종자회사와 연계하여 목표형질에 대한 다양한 유전자원들을 확보하고 특성평가를 수행하여 핵심유전자원들을 선발
- 목표형질에 관련된 신규 분자표지의 개발은 미국 연구진에 의해 개발된 기존의 7,720개의 SNP에서 유전적 및 물리적 위치, 분리집단의 다형성 여부에 의해 핵심 384~1534개의 SNP을 선발하여 활용
- 핵심 SNP의 분리집단 유전자형 분석은 KBioScience, Illumina 등의 대량 (high-throughput)분석시스템을 활용하여 수행될 것임
- 추가적인 신규 genome-wide SNP 개발이 필요한 경우, 핵심유전자원들을 resequencing하여 국내 유전체분석 서비스 전문회사와 연계, 대량의 SNP을 탐색함
- 목표형질에 대한 분리집단을 신속하게 작성하기 위해 열대기후 지역인 동남아의 베트남 및 태국의 육종포를 이용하고 또한 온실에서도 세대진전을 하여 1년에 2~3세대를 진전
- 병저항성 관련 신규 분자표지의 개발은 새로운 변종 및 race에 중점을 두고 수행하여 다수의 병저항성 유전자들을 보다 효율적으로 집적할 수 있는 시스템을 구축

(5) 세부프로젝트 성과지표 설정 방안

- 본 과제는 토마토 신품종을 육종하여 해외 수출화가 주목적임
- 성과지표는 개발한 품종 등록수 (품종생산판매신고, 품종보호), 상품화수, 종자판매량, 판매액, 논문, 특허, 교육지도, 홍보물 등으로 함
- 상품화 및 수출목표 달성

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

특 성 지 표	인력양성	2	2	4		
	기반구축 실적					
	D/B 구축					
	분자마커	3	3	6		
	유용유전자					
	언론 홍보					
	교육 및 지도					

(6) 세부프로젝트 최적 연구진 구성안

□ 연구진 구성(대학, 연구기관 주축 - 민간 보조)

- 토마토에 대한 분자표지개발 경력이 있고 실적이 인정되는 대학 중심의 연구진
- 세대단축 및 내병성검정 연구인력 확보
- 회사와 긴밀한 협조를 통해 유전자원 확보, 세대진전 등 정보공유가 가능

세부 프로젝트명	구분	1단계				2단계				
		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
수출용 토마 토 TYLCV/ 역병/겉무늬 병 및 저장성 관련 분자표 지 개발	책임급	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	선임급									
	원급	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	기타	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	총합	6								

(7) 세부프로젝트 예산

세부프로젝트명	구분	1단계				2단계					총계	
		연구기간	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020		2021
수출용 토마토 TYLCV/역병/겉 무늬병 및 저장 성 관련 분자표 지 개발	정부 (억원)		1.2	2.55	2.45	2.45	2.45	2.35	2.5	2.5	2.5	20.95
	민간 (억원)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	합계		1.2	2.55	2.45	2.45	2.45	2.35	2.5	2.5	2.5	20.95

□ 예산 설정 근거

- 새로운 분자표지를 개발하기 위해 목표형질에 대한 분리집단을 작성하고 연관 신규 유전자를 찾아야 함
- TYLCV 변종에 대한 저항성 마커와 역병저항성 분자표지개발이 필요하고, LSL 등 품질인자 마커개발에 소요되는 비용을 계산함

(8) 종자개발을 통한 수출증대 및 수입대체 전략

※ 개발, 생산, 유통, 기술보급 등 세분화된 전략도출

(9) 세부프로젝트 사업제안요구서(RFP)

