

보안 과제(), 일반 과제(✓) / 공개(✓), 비공개()발간등록번호(✓)
기술사업화지원사업 제3차 연도 최종보고서

발간등록번호

11-1543000-002659-01

몽골 종자수출 사업화를 위한 유채품종 개발 및 생산기술 확보 최종보고서

2018. 11. 30.

주관연구기관 / (주)에프앤피
협동연구기관 / 포스코

농림축산식품부

(전문기관) 농림식품기술기획평가원

제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “몽골 종자수출 사업화를 위한 유채품종 개발 및 생산기술 확보”(개발기간 : 2015.10.23 ~ 2018.10.22)과제의 최종보고서로 제출합니다.

2018. 11. 30.

주관연구기관명 : (주)에프앤피 (대표자) 김신제
참여기관명 : 포스코 (대표자) 최정우



주관연구책임자 : 김신제
참여기관책임자 : 신대호

국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 제18조에 따라 보고서 열람에 동의합니다.

<보고서 요약서>

보고서 요약서

과제고유번호	815005-3	해 당 단 계 연 구 기 간	2017.10.23.~ 2018.10.22.	단 계 구 분	(해당단계)/ (총 단 계)
연구사업명	단 위 사 업	농식품기술개발사업			
	사 업 명	기술사업화지원사업			
연구과제명	대 과 제 명	(해당 없음)			
	세부 과제명	몽골 종자수출 사업화를 위한 유채품종 개발 및 생산기술 확보			
연구책임자	김신제	해당단계 참여연구원 수	총: 13 명 내부: 11명 외부: 2명	해당단계 연구개발비	정부:280,000천원 민간:280,000천원 계:560,000천원
		총 연구기간 참여연구원 수	총: 13 명 내부: 11명 외부: 2 명	총 연구개발비	정부:840,000천원 민간:840,000천원 계:1,680,000천원
연구기관명 및 소속부서명	(주)에프엔피			참여기업명 포스코	
국제공동연구	상대국명:			상대국 연구기관명:	
위탁연구	연구기관명:			연구책임자:	

※ 국내외의 기술개발 현황은 연구개발계획서에 기재한 내용으로 같음

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

9대 성과 등록·기탁번호

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

국가과학기술종합정보시스템에 등록된 연구시설·장비 현황

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

요약(연구개발성과를 중심으로 개조식으로 작성하되, 500자 이내로 작성합니다) | 보고서 면수

<요약문>

<p>연구의 목적 및 내용</p>	<p>가. 신특성의 유채 계통을 이용한 웅성불임 F1 신품종 개발 및 현지 생산력 검정</p> <ul style="list-style-type: none"> - 분자육종기술을 활용하여 사막화 지역에서 생육 가능한 용도별 맞춤형 (tailor-made) F1 품종 개발 - 웅성불임을 이용한 F1 잡종종자 생산체계 구축 - CGMS(cytoplasmic genic male sterility) 시스템 구축을 위한 회복인자 연관마커 개발 - 몽골 현지 재배시험 실시 및 대규모 영농기술 확립으로 전시포 조성 <p>나. 소포자 배양(microspore culture)을 이용한 DH(doubled haploid) 라인 개발로 고부가가치 계통 및 회복친(restorer) 육성</p> <ul style="list-style-type: none"> - 분자마커를 활용한 소포자 배양체의 조기 선발기술 확보 - 몽골에서 생육 가능한 유채를 소포자 배양을 통해 용도별 맞춤형(항공용, 운송용, 산업용, 공업용) DH 라인 육성
<p>연구개발성 과</p>	<p>가. 신특성 유채 계통을 이용한 웅성불임 F1 신품종 개발 및 현지 생산력 검정</p> <p>(1) 분자육종기술을 활용하여 사막화 지역에서 생육 가능한 용도별 맞춤형 F1 품종 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> - 항공용 연료로 적당한 에루신산(C22)이 다량 함유된 내건성 조기개화 계통 3개 이상 개발 - 운송용 연료로 적합한 올레인산(C16)의 함유량이 높은 내건성 조기개화 유채 3계통 개발 - 산업용(중장비용)에 BD40 사용 가능한 바이오디젤용으로 효과적인 고지방산 유채 품종 개발 - 몽골재배 시 중요형질인 조기개화, 종자등숙(seed maturation), 지방산 함량 관련 형질 분석 - 교배육종과 소포자 배양을 통해 개발된 F1 교배조합의 몽골 현지 재배를 통해 적합 계통의 선발 및 육종기간의 단축 <p>(2) 웅성불임을 이용한 F1 잡종종자 생산체계 구축</p> <ul style="list-style-type: none"> - 웅성불임 및 회복친 계통 육성 및 연관분자마커 개발 - 기개발된 유용 후보계통을 이용한 잡종종자 생산용 F1 조합 검정 및 교배조합 선발 <p>(3) 현지 재배 선발을 통한 조기 시장 진입</p> <ul style="list-style-type: none"> - 몽골 현지에서 F1 종자 재배적응성 평가 실시 - 대규모 농장주 중심의 영농교육 실시를 통한 마케팅 시스템 구축 <p>나. 소포자 배양을 이용한 DH(doubled haploid) 라인 개발로 고부가가치 계통 및 회복친 육성</p> <p>(1) 분자마커를 활용한 소포자 배양체의 조기 선발 기술 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> - 유용형질 보유 계통별 특이 genotype 분자마커 확보 및 개발된 DH 라인 분석에 활용 <p>(2) 소포자 배양법을 도입하여 몽골 지역 적응성을 높인 용도별(항공용, 운송용,</p>

	산업용, 공업용 등) DH 라인 육성 - 유용 계통들과 조기개화 계통들을 교배하여 만들어진 F1 식물체로부터 소포자 배양을 실시하여 고오일, 고올레인산, 고에루신산 계통 개발				
연구개발 성과의 활용계획 (기대효과)	○ 교배육종 및 DH 라인 개발로 확보된 신품종은 특성평가 및 새로운 F1 예비조합 작성에 활용 ○ 현재는 일반종을 사업화하고 있으나, 1년차에 작성된 F1 예비조합 중 형질이 우수한 조합을 선발하여 F1 종자를 생산할 계획임 ○ 현지 적합 품종과 용도별 품종을 현지 대형 농장에 직접 수출 ○ 재배기술을 몽골의 대규모 농가에 교육하여 종자의 판매, 채종유를 구매하는 방식의 계약 재배 시스템 구축 및 바이오 원자재 생산 시스템(재배기술 및 기계화 영농기술) 수출				
국문 핵심어 (5개 이내)	유채	F1 종자생산 체계	반수체육종	소포자배양	분자마커
영문 핵심어 (5개 이내)	rapeseeds	F1 seed production system	haploid breeding	microspore culture	molecular marker

※ 국문으로 작성(영문 핵심어 제외)

<본문목차>

< 목 차 >

제1장. 연구개발과제의 개요 -----	6
제1절. 연구개발 목적 -----	6
제 2 절. 연구개발의 필요성 -----	6
제 3 절. 연구개발 범위-----	15
제2장. 연구수행 내용 및 결과 -----	17
제1절: 신품종의 유채 계통을 이용한 융성불임 F1 신품종 개발 및 현지 생산력 검정	17
제2절. 소포자 배양(microspore-culture)을 이용한 DH (doubled haploid) 라인 개발로 고부가가치 계통 및 회복친육성 -----	67
제3절: F1 종자 판매사업의 경제성 분석 및 예비타당성 조사 -----	76
제3장. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도 -----	83
제1절. 목표 -----	83
제2절. 목표 달성여부 -----	83
제3절: 관련 분야 기여도 -----	84
제4절. 목표 미달성 시 원인(사유) 및 차후대책(후속연구의 필요성 등) -----	84
제4장. 연구결과의 활용 계획 등 -----	85
제 1 절. 연구개발결과의 활용방안 -----	85
제 2 절. 기대성과 -----	85
붙임. 참고 문헌-----	87
별첨 1. 연구개발보고서 초록 -----	89
별첨 2. 자체평가의견서 -----	91
별첨 3.연구성과 활용계획서 -----	96

제 1 장. 연구개발과제의 개요

제1절. 연구개발 목적

1. 신품종을 가진 유채 계통을 이용한 융성불임 F1 신품종 개발 및 현지 생산력 검증

- 분자 육종을 이용한 사막화 지역에서 생육 가능한 용도별 맞춤형 F1 품종 개발
- 유채의 융성불임을 이용한 F1 잡종 종자 생산체계 구축 및 국내 농가 수익 향상을 위한 국내 재배포 육성
- 몽골 현지 대규모 영농기술 확립으로 전시포 조성 및 마케팅 시스템 구축

2. 소포자배양을 이용한 DH 라인 개발로 고부가가치 계통과 회복친 육성

- 분자마커를 활용한 소포자 배양체의 조기 선발 기술 개발
- 몽골에서 생육 가능한 유채를 소포자 배양 방법을 이용하여 용도별 맞춤형(항공용, 운송용, 산업용, 공업용 등) DH(doubled haploid) 라인 육성

제 2 절. 연구개발의 필요성

1. 전 세계 유채 오일 시장 동향

가. 유채오일 시장 확대

○ 카놀라 등의 유채오일 식용유 시장규모 확대

- 식물성 기름은 주로 식용으로 81%, 바이오디젤과 같은 산업용으로 19% 정도가 이용됨
- 유채유는 식용과 산업용으로 2008년 기준 각각 1,350만톤, 510만톤이 이용되며, 식용분야가 지속적으로 증가하는 추세임

○ 중국 식용유 시장규모

- 글로벌 시장조사업체 Euromonitor에 따르면 2017년 중국 식용유 매출액은 전년 동기 대비 2.1% 증가한 980억4640만 위안을 기록함. 2012~2017년 연평균 성장률은 1.2%로 성장폭이 계속 증가하고 있으며, 2018년에는 1000억 위안을 돌파할 것으로 예측됨.
- 2017년 중국 식용유 판매량은 전년 동기 대비 3.6% 증가한 78억 8310만 리터를 기록함. 2012~2017년 연평균 성장률(4.5%)보다 성장폭은 다소 줄었으나 판매량은 지속 성장하고 있음.

- 중국 식용유 생산 현황(2018년 정보는 중국 식용유 시장 동향: KOTRA 이진원 선진 무역관 자료참고)

- 국가 통계국 수치에 따르면, 2010년 이래 식용유 생산량은 지속 성장하고 있음. 2011년 4446만1000톤에서 2017년 6475만6000톤으로 성장해 연간 성장률은 6.5%를 기록함.
- 중국 식용유 생산량의 전년대비 증가곡선을 보면 2015년 이후 가파른 상승곡선을 그리고 있는 것을 알 수 있음



자료원: Euromonitor, KOTRA 선전 무역관 재정리

그림1. 중국 식용유 매출동향 및 판매량



자료원: 국가통계국, 치엔잔산업연구원(前瞻产业研究院)

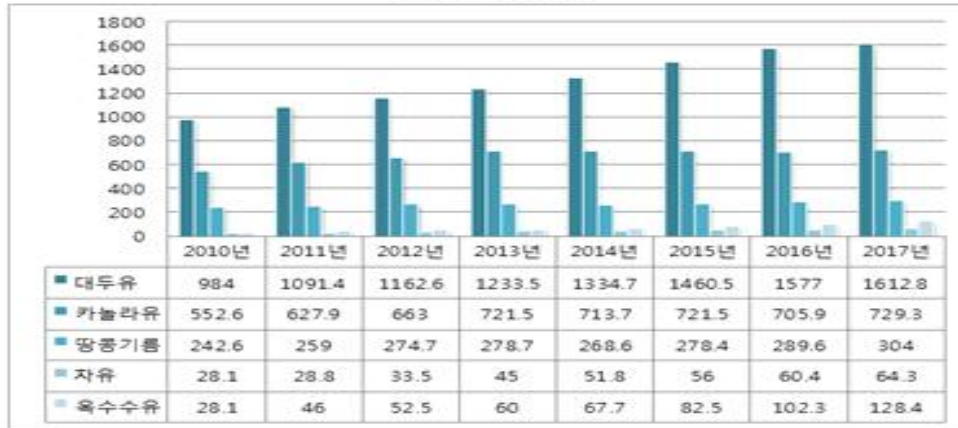
그림 2. 중국 식용유 생산량추이

○ 중국의 원료별 식용유를 분포

- 중국 민간 컨설팅회사인 지연컨설팅이 발표한 <2019~2025년 중국 식물성 식용유산업 투자

분석과 투자 결정 자문 보고>에 따르면, 2017년 대두유 생산량은 약 1613만 톤으로 전체 생산량의 약 26.56%를 차지하고 바로 유채씨와 같은 카놀라유 생산량은 약 729만 톤으로 전체 생산량의 12.01% 차지했음. 땅콩기름 생산량은 약 304만 톤으로 5.01%를 차지함.

2011~2017년 중국 주요 식용유 종류별 생산량
(단위: 만 톤)



자료원: 지연컨설팅(智研咨询)

그림 3. 주요 식용유의 종류별 생산량

○ 식용유 세계 최대 시장인 중국, 생산이 빠른 소비 못 따라가

- 국가 식품 및 식용유 정보센터가 발표한 <유지유료 시장 공급 및 수요 현황 월보>에 따르면, 2017~2018년 중국 식물성 식용유 생산량은 전월대비 122만 톤 증가한 3052만 톤, 소비량은 전월대비 140만 톤 증가한 3505만 톤으로 예측됨. 전체적으로 중국 식물성 식용유의 생산량은 안정적인 증가 추세를 보이나 여전히 빠르게 증가하는 소비량을 따라가지 못하는 상황임.

연도별 중국 식용유 생산량 및 소비량



자료원: 유지유료 시장 공급 및 수요 현황 월보 213기(油脂油料市场供需状况月报213期)

그림 4. 연도별 중국식용유 생산량과 소비량비교

- 생산이 소비를 못 따라가는 이유는 유채종실의 생산이 원활하지 않기 때문이고 각 지역별로

재배가 용이 한 품종 개발이 되고 있지 않기 때문임

2. 유채 오일의 바이오디젤 원료 사용 동향

가. 국제 바이오디젤 사용량 변화 및 유채의 바이오디젤 원료로서의 중요성

○ 전세계 바이오에너지의 사용량 증가

- 한정된 광물자원의 고갈로 인한 바이오에너지의 필요성 증가
- 바이오디젤의 생산 및 소비는 매년 증가추세로 바이오디젤을 포함한 바이오연료의 생산량은 2017년 기준 약 840억 MT에 이룸(그림 5).

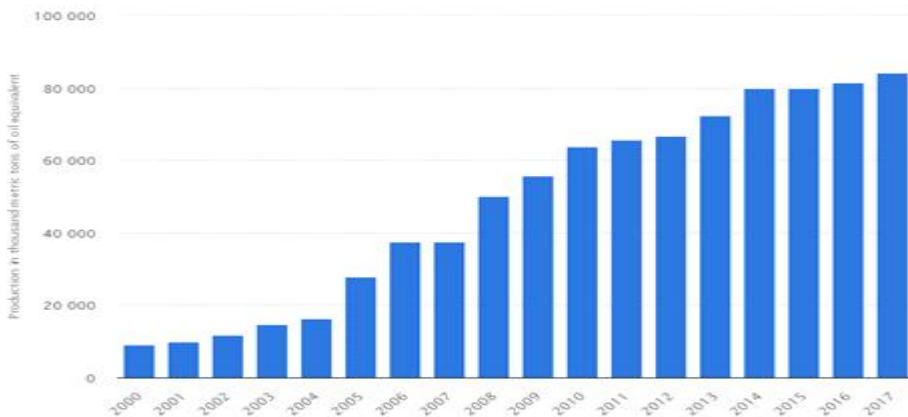


그림 5. 전세계 바이오연료 생산량 (출처: Statista 2018)

○ 유채의 바이오디젤 원료로서의 중요성

- 식물성 오일별로 필터 막힘점 (Cold Filter Plugging Point, CFPP, 저온유동성)은 유채유가 -20℃로 가장 우수하여 바이오디젤 원료로 적합한 것으로 알려져 있음
- 이미 유럽에서는 유채유가 바이오디젤의 원료로 상용화되어 산업용(바이오디젤 포함) :식용의 비율이 7:3에 이르고 있음(출처: 2018 Oilseeds and Roducts Annual EU-28)

○ 바이오 원자재용 품종의 한계성 극복

- 바이오에너지 생산을 위한 원자재 생산비용 (농지, 농수 등 제한된 농업환경, 작물의 생산성 증대의 한계) 증가 및 식량작물과의 경합 등의 원인으로 새로운 유전자원 발굴을 위한 신품종 개발이 필요함
- 바이오에너지 원자재로 사용되는 작물들의 재배지, 물, 비료 등이 식량작물과 경쟁관계에 있고, 식용 수요를 공급이 따라가지 못하기 때문에 가격이 더욱 상승하고 있음
- 따라서 환경 저항성 증대를 통한 척박지(식량작물의 재배가 어려운 지역) 등에서 생산 가

능한 신제품 유채의 개발은 바이오에너지 원자재의 안정적인 공급뿐만 아니라 사막화 방지 등의 추가적인 효과를 얻을 수 있는 경제 작물의 개발이 절실함

3. 유채품종 개발 동향 및 각 국가별 생산량 비교

가. 바이오원자재용 유채품종의 활용

- 유채에 속하는 십자화과 작물 *Brassica napus*, *Brassica rapa*, *Brassica juncea* 중 일반적으로 수량성이 가장 높은 작물은 *B. napus*이며, 유럽에서는 대부분 *B. napus*를 재배하고 중국에서는 *B. napus*를 주로 하면서 *B. rapa*를 일부 재배하며, 캐나다에서는 주로 *B. rapa*를 재배하면서 *B. napus*를 일부 재배하고 있음. 또한 인도는 더위에 강한 *B. juncea*를 주로 재배하고 있음
- 유채의 단위면적당 수량성은 2010년도 기준으로 세계평균이 1,865kg/ha이며 연간 평균 1000kg/ha 후반대를 나타내고 있음. 주요 유채 재배국가중에서 수량성이 가장 높은 나라는 독일로 3899kg/ha이며, 연간 평균 3000kg/ha 중후반대를 나타냄. 그 뒤를 캐나다 1822kg/ha, 중국 1775kg/ha, 호주 1261kg/ha, 인도 1159kg/ha, 우리나라는 933kg/ha 임
- 일반적으로 유럽 각국의 수량성이 높는데 이는 재배기간이 300일 내외인 추파만생종을 재배하기 때문임. 캐나다의 경우는 99%가 춘파를 재배하고 있으며 추파를 재배하는 유럽에 비하여 수량성이 떨어지나 유채 연구를 가장 체계적으로 하고 있는 나라임
- 중국의 경우 춘, 추파를 모두 재배하고 있으나 추파종의 경우도 중국 중남부 지역에서 재배기간이 짧은 중조생종이 주를 이루고 있어 수량이 그리 높지 않음
- 호주는 캐나다와 같이 춘파를 주로 재배하며, 인도의 경우는 더위에 강한 *B. juncea*를 재배하고 있으며 수량성도 그리 높지 않음
- 국내는 최종 수확물(종실)보다 경관 목적으로 재배되고 있는 실정이므로 재배관리 및 품종 개발에 소극적임. 따라서 다른 국가에 비해 수량성이 극히 낮은 실정임
- 재배면적은 2016년 기준 캐나다가 19%로 가장 높으나 생산량은 22%이고 단위면적당 수확량은 1ha 당 2.3ton을 생산하고 있음(그림 6)
- 물론, 중국은 춘파와 추파를 모두 재배하고 특히 중국 중남부 지역에서 재배기간이 짧은 춘파형 중조생종이 주를 이루고 있어 수량이 그리 높지 않음
- 또한 경제적인 영농 체계가 확보되어 있지 않아 수량성을 높이기 위한 영농 체계 확립도 절실히 요구되고 있음
- 이에 반하여, 독일은 LEMKEN 과 같이 약 130 년 동안 유채를 육성하여 온 기업이 있으며 채종유 구매, 식용유 생산, 바이오디젤 원유 추출의 전과정을 담당하는 조합형식의 기

업인 Rapool(www.rapool.com)이 있어 독일의 유채관련 산업은 체계적으로 이루어지고 있음

- 위의 결과를 종합하여 볼 때 지역 환경에 적합한 우수한 품종을 개발하는 것은 어떤 요소보다 우선되어야 하는 사업임

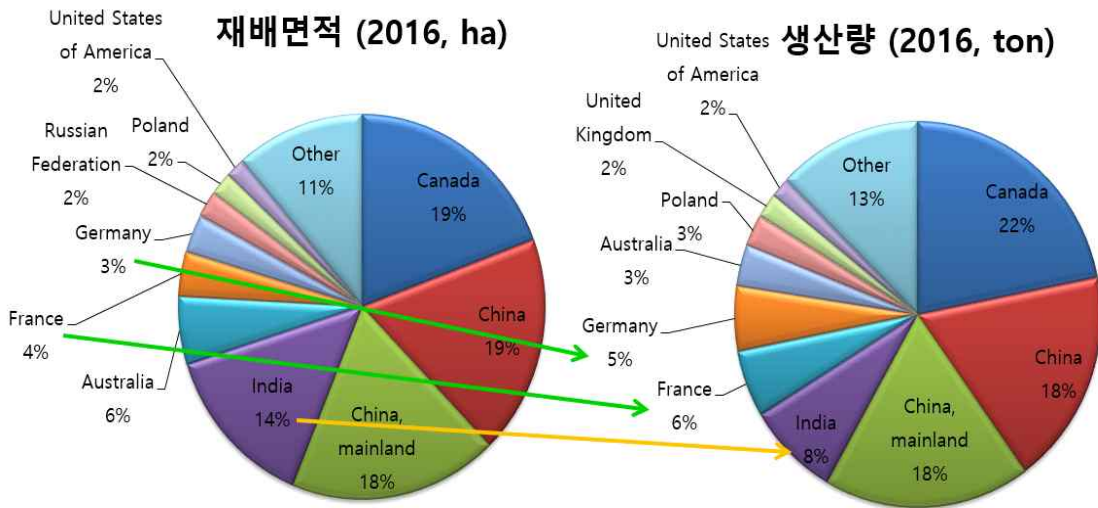


그림 6. 각 국가별 재배면적과 생산량의 비교

- 또한 경제적인 영농 체계가 확보되어 있지 않아 수량성을 높이기 위한 영농 체계 확립도 절실히 요구되고 있음
- 이에 반하여, 독일은 LEMKEN 과 같이 약 130 년 동안 유채를 육성하여 온 기업이 있으며 채종유 구매, 식용유 생산, 바이오디젤 원유 추출의 전과정을 담당하는 조합형식의 기업인 Rapool(www.rapool.com)이 있어 독일의 유채관련 산업은 체계적으로 이루어지고 있음
- 위의 결과를 종합하여 볼 때 지역 환경에 적합한 우수한 품종을 개발하는 것은 어떤 요소보다 우선되어야 하는 사업임

나. F1 잡종종자 생산체계 구축

○ 유채의 잡종강세 이용

- 유채는 타가수분율 (cross-pollination)이 30%이고 자가수분율 (self-pollination)이 70%인 부분 타식성 (cross-fertilization) 작물로서(Rives, 1957) 수량성을 증대시키는데 잡종강세 효과가 매우 크게 작용함
- 유채는 부분 타식성 작물인 관계로 품질 및 수량성을 높이기 위하여 자식을 위주로 하는 작물에서 쓰이고 있는 계통육종법 (pedigree method)에 의한 품종개량은 지속적인 자식에

- 따라 육성 당시의 우수한 형질이 퇴화되어 4~5년이 경과되면 30~40%의 수량 감소를 보임
- 이러한 문제점을 해결할 수 있는 방안으로 잡종강세육종법에 의한 F₁ hybrid 품종의 육성을 시도하고 있음
- 유체의 F₁에서는 양친에 비하여 40~70% 정도 수량이 증가한다고 보고되어있음 (Brandle and McVetty, 1990; Grant and Beversdort, 1985; Lefort-Buson et al., 1987; Schuster and Michael, 1976; Sernyk and Stefansson, 1983; Shen et al., 2001)- 잡종강세를 나타내는 교잡종(hybrid)을 대량으로 생산하기 위해서는 웅성불임성 (MS: male sterility)을 이용한 효과적인 종자생산 시스템이 필요함 (그림 7)

다. 유체의 웅성불임성을 이용한 종자생산체계 구축

- 유체의 세포질 웅성 불임성 (CMS: cytoplasmic male sterility) 은 화분 형성의 이상이 모계 유전되는 형질로서, 육종에 이용하고자 이미 수십여년 전부터 'pol- (Cui & Deng 1979, Fu 1981), ogu- (Ogura 1968, Bannerot 등. 1974), nap- (Thompson 1972, Shiga & Baba 1973), tour-CMS (Rawat & Anand 1979, Sodhi 등. 1994, Stiewe & Robbelen 1994)' 와 같은 몇 가지 CMS 육종 시스템이 개발되어 왔음. 상업적으로 CMS 기반의 잡종 유체 재배종이 육성되어 왔는데, 저온 혹은 고온에서의 불임성의 민감성이나 잡종성의 비일관성, 회복유전자 탐색의 문제와 임성 회복의 불량 등 여러 가지 결점을 극복하지 못함

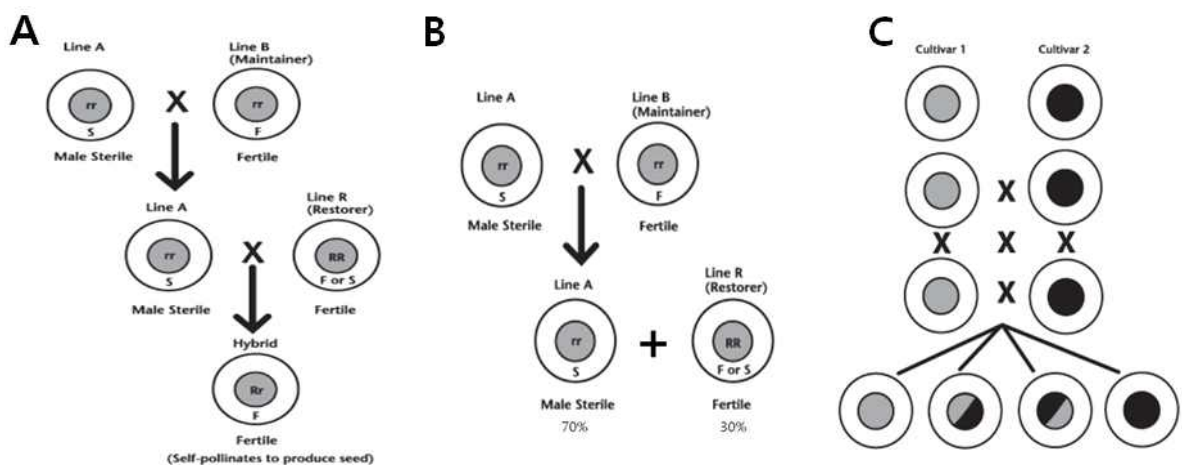


그림 7. F1 잡종종자생산 시스템(A)와 잡종종자 생산 체계인 Composite hybrid (B) 와 Synthetic hybrid(C)의 체계도

- 최근에 해외 종묘회사에서 출시하고 있는 여러 품종들 가운데 약 50%는 hybrid이고 나머

지 50%는 계통인데, 완전한 불임을 나타내는 웅성불임이 없으므로 인하여, 이들 hybrid중에서도 완전한 restored hybrid는 극히 미미하고 대부분이 composite hybrid, synthetic hybrid, 혹은 유전자 조작에 의한 GMO가 대부분임.