프로젝트명	토마토 품종육성을 위한 내병성 및 원예형질 분자표지 개발		
세부 프로젝트명	수출용 토마토 TYLCV/역병/겉무늬병 및 저장성 관련 분자표지 개발		
연구 기간	2013 ~ 2021 (9년)	연구비 지원범위	총 2,095백만원 (9년, 정부 2,095백만원, 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	<p>○ 최종목표</p> <p>- 내병성 및 원예적 형질 관련 신규 분자표지 12점 이상 개발</p> <p>○ 세부프로젝트목표</p> <p>- 내병성과 원예형질 관련 신규 마커 6점 이상 개발 .수출 타겟시장에서 문제가 되는 TYLCV, 역병, 겉무늬병 등에 대한 신규 분자표지를 3점 이상 개발 . LSL 관련 3점 이상의 신규 분자표지 개발</p>		
연구 필요성	<p>토마토는 채소작물중 품종육성에 대한 MAS의 적용이 가장 잘 이루어지고 있는데 반해, 국내의 기술수준은 선진국에 비해 많이 뒤쳐져 있음</p> <p>TYLCV 저항성 유전자 관련 분자표지들이 (Ty-1, 2, 3) 개발되었고 품종육성에 활용되고 있으나 최근 새로운 변종 TYLCV의 출현으로 이에 대한 대비책이 요구됨</p> <p>노지재배에서 문제가 되는 세균성 점무늬병(Xanthomonas spp)은 다수의 저항성 유전자들이(Rx-3, Rx-4, Xv3)에 대한 분자표지가 개발되었으나 최근 새로운 종의 출현하여 신규 분자표지 개발 연구가 필요함</p> <p>토마토 잎마름역병에 대한 저항성 유전자는 4가지(Ph-1,2,3,4)가 알려져 있는데, 이 중 Ph-4에 대한 분자표지 개발이 요구됨</p> <p>Long Shelf Life(LSL)는 저장성을 결정하는 주요 형질로 현재 두 개의 유전자 (nor과 rin) 알려져 있으나 MAS용 분자표지의 개발이 필요함</p>		
주요 연구 내용	<p>○ 목표형질에 대한 핵심 유전자원 선발</p> <p>중국, 인도 등 수출 타겟시장에서 요구되어지는 병저항성(TYLCV, 역병, 겉무늬병 등) 및 저장성(LSL)에 대한 핵심유전자원 선발</p> <p>목표형질에 대한 분리집단을 작성하고 목표형질 연관 신규 분자표지 개발</p> <p>선발된 핵심유전자원을 이용하여 목표형질에 대한 분리집단을 형성</p> <p>Association mapping 방법으로 목표형질 관련 유전자를 동정 및 MAS용 분자표지 개발</p> <p>목표형질의 분리집단을 이용하여 기존에 개발된 분자표지들의 MAS 적용가능성을 검정</p> <p>개발된 목표형질 관련 분자표지를 이용하여 다수의 유용유전자를 신속하게 집적 할 수 있는 효율적인 MAS/MAB 시스템 구축</p>		
시장 전망 및 기대 효과	<p>유전체 염기서열분석, 대량 SNP 탐색을 위한 생물정보 분석방법 확립, MAS용 분자표지 개발에 이르는 일련의 유전체 기반 육종기술개발 파이프라인 구축에 필요한 핵심기술 확보</p> <p>본 과제에서 도출된 분자표지는 국내 토마토 육종기술의 고도화를 이끌고 선진국과의 기술 격차를 좁혀 세계시장에서 경쟁력 있는 품종육성을 가능하게 할 것으로 기대됨</p>		
자격 및 신청 요건	<p>○ 연구기관 자격 : 관련 품목에 대한 마커개발 경력이 있고 실적이 인정되는 기관</p> <p>○ 신청 요건 : 대학, 연구기관</p> <p>○ 기타 사항 :</p>		
Keyword	한 글	토마토, SNP, 분자표지, MAS, 복합병저항성, 기능성성분	
	영 문	Tomato, SNP, Molecular marker, MAS, Multi-disease resistance, functional chemical	

제6장 기대효과

1. 정책적 기대효과

- GSP 토마토 사업의 수행을 통해 수입대체 및 수출용 토마토 종자 산업의 육성이 기대됨
 - 국내 우수한 품종개발을 계기로 외국에 수출할 수 있는 역량 강화
 - 대단위 정부과제의 지원 사업으로 민간기업의 투자 동기 부여
 - 정부 과제사업을 통하여 민간 기업이 함께 참여하여 공감대 형성 및 정보 교류 확대
 - 본 프로젝트의 수행을 통해 수입대체 및 수출용 토마토 품종이 개발되고 유통 및 마케팅 전략 산업이 활성화 될 것으로 기대됨
 - 종자 관리 체계 구축을 통한 유통 질서 확립으로 생산업체 경쟁력 강화

- GSP 토마토 사업의 수행을 통해 국내 종자 산업이 발전할 것이며 국가 경쟁력의 강화가 예상됨
 - 종자 산업은 최근 식량안보, 기후변화, 글로벌화 등 변화에 직면하고 있으며, UPOV 협약으로 인해 자국 품종 보호가 요구되어 왔음
 - GSP 토마토 사업이 육성되면 종자 산업을 둘러싼 환경변화에 능동적으로 대응 할 수 있어 종자 산업의 발전이 예상됨
 - 수출용 우수 품종의 개발로 자국 품종 보호 및 글로벌화에 대응
 - 수출용 품종의 현지 적응성 시험을 통해 기후변화에 대응
 - 종자 산업 육성으로 국가 이미지 제고 및 국가 경쟁력 강화가 기대됨
 - 종자 산업의 기술 및 인프라의 구축을 통한 국가 경쟁력 강화

- 토마토 종자 산업의 육성으로 농가소득이 증대되고 농가의 로열티 부담이 경감되어 농촌 경제가 안정화 될 것임
 - 수입대체용 품종과 수출용 품종의 연중생산 체계가 구축될 경우, 수출이 확대되고 새로운 시장을 개척할 수 있어 농가의 수출 소득 증대가 예상됨
 - 우수품종의 개발로 국산 품종의 보급이 높아지면, 로열티에 대한 부담이 줄어들어 농가의 부담을 경감 시킬 수 있음

2. 기술적 기대효과

- 향후 지속적이고 효과적으로 품종 개발을 수행할 수 있는 기술 기반의 구축이 기대됨
 - 고품질 복합내병성 우수한 계통의 다량 확보
 - 국내 토마토 종자개발의 기술력 확보로 토마토 품종의 국제경쟁력 향상
 - 분자마커의 개발과 현장적용 확대로 육종의 첨단화
 - 국내외 우수품종, 유전자원에 대한 형태적, 재배적, 유전적 특성 정보를 제공할 수 있는 통합데이터베이스 개발하여 토마토 육성기반 마련
 - 병해저항성 분자마커, 기능성 물질 마커, 옹성불임 마커 개발 등 품종 육성시 필요한 기술개발 및 지원체계 확립 후 민간회사에 기술 이전하여 선진국과 대등한 경쟁력 확보
 - 분자 표지 이용 효율 극대화를 위한 MAS 체계 개발 후 민간기업 이전하여 토마토 육성 활성화 기여

- 수입대체 및 수출용 종자 생산 체계의 구축으로 국내 종자 생산 기술의 발전이 예상됨
 - 토마토 품종 육성 관련 전문가 육성 및 네트워크 형성으로 품종 개발 기반 구축
 - 국내외 우수품종, 유전자원에 대한 형태적, 재배적, 유전적 특성 및 내병성 정보를 D/B화 하여 토마토 육종소재 확대
 - 분자마커 및 병리 검정 기술 확보

- 기능성 및 생리활성기작 연구 결과를 품종개발에 적용하여 우리고유 품종의 성장 및 경쟁력 강화
 - 토마토 리코펜 등이 보강된 기능성 품종 육성 기초 마련
 - 토마토 육성 기반 구축 및 품종 육성 기술 개발
 - 다양한 토마토 유용자원 평가를 통하여 소비자 요구에 부응하는 다양한 품종개발
 - 국내환경에 알맞은 고품질 토마토 품종개발 기반구축으로 종자산업 경쟁력 향상

3. 경제적 기대효과

- 우리나라의 기후와 토양조건에 대한 적응성 평가 없이 수입 판매하는 종자시장 품
토 개선
- 국내 시설과 기후에 적합한 신품종을 개발하여 안정적이면서도 고품질의 토마토를
다수확 할 수 있도록 하여 수입대체효과를 높임
- 국내 육종 능력 향상 및 우수 품종 개발로 국내 재배 품종의 국산화율을 높일 뿐
만 아니라 농가 소득에도 기여
- 다양한 유형의 품종 개발로 주스용 소비 형태에서 벗어나 선진국형 소비 형태인
샐러드, 조리 등의 요리 소비 형태로 전환하여 토마토 소비 증진은 물론 지속적인
재배 면적 증가를 꾀함
- 거대 시장인 중국, 인도, 중동, 미국, 유럽 등 진출을 위한 수출용 품종을 개발 할
수 있는 기반 확보로 토마토 산업 전반에 걸친 국가 경쟁력을 향상시킴
- 지구 온난화로 인하여 점차 아열대 기후로 변하는 국내시장에 적합한 아열대 품종
육성을 위한 기초 토대를 마련함
- 국산 토마토 품종 성능 향상으로 재배품종의 국산화 제고 및 수입대체 효과
- 친환경적 재배가 가능한 고품질 방울토마토 품종 개발로 농가소득 향상
- 안정적 재배가 가능한 복합내병성품종 육성으로 생산성 향상 및 생산비 절감
- 국내 개발 품종 MS 확대
- 토마토 육성 기반 조성
- 국내 육종 능력 향상 및 우수 품종 개발로 국내 재배 품종의 국산화율을 높일 뿐
만 아니라 농가 소득에도 기여
- 국내 품종육성의 국제경쟁력 향상에 따른 국내 재배면적 확대 및 해외시장 개척
가능
- 고품질 내병성 품종의 개발로 재배의 안정화 및 생산비 절감효과
- 국내의 환경과 재배여건에 적합한 토마토 품종개발로 생산성 제고와 농가소득의
증대
- 우수품종 개발과 더불어 유통, 식품, 건강 산업 등 연관 산업에의 파급효과
- 고가로 수입되고 있는 토마토 종자의 국산화로 수입대체효과 및 종자공급의 안정
화로 농가부담 경감
- 토마토 종자의 국산화율 30~35%('12) ⇒ 70%('21) 이상 달성
- 토마토 종자 1,000만불 수출로 종자강국 실현의 초석을 다짐