- Composite hybrid는 세포질웅성불임 (CMS) 계통 70%와 화분친으로 가임계통 30%를 섞어서 판매하는 것으로 불임계통과 가임계통의 혼합비율이 수량성에 영향을 주어 수량성이 일정하지 않음.
- Synthetic hybrid는 우수한 두 가지 계통을 혼합 채종한 것으로 혼합품종에 따른 순도 및 세대진전에 따른 수량성 감소 등의 문제점을 내포함.
- 본 연구기관은 유채에서 다양한 웅성불임 및 유지친, 회복친을 개발하여 보유하고 있으며 이를 이용한 교배조합 작성으로 해외의 다양한 기후환경에 적합한 우수품종을 육성하는데 활용하고자 함
- 또한 각 웅성불임 및 회복인자 연관분자마커를 개발하여 계통개발에 적극 활용하고자 함

라. 소포자 배양 방법을 이용한 조기 계통 육성

○ 조직배양기술을 이용한 육종기간 단축

- 유채 품종의 육성은 주로 전통적인 방법인 교배와 선발을 통해 육종하고 있으며, 이는 많은 시간과 노동력을 필요로 함.
- 수출용 및 국내에 적합한 신품종 육성 연한을 단축하기 위해서 조직배양 기술이 필요함.
- 단세대에 100% 동형접합자인 배가 반수체(DH: doubled haploidy)를 용이하게 획득하는 방법으로는 약 배양 (anther culture) 과 소포자 배양 (microspore culture) 이 있음

○ 유채 소포자 배양의 필요성

- 소포자 배양은 약 배양과 달리 약 (anther) 안에 있는 체세포 조직으로부터 발생된 callus 형성 없이 배 발생이 일어나며 또한 배 발생률이 약 배양보다 5-200배나 높음 (Davies & Morton, 1998).
- 소포자 배양시 callus를 거치지 않고 바로 배로 발달하므로 단기간에 반수체를 얻을 수 있는 장점에도 불구하고 소포자 배양으로 성공한 식물은 많지 않음.
- 약 배양보다 경제적이고 다수의 우수한 형질을 단기간에 획득할 수 있는 유채 소포자 배양 기술 개발이 절실히 요구됨.
- 본 연구진은 유채 소포자 배양에 대한 제반 시설 및 기술을 보유하고 있고, 좀 더 효율을 높이기 위한 소포자 배양 조건을 확립하여 사막화 지역에서 재배 가능한 신품종 유채를 육성할 필요가 있음

4. 국내 외 종자 시장 현황

- 유채는 식용유, 산업용 그리고 바이오디젤용등 다목적으로 사용하는 아주 유용한 유지작물임
- 2012년 전체 유채 종자 시장에서 F1 유채 종자의 비중은 49% 정도였으며, 2020년까지 85%로 확대될 것으로 예상됨. 이에 따른 F1 유채 종자의 세계 시장 규모는 약 36억 \$(US) 규모로 추정(그림 8)
- 유채종자시장은 약 36억불로 추정되고 있으며 신젠타, 파이오니아와 같은 대기업뿐만 아니라 유럽에는 150년 전통으로 유채만을 육성하는 Lampkin 과 같은 전통 육종과 분자육종을 하는 기술기반회사가 있음
- 유채 F1 종자 시장을 살펴보면 채종유 구매, 식용유생산, 바이오 디젤 원유 추출 까지 담당하는 조합형식의 기업인 Rapool이 있어 독일의 유채관련 산업은 체계적으로 이루어지고 있음

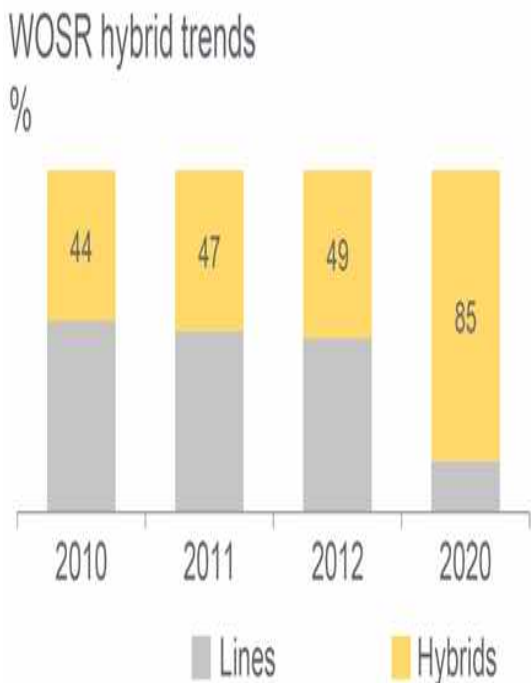


그림 8. 전세계 유채 종자 시장 내 F1 잡종 종자와 일반 종자와의 시장점유율 비교 (좌)및 Rapool 사의 유채 품종 선전 Catalog(우)

제 3 절. 연구개발 범위

연구 범위	연구수행방법 (이론적·실험적 접근방법)	구체적인 내용
몽골 사막화 지역을 활용한 바이오원자재 생산용 맞춤형 품종 개발	분자유종을 이용한 사막화 지역에서 생육 가능한 용도별 맞춤형 F1 품종 개발	<ul style="list-style-type: none"> - 항공용으로 적당한 에루신산(C22) 이 다량 함유된 유채 품종 선발 및 몽골재배적응성 시험 - 운송용으로 적합한 올레인산(C16)의 함유량이 높은 유채 품종 선발 및 몽골재배적응성 시험 - 산업용(중장비용)에 BD40 사용 가능한 바이오디젤용으로 지방산 함량이 높은 유채 품종 선발 및 몽골 현지재배적응성 시험 - 중요형질인 지방산 함량 및 조성분석 지원 - 중요형질인 몽골에서의 작물재배 가능한 조기 개화, 종자 등숙, 지방산 분석 관련 QTL 분자 마커 개발 및 분석 - 교배 육종, 소포자 배양, F1 교배조합들에 대한 현지 재배시험으로 계통 및 조합 선발 - 선발품종의 국내외 타깃 시장 분석 및 사업성 분석을 통한 사업화 계획 수립
	사업화 계획 수립 및 시장진출 전략 구축	<ul style="list-style-type: none"> - 사업계획서 작성 및 사업 추진 스케줄 확정, 개발기술의 SPC 이전 계약 추진 - 사업 참여사 컨소시엄 구성 방안, 참여사별 역할 및 투자방안 도출 - 몽골을 중심으로 국내외 타깃 시장 분석 및 설정을 통해 단계적 진입방안 확립
	웅성불임을 이용한 F1 잡종 종자 생산 체계 구축	<ul style="list-style-type: none"> - 웅성불임 및 회복친 연관마커 개발 및 분석지원 - 웅성불임 계통 고정 및 유지친 개발, 몽골재배적응성 시험 - 유채 회복인자 보유 계통 확보 및 세대진전, 몽골 재배적응성 시험 - 잡종종자 생산용 F1 조합 작성 및 선발 - 국내 재배포 농가 육성 및 F1 종자 생산 기술 확립

<p>시험연구 (해외재배)</p>	<p>○ 개발 품종의 현지재배 적응성 시험 수행</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 몽골 현지인 대규모 영농 교육 실시 및 마케팅 시스템 구축 - 몽골 현지 전시포 (10,000평) 운영
<p>소포자배양으로 DH라인 개발</p>	<p>분자마커를 활용한 소포자 배양체의 조기 선발 기술 개발</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 초기에는 연간 20 개 이상의 F1 재료를 확립된 소포자 배양기술에 도입하여 계통 육성 - 육성된 DH 라인 중에서 항공용, 운송용 및 산업용 바이오디젤용으로 적합한 형질 분석 (지방산 및 분자마커 분석) - 육성된 DH 라인 중 분자마커로 회복친 계통 선발
	<p>몽골에서 생육 가능한 유채를 소포자 배양 방법을 이용하여 항공용, 운송용, 산업용, 공업용 용도별 Doubled Haploid line 육성</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 다에(고에루신산)과 다올(고올레인산)을 교배하여 F1종자에서 소포자 배양을 통한 200개의 계통육성 - 항공용으로 적당한 에루신산(C22) 이 다량 함유된 유채 품종과 엘리트라인의 교배조합 확보 및 소포자 배양을 통한 계통 육성 5개 이상 계통 육성 - 운송용으로 적합한 올레인산(C16)의 함유량이 높은 유채 품종과 엘리트라인의 교배조합 확보 및 소포자 배양을 통한 계통 육성 3 계통 이상 계통 육성 - 산업용(증장비용)에 BD40 사용 가능한 바이오디젤용으로 지방산 함유량이 높은 유채 품종과 엘리트라인의 교배조합 확보 및 소포자 배양을 통한 계통 육성 5개이상 계통육성

제2장. 연구수행 내용 및 결과

제1절: 신탁성의 유채 계통을 이용한 응성불임 F1 신탁종 개발 및 현지 생산력 검정

1. 분자육종기술을 활용하여 사막화 지역에서 생육 가능한 용도별 맞춤형 F1 품종 개발

-본사는 본 연구과제 선정시 이미 BC 6세대까지 진전되어 교배조합작성 중에 있었으나 다음 세대를 위한 신규 유지친 육성사업을 동시에 수행하였으므로 그 결과도 수록함

가. 유전자원의 선발 및 평가

(1) 유전자원의 재배형질 조사

- 몽골 종자수출 사업화를 위한 유채의 품종 특성으로는 기술사업화를 위한 고지방산 함유와 몽골지방의 한랭한 기후를 피하기 위한 조숙형질이 있음. 본 과제의 성공적 수행을 위해 1년차에서 작성한 맞춤형 F1품종의 교배조합과 당사에서 확보한 유채 품종에 대한 몽골 지역적응성 시험과 형질조사를 수행하였음
- 몽골은 북위 46°, 동경 105° 에 위치하고 기온이 여름에 27°C, 겨울에 -46°C까지 떨어지는 극단적인 대륙성 기후를 이룸. 또한 최저기온이 5~8월에만 영상을 회복함으로 이 시기에만 작물 재배가 가능함.
- 본 연구를 위해 본사는 2009년부터 몽골 사막화 진행 지역의 환경변화 조사를 위해 사막화 진행 지역인 아르호스트 (Arhost) 에 대기온습도계와 지온습도계를 설치하여 기후변화 데이터를 수집해왔음. 몽골 사막화 진행지역의 최고 평균온도는 25°C 이었고 최저평균온도는 11°C였음.
- 이러한 사막화 환경에서 재배 가능한 유채의 주요 특성으로는 조숙성, 내한성, 내건성 및 상업화를 위한 다수성이 있으며 이러한 형질을 본과제의 주요 목표로 설정하고 유채의 현지재배를 통해 선발하고 있음
- 생육조사 항목으로는 식물체의 너비와 높이, 추대 및 개화시기, 엽폭, 엽장, 3번째와 5번째 마디길이, 결가지 수, 생중량, 뿌리 생중량, 주당 수확량을 조사하였으며, 지방산 함량 및 조성을 분석하였음
- 본 연구과제의 목적형질 중 가장 중요한 형질은 지방산 조성 및 조숙형질이며, 생육상태 및 수확량 등의 원예적 형질은 기본적으로 갖추고 있어야 함. 용도 및 재배대상지에 적합한 맞춤형 F1품종의 교배조합을 작성하기 위해서는 각 계통의 특성을 파악하는 것이 우선

이므로 당사에서 수집하거나 개발한 유채품종에 대한 형질조사를 수행하였음

- 유전자원을 평가하기 위하여 국내에서는 15년 9월 9일에 파종하였고, 15년 10월 26일에 하우스에 정식하여 생육조사를 수행하였음
- 몽골에서의 재배시기는 5월말에 파종하여 9월초에 수확하면서 생육조사를 실시하였음
- 생육조사 항목으로는 식물체의 너비와 높이, 추대 및 개화시기, 엽폭, 엽장, 3번째와 5번째 마디길이, 결가지 수, 생중량, 뿌리 생중량, 주당 수확량을 조사하였으며, 지방산 함량 및 조성을 분석하였음(표 1)
- 식물체의 너비는 40~100cm이상, 높이는 90~200cm이상까지 다양하였고, 추대일은 12월 초부터 4월 중순, 개화일도 12월 중순부터 4월 말까지 서로 다른 시기에 이루어짐
- 엽폭은 최소 3.7cm, 최대 20.5cm이며, 엽장은 최소 7.6cm, 최대 105.6cm으로 다양하며, 계통별로 3번째 마디와 5번째 마디의 길이 사이에는 큰 차이가 없음
- 결가지 수는 NA124가 31개로 가장 많았으며, NA228의 생중량은 다른 계통에 비해 뛰어나게 높고, NA015의 뿌리 생중량은 다른 계통에 비해 404.7g으로 높은 편임
- 계통은 주당 수확량이 100g이 넘는 다수성 형질을 보유함

(2) 유전자원의 지방산 함량 및 조성 분석

- 조지방(crude oil), 올레인산(Oleic acid), 에루신산(Eruic acid) 함량을 목적형질로 설정하였음
- 올레인산(Oleic acid)은 올리브유에 포함되어 있는 지방산의 주성분으로 오메가-9 불포화지방산이며, 올리브유에서 혈압 강하 역할을 담당하는 것으로 알려져 있음
- 에루신산(Eruic acid)은 불포화 지방산으로 유채를 비롯한 평지과의 식물유에 많고, 에루신산을 많이 함유하는 유채유를 실험동물에 투여하면 심장장해를 보인다고 함. 그러나 최근에는 화장품업계에서 보습제로 쓰임을 인정받아 산업적 가치가 높게 평가되고 있음
- 지방산 분석결과 고올레인산 (60% 이상) 품종이 33종, 고에루신산 (50% 이상) 품종이 2종, 고오일 함유 (35% 이상) 품종 26종이 확인되었음(표 1)_본라인들은 계통이 아니므로 고정작업을 수행하여 육종에 사용하여야 하며 일부는 DH 라인육성에 활용하였음
- 결론적으로, 생육조사를 수행한 결과 많은 계통의 다양성을 확인하였음. 이상의 생육조사 결과는 몽골 현지에서의 재배시험과 비교될 것이며, 회복인자 보유여부를 분석하여 세포질-유전자적 응성불임 (CGMS: cytoplasmic genic male sterility)을 이용한 F1 잡종종자 생산시스템에 활용될 것임

표 1. 유채 도입종의 유전자원 평가

순서	파종		조사일			조사일													
	15.09.09	15.10.26	16.04.12	16.04.12	16.04.12	추대 및 개화			16.01.27	16.01.27	16.02.11	16.02.11	16.05.20	16.05.20	16.05.20	16.05.20	16.07.30		
	계통번호	파종번호	너비	식물체 높이	너비/높이	추대일	개화일	비고	엽폭	엽장	마디까지의 길이		결가지수	생중량 (Kg)	뿌리 생중량 (g)	주당 수확량 (g)	지방산		
									3마디	5마디	조지방 (%)	Oleic acid (C18:1n9 c)					Erucic acid (C22:1n9)		
1	NA507	1	66.17	164	0.40	2015-12-24	2016-03-08		13.4	33.3	4.0	4.7		1.8	100.8	116.91	35.3	23.2	31.3
2	NA508	2	58.50	152	0.38	2015-12-21	2016-02-22		10.2	31.1	2.5	2.5		0.85	100.4	85.66	31.0	23.4	25.8
3	NA509	3	66.17	158	0.42	2015-12-29	2016-02-19		14.3	38.9	0.6	0.7		1.8	104.4	89.08	21.6	40.6	17.3
4	NA510	4	54.17	150.5	0.36	2016-01-06	2016-02-29		11.2	29.1	2.7	2.7	11	1.1	108.1	66.72	32.4	24.0	25.9
5	NA511	5	60.50	156.5	0.40	2015-12-12	2016-02-02		6.7	12.2	5.1	7.4		1.4	97.4	18.43	30.1	56.6	0.6
6	NA512	6	67.50	161.5	0.42	2016-01-04	2016-03-01		11.7	22.6	0.9	0.9		2	253.4	62.76	24.5	16.7	49.5
7	NA513	7	62.33	163.7	0.38	2016-01-15	2016-02-29		11.4	30.4	0.1	0.1	27	1.7	150.1	45.42	31.8	55.7	0.4
8	NA514	8	60.50	144.3	0.52	2016-01-04	2016-02-28		10.1	28.9	0.6	0.7		1.7	171.1	78.44	27.9	53.1	1.6
9	NA515	9	108.00	147	0.73	2016-01-15	2016-03-24		10.3	20.1	1.8	1.8		2.2	150.7	64.56	22.1	61.3	1.7
10	NA516	10	56.00	150.7	0.37	2016-01-15	2016-02-24		8.4	27.3	0.2	0.2	28	0.65	49.3	67.80	23.3	59.9	0.9
11	NA517	11	58.83	134	0.45	2015-12-02	2015-12-24		7.6	22.3	3.3	3.6	19	0.4	70.8	38.62	28.8	16.5	48.0
12	NA518	12	51.17	134	0.38	2015-12-15	2016-01-05		12.7	35.8	2.4	2.5	15	0.4	25.9	54.00	30.5	59.2	1.3
13	NA519	13	65.50	180.3	0.36	2016-01-07	2016-02-25		16.7	39.6	2.1	2.2		0.8	53.5	19.95	26.2	20.2	27.6
14	NA520	14	67.50	187	0.36	2016-01-15	2016-02-10		13.6	30.6	2.6	2.7	20	0.8	41.3	71.74	30.2	19.0	40.7
15	NA521	15	51.17	142.3	0.37	2015-12-15	2015-12-28		10.0	27.5	2.1	2.1		0.7	45	71.00	31.0	22.4	29.9
16	NA523	17	48.83	126.7	0.39	2015-12-05	2015-12-16	조기추대	8.6	25.5	1.5	1.8		0.9	61.4	37.90	34.2	21.3	29.0
17	NA524	18	56.00	164.7	0.34	2016-01-13	2016-02-25		13.0	35.9	0.6	0.6		12.5	110.5	32.80	28.4	57.8	1.0
18	NA525	19	60.83	157.7	0.39	2016-01-15	2016-02-19		10.5	105.6	0.8	0.8		0.95	123.4	78.83	30.9	31.7	25.0
19	NA526	20	62.67	149.7	0.42	2016-01-15	2016-02-27		20.5	39.4	0.3	0.3		1.3	184	123.79	25.6	56.3	0.9
20	NA527	21	62.50	150.7	0.42	2016-01-20	2016-03-03		12.1	34.6	0.3	0.3		0.7	63.5	67.35	29.6	19.4	35.9
21	NA528	22	56.83	149.3	0.38	2016-01-21	2016-02-25		11.4	32.2	0.1	0.1		0.5	85	57.51	36.0	19.1	44.2
22	NA529	23	72.17	143.3	0.50	2016-01-19	2016-02-24		11.5	33.2	0.3	0.3		1.1	128.2	97.55	29.4	27.8	26.1
23	NA530	24	61.00	142.3	0.43	2016-01-17	2016-02-20		10.4	29.5	0.1	0.1		0.75	156.2	56.06	29.6	21.3	33.8
24	NA531	25	61.67	131	0.47	2016-01-15	2016-02-29		12.5	32.2	3.0	3.0	17	0.5	95	43.26	30.9	25.9	28.8
25	NA532	26	54.50	118.3	0.46	2016-01-23	2016-02-28		15.1	30.0	4.3	4.3		0.6	77.2	1.83	28.7	34.1	23.9
26	NA533	27	48.17	94.5	0.52	2015-12-10	2016-01-23		7.6	21.8	4.4	4.4	13	0.2	59.1	34.95	29.5	56.5	0.8
27	NA534	28	67.00	96	0.71	2015-12-10	2016-01-25		9.0	16.2	4.0	4.0		0.65	69.8	117.18	32.3	57.8	0.4
28	NA535	29	52.00	131.8	0.46	2015-12-16	2016-02-05		7.2	72.1	3.7	3.9		0.4	49	49.22	32.1	57.1	0.3
29	NA536	30	76.67	161.3	0.47	2016-01-21	2016-03-09		11.3	35.9	2.5	2.5	27	4.3	243.3	65.37	34.4	10.4	54.6