참고문헌

- 농림수산물식품부, 2009. 2020 종자산업 육성대책(안).
- 농림수산물식품부. 2011. Golden Seed 프로젝트
- 농림수산물식품기술기획평가원. 2012. 중국, 일본의 종자시장 동향 분석
- 농촌진흥청. 2010. 중국채소 종자시장 조사 보고서
- 농촌진흥청. 2012. 인니, 베트남 채소 종자시장 조사 보고서
- 농촌진흥청. 2012. 인도채소 종자시장 조사 보고서
- 생명공학정책연구센터. 2010. 종자산업
- 일본농림수산성. 2012. 2012 일본농업통계연감
- 중국농업부. 2006. 2006중국농업통계연감
- KB금융지주 경영연구소.(n.d.). 국내외 종자산업 현황 및 성장 전망
- 강승원, 서상규, 이태호, 이공표. 2012. 토마토 ``Micro-Tom`` 과실의 eugenol synthase 유전자 클로닝, 단백질의 3차 구조 및 생리화학적 특성 예측. 경상대학교농업생명과학연구. 46(4):9-20
- 정규식, 소은희. 2011. 고추와 토마토 종자에서 종자전염 세균 및 바이러스의 동시 검출을 위한 One-step Multiplex RT-PCR 방법. 한국식물병리학회. 17(1):44-51.
- 황지현, 김혁준, 채영, 최학순, 김명권, 박영훈. 2012. 분자마커 이용 여교잡 육종을 위한 토마토 유전자원 평가 및 SSR 마커 개발. Kor. J. Hort. Sci. Technol. 30(5):557-567
- 임우종, 김기윤, 우성만, 이선미, 홍보희, 사동민. 2012. *Ralstonia Solanacearum*에 감염된 토마토에서 ACC Deaminase를 생산하는 *Methylobacterium* spp.의 스트레스 에틸렌 수준 조절. 한국환경농학회. 2012(0):139-154.
- 한정현, 이원필, 이준대, 김미경, 최홍수, 윤재복. 2011. 토마토반점위조바이러스에 대한 재배 및 야생형 고추 수집종의 병징과 저항성 조사. 한국식물병리학회. 17(1):59-65.

조정희, 임규옥, 이혁인, 예미지, 차재순. 2011. 토마토 종자로부터 PCR을 이용한 *Pseudomonas syringae* pv. *tomato*의 검출. 한국식물병리학회. 17(3):376-380.

김병섭. 2012. 잎마름역병 저항성 육종을 위한 토마토 유전자원의 저항성 평가. Res. Plant Dis. 18(1):35-39.

조점덕, 김정수, 김진영, 김재현, 이신호, 최국선, 김현란, 정봉남. 2005. 채소류의 토마토 반점 위조 바이러스 발생과 병징(I). 식물병연구 11: 213-216.

조점덕, 김정수, 이신호, 최국선, 정봉남. 2007. 우리나라 고추바이러스 종류, 병징 및 발생 형태. 식물병연구 13: 75-81.

최홍수, 이수현, 김미경, 광해련, 김정수, 조점덕, 최국선. 2010. 2009년 우리나라 주요 작물 바이러스병 발생 상황. 식물병연구 16: 1-9.

FAO, 2012. FAO Statistical Database of Agriculture.

2010 Turkish Agriculture Industry report

2011 Indian Horticulture Database

2011 Indian National Horticulture Board

ISF. 2012. Estimated Value of the Domestic Seed Market in Selected Countries for the year 2011

Alba, R., M. M. Cordonnier-Pratt, and L. H. Pratt. 2000. Fruit-localized phytochromes regulate lycopene accumulation independently of ethylene production in tomato. Plant Physiol. 123:363-370.

Al-Falluji, R. A., D. H. Trinklein, and V. N. Lambeth. 1982. Inheritance of pericarp firmness in tomato by generation mean analysis. HortScience 17:763-764.

Atanassova, B., E. Balacheva, E. Molle, and Hr. Georgiev. 2005. Genetic study of the prolonged fruits longevity in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Proc. of the XV Meeting of the Eucarpia Tomato Working Group, September 20-24, Bari, Italy.

Ausich, R. L. and D. J. Sanders. 1999. Process for the isolation and purification of lycopene crystals. US Patent No. 5858700.

- Barksdale, T. H., J. M. Good, and L. L. Danielson. 1972. Tomato diseases and their control. U.S. Dept. Agr. Handbook. pp. 203.
- Betancourt, L. A., M. A. Stevens, and A. A. Kader. 1977. Accumulation and loss of sugars and reduced ascorbic acid in attached and detached tomato fruits. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 102:721-723.
- Bombardelli, E., P. Morazzoni, and R. Seghizzi. 1999. Process for the extraction of lycopene using phospholipid in the extraction medium. US Patent No. 5897866.
- Brady, C. J. 1987. Fruit ripening. *Annual. Rev. Plant Physiol.* 38:155-178.
- Cantwell, M. 1998. Optimum procedures for ripening tomatoes. In: Kader, A. (Ed.) *Management of Fruit Ripening, Postharvest Horticulture Series.* University of California, Davis, No. 9. Postharvest Outreach Program.
- Davies, J. N. and G. E. Hobson. 1981. The Constituents of Tomato Fruit—the Influence of Environment, Nutrition and Genotype. *CRC Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 15:205-280.
- Dod, V. V., P. B. Kale, and R. V. Wankhade. 1992. Genetic analysis of fruit yield of tomato. *Crop Res. (Hisar)* 5:319-325.
- Dugger, B. M. 1913. Lycopersicin, the red pigment of tomato, and effects of conditions upon its development. *Wash. Univ. Studies* 1:22-45.
- Ellis, G. H. and K. C. Hamner. 1943. The carotene content of tomatoes as influenced by various factors. *J. Nutr.* 25:539-537.
- Goersek, W. F. 2000. Ocular orally ingested composition for prevention and treatment of individuals. US Patent No. 6103756.
- Goodwin, T. W. and M. Jamikron. 1952. Biosynthesis of carotenes in ripening tomatoes. *Nature* 170:104-105.
- Hardenberg, R. E., A. E. Watada, and C. Y. Wang. 1990. *The Commercial Storage of Fruits, Vegetables and Florist and Nursery Stocks.* USDA Handbook No. 66.
- Ho, J. Y., R. Weide, H. M. Ma, M. F. Van Wordragen, K. N. Lambert, M. Koornneef, P. Zabel, and V. M. Williamson. 1992. The nematode resistance gene (Mi) in tomato: construction of a root-knot molecular linkage map and identification of dominant cDNA

markers in resistant genotypes. *Plant J.* 2:971-982.

Hobson, G. E. and J. N. Davis. 1971. Effects of harvest maturity on carotenoid in pastes made from VF-145-7879 tomatoes. *J. Food Sci.* 42:216.

Hopkins, W. G. 1999. *Introduction to Plant Physiology*. 2ed. John Wiley & Sons, Inc. NY. pp. 134-135.

Kavanagh, E. E., W. B. McGlasson, and R. L. McBride. 1986. Harvest maturity and acceptability of Flora-dade tomatoes. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 111:78-82.

Kawargi, M., T. Kurashi, H. Shirasawa, N. Takada, K. Yuasa, and S. Kojima. 1999. Method for collecting tomato pigment and its application. US Patent No. 5871574.

Kays, J. S. 1991. *Postharvest Physiology of Perishable Plant Products*. AVI Pub., NY.

Kim, M. K. 2004. Development of Good Quality F₁ Hybrids with Increased Level of β -carotene and Lycopene in Tomato. Graduate School of Chungnam National University. Ph. D. Thesis. pp. 18-58.

Kirk, J. T. O. and R. A. E. Tilney-Bassett. 1978. *The Plastids*. Elsevier/North-Holland Biomedical Press, Amsterdam, The Netherlands. p. P1.

Kozukue, N. and M. Friedman. 2003. Tomatine, chlorophyll, beta-carotene and lycopene content in tomatoes during growth and maturation. *J. Sci. Food and Agri.* 83:195-200.

Mayo Clinic Health Letter. 1998. LYCOPENE, A good reason to eat tomatoes.

Milligan, S. B., J. Bodeau, J. Yaghoobi, I. Kaloshian, P. Zabel, and V. M. Williamson. 1998. The root knot nematode resistance gene Mi from tomato is a member of the leucine zipper, nucleotide binding, leucine-rich repeat family of plant genes. *Plant Cell* 10:1307-1319.

Mustafa, A. A. 1989. Effect of low and high temperature on tomato fruit pigments when harvested mature-green stage. *Emir. J. Agric. Sci.* 1:125-133.

Natarajan, S. 1992. Inheritance of yield and its components in tomato under moisture stress. *Madras Agric. J.* 79:705-710.

- Olmadilla, A. N., L. F. Granado, G. E. Martinez, N. I. Blanco, and H. E. Rojas. 1997. Serum status of carotenoids in control subjects and its relation to the diet. *Nutr. Hosp.* 12:245-249.
- Peet, M. M. 1996. Sustainable Practices for Vegetable Production in the South. Focus Pub. Newburyport, MA. pp. 149-157.
- Pillen, K., M. W. Ganal, and S. D. Tanksley. 1996. Construction of a high-resolution genetic map and YAC-contigs in the tomato Tm-2a region. *Theor. Appl. Geneti.* 93:228-233.
- Porter, J. S. and R. E. Lincoln. 1941. *Archives of Biochemistry and Biophysics.* 27:330.
- Prabakaran, C. and G. J. Pichai. 2003. Effect of different organic nitrogen sources on pH, total soluble solids, titratable acidity, crude protein reducing and non reducing sugars and ascorbic acid content of tomato fruits. *J. Soil. Crop.* 13:172-175.
- Rai, N., M. M. Syamal, A. K. Joshi, and C. B. S. Rajput. 1997. Genetics of yield and yield components in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Indian J. Agric. Res.* 31:46-50.
- Ramos, B. F., F. A. Vallejo Cabrera, and P. C. T. de Melo. 1993. Genetic analysis of the character mean fruit weight and its components in diallel cross between cultivars of tomato, *Lycopersicon esculentum* Mill. *Acta Agronómica, Universidad Nacional de Colombia.* 43:15-29.
- Reynard, G. B. 1961. New source of the j2 gene governing jointless pedicel in tomato. *Science* 134:2102.
- Sherif, T. H. I. and H. A. Hussein. 1992. A genetic analysis of growth and yield characters in the tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) under the heat stress of late summer in Upper Egypt. *Univ. of Assiut. J. Agric. Sci.* 23:3-28.
- Singh, D. N., A. Sahu, and A. K. Parida. 1998. Stability of fruit yield and its attributing traits in tomato (*Lycopersicon esculentum*). *Indian J. Agric. Sci.* 68:373-374.
- Stommel, J. R. and K. G. Haynes. 1994. Inheritance of beta carotene content in the wild tomato species *Lycopersicon cheesmanii*. *J. Hered.* 85:401-404.
- Surjan, S., M. S. Dhaliwal, D. S. Cheema, and G. S. Brar. 1999. Breeding tomato for