30	NA537	31	68.83	186.3	0.37	2016-01-28	2016-03-14		11.4	35.9	2.5	2.5		0.5	60.3	95.05	33.3	12.9	46.5
31	NA538	32	64.33	157	0.41	2016-01-15	2016-02-25		10.0	31.1	0.0	0.0	26	1.1	180.8	42.80	21.7	26.4	25.1
32	NA539	33	53.83	162.7	0.33	2016-01-09	2016-02-16		12.3	34.8	0.3	0.3	17	1.1	118.1	19.86	30.0	36.2	14.1
33	NA540	34	55.00	172.3	0.32	2016-01-15	2016-02-17		12.5	36.1	3.7	3.7	11	0.6	91.5	30.62	26.4	49.1	0.4
34	NA541	35	57.67	116	0.50	2015-12-02	2016-01-06		9.9	30.9	0.8	1.4	23	0.3	34.3	51.38	29.0	62.8	0.0
35	NA543	36	55.83	128.7	0.44	2016-01-18	2016-02-19		8.5	29.7	2.4	2.4	9	0.5	76.2	34.73	29.3	60.4	0.2
36	NA545	37	63.50	165.3	0.38	2015-12-15	2016-03-07		9.0	19.4	2.8	3.8	7	0.7	106.7	64.85	39.3	39.9	0.0
37	NA546	38	64.67	156	0.41	2015-12-15	2016-01-04	꽃 제거 후 추대개화	8.0	18.6	5.1	7.2	8	1.2	156.2	89.11	36.0	68.8	0.0
38	NA547	39	54.67	140.3	0.39	2015-12-15	2016-01-12		4.3	36.4	3.4	6.3	8	1	108.8	44.62	40.8	64.5	0.1
39	NA548	40	56.33	157	0.36	2015-12-15	2016-01-03		8.8	22.1	3.8	7.4	15	1.1	146.2	64.05	39.3	64.6	0.0
40	NA549	41	61.00	155.3	0.39	2015-11-27	2015-12-28		6.0	17.3	3.0	6.6	12	0.9	95	69.93	35.6	64.9	0.0
41	NA550	42	64.50	159.3	0.40	2015-11-26	2015-12-20		10.8	27.0	3.4	6.6	12	1	61.3	57.92	35.3	63.1	0.1
42	NA551	43	64.17	163.7	0.38	2015-11-26	2015-12-23		7.0	18.6	3.6	7.1	10	0.7	39.1	49.96	31.9	59.8	0.1
43	NA552	44	61.17	165.7	0.37	2015-12-15	2015-12-20	꽃 제거 후 추대개화	5.4	11.1	3.0	5.9	16	0.4	26	59.02	31.3	18.0	43.0
44	NA553	45	50.00	156	0.32	2015-12-15	2015-12-25	꽃 제거 후 추대개화	5.5	10.6	3.9	9.2	11	1.6	80.8	31.04	32.2	28.5	30.2
45	NA554	46	55.67	151.3	0.37	2015-12-15	2016-02-11	꽃 제거 후 추대개화	3.9	10.0	0.2	0.3	9	0.5	27.8	24.63	28.7	64.4	0.6
46	NA555	47	54.83	162	0.34	2015-12-22	2016-01-23	꽃 제거 후 추대개화	8.0	23.1	5.5	9.8	5	1.6	88.2	61.17	34.8	59.8	0.3
47	NA556	48	48.50	121.7	0.40	2015-12-02	2015-12-21		6.5	16.1	9.1	12.4	7	0.25	25.6	37.71	31.3	59.0	0.1
48	NA557	49	48.33	146.7	0.33	2015-12-02	2015-12-16		7.2	54.5	7.4	13.0	12	0.5	76.6	11.32	23.4	57.4	0.2
49	NA558	50	46.67	137	0.34	2015-12-02	2016-01-18		6.3	16.0	5.9	8.8	7	0.5	57.5	14.27	27.8	56.4	0.0
50	NA559	51	45.17	134.7	0.34	2015-12-02	2016-01-20		7.5	15.7	6.1	8.6	13	0.4	50.9	22.28	30.4	62.9	0.1
51	NA560	52	51.67	145	0.36	2015-11-26	2016-01-08	조기추대	4.4	10.0	3.0	7.4	8	0.4	17.3	40.62	31.4	55.2	0.0
52	NA561	53	67.33	192.3	0.35	2015-11-26	2015-12-09		6.9	17.9	3.3	6.0	6	0.5	43.1	81.68	33.0	61.5	0.0
53	NA562	54	55.83	167	0.34	2015-12-15	2016-01-15	꽃 제거 후 추대개화	6.4	15.7	4.6	8.1	12	0.7	18.9	50.56	28.7	63.9	0.2
54	NA563	55	61.17	180	0.34	2016-01-11	2016-02-21		13.6	25.8	3.2	4.3	12	1.2	44.9	30.71	33.2	60.3	0.3
55	NA564	56	49.17	153.7	0.32	2015-11-26	2016-02-19		8.4	20.6	3.8	8.5	13	0.5	41.3	35.55	32.0	56.8	0.5
56	NA565	57	46.83	138.7	0.34	2015-12-14	2016-01-30		8.7	20.1	3.9	8.4	11	0.3	46.9	43.87	41.4	26.8	27.0
57	NA566	58	55.00	178.3	0.31	2015-11-26	2015-12-26	조기추대	4.6	13.0	3.8	7.9	14	0.5	22.9	21.88	36.1	61.8	0.3
58	NA132	59	67.83	219	0.31	2016-02-20	2016-03-28		10.2	57.4	0.0	0.0	13	0.5	89.9	52.28	36.9	59.1	0.1
59	NA136	60	75.33	210.3	0.36	2016-02-18	2016-03-31		10.2	20.4	0.0	0.0	28	1.3	146.9	64.39	42.8	62.2	0.0
60	NA130	61	62.67	81	0.80	2016-02-25	2016-04-04		10.3	24.9	0.3	0.3	23	0.35	120.5	2.78			
61	NA130	62	68.00	120	0.57	2016-02-23	2016-04-01		10.0	23.4	1.8	2.2	14	1	115.3	31.36	41.4	59.3	0.0
62	NA130	63	60.67	130	0.47	2016-02-25	2016-03-31		11.3	23.9	0.7	0.7	20	1	70.1	33.41	40.1	61.8	0.0
63	NA134	64	92.67	194	0.48	2016-02-18	2016-03-26		13.7	29.8	2.0	4.0	21	0.6	23	94.26	38.0	61.8	0.0
64	NA134	65	65.17	153.7	0.42	2016-03-03	2016-04-09		11.7	27.4	1.9	1.9	18	0.1	50.6	30.26	41.3	63.6	0.0
65	NA134	66	78.17	195	0.40	2016-02-22	2016-03-25		11.7	27.7	0.8	0.8	7	0.5	26.8	40.12	32.8	64.3	0.4
66	NA010	67	55.00	131	0.42	2015-12-02	2015-12-23		9.3	23.5	3.6	5.9	9	0.7	31.3	30.05	37.8	58.8	0.7
67	NA011	68	50.83	147	0.35	2015-12-06	2016-01-31		9.5	27.5	5.6	6.2	10	1	57.6	9.89	32.0	55.4	0.8
68	NA012	69	56.50	141.5	0.42	2015-12-06	2016-01-03		7.0	65.2	3.2	5.9	19	0.25	15.8	38.31	37.3	55.3	0.0
69	NA013	70	57.50	171	0.38	2016-01-22	2016-02-21		11.4	27.0	3.0	3.8	21	0.5	30.3	27.47	34.1	13.7	48.6
70	NA014	71	66.67	148.5	0.43	2016-03-07	2016-04-11		14.1	34.1	0.0	0.0		1	122	44.91	24.0	56.4	0.0

71	NA015	72	58.17	192.7	0.24	2016-01-01	2016-02-29		13.4	36.6	5.7	7.5	23	3.6	404.7	43.64	28.9	30.2	28.4
72	NA016	73	60.33	67.5	0.37	2016-04-28	2016-03-02		13.6	37.3	2.4	2.4		1.2	91.8	67.34	28.6	43.8	13.7
73	NA017	74	84.00	200	0.42	2016-01-15	2016-02-18		23.3	44.5	4.2	4.2	6	2.1	215.8	191.14	25.4	12.7	49.9
74	NA018	75	43.83	120.3	0.37		2015-11-26	조기개화	3.7	13.2	2.2	5.1	20	0.5	16.6	0.38	26.7	19.8	47.9
75	NA001	76	60.83	167.7	0.36	2016-01-29	2016-03-05		14.1	31.9	3.1	3.2	27	0.8	76.4	68.21	27.1	18.7	43.9
76	NA002	77	57.00	151.3	0.38	2016-01-13	2016-03-11		8.4	18.6	6.6	8.8	13	0.3	26.9	29.48	21.5	26.1	24.5
77	NA005	78	55.83	163	0.34	2015-12-13	2016-02-13		10.1	31.1	5.7	9.0	10	0.4	49.3	52.65	20.2	58.9	0.4
78	NA008	79	55.67	171.3	0.33	2016-01-20	2016-03-09		13.8	105.5	3.2	3.2	24	1.3	114.2	62.57	31.7	63.5	0.1
79	NA009	80	53.17	170.7	0.31	2016-01-04	2016-02-25		11.6	28.3	3.3	3.3	19	0.7	61.4	6.57	29.7	63.3	0.0
80	NA462	81	64.83	149.7	0.43	2016-01-30	2016-03-03		9.4	29.0	1.5	1.5	17	0.8	63.1	47.58	28.5	60.3	0.0
81	NA074	82	58.67	164	0.36	2016-01-10	2016-02-25		12.1	32.0	5.0	5.6	21	0.9	31.1	72.79	33.0	67.2	0.0
82	NA076	83	51.50	134.7	0.39	2016-01-01	2016-02-10		12.8	24.1	4.7	5.0	15	0.6	19.5	55.84	32.3	69.7	0.0
83	NA077	84	52.33	123	0.41	2016-01-13	2016-02-23		17.6	38.9	3.0	3.9	10	0.4	22.9	40.71	28.9	56.2	1.1
84	NA362	85	54.50	108.3	0.50	2016-05-14	2016-02-11		13.1	22.2	2.2	5.2	6	0.35	10.3	1.35	21.8	20.3	45.9
85	NA363	86	44.33	107.3	0.42	2015-12-15	2046-01-09		10.2	23.1	5.5	10.1	5	0.5	10.2	27.97	25.5	8.8	49.4
86	NA364	87	41.50	113	0.37	2015-12-02	2015-12-06		8.0	17.4	3.9	10.3		0.5	7.7	1.65	29.0	34.1	28.5
87	NA365	88	84.83	151	0.57	2016-01-27	2016-03-11		8.0	28.1	0.0	0.0	15	0.3	19	7.01	20.1	28.9	30.3
88	NA366	89	64.00	215	0.30	2015-12-15	2016-02-27		10.4	78.5	4.2	6.6		2.5	104.9	132.85	22.9	62.8	3.0
89	NA367	90	85.00	168.3	0.51	2016-02-25	2016-03-23		19.6	40.4	0.0	0.0	20	2.8	175.2	117.28	25.3	28.7	34.7
90	NA445	91	61.50	189.3	0.32	2015-12-25	2046-02-25		17.0	43.4	3.8	5.7	11	0.7	71.5	59.77	27.8	55.2	3.1
91	NA452	92	73.00	179.7	0.41	2016-01-11	2016-03-10		9.9	22.1	4.3	5.7	9	1.1	72.2	164.09	37.5	59.6	0.2
92	NA454	93	46.33	142.7	0.33	2015-12-15	2016-01-23	꽃 제거 후 추대개화	3.7	11.3	5.9	7.1	15	0.3	7.3	28.11	23.6	51.8	5.1
93	NA455	94	63.33	186.7	0.34	2016-01-17	2016-03-05		10.2	23.6	2.9	3.8	12	0.95	41.2	122.01	36.0	53.6	9.2
94	NA456	95	47.50	173.3	0.27	2015-12-15	2016-03-06		12.6	27.2	3.9	7.5	25	1.3	66.4	76.77	42.2	63.9	0.0
95	NA471	96	79.33	209	0.37	2016-01-15	2016-02-01		14.8	33.9	4.0	4.2	14	0.95	37.8	5.10	30.2	69.9	0.2
96	NA472	97	69.00	152.3	0.46	2016-03-12	2016-03-29		16.5	27.7	0.0	0.0		0.7	53.9	5.15	34.6	19.4	43.6
97	NA486	98	38.25	98.5	0.38		2015-12-15	조기추대	3.9	7.6	1.2	4.8	9	0.7	16.6	8.51	30.5	26.0	27.6
98	NA502	99	62.50	165	0.38	2016-02-25	2016-03-10		17.0	68.1	0.0	0.0	23	0.5	54.4	4.02	34.1	16.8	48.3
99	NA503	100	55.67	139	0.43	2015-12-30	2016-02-03		8.0	20.3	4.8	6.8	20	1.6	138.2	57.53	36.0	54.8	0.2
100	NA506	101	78.17	207	0.38	2016-01-11	2016-03-04		10.0	21.8	3.5	3.9	22	0.9	23.8	109.93	21.5	62.2	0.2
101	NA567	102	60.67	187.3	0.33	2016-01-29	2016-03-09		16.6	49.8	2.6	2.6		0.3	40.2	69.51			
102	NA228	104	56.00	133	0.42	2015-12-02	2016-01-02		7.3	21.1	2.3	2.8		72.1	0.9	45.23	32.5	59.4	0.1
103	NA229	105	55.67	130	0.43	2015-12-06	2016-01-22		7.6	21.4	2.2	2.8	15	0.5	23.8	87.48	34.2	65.5	0.2
104	NA231	106	69.33	183.3	0.38	2016-02-03	2016-03-11		11.7	35.5	2.6	2.6		1.5	154	73.82	32.8	62.4	0.3
105	NA124	107	82.50	164	0.50	2016-01-18	2016-02-29		15.8	38.4	1.2	1.2	31			133.96	27.2	11.3	54.0
106	NA022	108	69.33	217.3	0.32	2016-01-14	2016-02-02		9.6	23.9	3.2	5.5	8	1.7	142	92.68	38.8	16.1	29.0
107	NA358	109	59.50	184.3	0.32		2015-12-15	조기추대	4.7	38.5	3.6	9.5	11	0.6	15.3	51.14	34.7	58.9	0.1
108	NA003	110	50.00	197.3	0.26		2015-12-30	조기추대	7.5	19.7	6.0	10.3	13	1.4	43	35.91	31.9	7.7	48.7
109	NA228	134	55.83	110.7	0.50	2015-12-15	2015-12-25		7.1	24.2	3.2	3.6		0.4	24.8	55.60			

표 2. 유제품종별 지방산 함량 분석

지방산 분석 (%)																			
No.	Line No.	Crude Fat(%)	Caprylic acid (C8:0)	Capric acid (C10:0)	Lauric acid (C12:0)	Myristic acid (C14:0)	Pentadecanoic acid (C15:0)	Palmitic acid (C16:0)	Palmitoleic acid (C16:1)	Heptadecanoic acid (C17:0)	Stearic acid (C18:0)	Oleic acid (C18:1n9c)	vaccenic acid (C18:1n7c)	Linoleic acid (C18:2n6c)	Arachidic acid (C20:0)	cis-11-Eicosenoic acid (C20:1)	Linolenic acid (C18:3n3)	Behenic acid (C22:0)	Erucic acid (C22:1n9)
1	NA517	28.78	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	3.51	0.26	0.00	1.01	16.52	1.44	12.28	7.12	0.80	8.19	0.82	48.00
2	NA512	24.46	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.15	0.17	0.00	0.87	16.70	1.47	12.02	7.52	0.63	7.17	0.77	49.52
3	NA520	30.21	0.00	0.00	0.00	0.06	0.06	4.34	0.28	0.00	1.18	19.05	2.41	13.31	7.14	0.73	10.07	0.63	40.73
4	NA519	26.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.48	0.41	0.00	1.31	20.24	3.73	19.88	11.03	0.65	10.27	0.36	27.65
5	NA523	34.20	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	4.10	0.27	0.00	1.30	21.34	2.88	15.44	11.98	0.60	12.80	0.28	28.95
6	NA521	31.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.32	0.28	0.00	1.47	22.44	3.16	14.65	9.38	0.67	13.39	0.34	29.90
7	NA507	35.28	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	3.11	0.21	0.00	1.06	23.24	2.13	15.14	10.20	0.65	12.44	0.42	31.34
8	NA508	31.02	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	4.65	0.33	0.00	1.38	23.39	3.04	17.17	10.56	0.65	12.68	0.31	25.79
9	NA510	32.42	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00	4.41	0.32	0.00	1.49	24.03	2.93	16.67	10.31	0.71	12.89	0.34	25.86
10	NA509	21.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15	4.50	0.32	0.00	1.62	40.56	4.09	14.29	7.16	0.73	8.90	0.36	17.32
11	NA514	27.87	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.56	0.37	0.00	2.32	53.09	5.69	20.86	8.79	0.65	1.78	0.28	1.61
12	NA513	31.82	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	4.19	0.31	0.00	2.08	55.73	4.47	20.02	10.61	0.60	1.34	0.26	0.35
13	NA511	30.11	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	4.11	0.27	0.00	2.08	56.61	3.93	18.88	11.09	0.58	1.51	0.24	0.65
14	NA518	30.45	0.00	0.00	0.00	0.05	0.07	5.90	0.45	0.00	2.13	59.16	5.58	16.32	6.71	0.66	1.44	0.29	1.25
15	NA516	23.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.12	5.50	0.41	0.00	2.73	59.89	5.66	16.07	6.05	0.80	1.58	0.31	0.88
16	NA515	22.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.12	5.45	0.42	0.00	3.11	61.31	5.92	15.06	4.02	0.87	1.71	0.35	1.65
17	NA536	34.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.63	0.31	0.00	0.82	10.43	1.58	14.10	7.59	0.73	5.19	1.01	54.62
18	NA537	33.25	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	4.11	0.37	0.00	0.98	12.92	2.21	16.58	8.60	0.70	6.11	0.88	46.50
19	NA528	35.96	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	3.24	0.22	0.00	1.05	19.12	1.41	11.85	7.62	0.75	9.81	0.63	44.24
20	NA527	29.56	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.97	0.26	0.00	1.29	19.37	2.16	14.85	9.87	0.72	11.05	0.52	35.94
21	NA530	29.57	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.97	0.28	0.00	1.27	21.31	2.32	14.80	10.21	0.70	10.82	0.50	33.82
22	NA531	30.93	0.00	0.00	0.00	0.07	0.08	5.17	0.38	0.00	1.72	25.89	3.27	13.05	6.08	0.82	14.24	0.44	28.79
23	NA538	21.72	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.18	0.36	0.00	1.74	26.43	3.49	17.41	8.83	0.83	11.22	0.44	25.05
24	NA529	29.44	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00	4.23	0.35	0.00	1.56	27.83	2.92	14.08	8.64	0.70	13.20	0.35	26.10
25	NA525	30.95	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	4.05	0.29	0.00	1.68	31.75	2.72	12.01	7.64	0.75	13.71	0.34	25.03
26	NA532	28.72	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	3.66	0.25	0.00	1.81	34.12	2.50	14.18	5.97	0.90	12.09	0.54	23.93
27	NA539	30.03	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	4.26	0.30	0.00	1.63	36.23	3.90	18.78	10.62	0.16	9.68	0.28	14.11
28	NA540	26.40	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00	5.33	0.43	0.00	2.06	49.07	6.04	24.72	10.02	0.61	1.01	0.26	0.38
29	NA526	25.58	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	5.34	0.35	0.00	1.92	56.27	4.39	19.42	8.96	0.62	1.47	0.28	0.92
30	NA533	29.50	0.00	0.00	0.00	0.07	0.09	5.89	0.45	0.00	1.99	56.52	5.97	19.68	6.58	0.58	1.17	0.23	0.78
31	NA535	32.09	0.00	0.00	0.00	0.07	0.07	4.95	0.33	0.00	1.75	57.09	4.53	20.34	8.72	0.48	0.99	0.34	0.33
32	NA534	32.29	0.00	0.00	0.00	0.06	0.05	4.87	0.32	0.00	1.80	57.78	4.54	19.61	8.86	0.50	1.03	0.21	0.37

33	NA524	28.40	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	4.41	0.36	0.00	2.70	57.78	5.01	18.14	7.69	0.81	1.68	0.35	1.02
34	NA541	29.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.37	0.24	0.00	2.79	62.82	3.04	16.67	8.25	0.67	0.89	0.25	0.00
35	NA543	29.34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.24	0.27	0.00	1.97	60.38	3.84	19.85	6.61	0.77	1.43	0.45	0.19
36	NA545	39.27	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	2.23	0.12	0.00	1.35	39.86	1.81	10.21	43.08	0.44	0.67	0.21	0.00
37	NA546	36.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.64	0.20	0.00	2.42	68.84	2.88	13.33	6.39	0.80	1.11	0.37	0.00
38	NA547	40.77	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	3.50	0.20	0.00	2.22	64.53	2.84	15.63	8.76	0.71	1.14	0.33	0.11
39	NA548	39.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.62	0.20	0.00	2.08	64.64	3.06	15.09	9.14	0.70	1.14	0.34	0.00
40	NA549	35.62	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.58	0.19	0.00	2.76	64.91	2.81	15.48	7.77	0.89	1.18	0.43	0.00
41	NA550	35.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.60	0.19	0.00	2.12	63.12	2.95	16.67	8.93	0.71	1.20	0.36	0.14
42	NA551	31.92	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.62	0.27	0.00	1.81	59.77	3.73	19.81	8.99	0.53	1.17	0.23	0.07
43	NA552	31.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.34	0.23	0.00	1.16	17.98	1.55	14.41	7.37	0.82	9.40	0.74	43.00
44	NA553	32.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.26	0.00	1.60	28.54	2.42	13.72	6.82	0.86	12.01	0.57	30.18
45	NA554	28.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.94	0.24	0.00	2.62	64.43	2.38	15.86	6.93	1.00	1.49	0.56	0.56
46	NA555	34.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.90	0.28	0.00	1.70	59.79	3.69	19.31	9.16	0.50	1.15	0.21	0.31
47	NA556	31.33	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	4.68	0.04	0.00	1.76	58.97	3.16	19.85	9.02	0.67	1.33	0.41	0.08
48	NA557	23.42	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	4.78	0.21	0.00	1.71	57.43	3.04	20.68	9.48	0.66	1.38	0.41	0.16
49	NA558	27.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.19	0.06	0.00	2.44	56.35	4.30	20.80	8.32	0.85	1.20	0.49	0.00
50	NA559	30.42	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	4.62	0.04	0.00	2.08	62.86	3.15	17.07	7.28	0.80	1.44	0.48	0.14
51	NA560	31.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.15	0.32	0.00	1.32	55.23	4.98	19.95	11.81	0.56	1.30	0.40	0.00
52	NA561	33.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.87	0.17	0.00	1.82	61.48	2.60	19.38	8.33	0.67	1.30	0.38	0.00
53	NA562	28.74	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.25	0.33	0.00	2.80	63.92	4.55	15.62	5.73	0.92	1.26	0.45	0.16
54	NA563	33.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.24	0.22	0.00	2.44	60.29	3.05	18.56	8.93	0.64	1.11	0.27	0.26
55	NA564	32.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.75	0.28	0.00	2.60	56.83	4.12	21.92	7.16	0.86	1.54	0.45	0.50
56	NA565	41.38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.14	0.29	0.00	1.58	26.80	2.77	16.74	7.94	0.71	12.64	0.36	27.04
57	NA566	36.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.27	0.28	0.00	2.52	61.79	3.57	16.54	8.10	0.85	1.36	0.44	0.28
58	NA132	36.89	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.83	0.27	0.00	1.65	59.13	3.33	21.17	7.24	0.65	1.29	0.36	0.08
59	NA136	42.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.64	0.25	0.00	1.71	62.16	3.05	19.60	6.25	0.69	1.26	0.38	0.00
60	NA130	39.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.68	0.31	0.00	2.01	62.39	3.44	13.92	10.73	0.68	1.21	0.34	0.29
61	NA130	41.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.16	0.31	0.00	1.45	59.31	3.69	18.93	9.16	0.56	1.12	0.31	0.00
62	NA130	40.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.88	0.33	0.00	2.07	61.80	3.54	14.04	11.36	0.65	1.01	0.30	0.00
63	NA134	37.96	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.13	0.28	0.00	1.61	61.79	3.46	19.23	6.46	0.60	1.14	0.31	0.00
64	NA134	41.28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.68	0.23	0.00	1.52	63.58	3.36	18.43	6.04	0.59	1.24	0.32	0.00
65	NA134	32.82	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.59	0.29	0.00	1.65	64.27	3.55	16.99	5.91	0.63	1.39	0.33	0.39
66	NA010	37.81	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.76	0.22	0.00	1.60	58.84	3.34	19.78	8.95	0.63	1.80	0.38	0.70
67	NA011	32.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.46	0.24	0.00	1.82	55.37	3.83	21.93	8.76	0.74	1.60	0.50	0.76
68	NA012	37.28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.49	0.24	0.00	1.44	55.30	4.13	21.32	10.09	0.71	1.72	0.55	0.00
69	NA013	34.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.90	0.24	0.00	1.00	13.67	1.74	13.94	9.06	0.73	7.27	0.86	48.58
70	NA014	23.99	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.48	0.38	0.00	2.65	56.44	5.61	20.06	6.81	0.92	1.15	0.51	0.00
71	NA015	28.88	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.88	0.16	0.00	1.20	30.19	1.68	14.07	6.71	0.74	13.48	0.46	28.43

72	NA016	28.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.75	0.20	0.00	1.78	43.82	2.43	16.85	6.08	0.71	10.36	0.30	13.70
73	NA017	25.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.97	0.19	0.00	0.85	12.72	1.20	12.94	10.84	0.62	7.00	0.77	49.91
74	NA018	26.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.09	0.18	0.00	1.14	19.82	1.17	11.77	7.01	0.89	6.91	1.11	47.91
75	NA001	27.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.87	0.21	0.00	0.96	18.66	1.53	13.07	7.83	0.68	9.51	0.73	43.94
76	NA002	21.46	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.74	0.25	0.00	1.60	26.13	2.81	13.97	8.00	0.87	17.72	0.40	24.51
77	NA005	20.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.06	0.18	0.00	2.36	58.90	3.13	20.65	8.10	0.65	1.34	0.27	0.35
78	NA008	31.66	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.04	0.24	0.00	2.05	63.48	3.13	18.77	6.24	0.55	1.14	0.22	0.14
79	NA009	29.68	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00	4.17	0.25	0.00	2.39	63.33	3.00	19.51	5.48	0.60	0.97	0.24	0.00
80	NA462	28.45	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	4.27	0.27	0.00	2.22	60.34	3.50	19.82	6.95	0.80	1.31	0.44	0.00
81	NA074	33.02	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	4.22	0.22	0.00	2.21	67.18	2.66	16.13	5.28	0.57	1.17	0.32	0.00
82	NA076	32.30	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	3.62	0.20	0.00	2.11	69.70	2.39	14.03	5.51	0.74	1.28	0.38	0.00
83	NA077	28.86	0.00	0.00	0.00	0.07	0.00	4.09	0.32	0.00	1.94	56.15	4.00	20.56	10.06	0.49	1.06	0.21	1.05
84	NA362	21.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.85	0.18	0.00	1.19	20.27	1.42	11.63	6.06	0.80	7.85	0.90	45.86
85	NA363	25.47	0.00	0.00	0.00	0.07	0.00	3.24	0.28	0.00	1.14	8.75	1.32	17.56	10.62	0.95	5.18	1.49	49.40
86	NA364	29.02	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	2.76	0.21	0.00	1.59	34.13	2.12	15.93	7.50	0.91	5.30	0.97	28.53
87	NA365	20.07	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	3.95	0.31	0.00	1.29	28.92	1.91	13.55	12.39	0.71	5.75	0.81	30.31
88	NA366	22.93	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.22	0.26	0.00	2.12	62.80	3.34	16.04	0.07	6.88	0.82	0.47	2.99
89	NA367	25.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.90	0.22	0.00	1.37	28.67	1.76	13.78	8.46	0.81	6.59	0.76	34.67
90	NA445	27.82	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00	3.86	0.25	0.00	1.89	55.18	3.48	20.19	9.74	0.50	1.54	0.23	3.08
91	NA452	37.50	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	4.30	0.24	0.13	1.46	59.60	3.10	20.51	0.11	9.48	0.53	0.29	0.20
92	NA454	23.63	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.72	0.23	0.00	1.50	51.83	2.55	20.16	12.16	0.55	1.86	0.36	5.08
93	NA455	35.99	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	3.91	0.25	0.00	1.79	53.62	2.88	17.60	6.85	0.75	2.56	0.55	9.19
94	NA456	42.15	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	4.06	0.24	0.14	1.90	63.85	3.17	17.19	7.05	0.70	1.27	0.39	0.00
95	NA471	30.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.31	0.25	0.00	2.49	69.87	3.25	11.92	4.85	0.94	1.42	0.52	0.19
96	NA472	34.64	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	2.39	0.19	0.00	1.17	19.38	1.41	13.67	6.09	0.91	10.10	1.03	43.62
97	NA486	30.51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.94	0.27	0.00	1.44	26.02	2.67	19.01	8.59	0.81	9.95	0.73	27.56
98	NA502	34.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.07	0.13	0.00	0.86	16.82	1.02	13.45	7.46	0.70	8.17	1.00	48.32
99	NA503	35.95	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	4.91	0.35	0.00	1.59	54.84	4.76	23.03	8.25	0.56	1.16	0.30	0.20
100	NA506	21.49	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	4.39	0.23	0.14	1.58	62.16	3.22	18.03	7.83	0.61	1.29	0.34	0.15
101	NA567	30.51	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00	4.38	0.20	0.00	1.65	35.17	2.49	18.21	8.41	0.72	12.02	0.35	16.34
102	NA228	29.51	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	4.57	0.27	0.00	2.26	64.09	3.21	15.62	7.41	0.84	1.22	0.44	0.00
103	NA229	34.15	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	4.42	0.27	0.00	2.17	65.55	3.41	13.69	7.62	0.85	1.33	0.46	0.19
104	NA231	35.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.25	0.23	0.00	2.17	61.08	3.32	20.48	6.56	0.55	1.07	0.22	0.06
105	NA124	27.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.13	0.28	0.00	0.75	11.34	1.45	13.81	9.01	0.56	4.85	0.84	53.97
106	NA022	38.76	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00	3.28	0.21	0.00	1.16	16.14	1.91	24.06	12.84	0.81	9.97	0.60	28.98
107	NA358	34.71	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	4.28	0.19	0.00	1.80	58.88	2.75	21.57	8.14	0.63	1.30	0.35	0.07
108	NA003	31.08	0.00	0.00	0.00	0.07	0.00	2.25	0.27	0.00	1.04	11.14	1.67	18.49	10.86	0.85	6.96	1.22	45.18
109	NA228	39.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	4.15	0.24	0.00	2.15	61.71	3.59	17.12	8.38	0.77	1.25	0.41	0.18