high productivity. *Adv. Hort. Sci.* 13:95–98.

Tomes, M. L. 1963. Temperature inhibition of carotene synthesis in tomato. *Bota. Gazz.* 124:180–185.

Vallejo Cabrera, F. A. and S. E. I. Estrada. 1993. Estimation of genetic parameters for the character yield and its primary components in a diallel cross between different lines of tomato *Lycopersicon esculentum* Mill. *Acta Agronómica Universidad Nacional de Colombia* 43:30–43.

Vogele, A. C. 1937. Effect of environmental factors upon the color of the tomato and watermelon. *Plant Physiol.* 12:929–955.

Walker, A. J. and L. C. Ho. 1977. Carbon translocation in the tomato carbon import and fruit growth. *Annual Bot.* 41:813–923.

Won, D. C. 2003. Studies on the induction of male sterility and its use in tomato. Graduate School of Yeungnam University. Ph. D. Thesis. pp. 24

Zahirul, I. M., T. J. Yoo, H. J. Jung, I. L. Choi, S. J. Jeon, J. H. Won, Y. S. Lee, Y. S. Kim, I. S. Kim, and H. M. Kang. 2010. A comparison of postharvest physiological characteristics and quality of cherry and truss type tomato fruits classified by cultivar and maturity. *J. Agri. Life Sci.* 22:1–7.

Atzmon, G., H. van Hoss, and H. Czosnek. 1998. PCR–amplification of tomato yellow leaf curl virus (TYLCV) from squashes of plants and insect vectors: application to the study of TYLCV acquisition and transmission. *Eur. J. Plant Pathol.* 104:189–194.

Brun, G., and N. Plus. 1980. The viruses of *Drosophila*, p. 625–702. In M. A. Ashburner and T. R. F. Wright (ed.), *The biology and genetics of Drosophila*, vol. 2. Plenum, London, England.

Burand, J. P., and H. Lu. 1997. Replication of a gonad–specific insect virus in TN–368 cells in culture. *J. Invertebr. Pathol.* 70:88–95.

Caciagli, P., and D. Bosco. 1997. Quantitation over time of tomato yellow leaf curl geminivirus DNA in its whitefly vector. *Phytopathology* 87:610–613.

Chapman, R. F. 1991. *The insects. Structure and function.* Edward Arnold, London,

England.

Cohen, S., and F. E. Nitzany. 1966. Transmission and host range of the tomato yellow leaf curl virus. *Phytopathology* 56:1127–1131.

Cohen, S., and I. Harpaz. 1964. Periodic, rather than continual acquisition of a new tomato virus by its vector, the tobacco whitefly (*Bemisia tabaci* Gennadius). *Entomol. Exp. Appl.* 7:155–166.

Cohen, S. 1993. Sweet potato whitefly biotypes and their connection with squash silver leaf. *Phytoparasitica* 21:174.

Comendador, M. A. 1980. Abnormal bristles that show maternal inheritance in *Drosophila simulans*. *Drosophila Info. Serv.* 55:26–28.

Czosnek, H., and H. Laterrot. 1997. A worldwide survey of tomato yellow leaf curl viruses. *Arch. Virol.* 142:1391–1406.

Czosnek, H., R. Ber, N. Navot, D. Zamir, Y. Antignus, and S. Cohen. 1988. Detection of tomato yellow leaf curl virus in lysates of plants and insects by hybridization with a viral DNA probe. *Plant Dis.* 72:949–951.

Ghanim, M., S. Morin, M. Zeidan, and H. Czosnek. 1998. Evidence for transovarial transmission of tomato yellow leaf curl virus by its vector the whitefly *Bemisia tabaci*. *Virology* 240:295–303.

Gildow, F. E., and S. M. Gray. 1993. The aphid salivary gland basal lamina as a selective barrier associated with vector-specific transmission of barley yellow dwarf luteoviruses. *Phytopathology* 83:1293–1302.

Harris, K. F., Z. Pesic-Van Esbroeck, and J. E. Duffus. 1995. Morphology of the sweet potato whitefly, *Bemisia tabaci* (Homoptera, Aleyrodidae) relative to virus transmission. *Zoomorphology* 116:143–156.