(3) 유전자원의 유전자형 분석 (Genotyping)

- 유전자원의 품종 및 계통 구분을 위하여 유전자형 데이터베이스를 확보하고자 SNP(Single Nucleotide polymorphism) 마커를 이용하여 당사에서 보유중인 유전자원의 SNP분석을 통해 품종 및 계통 구분이 가능한 분자마커를 개발을 위한 유전자형 분석을 실시하였고 1년 차에서 이를 데이터베이스화 하였음
- 유전자형 분석에 사용된 SNP 마커는 당사 보유 유전연관지도 상의 유의성이 높은 28개의 SNP primer를 선발하였으며, 우선적으로 선발된 엘리트라인 48계통에 대한 유전자형을 분석하여 엑셀파일로 정리하였음
- 유전자형 분석에 사용된 SNP 마커는 당사 보유 유전연관지도상의 유의성이 높은 28개의 SNP primer를 선발하여 사용하였으며, 우선적으로 선발된 엘리트라인 48계통에 대해 HRM을 이용해 대립 유전자형 분리 패턴을 확인함 (그림 11). 이 중 PN24, PN273, PN1251, PN1276, PN1818 등은 각각의 엘리트라인에 대해 뚜렷한 대립형질을 나타내고 있어 이를 품종 및 계통 구분 분자마커로 사용에 유용함

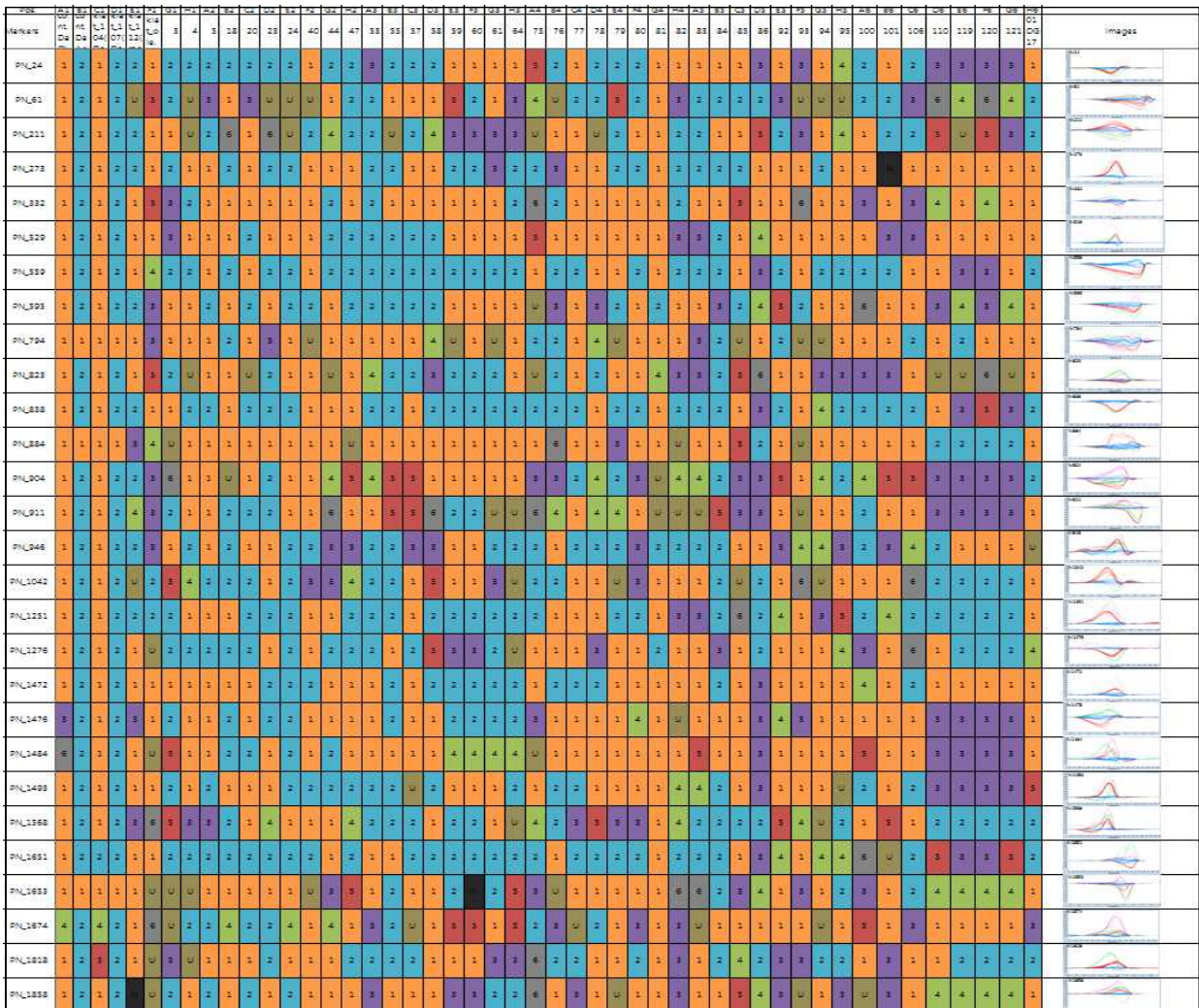


표 3. SNP 마커를 이용한 유체 엘리트라인의 유전자형 분석결과

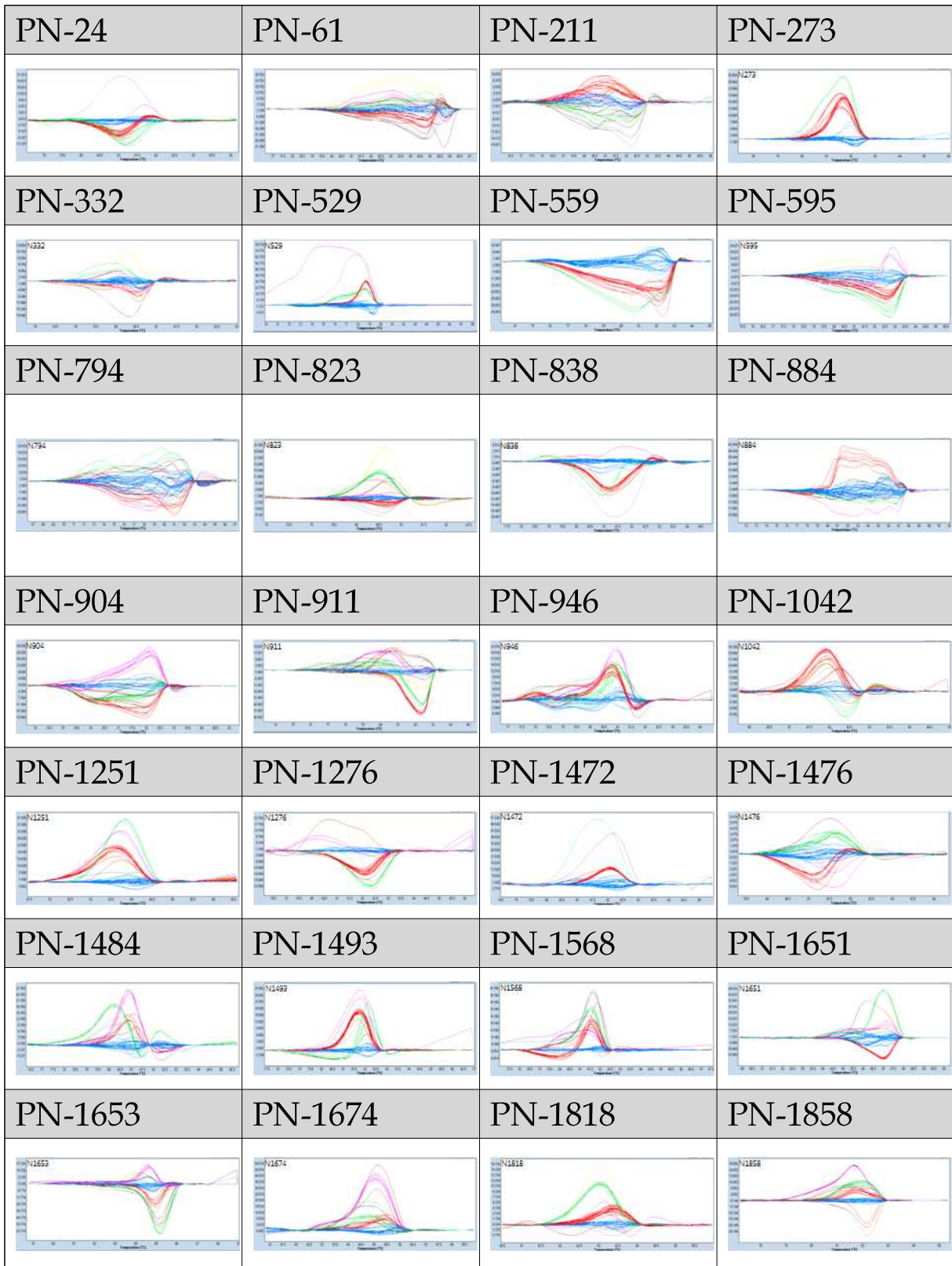


그림 11. SNP 마커를 이용한 유채 엘리트라인의 유전자형 분석결과

- 유채를 통한 바이오디젤의 생산량 증대를 위해 조지방(crude oil), 올레인산(Oleic acid), 에루신산(Eruic acid) 함량을 목적형질로 설정하였음. 바이오디젤의 경우 생산원가 중 원료 가격이 70% 정도로 지방산 고함량 보유품종의 개발이 필수적임
- 또한 올레인산(Oleic acid)은 올리브유와 동백기름에 포함되어 있는 지방산의 주성분으로 오메가-9 불포화지방산이며, 올리브유에서 혈압 강하 역할을 담당하는 것으로 알려져 있어 2차 가공상품으로도 그 가치가 매우 높음
- 에루신산(Eruic acid)은 불포화 지방산으로 유채를 비롯한 평지과의 식물유에 많고, 섭취 시에 소화불량이나 심장병 유발의 위험성이 제기됨. 그러나 최근에는 화장품업계에서 보습제로 쓰임을 인정받아 산업적 가치가 높게 평가되고 있음
- 1년차 109개 라인에 19개를 추가하여 지방산 분석을 수행함. 지방산 분석 결과 고올레인산 범위에 속하는 유효함량 50% 이상을 보이는 개체가 68개체로 전체 조사 계통의 53.1%로 높은 수치를 보임. 에루신산 함량이 5% 미만인 품종은 67개체이고, 유효함량 50% 이상의 고에루신산을 포함하는 개체는 7개체로 나타났음
- 조지방 함량 (crude oil composition)은 정규분포와 비슷하게 나타나는 반면, 계통별 올레인산이나 에루신산 함량은 좌우로 편포되는 경향을 보임. 이는 육종을 통해 전체 오일함량의 성분을 변화시키는 것은 어려우나 특정 지방산의 조성을 바꾸는 것이 가능함을 시사함.
- 현재 톱교배 (top crossing) 방식을 사용한 상호순환선발을 통해 우수 조합을 몽골 현지에서 재배하고 생육조사를 진행 중임. 현재 100개의 조합에 대한 현지 재배 연구를 진행 중이며 이들의 교배조합은 대부분 순계를 사용하여 이루어진 것임. 국내 재배환경과 몽골 현지의 환경이 달라 융성불임성을 도입한 품종의 성공 가능성을 예단할 수는 없었으나 육종 프로그램을 도입한결과, 국내생육조사 결과로 몽골 육종 품종 가능함
- 다만 이미 거의 순계에 가까운 교배환경을 만들어 주었기 때문에 F1의 융성불임을 여교배 (back cross) 를 통해 도입한다고 하여 기존에 보였던 우수형질이 없어질 것으로 판단되지 않음. 각각의 융성불임성이 도입된 F1의 생육 정도는 매년 반복해서 확인할 계획임.
- 결론적으로, 생육조사를 수행한 결과 많은 계통의 다양성을 확인하였음. 이상의 생육조사 결과는 몽골 현지에서의 재배시험과 비교될 것이며, 회복인자 보유여부를 분석하여 세포질-유전자적 융성불임을 이용한 F1 잡종종자 생산시스템에 활용하였음

나. F1 품종 개발을 위한 불임친과 회복친 선발

(1) 유지친 선발 및 불임친 육성

- 원예적 형질이 우수한 계통을 우선적으로 선발하여 당사가 보유한 융성불임 유채에 교배함으로써 회복인자 보유 여부를 확인하였음(그림 12)

- 회복친 인자를 가지고 있지 않은 엘리트 라인을 유지친으로 선정하였음
- 웅성불임이 회복되지 않은 화분친과 그 화분친으로부터 개발된 계통들 중 총 20라인을 유지친으로 선발하였으며, 식물체의 키, 식물체의 형태, 잎의 열편, 잎 가장자리의 톱니, 잎 색, 잎의 솜털, 안토시아닌 유무, 꽃 색, 약의 얼룩, 협 길이, 협당 종자 수, 종피 색깔, 천립중, 춘과성까지 총 14가지 특성을 조사함(표 4, 그림 13)

S14 :
DC2ms x RIL220



S16 :
DC2ms x RIL219



S17 :
DC2ms x 다올1



그림 12. 웅성불임친 육성

표 4. 유지친 선발 라인의 특성

	식물 체 키 (cm)	식물 체 형 태	잎: 열 편	가장 자 리 니	잎: 색	잎: 솜 털	안 토 시 아 닌 유 무	꽃: 색	약: 열 록	협: 길 이 (mm)	협 당 종 자 수 (립)	춘 파 성
다올1(기존개발)	72.3	2형	장란형	중간	녹색	적다	적다	노란색	없다	61	22	춘파
다올2(기존개발)	74.5	2형	장란형	중간	녹색	적다	적다	노란색	없다	64	23	춘파
RIL204	190.0	3형	강하다	적다	녹색	없다	없다	노란색	없다	54	25	춘파
RIL206	165.0	3형	강하다	중간	녹색	없다	없다	노란색	없다	56	25	춘파
RIL214	182.0	3형	중간	중간	녹색	없다	없다	노란색	없다	55	21	춘파
RIL217	172.0	3형	중간	적다	녹색	없다	없다	노란색	없다	50	17	춘파
RIL219	174.0	3형	중간	중간	녹색	없다	없다	노란색	없다	58	23	춘파
RIL220	167.0	3형	중간	적다	녹색	없다	없다	노란색	없다	58	24	춘파
NA257-DH7	164.0	3형	중간	적다	녹색	없다	없다	노란색	없다	51	24	춘파
NA257-DH8	152.0	4형	장란형	적다	녹색	없다	없다	노란색	없다	56	25	추파
NA257-DH17	153.0	3형	장란형	없다	녹색	없다	없다	노란색	없다	57	27	춘파
NA257-DH24	163.0	3형	중간	적다	녹색	없다	없다	노란색	없다	58	24	춘파
NA257-DH52	180.0	4형	강하다	적다	녹색	없다	없다	노란색	없다	49	17	추파
NA257-DH58	125.0	3형	적다	적다	녹색	없다	없다	노란색	없다	55	20	춘파
NA259-DH01	170.0	4형	적다	없다	녹색	없다	없다	노란색	없다	55	25	추파
NA259-DH04	150.0	4형	중간	중간	녹색	없다	없다	노란색	없다	63	18	추파
NA259-DH06	149.0	4형	강하다	없다	녹색	없다	없다	노란색	없다	60	30	추파
NA259-DH10	143.0	4형	중간	적다	녹색	없다	없다	노란색	없다	58	21	추파
NA259-DH15	120.0	4형	강하다	없다	녹색	없다	없다	노란색	없다	55	27	추파
NA259-DH02	158.0	4형	적다	적다	녹색	없다	없다	노란색	없다	51	23	추파

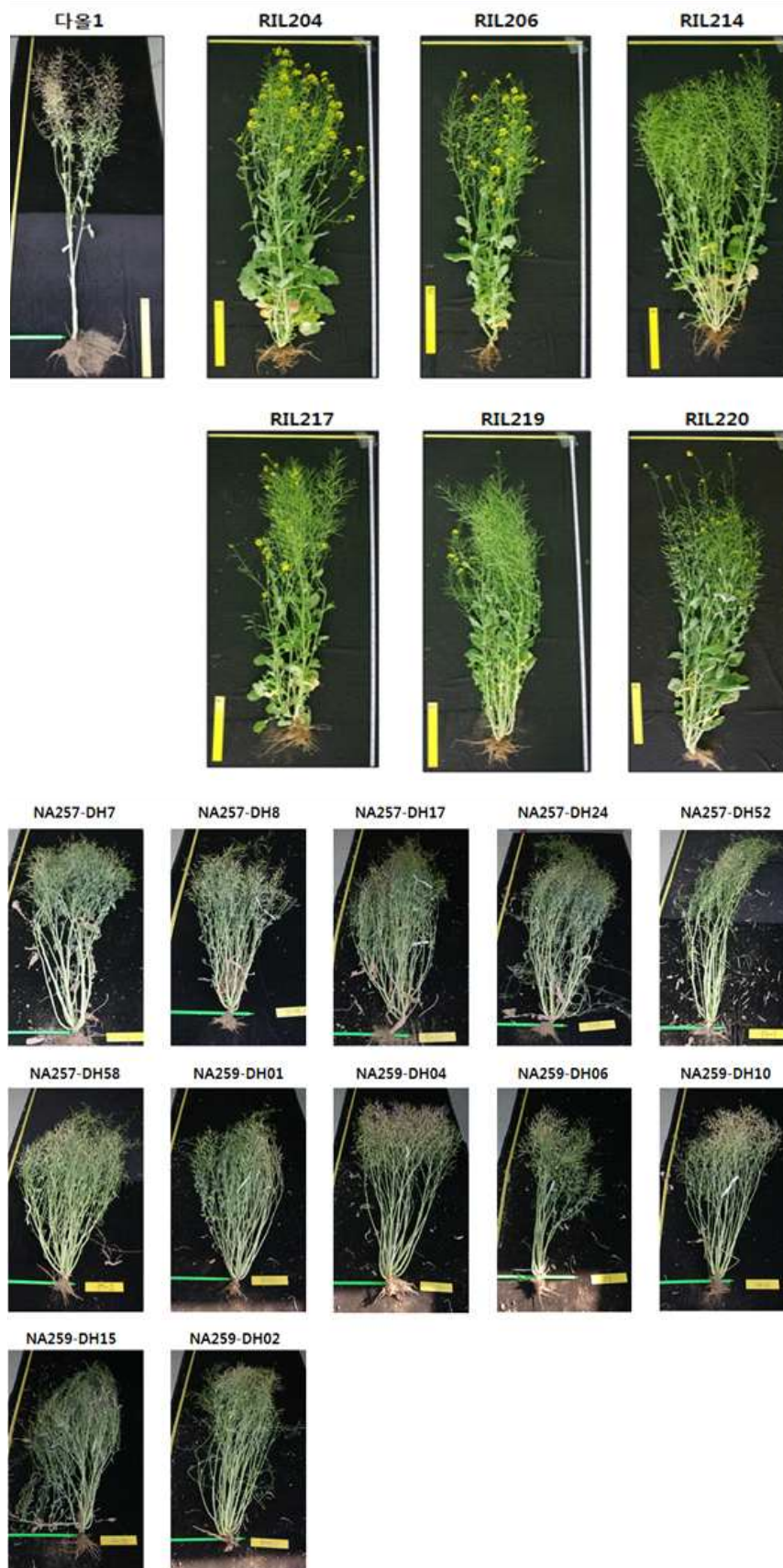


그림 13. 유지친의 선발 라인

- 1차년도에 원예적 형질이 우수한 계통을 우선적으로 선발하여 당사가 보유한 웅성불임 유체에 교배함으로써 회복인자 보유여부를 확인하였음. 웅성불임이 회복되지 않은 화분친과 그 화분친으로부터 개발된 계통들 중 총 20라인을 유지친으로 선발하였음.,
- 1년 차에 이들 우수 계통 식물체의 키, 식물체의 형태, 잎의 열편, 잎 가장자리의 톱니, 잎 색, 잎의 숨털, 안토시아닌 유무, 꽃 색, 약의 얼룩, 협 길이, 협당 종자 수, 종피 색깔, 천립중, 춘·추과성까지 총 14가지 특성을 조사함.
- 이들 20개 유지친들의 조지방, 올레인산, 에루신산의 함량을 조사하고 식물주당 수확량, 천립중, 결가지수, 주지의 길이, 협수, 꼬투리당 립수 및 협장의 생육조사를 완료함
- 선발된 유지친의 춘화처리 필요 여부에 따라 춘·추과성을 구분하였음. 몽골 현지에서 유체의 월동은 불가능하기 때문에 추과성을 제외하고 교배조합을 위해 다양한 우수 형질을 보이는 20 계통의 유지친을 선발하였음.
- 선발된 우수 계통의 유지친은 지방산 함량 중올레인산 함량이 50% 이상이며 합성이질배수체(allopolyploidy) DH 계통, RIL DH 계통, 해외 유전자원 DH 계통 등을 포함함
- 유지친으로 선발된 계통은 불임친 육성을 위하여 여교배를 수행였고, 이중 불임친 육성에 사용된 웅성불임 유체는 DC2 계통에서 유래한 불임개체로 다올1, 다올2, RIL214, RIL220는 BC6F1이 진행된 상태이며, 이후 추가적인 여교배 후 F1 종자 생산에 활용하기 위하여 불임친 종자를 증식하였음

(2) 회복친 선발

- 식물체의 키, 식물체의 형태, 잎의 열편, 잎 가장자리의 톱니, 잎 색, 잎의 숨털, 안토시아닌 유무, 꽃 색, 약의 얼룩, 협 길이, 협당 종자 수, 종피 색깔까지 총 12개의 특성을 조사함 (표 5, 그림 14)
- 1차년도 원예적 형질이 우수한 계통을 우선적으로 선발하여 2차년도에 당사가 보유한 웅성불임 유체에 교배함으로써 웅성불임성을 회복시킨 회복친 계통과 시판품중에서 개발된 DH라인을 포함하여 총 12종을 선발하였음
- 선발된 회복친중 식물체의 키, 식물체의 형태, 잎의 열편, 잎 가장자리의 톱니, 잎 색, 잎의 숨털, 안토시아닌 유무, 꽃 색, 약의 얼룩, 협 길이, 협당 종자 수, 종피 색깔까지 총 12개의 특성을 조사였고 당해 연도에 선발된 회복친의 지방산 함량과 생육특성 등을 조사하여 이중 생육특성에 따라 DC2 (1003-7C), DH15-005-HARA, Pioneer-DH002, DH15-002-Gibrit, SC20(774-6C)의 5 계통의 회복친을 선발함
- 2차년도에 회복친으로 고정되었다고 확신이되는 식물체를 선발하여 회복친이 능력이 없는 식물체 라인과교배하여 마커 개발을 위한 연구집단으로 사용하였음