Hinton, H. E. 1964. Sperm transfer in insects and the evolution of haemocoelic insemination. *Symp. R. Entomol. Soc. Lond.* 2:95–107.

Hunter, W. B., E. Hiebert, S. E. Webb, J. H. Tsai, and J. E. Polston. 1998. Location of geminiviruses in the whitefly *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae). *Plant Dis.* 82:1147–1151.

- Jacobi, V., G. D. Bachand, R. C. Hamelin, and J. D. Castello. 1998. Development of a multiplex immunocapture RT-PCR assay for detection and differentiation of tomato and tobacco mosaic tobamoviruses. *J. Virol. Methods* 74:167–178.
- Leopold, R. A. 1976. The role of male accessory glands in insect reproduction. *Annu. Rev. Entomol.* 21:199–221.
- Loez Ferber, M., J. C. Veyrunes, and L. Croizier. 1989. *Drosophila S* virus is a member of the Reoviridae family. *J. Virol.* 63:1007–1009.
- Loez Ferber, M., A. Ferreiro Rios, G. Kuhl, M. A. Comendador, and C. Louis. 1997. Infection of the gonads of the SimES strain of *Drosophila simulans* by the hereditary reovirus DSV. *J. Invertebr. Pathol.* 70:143–149.
- Mehta, P., J. A. Wyman, M. K. Nakhla, and D. P. Maxwell. 1994. Transmission of tomato yellow leaf curl geminivirus by *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae). *J. Econ. Entomol.* 87:1291–1297.
- Michelson, I. D. Zamir, and H. Czosnek. 1994. Accumulation and translocation of tomato yellow leaf curl virus (TYLCV) in a *Lycopersicon esculentum* breeding line containing the *L. chilense* TYLCV tolerance gene Ty-1 *Phytopathology* 84:928–933.
- Navot, N., E. Pichersky, M. Zeidan, D. Zamir, and H. Czosnek. 1991. Tomato yellow leaf curl virus: a whitefly-transmitted geminivirus with a single genomic component. *Virology* 185:151–161.
- Polston, J. E., A. Al-Musa, T. M. Perring, and J. A. Dodds. 1990. Association of the nucleic acid of squash leaf curl geminivirus with the whitefly *Bemisia tabaci*. *Phytopathology* 80:850–856.
- Raina, A. K., and J. R. Adams. 1995. Gonad-specific virus of corn earworm. *Nature* 374:770.
- Rosell, R. C., I. Torres-Jerez, and J. K. Brown. 1999. Tracing the geminivirus-whitefly transmission pathway by polymerase chain reaction in whitefly extracts, saliva, hemolymph, and honeydew. *Phytopathology* 89:239–246.
- Rubinstein, G., and H. Czosnek. 1997. Long-term association of tomato yellow leaf curl virus (TYLCV) with its whitefly vector *Bemisia tabaci*: effect on the insect

- transmission capacity, longevity and fecundity. *J. Gen. Virol.* 78:2683–2689.
- Spielman, A. 1964. The mechanics of copulation in *Aedes aegypti*. *Biol. Bull. Mar. Biol. Lab. Woods Hole* 127:324–344.
- Telfer, W. H., and D. S. Smith. 1970. Aspects of egg formation. *Symp. R. Entomol. Soc. Lond.* 5:117–134.
- Zeidan, M., and H. Czosnek. 1991. Acquisition of tomato yellow leaf curl virus by the whitefly *Bemisia tabaci*. *J. Gen. Virol.* 72:2607–2614.
- Alpert KB, Grandillo S, Tanksley SD. 1995. fw 2.2: a major QTL controlling fruit weight is common to both red- and green-fruited tomato species. *Theoretical and Applied Genetics* 91: 994–1000.
- Bai Y, Lindhout P. 2005. New Challenges for Durable Resistance Breeding in Tomato. Proceedings of the XVth meeting of the Eucarpia Tomato Working Group, Bari, Italy 20–23 September, 2005.
- Bai Y, Feng X, Van der Hulst R, Lindhout P. 2004. A set of simple PCR markers converted from sequence specific RFLP markers on tomato chromosomes 9 to 12. *Molecular Breeding* 13: 281–287.
- Birchler JA, Yao H, Chudalayandi S. 2006. Unraveling the genetic basis of hybrid vigor. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA* 103: 12957–12958.
- Breto MP, Asins MJ, Carbonell EA. 1993. Genetic variability in *Lycopersicon* species and their genetic relationship. *Theoretical and Applied Genetics* 86: 113–120.
- Canady MA, Ji YF, Chetelat RT. 2006. Homeologous recombination in *Solanum lycopersicoides* introgression lines of cultivated tomato. *Genetics* 174: 1775–1778.
- Chetelat RT, Meglic V. 2000. Molecular mapping of chromosome segments introgressed from *Solanum lycopersicoides* into cultivated tomato (*Lycopersicon esculentum*). *Theoretical and Applied Genetics* 100: 232–241.
- Comai L, Till BJ, Reynolds SH, Greene EA, Codomo C, Enns L, et al. 2004. Large-scale discovery of natural polymorphisms by Ecotilling. *The Plant Journal* 37:

778–786.