표 5. 회복친의 선발 라인 특성

	식물체 : 키 (cm)	식물 : 체 형태	잎 : 열편	잎: 가장자 리 톱니	잎: 색	잎: 숨털	안토시 아닌 유무	꽃: 색	약: 열록	협 : 길이 (mm)	협당 중자 수(립)	춘과성
DC2	158.0	2형	중간	중간	녹색	없다	없다	노란색	없다	84	32	춘과
K27	172.0	4형	중간	적다	녹색	없다	없다	노란색	없다	66	20	추과
DH-001-DG17	149.0	4형	중간	적다	녹색	없다	없다	노란색	없다	75	24	춘과
DH-005-HAR A	110.0	4형	장관 형	적다	녹색	없다	없다	노란색	없다	61	20	추과
DH-002-DG15	85.0	4형	중간	적다	녹색	없다	없다	노란색	없다	-	-	-
DH-002-TRA	99.0	3형	중간	없다	녹색	없다	없다	노란색	없다	65	20	춘과
DH-005-TRA	133.0	3형	약하 다	없다	녹색	없다	없다	노란색	없다	60	27	춘과
S20	162.0	3형	약하 다	적다	녹색	없다	없다	노란색	없다	60	13	춘과
DH-005-DG17	112.0	4형	장관 형	적다	녹색	없다	없다	노란색	없다	37	10	추과
DH-002-HAR A	95.0	3형	장관 형	적다	연한 녹색	없다	없다	노란색	없다	52.3	13	춘과
DH-001-DG15	115.0	3형	장관 형	적다	녹색	없다	없다	노란색	없다	59	21	추과
DH-006-TRA	109.0	3형	약하 다	없다	녹색	없다	없다	노란색	없다	68	29	춘과



그림 14. 회복친의 선발 라인의 육성 과정

2. 응성불임을 이용한 F1 잡종종자 생산체계 구축

가. 예비조합 작성 및 재배선발

(1) 선발된 라인을 이용한 예비조합 작성

- 1년차에서 확보한 20 계통의 유지친과 5 계통의 회복친을 이용하여 총 100가지의 예비조합을 작성하였으며, 그 F1 종자를 획득함(표 6)

표 6. F1 형질조사를 위한 예비조합 목록

유지친 \ 회복친	K53 (DC2:1003-7C)	K225 (DH-15-005-HARA)	K036 (Pioneer-DH002)	K219 (DH-15-002-Gibrit)	K056 (S20:774-6C)
K200 (Da-ae)	T001	T002	T003	T004	T005
K201 (Da-ol1)	T006	T007	T008	T009	T010
K202 (Da-ol2)	T011	T012	T013	T014	T015
K012 (NA257-DH51)	T016	T017	T018	T019	T020
K005 (NA257-DH17)	T021	T022	T023	T024	T025
K027 (NA259-DH20)	T026	T027	T028	T029	T030
K030 (NA259-DH35)	T031	T032	T033	T034	T035
K006 (NA257-DH18)	T036	T037	T038	T039	T040
K011 (NA257-DH49)	T041	T042	T043	T044	T045
K037 (RIL204)	T046	T047	T048	T049	T050
K038 (RIL206)	T051	T052	T053	T054	T055
K039 (RIL214)	T056	T057	T058	T059	T060
K040 (RIL217)	T061	T062	T063	T064	T065
K041 (RIL219)	T066	T067	T068	T069	T070
K042 (RIL220)	T071	T072	T073	T074	T075
K211 (DH-15-001-DG17)-Osorou	T076	T077	T078	T079	T080
K217 (DH-15-001-DG15)	T081	T082	T083	T084	T085
K245 (DH-16-003-PENN)	T086	T087	T088	T089	T090
K246 (DH-16-002-AVATAR)	T091	T092	T093	T094	T095
K247 (DH-16-001-KARBE)	T096	T097	T098	T099	T100

- 양친과 함께 1년차에서 분석한 34개의 F1 종자를 포함하여 전체 122개 라인의 지방산 함량 및 조성을 분석을 진행 중임(그림 15).
- 지방산 분석결과 올레인산을 50% 이상 함유하는 개체는 51개체, 50% 이상의 에루신산을 포함하는 개체는 없었음.
- 우수형질을 바탕으로 선발한 유전자원의 예비조합 작성을 통해 획득한 F1 종자의 고올레인산 및 고에루신산 품종의 분포는 모집단과 큰 차이를 보이지 않았음.
- 그러나 조지방 함량에 있어 상대누적도수를 비교해본 결과 전체의 50%를 포함하는 계급이

모집단은 30~35%, 예비조합을 포함하는 선발 집단은 45~50%를 보여 전체적으로 조지방 함량 증가를 보였음 (그림 15)

- 5월~9월간 몽골 현지에서 재배시험을 우선 실시하고 있으며 9월말 수확 후 F1 지방산 함량 결과를 포함하여 생육조사결과를 정리하였음 (그림 17-1, 2, 3, 4, 그림 18).

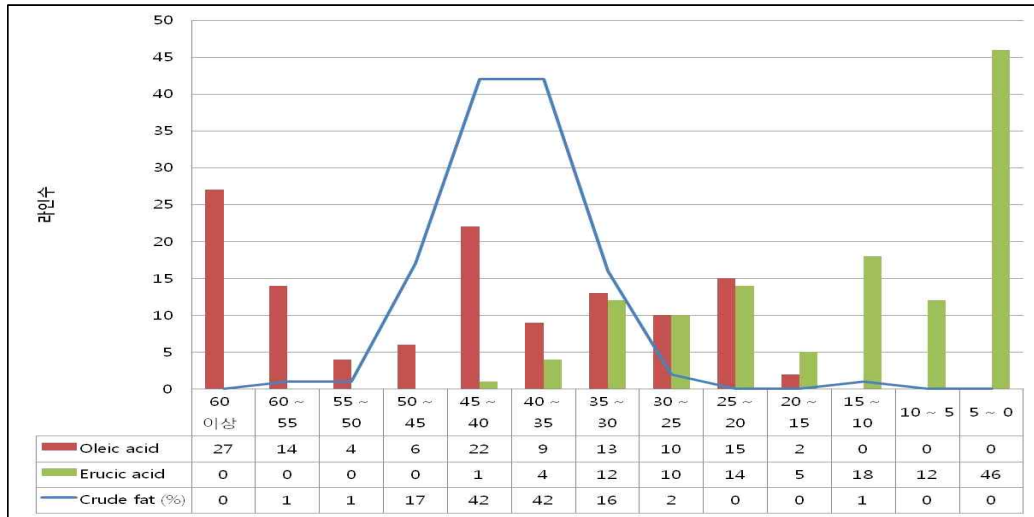


그림 15. 선발된 예비조합의 F1 품종 및 모·부분의 지방산 함량 분석

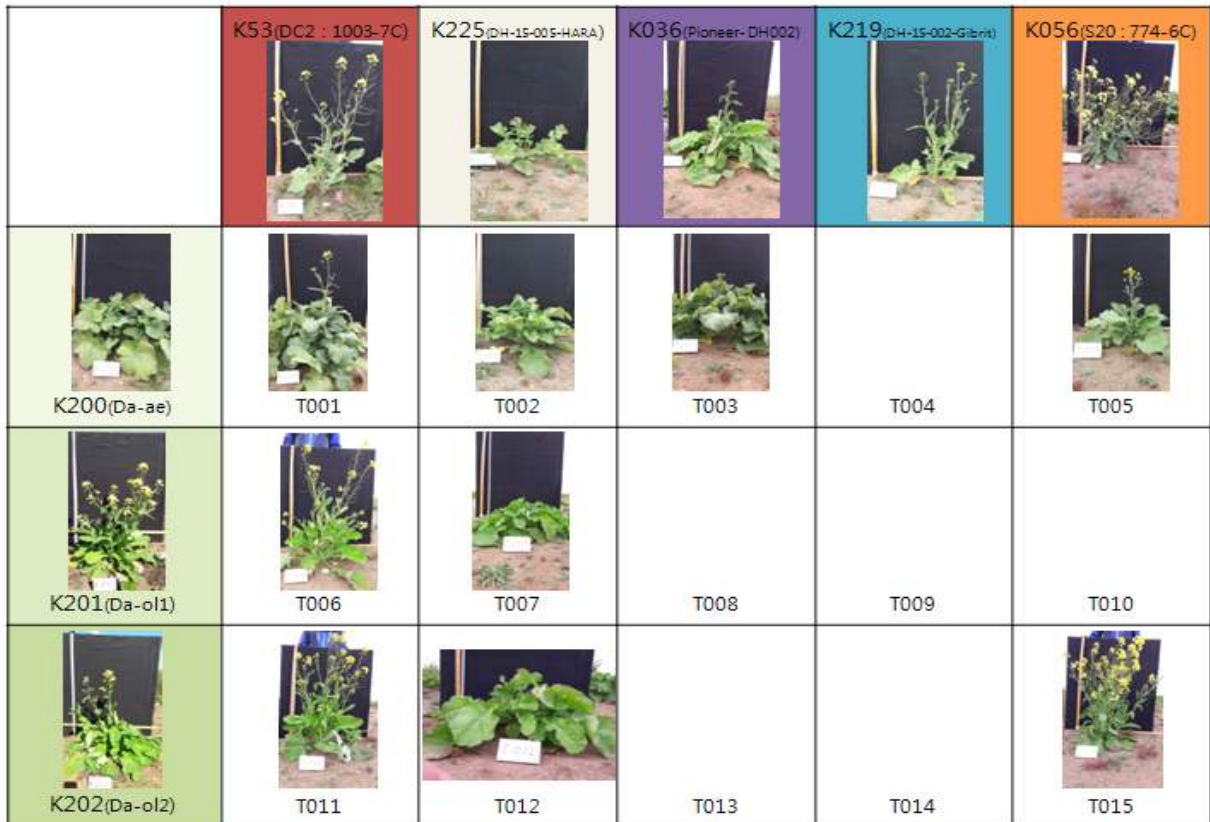


그림 17-1. 유지친 과 회복친 교배하여 생육상태조사 사진



그림 17-2. 유지친과 회복친 교배하여 생육상태조사 사진

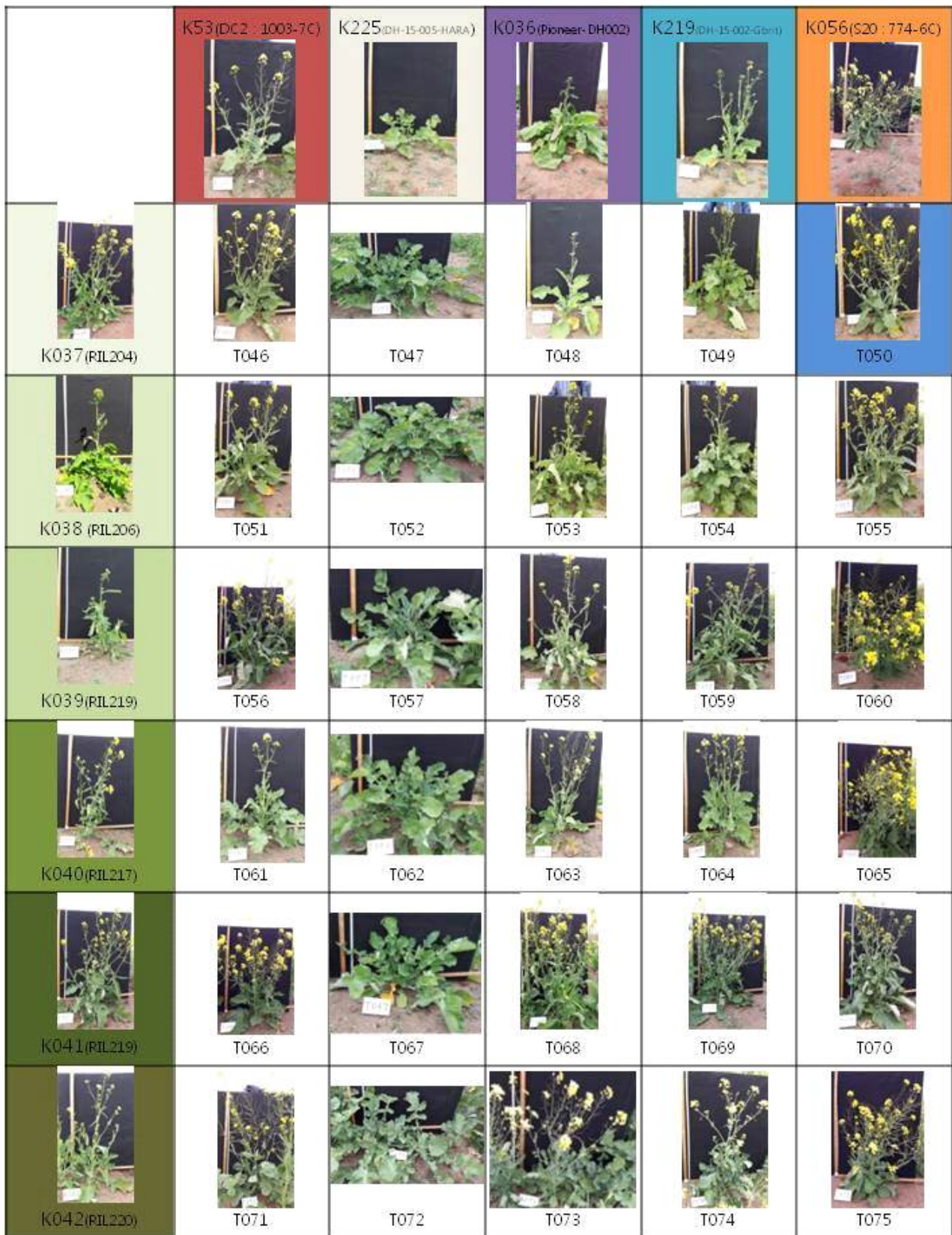


그림 17-3. 유지친과 회복친 교배하여 생육상태조사 사진



그림 17-4. 유지친 과 회복친 교배하여 생육상태조사 사진

순서	계통 번호	2016. 07. 30			2016. 10. 18			2016. 10. 18			2016. 10. 24			2016. 11. 07			2016. 11. 22			2016. 12. 05			2016. 11. 01			2016. 11. 29			2016. 12. 13		
		지방산			계통사기			재배			식물			식물			식물			식물			Chloro			Chloro			Chloro		
		Oil contents (%)	Oleic acid	Stearic acid	추대(50%)	나뭇	줄기	높이 (cm)	식물 높이 (cm)	식물 나뭇 (cm)	식물 높이 (cm)	식물 나뭇 (cm)	식물 높이 (cm)	식물 나뭇 (cm)	식물 높이 (cm)	식물 나뭇 (cm)	식물 높이 (cm)	식물 나뭇 (cm)	식물 높이 (cm)	식물 나뭇 (cm)	Chloro 잎장	Chloro 잎장	Chloro 잎장	Chloro 잎장	Chloro 잎장	Chloro 잎장	Chloro 잎장	Chloro 잎장	Chloro 잎장		
1	T001	34.5	64.7	0.0		1.8	1.0	7.8	19.6	13.0	23.5	15.9	22.1	14.6	20.7	12.1	27.0	27.4	44.4	41.8											
2	T002	ND	ND	ND		1.4	0.7	5.3	10.0	9.1	15.0	10.3	19.3	8.6	21.9	7.9	22.8	32.2	40.3	39.6											
3	T003	38.7	63.0	0.0		1.9	1.1	10.9	27.9	16.1	33.2	18.0	37.1	14.6	40.4	12.8	38.6	39.3	47.4	47.5											

그림 18. 몽골 현지에서 재배한 F1 예비조합의 생육조사 결과예시

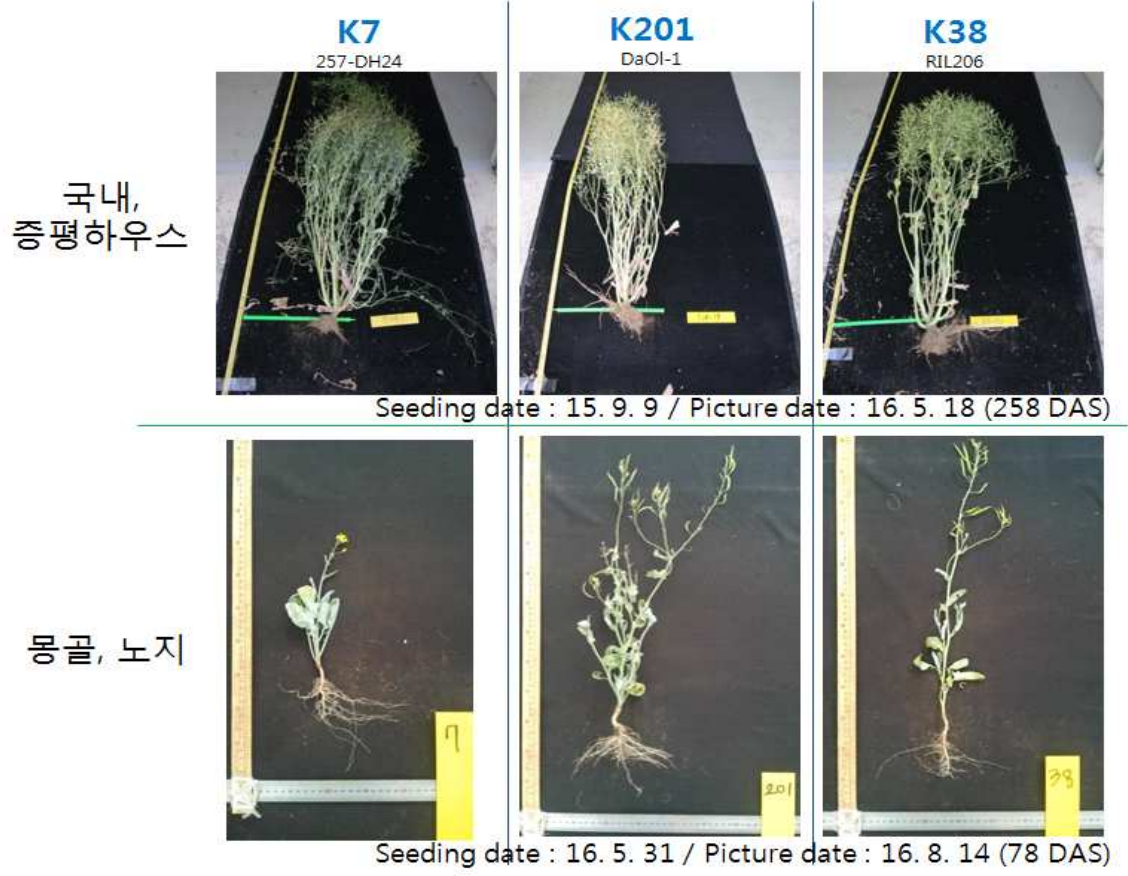


그림 19. 국내 하우스와 몽골 노지에서 재배한 동일 계통의 육성모습. 수확까지 국내 하우스는 258일, 몽골 노지의 경우 120일 정도 소요되며, 따라서 생육도 차이가 큼.(2016년)

첨부: 2016년 연구결과

(1) 유전자원의 재배형질 조사

- 교배조합에 사용된 유지친 20종과 회복친 12종은 그림 8, 9와 같이 파종 후 65일째 개화한 춘파 조생종과 추대하지 않은 추파종을 확인할 수 있음. 선발된 회복친 중 DH라인들은 대부분 개화가 늦은 편임

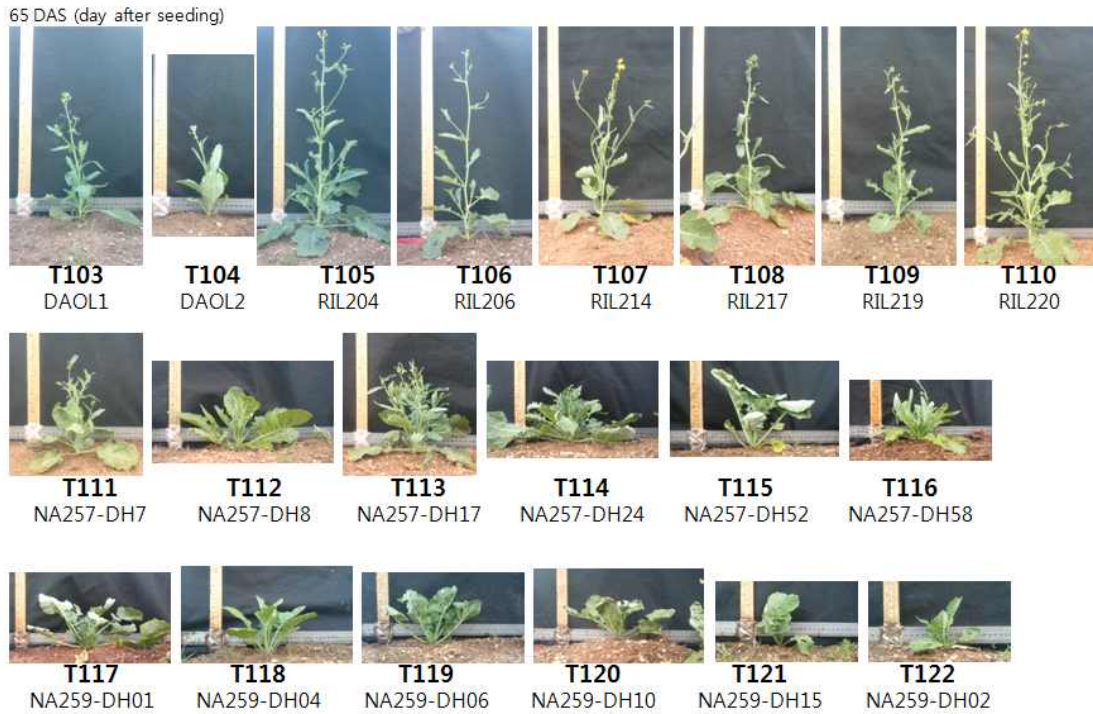


그림 20. 유지친으로 사용된 20계통의 몽골 재배 모습

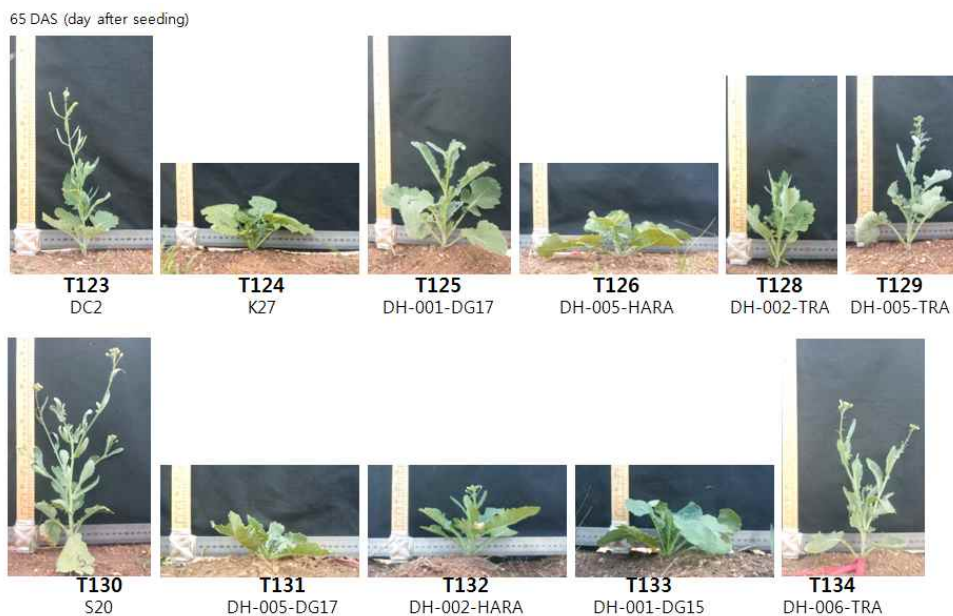


그림 21. 회복친으로 사용된 20계통의 몽골 재배 모습

- 몽골 노지에서 교배친과 F1 품종을 그림 22과 같이 파종하여 생육조사를 실시하였음
- 유체의 중요 형질 중 수확량조사가 아직 수행되지 않았으므로, 초기생육과 밀접한 관련이 있을 것으로 판단되는 ‘식물체에 붙어있는 총 잎의 개수’를 기준으로 일반조합능력과 특수조합능력을 검정하였음

T121 O 34.1 E 23.9	NA259-DH15	T92 O 31.4 E 19.3	T93 O 43.1 E 7.5	T94 O 44.1 E 7.8	T95 O 24.6 E 29.3	T96	T97 O 39.6 E 11.0	NA259-DH02	T122 O 31.7 E 25.0	T98 O 22.9 E 33.1	T99	T101	T102 O 37.9 E 11.0		
T119 O 19.1 E 44.2	NA259-DH06	T81	T82 O 27.7 E 21.6	T83 O 28.5 E 20.3	T84	T85	T86	NA259-DH10	T120 O 21.3 E 33.8	T87 O 15.2 E 36.2	T88	T90	T91 O 46.4 E 5.9		
T117 O 57.8 E 1.0	NA259-DH01	T70	T71	T72	T73	T74 O 48.9 E 0.1	T75	NA259-DH04	T118 O 19.4 E 35.9	T76 O 17.6 E 35.5	T77	T79 O 19.9 E 28.0	T80 O 28.6 E 14.3		
T115 O 20.2 E 27.6	NA257-DH52	T61 O 28.8 E 15.2	T62 O 28.4 E 14.9	T63	T64 O 18.7 E 39.5	T65 O 31.3 E 11.2	T66 O 29.4 E 11.7	NA257-DH58	T116 O 21.3 E 29.0	T67 O 15.2 E 35.3	T68	T69 O 28.8 E 12.2	T60		
T113 O 56.6 E 0.6	NA257-DH17	T52	T53	T54	T55	T56	T57	NA257-DH24	T114 O 55.7 E 0.4	T58					
T111 O 23.2 E 31.3	NA257-DH7	T43 O 34.0 E 13.7	T44 O 31.0 E 16.8	T45 O 29.7 E 13.9	T46	T47	T48 O 30.4 E 14.2	NA257-DH8	T112 O 23.4 E 25.8	T49		T50 O 18.6 E 28.6	T51		
T109 O 64.9 E 0.0	RIL219	T32	T33	T34	T35	T36	T37	RIL220	T110 O 63.1 E 0.1	T38	T39	T41	T42	not flowering	
T107 O 64.5 E 0.1	RIL214	T21	T22 O 67.2 E 0.0	T23	T24		T26	RIL217	T108 O 64.6 E 0.0	T27	T28	T29	T30	T31	good phenotype
T105 O 64.3 E 0.0	RIL204		T11	T12	T13	T14	T15	RIL206	T106 O 68.8 E 0.0	T16	T17	T18		T20	High Erucic acid
T103 O 64.1 E 0.0	DAOL1	T1 O 64.7 E 0.0	T2	T3 O 63.0 E 0.0	T4		T5	DAOL2	T104 O 65.5 E 0.2	T7 O 28.2 E 22.3		T8 O 31.1 E 14.9	T9 O 55.9 E 0.2		High Oleic acid
B line C line		T123 O 61.8 E 0.2	T124 O 62.0 E 0.0	T125 O 58.1 E 0.0	T126 O 13.0 E 51.1	T127	T128 O 58.2 E 0.5	T129 O 61.7 E 0.0	B line C line	T130 O 58.0 E 0.7	T131 O 18.0 E 38.9	T132 O 16.7 E 39.4	T133 O 19.0 E 35.8	T134 O 51.9 E 0.2	
		DC2	K27	DH-001-DG17	DH-005-HARA	DH-002-DG15	DH-002-TRA	DH-005-TRA		S20	DH-005-DG17	DH-002-HARA	DH-001-DG15	DH-006-TRA	

그림 22. 몽골 노지의 파종 모식도

60 DAS Attached leaves GCA (General combining ability)												60 DAS Attached leaves SCA (specific combining ability)																	
GCA	B line	T123	T130	T124	DH-001-DG17	T125	T132	T126	DH-001-DG17	T127	T134	T128	T129	AVE	GCA	SCA	B line	T123	T130	T124	DH-005-DG17	T125	T132	T126	T133	T127	T134	T128	T129
T122	NA259-DH02	9.8	9.8	4.4	6.0	6.2	7.8	1.5	7.4	5.7	-3.3	T122	NA259-DH02	0.44	-0.83	-2.95	-2.50	-1.03	-1.92	-0.65	-6.01	-0.08							
T120	NA259-DH10	15.6	9.0	9.4	11.2	7.6	7.4	-8.9	-1.5	T120	NA259-DH10	4.11	-1.14	-0.84	0.63	-1.54	-1.71												
T119	NA259-DH06	10.4	9.8	8.4	9.4	7.8	10.3	-0.1	T119	NA259-DH06	0.55	-0.17	-0.32	-0.45	-2.25	-2.25													
T118	NA259-DH04	15.0	8.8	9.4	7.8	11.4	12.4	11.7	1.3	T118	NA259-DH04	4.04	-0.81	-0.32	-2.25	0.88	1.91												
T117	NA259-DH03	12.2	12.2	14.2	7.6	11.4	12.4	11.7	1.3	T117	NA259-DH03	0.97	0.85	2.69	-2.63	0.88	1.91												
T116	NA257-DH58	6.8	9.6	6.8	7.7	-2.6	T116	NA257-DH58	-2.91	1.14	-1.99																		
T115	NA257-DH52	13.2	10.8	9.8	9.8	9.2	8.6	10.2	-0.1	T115	NA257-DH52	2.68	0.16	-0.99	0.28	-0.61	-1.17												
T114	NA257-DH24	13.4	14.2	11.8	12.0	9.4	9.6	11.2	0.9	T114	NA257-DH24	1.21	3.06	1.78	0.73	-0.91	-0.68												
T113	NA257-DH17	11.2	10.2	11.0	11.1	0.8	T113	NA257-DH17	0.18	0.79	0.04	0.51																	
T112	NA257-DH8	12.2	10.2	11.0	11.1	0.8	T112	NA257-DH8	0.79	0.04	0.51																		
T111	NA257-DH7	9.6	11.8	11.4	10.0	10.8	9.2	10.5	0.1	T111	NA257-DH7	-1.03	1.05	0.49	0.37	0.88	-0.69												
T110	RIL220	13.0	9.7	9.7	9.0	10.3	0.0	T110	RIL220	1.99	0.01	-0.09	-1.09																
T109	RIL219	11.0	12.0	12.5	9.0	11.0	11.3	11.1	0.8	T109	RIL219	0.03	0.91	1.26	-0.97	0.13	1.08												
T108	RIL217	10.0	11.0	14.0	9.0	9.8	10.8	0.4	T108	RIL217	-1.22	1.13	1.82	-0.97	-0.50														
T107	RIL214	12.0	12.6	12.6	8.8	9.3	11.1	0.7	T107	RIL214	1.07	1.55	1.39	-1.13	-0.89														
T106	RIL206	9.8	11.0	13.2	7.8	10.2	11.2	10.7	0.3	T106	RIL206	-1.72	0.84	0.73	0.81	1.17													
T105	RIL204	11.0	13.2	7.8	10.2	11.2	10.7	0.3	T105	RIL204	0.14	2.19	-1.94	-0.44	1.21														
T104	DAOL2	11.2	10.0	11.6	10.9	0.6	T104	DAOL2	-0.11	-0.06	1.21																		
T103	DAOL1	10.2	10.6	8.6	12.0	10.6	10.8	0.4	T103	DAOL1	-0.58	-0.30	1.54	-1.18	1.93	0.56													
Average		10.8	11.7	11.0	9.0	11.3	13.6	8.8	9.2	10.6	9.8	9.4	9.3	10.4															
GCA		0.4	1.3	0.7	-1.4	1.0	3.2	-1.6	-1.2	0.2	-0.5	-1.0	-1.1																

그림 23. ‘식물체에 붙어있는 총 잎의 개수’를 기준으로 일반/특수조합능력 검정결과

- 유지친 중에는 NA257-DH24 계통이, 회복친 중에는 DH-002_HARA 계통이 조합능력이 우수한 것으로 분석되었으며, NA259-DH10 계통과 S20 계통을 교배한 경우 식물체당 가장 많은 잎수가 붙어있는 것으로 분석됨(그림 23)
- 몽골 현지에서도 국내에서 실시했던 재배형질 조사와 동일하게 재배평가를 실시하였으며 형질조사를 진행 중임. 교배양친 및 F1 품종의 몽골 현지 재배시험을 수행중임 (그림 24).
- 몽골 현지 재배포는 주변 민가와 20km 떨어져 있으며, 주위로 울타리를 세워 출입을 통제하고 있음. 재배포 내부 출입 시에는 한국 직원만 출입이 가능하도록 관리하고 있음.
- 2017년 5월에 몽골 노지에 직파하였으며, 개화가 빠른 계통은 파종 후 2개월도 되지 않아 추대한 라인도 확인되었음.
- 전체적으로 국내에 비하여 몽골에서의 생육상태가 좋지 않아서 초장 및 너비 등이 현저히 작았음
- 추파종의 경우 추대하지 않고, 극조생종의 경우 이미 수확을 완료한 라인도 있으며, 일반적으로는 9월까지 꼬투리가 익는 결실기임. 9월 말 수확을 완료하고, 종자정선 및 수확량 조사하였음

sowing number	rep.	DATE 2016.07.27								DATE 2017.08.07							
		length	bolting length	width		top leaf No.	bottom leaf No.	number of leaf	note	length	bolting length	width		top leaf No.	bottom leaf No.	number of leaf	
				bottom	top							bottom	top				
T001	1	6.5	0	8.5	nf	7	1	7		13.8	0.0	46.9	nf	15	1	15	
	2	4.8	0	15.0	nf	6	1	6		14.2	0.0	38.9	nf	12	1	12	
	3	3.5	0	10.1	nf	6	1	6		11.6	0.0	37.5	nf	14	1	14	
	4	4	0	9.5	nf	6	1	6		12.1	0.0	50.3	nf	14	1	14	
	5	6.2	0	14.5	nf	6	1	6		n	n	n	nf	n	n	n	
T002	1	5.5	0	17.0	nf	6	1	6		11.4	0.0	45.0	nf	13	1	13	
	2	3.6	0	13.5	nf	5	1	5		7.5	0.0	39.4	nf	13	3	11	
	3	4.5	0	16.5	nf	6	1	6		12.0	0.0	49.0	nf	14	3	12	
	4	6.4	0	14.2	nf	6	1	6		14.5	0.0	39.4	nf	14	4	11	
	5	3.2	0	14.6	nf	6	1	6		11.4	0.0	39.0	nf	12	3	10	
T003	1	7.6	0	26.4	nf	7	1	7		15.2	0.0	52.8	nf	15	4	12	
	2	8.2	0	21.5	nf	6	1	6		15.8	0.0	47.9	nf	13	4	10	
	3	5.3	0	15.7	nf	6	1	6		12.5	0.0	55.8	nf	13	2	12	
	4	7.2	0	12.4	nf	5	1	5		11.5	0.0	36.2	nf	11	3	9	
	5	7.5	0	9.0	nf	6	1	6		11.0	0.0	46.6	nf	12	3	10	
T004	1	n	n	n	n	n	n	n		n	n	n	nf	n	n	n	
	2	n	n	n	n	n	n	n		n	n	n	nf	n	n	n	
	3	n	n	n	n	n	n	n		n	n	n	nf	n	n	n	
	4	n	n	n	n	n	n	n		n	n	n	nf	n	n	n	
	5	n	n	n	n	n	n	n		n	n	n	nf	n	n	n	
T005	1	3.8	0	8.7	nf	6	1	6		9.2	0.0	26.0	nf	10	3	8	
	2	n	n	n	n	n	n	n		n	n	n	nf	n	n	n	
	3	n	n	n	n	n	n	n		n	n	n	nf	n	n	n	
	4	n	n	n	n	n	n	n		n	n	n	nf	n	n	n	
	5	n	n	n	n	n	n	n		n	n	n	nf	n	n	n	
T006	1	6.8	0	17.3	nf	5	1	5		19.4	0.0	55.5	nf	12	1	12	
	2	4.5	0	17.0	nf	5	1	5		11.2	0.0	52.0	nf	13	1	13	
	3	9.2	0	16.4	nf	5	1	5		11.2	5.2	48.7	nf	13	2	12	
	4	4.6	0	17.9	nf	5	1	5		11.9	5.6	51.8	nf	15	1	15	
	5	6.1	0	20.1	nf	6	1	6		13.4	5.8	54.7	nf	16	1	16	

그림 24. 몽골 현지 생육조사 결과 일부

나. F1 종자생산 시스템을 위한 예비조합 작성에서 선발된 유지친을 이용항 불임친 육성

○ 춘과 품종 여교배조합 작성

- 몽골에서 재배 수확이 가능한 품종은 춘과 품종으로 본사가 과제 선정전에 이미 불임친과 유지친을 육성한 다음 품종을 제외한 Recombinant Inbred Lines(RIL)을 이용한 육성을 진행하였음
- 여교배에 사용한 유지친은 F1예비조합검정에서 현지재배실험에서 생육적으로 우수한 계통이거나, 지방산 함량 분석 결과 올레인산이나 에루신산이 높은 개체들을 선발하여 유지친으로 사용

➤ Cross breeding system : Backcross

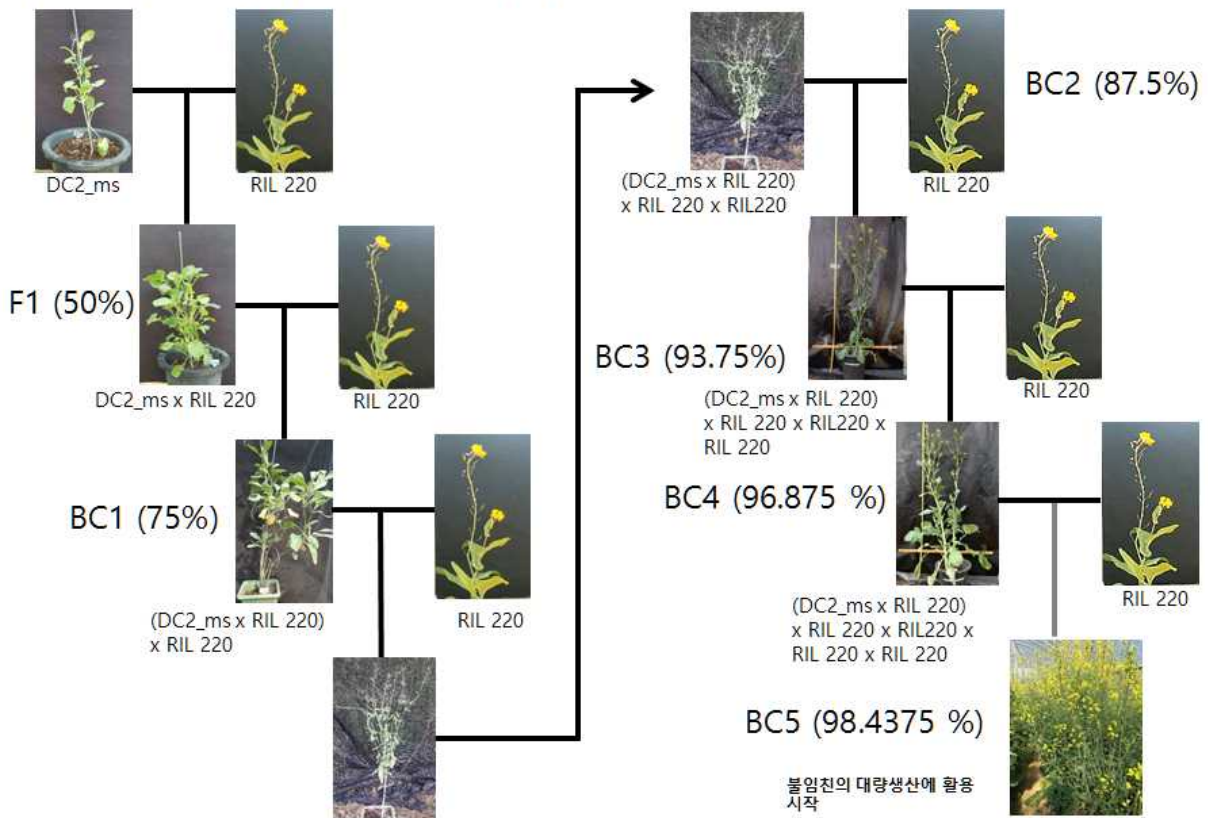


그림 25. 여교잡 방법을 이용한 불임친 육성 모식도

- 본사는 산업 자원부 산하 KIAT 과제에서 “환경, 생육, 유전체, 발현에 관련된 ICT를 이용한 예측 육종 파이프라인(프로그램) 개발”(개발기간 : 2015.09.01 ~ 2018.08.31.) 본연구 결과인 F1종자 생산 체계 data를 활용하여 보았음
- 그 결과, K53과 K56를 부계로 한 경우 가장 좋은 육종 결과가 나타나는 것을 알 수 있었음

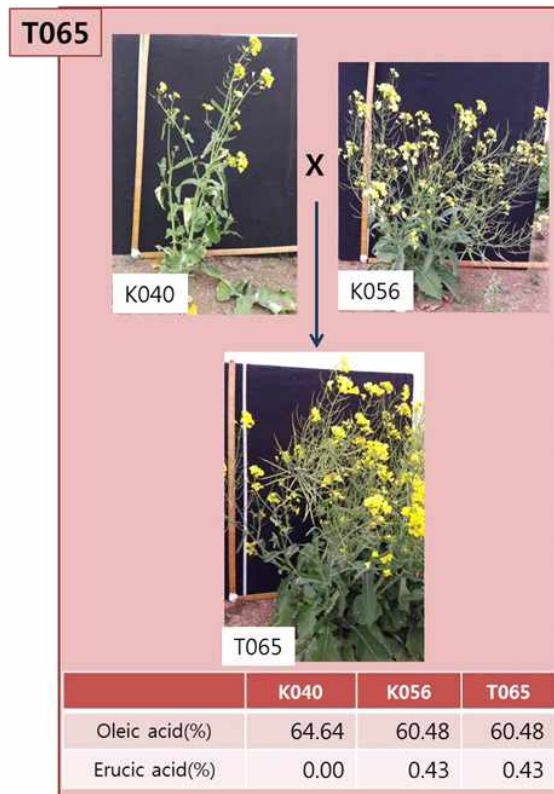
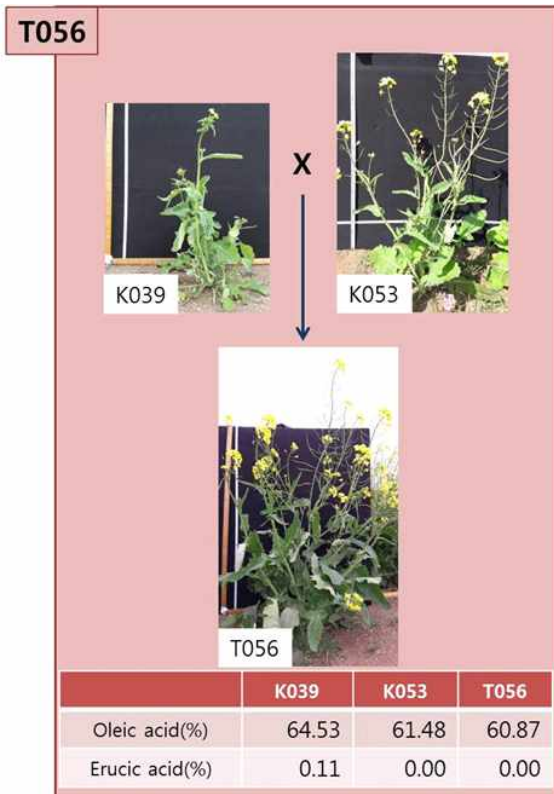
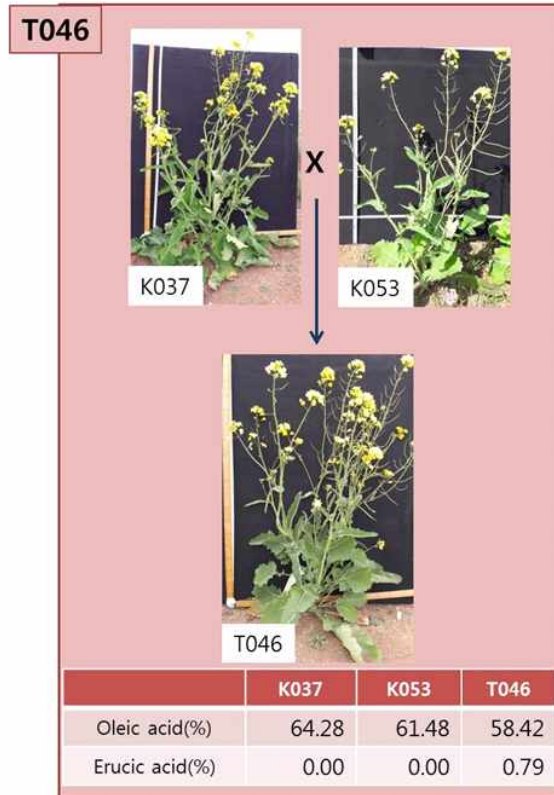
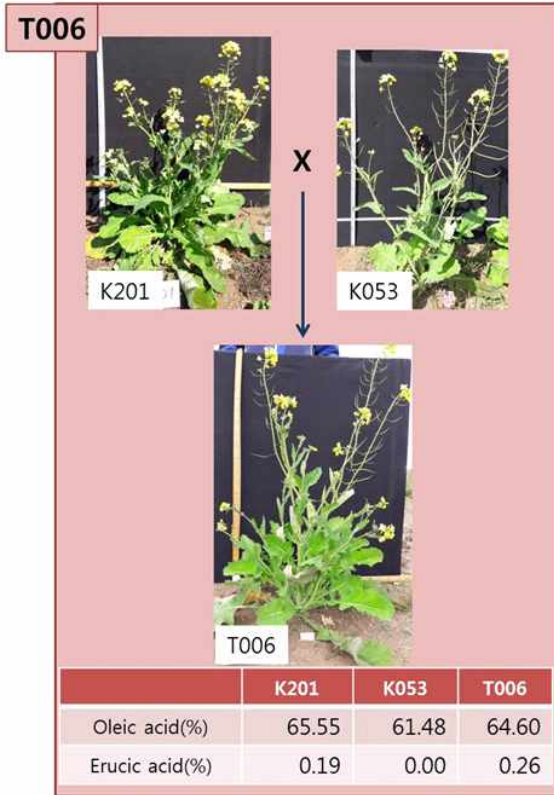


그림 26. 몽골 현지 재배 후 선발된 교배조합과 표현형 비교 (2017년)

다. 2018년 초기에 선발된 유채의 몽골현지에서 모부분 F1의 대량생산 및 교배조합의 우수성확인

- 2017년 실험을 2018년 반복실험을 통한 유채의 표현형 조사를 실시한 결과 그림 48에서 보는 바와 같이 같은 표현형을 나타내며 수확량도 높은 것을 알 수 있었음.



그림 27. 2017년 파종하여 2018년 반복실험 표현형 조사

라. 기존의 에프엔피의 신제품 등록과 본 연구 진행시 개발된 유채 품종 비교

○ 본 연구진은 몽골 뿐만아니라 2017년말에 유채 카달로그를 만들어 국내 시판을 시작함

ICT 육종을 통한 농업혁신

에프엔피는 2002년 설립된 이후 분자마커기술이전술을 시작으로 첨단기술을 이용하여 신종자를 개발하는 분자유종회사로서 무척 성장했습니다.

유채는 유지 및 사료작물로서의 그 가치를 인정받아 유럽과 캐나다 그리고 중국 등 전세계에 널리 재배되고 있습니다.

육종의 목표

다수확 / 수확의 안정성 / 고품질

1. 환경적 스트레스 내성 (내한성, 내동성, 내습성, 내염성)
2. 병 저항성
3. Double zero 사용유
4. 바이오 디젤
5. 높은 올레인산 함량 (식용으로 사용하며, 프랜스 지방이 재료)
6. 높은 에루신산 함량 (산업용으로 화장품, 의약품 등 함료로 사용)
7. 건강식품 (높은 폴리놀과 지방산 함량 (시중상 오메가 3, 6, 9 함량이 높고 특히 올레인산이 오메가 9으로 함량이 매우 높음))
8. 사료용 적용 (사료를 적절히 영양을 효율적으로 공급)

유채가 에너지, 환경, 그리고 식량의 원료로 새로운 지평을 열어가 수 있게 길을 열어주는 육종의 혁명가 **에프엔피**

그림 28. 본사업의 주관기관인 에프엔피의 유채 품종 개발의 목표

- 본 연구진은 양배추와 배추를 교배하여 산업용으로 많이 사용하는 C22인 에루신산이 높은 다에 품종을 본 연구 시작 전에 개발하여 특허 출원을 하였음
- 내건성을 높이기 위하여 잣과 유채를 교배하는 중간 교배를 시도하여 새로운 품종인 미소를 개발 특허를 출원하였음

유채 추파 품종 (경관용, 산업용)

다에 - 들판을 노오란 눈꽃으로 덮어주는 유채
 품종특성: 추파형, 고에루신산 (60%이상)
 품종출원: 특허 제10-1432278
 다에는 꽃은인배추와 배추의 중간교배를 통해 개발한 합성품종으로 추파의 특성을 보유하고 있는 유채에 비해 화상해충의 원인으로 활용도가 높은 에루신산의 함량이 60%이상으로 높은 특징을 보였습니다. 꽃이 필적는처럼 함께 생계 되어갑니다.

미소 - 잔잔한 미소같이 오랫동안 피고 또 피는 유채
 품종출원: 특허 제10-1432278
 유채보다 내한성이 강한 잣의 유전자를 도입하여 조숙성, 올레인, 내염성 등이 강한 품종으로 키가 크고 개화일이 40일 이상으로 경관용으로 아주 적합한 품종입니다.

경관용 유채 - 연하는 시기에 꽃이 피는 유채
 각 지자체의 행사 등 연하는 계획시기에 맞게 꽃이 피는 여러 종류의 일련종을 구비하고 있습니다. 특히 9월말 10월 개화가 가능한 가을 품종도 있습니다.