Cong B, Liu J, Tanksley SD. 2002. Natural alleles at a tomato fruit size quantitative trait locus differ by heterochronic regulatory mutations. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA* 99: 13606–13611.

Davuluri GR, Van Tuinen A, Fraser PD, Manfredonia A, Newman R, Burgess D, et al. 2005. Fruit-specific RNA-mediated suppression of DET1 enhances carotenoid and flavonoid content in tomatoes. *Nature Biotechnology* 23: 890–895.

DellaPenna D, Alexander DC, Bennett AB. 1986. Molecular cloning of tomato fruit polygalacturonase: analysis of polygalacturonase mRNA levels during ripening. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA* 83: 6420–6424.

Doebley J. 2006. Unfallen grains: how ancient farmers turned weeds into crops. *Science* 312: 1318–1319.

Doganlar S, Frary A, Tanksley SD. 2000. The genetic basis of seedweight variation: tomato as a model system. *Theoretical and Applied Genetics* 100: 1267–1273.

Doganlar S, Frary A, Daunay MG, Lester R, Tanksley S. 2002. Conservation of gene function in the Solanaceae as revealed by comparative mapping of domestication traits in eggplant. *Genetics* 161:1713–1726.

Egashira H, Ishihara H, Takshina T, Imanishi S. 2000. Genetic diversity of the ‘peruvianum-complex’ (*Lycopersicon peruvianum* (L.) Mill. and *L. chilense* Dun.) revealed by RAPD analysis. *Euphytica* 116:23–31.

Eshed Y, Zamir D. 1995. An introgression line population of *Lycopersicon pennellii* in the cultivated tomato enables the identification and fine mapping of yield associated QTL. *Genetics* 141:1147–1162.

Frary A, Doganlar S. 2003. Comparative genetics of crop plant domestication and evolution. *Turkish Journal of Agricultural Forestry* 27:59–69.

Frary A, Nesbitt TC, Grandillo S, Van der Knaap E, Cong B, Liu JP. 2000. fw2.2: a quantitative trait locus key to evolution of tomato fruit size. *Science* 289: 85–88.

Fridman E, Carrari F, Liu YS, Fernie AR, Zamir D. 2004. Zooming in on a quantitative trait for tomato yield using interspecific introgressions. *Science* 305: 1786–1789.

Fulton TM, Grandillo S, Beck-Bunn T, Fridman E, Frampton A, Lopez J, et al. 2000. Advanced backcross QTL analysis of a *Lycopersicon esculentum* × *Lycopersicon parviflorum* cross. *Theoretical and Applied Genetics* 100: 1025–1042.

Garcia-Martinez S, Andreani L, Garcia-Gusano M, Geuna F, Ruiz JJ. 2005. Evolution of amplified length polymorphism and simple sequence repeats for tomato germplasm fingerprinting: utility for grouping closely related traditional cultivars. *Genome* 49: 648–656.

Goldman IL, Paran I, Zamir D. 1995. Quantitative trait locus analysis of a recombinant inbred line population derived from a *Lycopersicon esculentum* × *L. cheesmanii* cross. *Theoretical and Applied Genetics* 90: 925–932.

Grandillo S, Tanksley SD. 1996. Analysis of horticultural traits differentiating the cultivated tomato from the closely related species *Lycopersicon pimpinellifolium*. *Theoretical and Applied Genetics* 92: 935–951.

Grandillo S, Ku HM, Tanksley SD. 1999. Identifying loci responsible for natural variation in fruit size and shape in tomato. *Theoretical and Applied Genetics* 99: 978–987.

Gur A, Zamir D. 2004. Unused natural variation can lift yield barriers in plant breeding. *PLoS Biology* 2: 1610–1615.

Jones RA, Scott SJ. 1983. Improvement of tomato flavor by genetically increasing sugar and acid contents. *Euphytica* 32: 845–855.

Gu WK, Weeden NF, Yu J, Wallace DH. 1995. Large-scale, cost-effective screening of PCR products in marker assisted selection applications. *Theor Appl Genet* 91:465–470.

Kim DM, Ju HG, Kang JW, Han SS, Ahn SN. 2011. A new rice variety ‘Hwaweon 4’ with durable resistance to rice blast. *Kor J Breed Sci* 43(6): 620–624.

Kim HJ, Lee HR, Hyun JY, Won DC, Hong DO, Cho H, Lee KA, Her NH, Lee JH, Harn CH. 2011. Application of disease resistance markers for developing elite tomato varieties and lines. *Kor J Hort Sci Technol* 29(4):336–344.

Lee JH, Yeo US, Cho JH, Lee JY, Song YC, Shin MS, Kang HW, Sohn JK. 2011. Marker assisted selection of brown planthopper resistance and development of multi-resistance to insect and diseases in rice (*Oryza sativa* L.). *Kor J Breed Sci* 43(5): 413-421.

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.