자오도 유채밭 경관
 몽주 유채밭 경관
 오주 유채밭 경관

그림 29. 본 연구의 주관연구 기관이 개발한 C16인 올레인산이 높은 유채 품종

○ 본 기술사업화로 개발된 품종은 2017년과 2018년에 품종등록 되었음

유채 춘파 품종

다올 series (춘파, 조생종)

품종특성 춘파형, 고올레인산(63% 이상), 조기개화, 한해 두 작기 재배수확 가능, 오메가3 다량 함유



다올1
다수확 품종
품종출원 2015-455 (대한민국)



다올2
품종출원 2015-456 (대한민국)



다올3
유채와 갓을 교배
품종출원 2017-466 (대한민국)

유채 춘 추파 모두 가능 품종

유채와 갓 또는 유채와 아생유채를 교배하여 만든 품종. 다수확, 내한성, 내도복성, 내병성



다올4
품종출원 2017-467 (대한민국)



다올5
품종출원 2017-468 (대한민국)



다올6
품종에 따라 개화 시기만 소량 차이가 있음



유채 추파 품종

당신을 위한 다수확, 내한성, 병저항성을 가진 추파품종 **고올**



고올1
다수확 고올질, 내한성, 추파품종, 병저항성
품종출원 2015-665 (대한민국)



고올2
다수확 고올질, 내한성, 추파품종, 병저항성
품종출원 2015-665 (대한민국)



고올3
다수확 고올질, 내한성, 추파품종, 병저항성
품종출원 2015-665 (대한민국)

그림 30. 에프엔피가 중간 교배를 통하여 개발한 올레인산 함량이 높은 춘파와 추파 유채

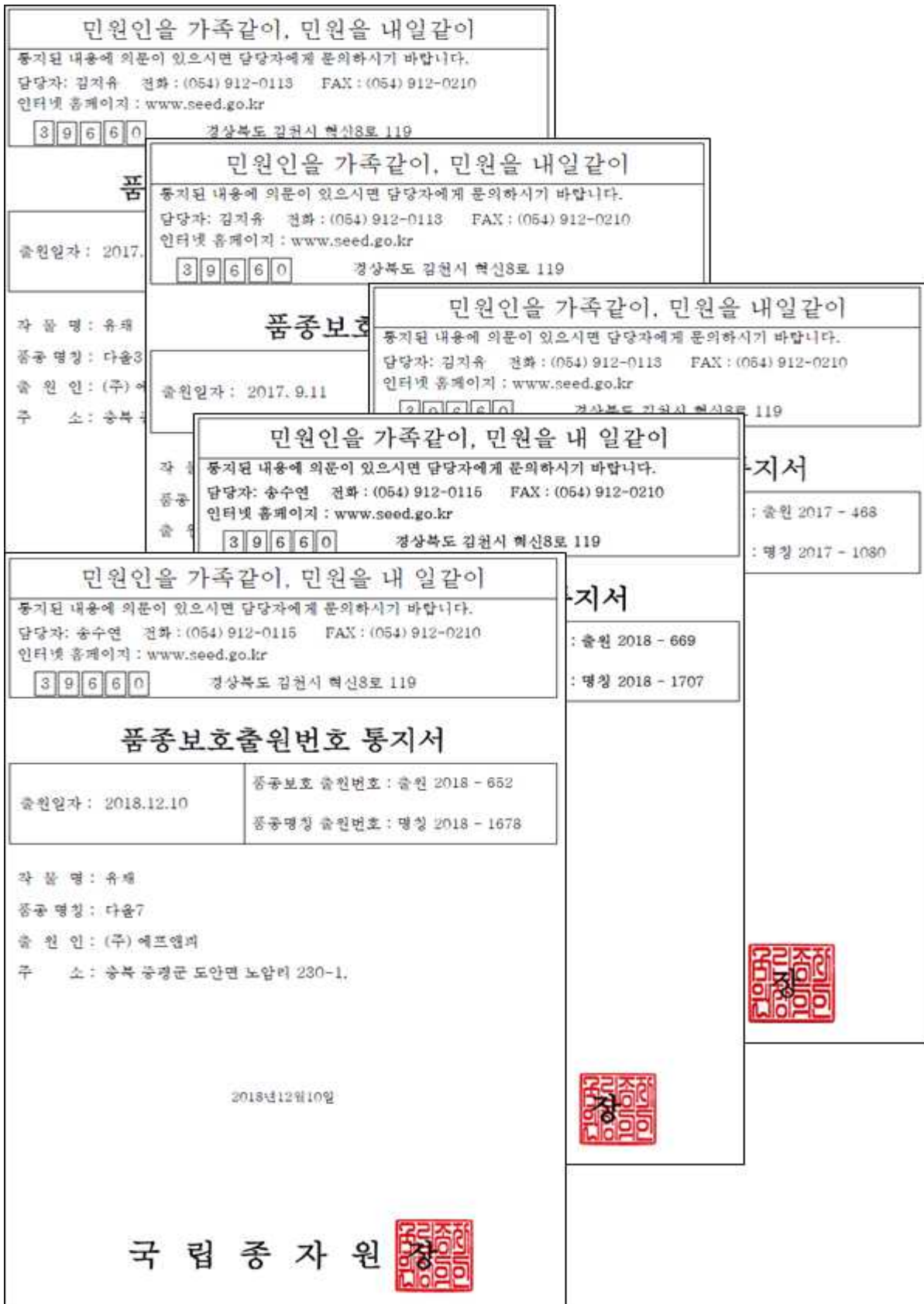


그림 31. 에프앤피가 중간 교배를 통하여 개발한 올레인산 함량이 높은 춘파와 추파 유채 품종 출원서 (5건)

3. CGMS(cytoplasmic genic male sterility) 시스템 구축을 위한 회복인자 연관마커 개발

가. 유체의 세포질-유전자적 웅성불임 체계를 위한 회복인자 분석

- 유체의 세포질 웅성 불임성은 화분 형성의 이상이 모계 유전되는 형질로서, 육종에 이용하고자 이미 수십여 년 전부터 *pol-* (Cui & Deng 1979, Fu 1981), *ogu-* (Ogura 1968, Bannerot 1974), *nap-* (Thompson 1972, Shiga & Baba 1973), *tour-CMS* (Rawat와 Anand 1979, Sodhi 등. 1994, Stiewe & Robbelen 1994)와 같은 몇 가지 CMS 육종 시스템이 개발되어 왔음.
- 그러나 저온 혹은 고온에서의 웅성불임성의 민감성이나 잡종성의 비일관성, 회복 유전자 탐색의 문제와 임성 회복의 불량 등의 문제점을 가지나 불완전세포질 웅성불임이 아닌 안정적인 웅성불임은 아래와 같음

표 7. 유체의 회복 유전자 종류

종류	유전자 종류	내용
<i>pol-CMS</i>	restorer <i>Rfp</i>	중국에서 하이브리드 종자 생산에 널리 사용 온도에 대한 민감도에 따라 고온 CMS 또는 저온 CMS등과 는 달리 온도에 영향을 받지 않는 CMS로 구분
<i>ogu-CMS</i>	restorer <i>Rfo</i>	무에서 자연적으로 발생 유체에서 도입
<i>nap-CMS</i>	restorer <i>Rfn</i>	고온에 민감

- 당사에서 보유하고 있는 웅성불임 개체는 *DC2_ms*, *S19_ms*, *S20_ms*, *DM4_ms*, *K27_ms*, *K29_ms*, *Tra_ms*, *Osoruo_ms*, *DG14_ms* 총 9종이 있으며, 이들의 회복인자 분석을 위한 연구를 수행 하였음

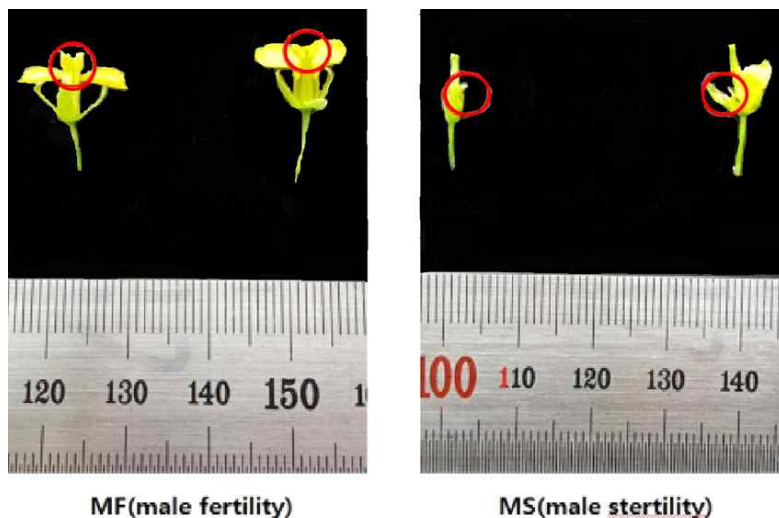


그림 32. 유채 MF (Male Fertility), MS (Male Sterility) 이형에 (dystyly) 비교

표 8. 회복친 연관 마커 개발을 위한 유전집단의 종류 및 정보

품종	도입	파생	특성	교배조합
DC2	중국	춘파	다수확성, 고올레인산	동일계통내에서 조합작성
DM4	캐나다	춘파	다수확성	동일계통내에서 조합작성
S19	한국	춘파	다수확성	동일계통내에서 조합작성
K27	일본	추파	다수확성, 올레인산 다량 함유	동일계통내에서 조합작성
K29	일본	추파	다수확성	동일계통내에서 조합작성
Tra	독일	춘파	powdery mildew resistance	동일계통내에서 조합작성
DG14	독일	추파	powdery mildew resistance	동일계통내에서 조합작성
DG17	독일	춘파	powdery mildew resistance	동일계통내에서 조합작성

표 9. 본사보유라인들의 웅성불임라인과 교배를 통한 회복친 인자 분리조사를 위한 교배 실험과 결과

Marker	검정 결과	계통명	Group 1 : Rfp 관련 회복인자		Group 2 : Rfo 관련 회복인자		Group 3 : 회복인자 밝혀지지 않음		Group 4 : 동일종으로 Rfo 관련 인자		유지	
			DC2_ms	DM4_ms	S20_ms	S19_ms	K27_ms	K29_ms	Tra_ms	Osorio_ms		DG16, 외 6종
rfrf	다음1		1		2	3	4	5	6	7	8	회복
rfrf	다음2			9	10	11	12	13	14	15	16	분리
rfrf	RIL204											교배 예정
rfrf	RIL206		17		18	19	20	21	22	23	24	X : 중복안됨
-	RIL207											- : DNA없음
rfrf	RIL214			25	26	27	28	29	30	31	32	교배 번호
rfrf	RIL217		33		34	35	36	37	38	39	40	
rfrf	RIL219											
rfrf	RIL220			41	42	43	44	45	46	47	48	
rfrf	다예		49		50	51	52	53	54	55	56	
rfrf	사이프스다예(갈탄드)	S19										
rfrf	257-DH08											
rfrf	257-DH24											
rfrf	257-DH52											
rfrf	257-DH53			57	58	59	60	61	62	63	64	
-	257-DH56											
rfrf	259-DH02											
rfrf	259-DH15											
X	259-DH20											
rfrf	259-DH25		65		66	67	68	69	70	71	72	
rfrf	259-DH35											
rfrf	259-DH52											
-	257-DH0H											
rfrf	257-DH18			73	74	75	76	77	78	79	80	
rfrf	257-DH51		81		82	83	84	85	86	87	88	
X	259-DH06			89	90	91	92	93	94	95	96	
rfrf	259-DH39											
rfrf	S20		97		98	99	100	101	102	103	104	
RfRf	DC2			105	106	107	108	109	110	111	112	
RfRf	K27											
-	K29											
rfrf	영삼											
-	DG12											
-	DG14											
rfrf	DG16											
rfrf	Osorio		113		114	115	116	117	118	119	120	
-	DG13			121	122	123	124	125	126	127	128	
-	DG15		129		130	131	132	133	134	135	136	
rfrf	사이프스다예(갈탄드)	DH-브라		137	138	139	140	141	142	143	144	
rfrf	DH-헝가리		145		146	147	148	149	150	151	152	
RfRf	DM4		153	154	155	156						

- 웅성불임을 회복시키는 회복 유전자로 Rfp (Cui 등, 1979), Rfo(Ogura, 1968), Rfnap(Thompson, 1972)가 있다고 보고됨 (표 9).
- 현재까지 9종의 웅성불임 개체에 당사 개발 계통 및 도입종을 교배하여 회복인자 보유여부를 분석한 결과를 정리하면 표 9와 같음.

나. 유채의 세포질-유전자적 응성불임 체계를 중 RFP 인자의 회복친 마커 개발 (대한민국 특허 제1871806호).

- 분자 마커 개발 연구집단 육성

○ RFP인자에 해당하는 것으로 추측되는 DCs 라인을 이용한 유전육종집단을 육성.



DC2 유래 3:1집단의 후대 유전집단

그림 33. RFP 인자 라인을 이용한 육종 집단

- 임성조사는 추대·개화 시기, 암술·수술의 유무, 꽃가루 유무, 이형예 (distyly), 꼬투리 유무 항목으로 수행하였음
- 임성조사를 통해 3:1집단의 후대에서 모두 가임으로 확인된 라인은 회복계통으로 고정시키기 위하여 세대진전을 계속할 것이며, 분리되는 라인은 회복인자 연관마커 개발에 활용
- DC2 계통의 3:1 후대 유전집단은 모두 가임인 라인이 11개, 3:1(MF:MS)로 분리되는 라인이 33개로 확인됨

DC2 3:1(MF:MS) 유전집단

교배조합	교배조합 임성조사 (2015, MF:MS)	교배조합 후대임성조사 (2015, MF:MS)	(<i>Rfrf</i>) selfing (2015, MF:MS)
1001-1 (<i>Srfrf</i>) X 1001-6 (<i>Rfrf</i>)	7:9	11:1	-
		15:4	-
1001-3 (<i>Srfrf</i>) X 1001-6 (<i>Rfrf</i>)	10:14	13:3	-
		9:7	-
		18:8	-
1001-6 (<i>Rfrf</i>)	-	-	22:6

* MF : Male Fertility, MS : Male sterility

그림 34. S19, DC2 유래 3:1집단 육성도

- 2년차에서는 Rfp 관련 마커를 확보하기 위해 pol-CMS 계열인 본사 도입종 DC2를 이용하여 Rfp 마커를 개발함.
- DC2에서 분리한 가임주와 불임주의 교배를 통해 RfRf, Rfrf, rfrf의 유전자 조합을 찾고 NCBI 검색을 통해 polima-CMS, orf224, orf138, atp8, atp6 관련 유전자 정보를 이용해 각각의 특징적인 염기서열에 기반해 마커개발을 위한 40 세트의 프라이머를 제작함.
- 이들 프라이머를 이용해 앞서 언급한 Rfp 분리집단을 대상으로 분석을 실시하여 유전자형과 표현형의 분리양상을 확인하였고 이중 orf224-snp4 프라이머를 이용하여 증폭산물내 SNP 기반으로 대립형질별 유전자형 분석이 가능한 CAPS(Cleaved amplified polymorphic sequence) 마커를 개발함 (그림 35).

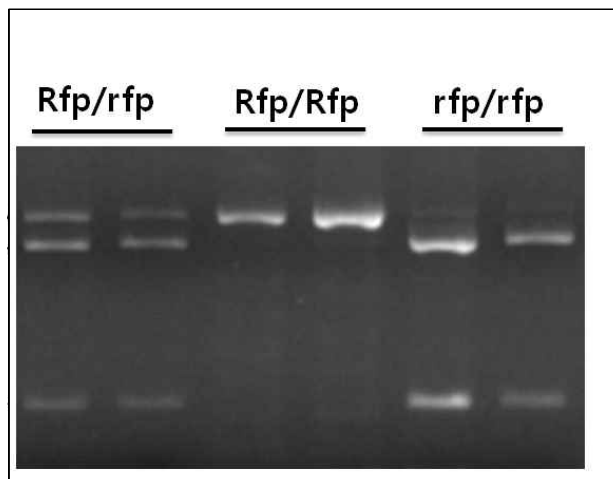
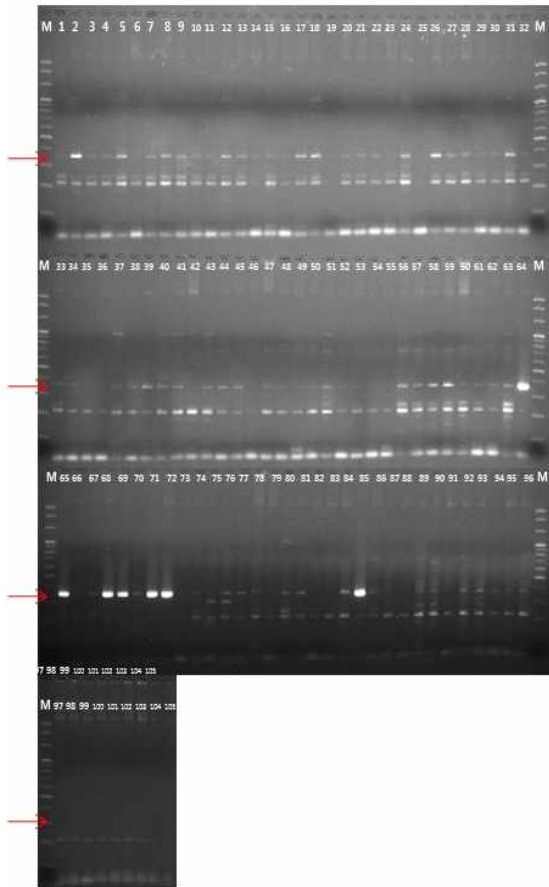


그림 35. DC2 유래 Rfp CAPS 마커의 유전자형 패턴

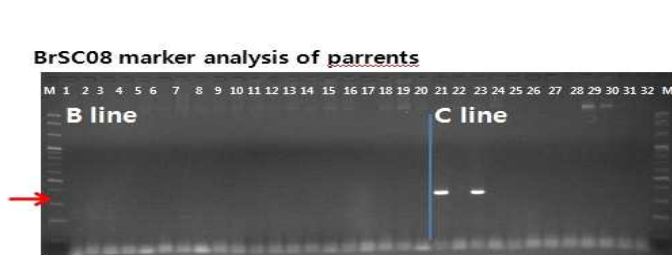
- Rfp 근접마커 중 선발효율이 가장 높은 BrSC08 마커를 사용하여 당사가 보유한 유채 유전자원 중 105계통을 분석하였음 (그림 36)
- 그 결과 영산 유채, DC1, 전생채, neotec, WC427의 5계통에서 BrSC08 마커가 확인되었음.
- BrSC08 마커를 이용하여 F1 예비조합 작성에 사용된 유지친 20계통, 회복친 12계통을 분석한 결과 DC2, K27-1의 2계통에서 BrSC08 마커가 확인되었음(그림 37).
- 따라서 ‘3)-가) 유채의 세포질-유전자적 웅성불임 체계를 위한 회복인자 분석’을 위하여 교배를 통한 회복인자 보유여부를 확인
- orf224-snp4를 이용한 Rfp관련 CAPS 마커의 연관분석 효율을 확인하기위해 기존에 확립해 놓은 DC2 고정계통을 가임계를 이용하여 분석을 실시함. 가임 형질이 고정된 RfRf 73 개체중 PCR을 통한 증폭산물을 얻지 못한 17 개체를 제외한 56개체 중 RfRf 유전자형이 55 개체, Rfrf 유전자형이 1 개체로 98.2%의 선발효율을 보였음.



band No.	name	O/X	band No.	name	O/X	band No.	name	O/X	band No.	name	O/X
1	NA257-DH7	△	33	파이오니아-DH2	△	65	DC1	○	97	J22	X
2	NA257-DH8	△	34	RIL204	△	66	DC3	△	98	J24	X
3	NA257-DH14	△	35	RIL206	△	67	DC4	△	99	J25	X
4	NA257-DH16	△	36	RIL214	△	68	개림채	○	100	J29	X
5	NA257-DH17	△	37	RIL217	△	69	실지불	○	101	J31	X
6	NA257-DH18	△	38	RIL219	△	70	대유채	△	102	J32	X
7	NA257-DH24	△	39	RIL220	△	71	진상채	○	103	J34	X
8	NA257-DH25	△	40	#7-639	△	72	neotec	○	104	J35	X
9	NA257-DH28	△	41	#9-654	△	73	유채쌍	△	105	다음1	X
10	NA257-DH29	△	42	#9-657	△	74	DG11 (카르베)	△			
11	NA257-DH49	△	43	#10-669	△	75	DG16 (슬라)	X			
12	NA257-DH51	△	44	#4내부-708	△	76	CC129	△			
13	NA257-DH52	△	45	DG3	△	77	CC-01	△			
14	NA257-DH58	△	46	DG7	△	78	하라 (바를라)	△			
15	NA259-DH01	△	47	DG1	△	79	트라 (기브리프)	X			
16	NA259-DH02	△	48	DG1	△	80	진도호	△			
17	NA259-DH03	△	49	DG1	△	81	다음1	△			
18	NA259-DH04	△	50	DG5	△	82	다음2	X			
19	NA259-DH06	N	51	DG5	△	83	내한	X			
20	NA259-DH09	△	52	DG5	△	84	자르갈랄	△			
21	NA259-DH10	△	53	S19	△	85	W427(배우)	○			
22	NA259-DH13	△	54	S20	△	86	802011102(갈우채)	△			
23	NA259-DH15	△	55	S21	△	87	J1	△			
24	NA259-DH20	△	56	K23	△	88	J2	△			
25	NA259-DH23	N	57	K24	△	89	J3	△			
26	NA259-DH26	△	58	K25	△	90	J7	△			
27	NA259-DH35	△	59	K26	△	91	J14	△			
28	NA259-DH37	△	60	K27	△	92	J15	△			
29	NA259-DH38	△	61	JH	△	93	J16	△			
30	NA259-DH39	△	62	LD	△	94	J17	△			
31	NA259-DH41	△	63	SM	△	95	J18	△			
32	NA259-DH52	△	64	영산	○	96	J21	△			

O: amplified, △: weak amplified, X: non amplified, N: blank

그림 36. BrSC08마커를 이용하여 당사보유 유채 유전자원 중 105계통을 분석한 결과



B line			C line		
Band No.	name	BrSC08	Band No.	name	BrSC08
1	다음1	X	21	DC2	○
2	다음2	X	22	S20	X
3	RIL204	X	23	K27-1	○
4	RIL206	X	24	DH-001-DG17	X
5	RIL214	X	25	DH-005-DG17	X
6	RIL217	X	26	DH-002-하라	X
7	RIL219	X	27	DH-005-하라	X
8	RIL220	X	28	DH-001-DG15	X
9	NA257-DH7	X	29	DH-002-DG15	X
10	NA257-DH8	X	30	DH-002-트라	X
11	NA257-DH17	X	31	DH-006-트라	X
12	NA257-DH24	X	32	DH-005-트라	X
13	NA257-DH52	X			
14	NA257-DH58	X			
15	NA259-DH01	X			
16	NA259-DH04	X			
17	NA259-DH06	X			
18	NA259-DH10	X			
19	NA259-DH15	X			
20	NA259-DH02	X			

O: amplified, △: weak amplified, X: non amplified, N: blank

그림 37. ㈜에프엔피가 교배하고 있는 양친을 BrSC08, BrSC15 마커로 유용성 검정 (BrSC08 : 373bp, BrSC15 : 337bp)

다. 유채의 세포질-유전자적 응성불임 체계를 중 RFO 인자의 회복친 마커 개발 (대한민국 특허 출원 01534486호).

1) RFO 마커 개발을 위한 유전육종집단 육성

- 2015년 9월 9일 증평하우스에서 S19 유래 3:1 집단 후대 30라인 총 449주, DC2 유래 3:1 집단의 후대 44라인 총 656주를 파종하여 임성조사를 수행하였음 (그림 38)



S19 유래 3:1집단의 후대 유전집단

그림 그림 38. RFP 인자 라인을 이용한 육종 집단

- S19 계통의 3:1 후대 유전집단의 임성조사 결과 모두 가임인 라인이 14개, 3:1(MF:MS)로 분리되는 라인이 16개로 확인됨

S19 3:1(MF:MS) 유전집단

교배조합	교배조합 임성조사 (2013, MF:MS)	(<i>Rfrf</i>) selfing (2015, MF:MS)
772-2 (<i>Srfrf</i>) X 772-4 (<i>Rfrf</i>)	1:6	-
772-3 (<i>Srfrf</i>) X 772-4 (<i>Rfrf</i>)	4:5	-
	772-4 (<i>Rfrf</i>)	24:9
772-2 (<i>Srfrf</i>) X 772-5 (<i>Rfrf</i>)	-	-
	772-5 (<i>Rfrf</i>)	21:6

그림 39. S19, DC2 유래 3:1집단 후대 유전집단

- 당사가 보유한 유채 유전자원 중 동일계통의 교배를 통해 후대에서 임성의 회복이 3:1 (MF : MS) 로 독립성검정시 단일 우성인자에 의해 표현형이 결정되는 S19, DC2 유래 유전집단을 응성불임 및 회복인자 연관 분자마커를 개발하기 위한 유전집단으로 육성함
- 1차년도에 선발된 S19에서 유래되어 임성회복의 분리비가 3:1 (MF:MS)로 나타난 29 계통의

후대 총 1,026주를 본사 증평 농장에 2016년 8월에 재식하여 2017년 4월에 임성조사를 수행하였음. 임성조사는 추대, 개화시기, 암술·수술의 유무, 꽃가루의 유무, 이형예, 꼬투리 유무의 항목으로 수행하였음.

- F1의 임성조사를 통해 분리비가 1:1 (MF:MS = 4:5)로 나온 집단의 후대 중 임성이 있는 계통의 F2 후대 검정을 실시함. 이후 F2에서 임성을 보이는 RfRf 또는 Rfrf 계통을 자식 하여 F3 후대에서 모두 가임으로 회복된 계통인 RfRf 유전자형 3 계통 153 개체, Rfrf 유전자형 26 계통 940 개체로 확인되었음 (그림 40).

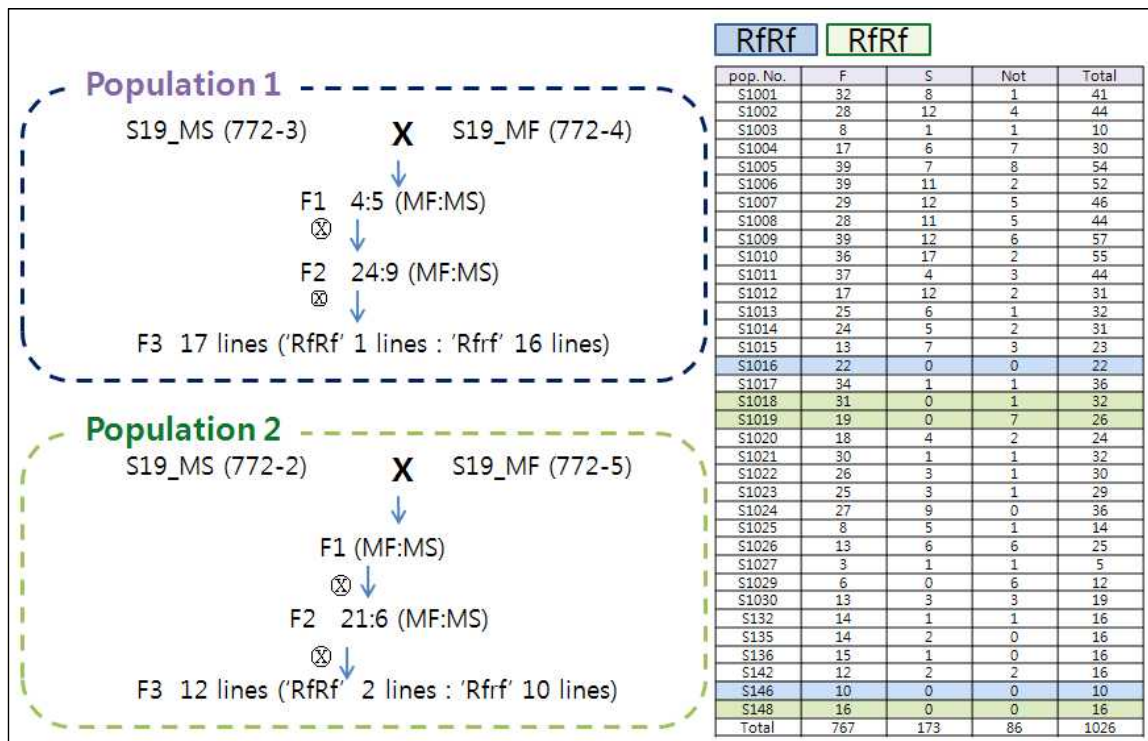


그림 40. S19에서 유래된 고정계통 회복 육성도

2) BSA(Bulked Analysis of genomic sequences) & SNP genotyping을 이용한 RFO 커개발

- 각 155 개의 샘플로 구성된 Rf(RfRf), MS(Rfrf) pool에 대하여 NGS-based BSA 시행. 각 pool의 sequencing data를 trmming,하고 published reference genome에 대해 mapping하여 SNP를 얻은 후 두 pool의 데이터를 통합하여 하나의 VCF 파일을 얻음 이후 SNP 필터링을 통해 noises를 최소화 하고자 했음.

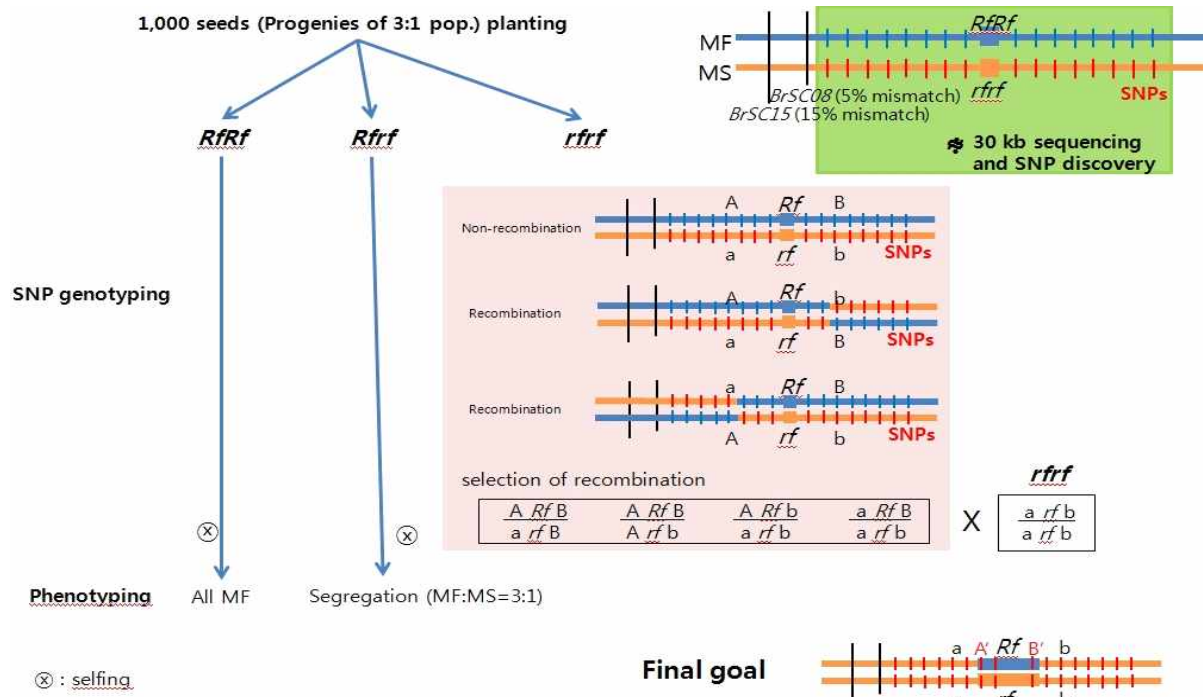


그림 27. 회복유전자 기반 분자마커 개발을 위한 연구전략

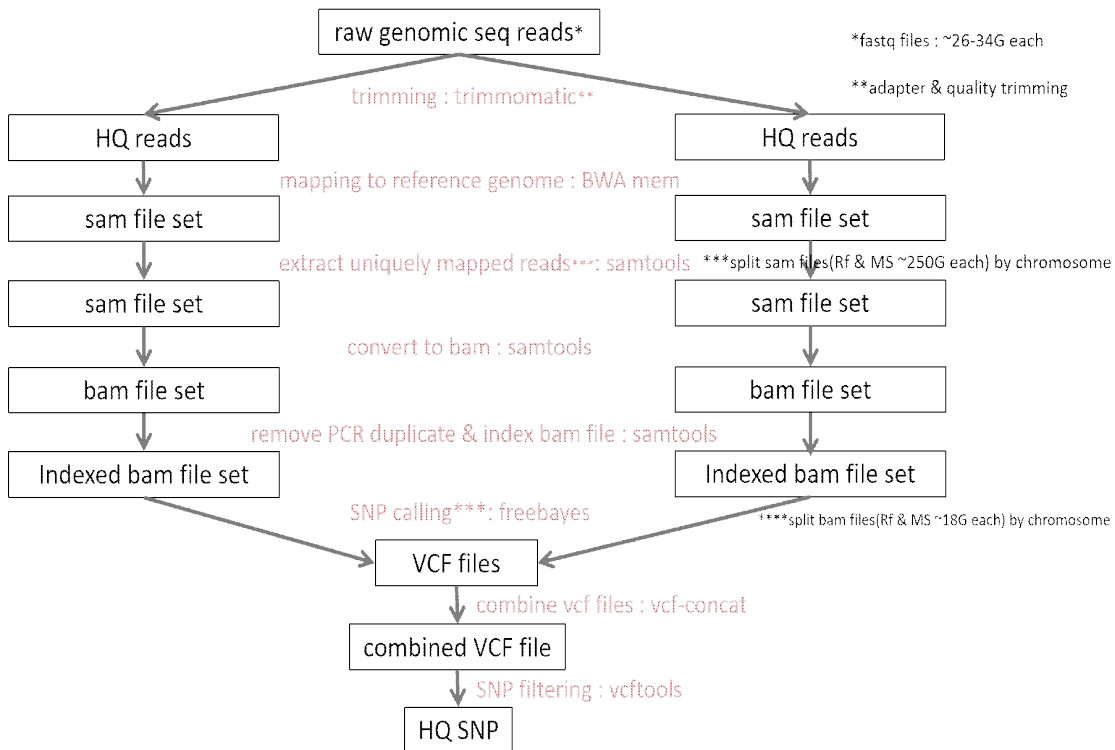


그림 41. raw data(시퀀싱)으로부터 SNP를 추출하는 전과정

○ 두 pool간 alternate allele frequency의 비교

- 두 pool간 alternate allele frequency 차이를 확인하기 위함이므로 두 pool 사이에 같은 homozygosity를 보이는 SNP를 제거함. alternate allele frequency의 극명한 차이를 보고자 함이므로 moving average라는 개념을 도입하여 random outliers에 의한 noise를 줄이고 하나하나의 값보다는 whole genome 상에서의 trends를 먼저 파악하려고 하였음. 그 결과, 적절한 해상도에서 의미 있는 정보를 얻을 수 있는 윈도우 크기를 찾을 수 있었음(그림 42).

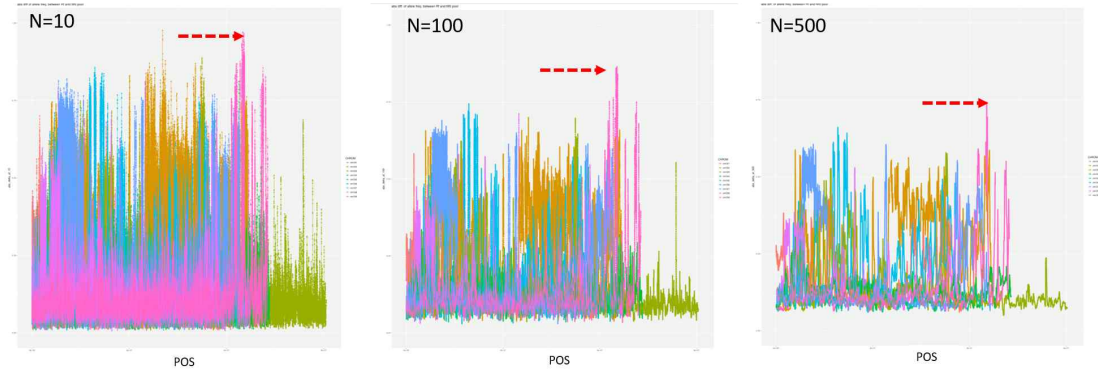


그림42. Whole genome에 대한 absolute difference of alternate allele frequency.

- 특히 chrC09에서 두 pool 사이에 alternate allele frequency가 눈에 띄는 차이가 있음을 발견하였고(그림 43), chrC09의 특정구간에 대하여 candidate list를 작성하여 마커 확인 작업을 시작함(그림 44)

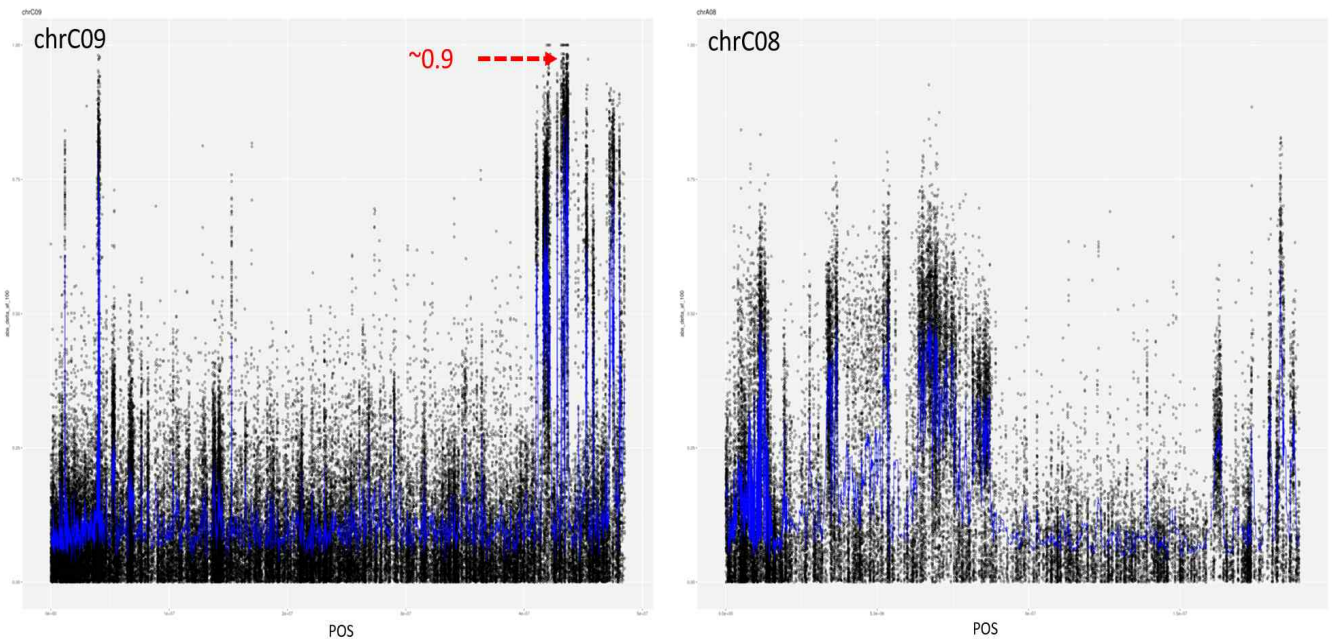


그림43. 특정 chromosome에서 두 pool 사이의 absolute difference of alternate allele frequency

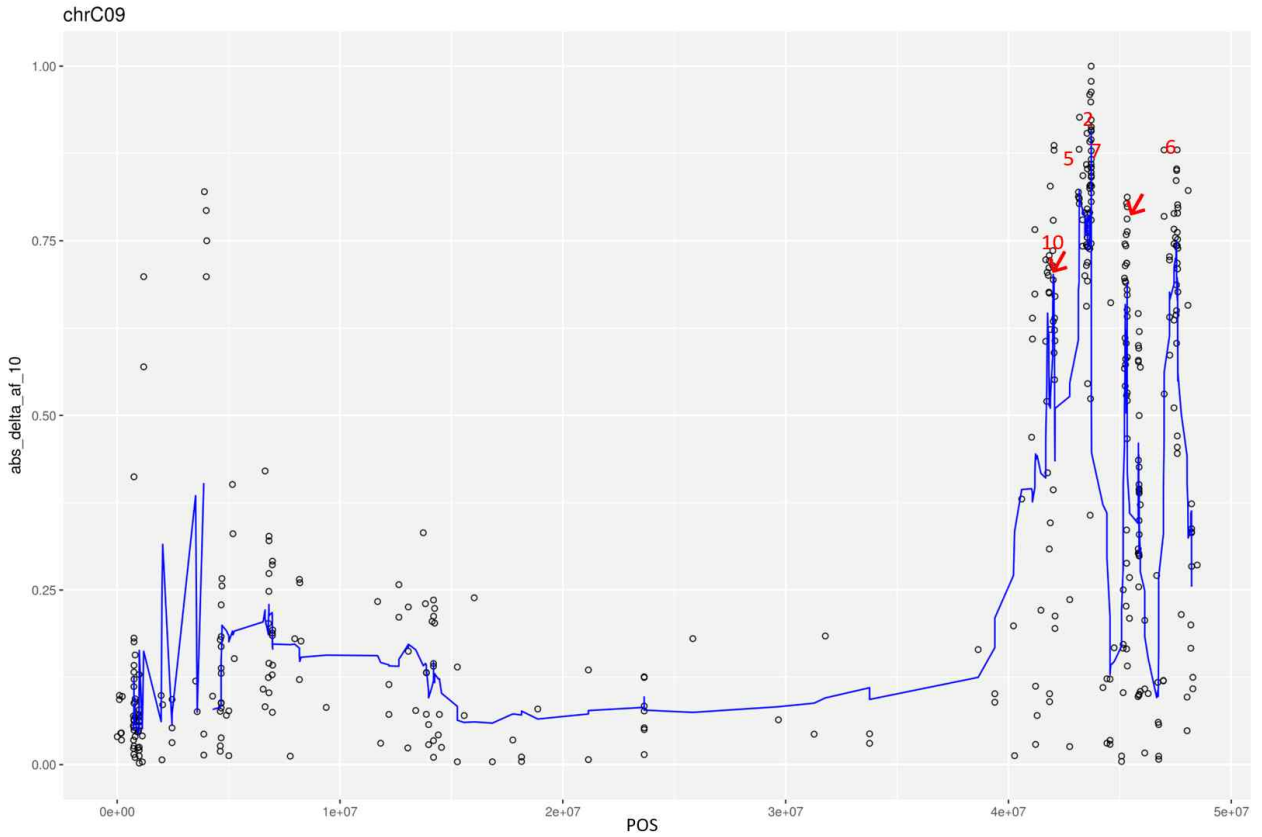


그림 44. ChrC09에서 두 pool 사이의 absolute difference of alternate allele frequency

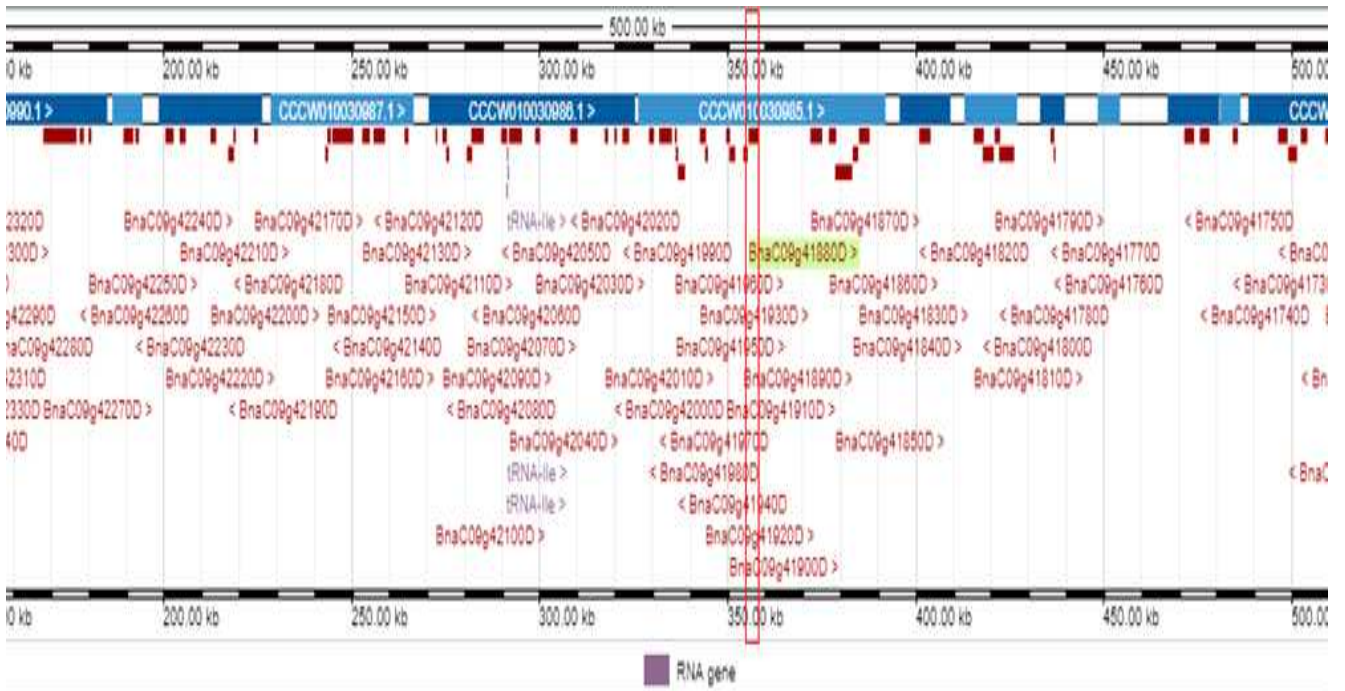


그림 45. ChrC09의 gene arrangement

- 기존의 후보지역은 published reference genome에 대하여 두 MS, Rf pool을 mapping하여 추출한 SNP를 기준으로 한 것이었음.
- 이중 41880 C가 RPPR 유전자 임을 알 수 있었고 이 유전자 sequence를 이용한 primer를 작성하여 PCR을 실시하였음
- 그 결과, 그림 46에서 보는 바와 같이 homo dominants, hetero, homo recessive를 구분할 수 있는 마커임이 확인되었고 그 연구집단에 적용한 결과, 95%이상 유의성이 확인되었음

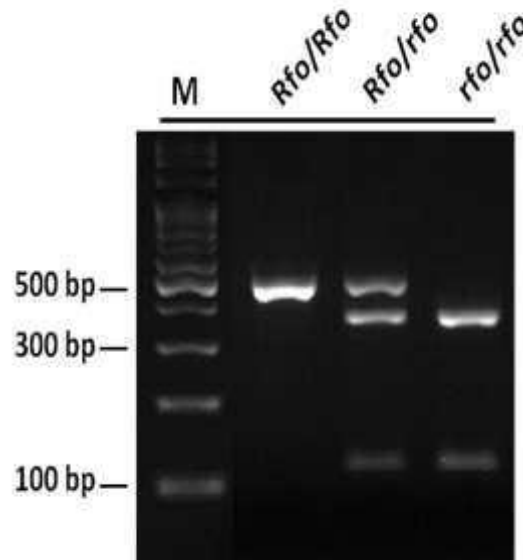


그림 46. RFO인자의 dominant homo , hetro, 그리고 recessive homo구분이 가능함

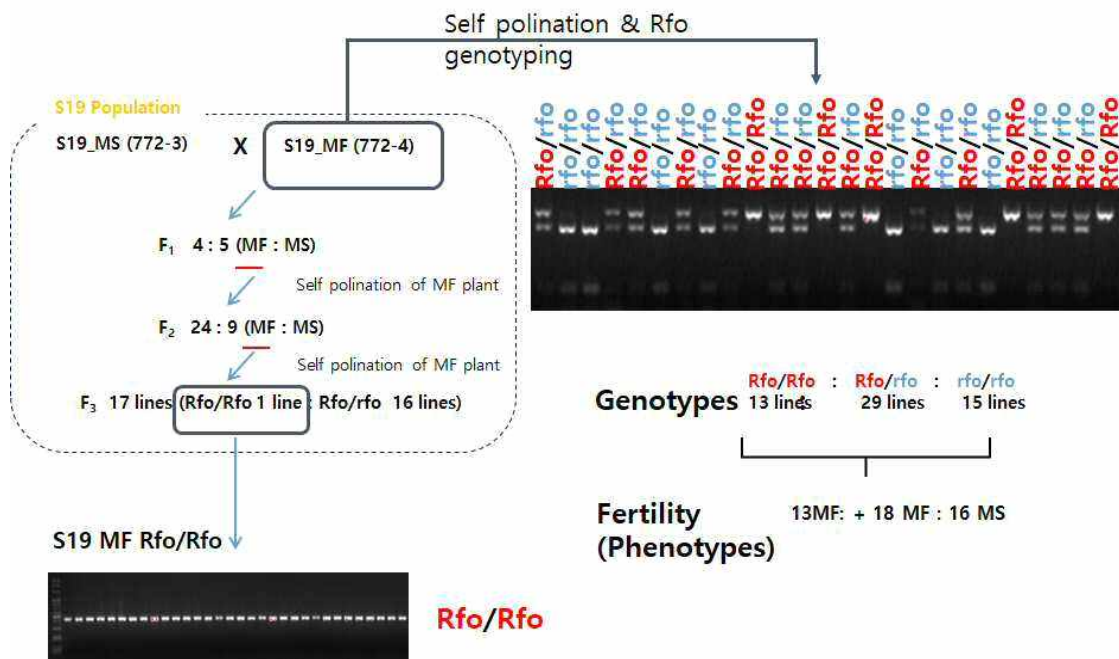


그림 47. S!9 population에서 RFO인자의 dominant homo , hetro, 그리고 recessive homo 구분

표 10. CAPS 마커 이용 분석시 772-4c 라인들의 Rfo 유전자형 및 음성 표현형

번호	라인	유전자형	표현형	번호	라인	유전자형	표현형	번호	라인	유전자형	표현형
1	1-1	<i>Rfo/Rfo</i>	mf	41	2-5	<i>rfo/tfo</i>	ms	81	3-29	<i>rfo/tfo</i>	ms
2	1-2	<i>Rfo/Rfo</i>	mf	42	2-6	<i>rfo/tfo</i>	ms	82	3-30	<i>Rfo/tfo</i>	mf
3	1-3	<i>Rfo/tfo</i>	mf	43	2-10	<i>Rfo/tfo</i>	mf	83	3-33	<i>rfo/tfo</i>	ms
4	1-4	<i>Rfo/tfo</i>	mf	44	2-11	<i>Rfo/Rfo</i>	mf	84	3-34	<i>Rfo/tfo</i>	mf
5	1-5	<i>Rfo/tfo</i>	mf	45	2-12	<i>Rfo/tfo</i>	mf	85	3-38	<i>Rfo/Rfo</i>	mf
6	1-10	<i>rfo/tfo</i>	ms	46	2-13	<i>Rfo/tfo</i>	mf	86	3-39	<i>Rfo/Rfo</i>	mf
7	1-12	<i>Rfo/Rfo</i>	mf	47	2-17	<i>rfo/tfo</i>	ms	87	3-41	<i>Rfo/tfo</i>	mf
8	1-13	<i>Rfo/tfo</i>	mf	48	2-18	<i>Rfo/Rfo</i>	mf	88	3-42	<i>Rfo/Rfo</i>	ms
9	1-14	<i>Rfo/Rfo</i>	mf	49	2-19	<i>Rfo/tfo</i>	mf	89	3-44	<i>rfo/tfo</i>	ms
10	1-15	<i>Rfo/Rfo</i>	mf	50	2-23	<i>Rfo/tfo</i>	mf	90	3-45	<i>Rfo/Rfo</i>	mf
11	1-16	<i>Rfo/tfo</i>	mf	51	2-24	<i>rfo/tfo</i>	ms	91	3-46	<i>rfo/tfo</i>	ms
12	1-18	<i>rfo/tfo</i>	mf	52	2-32	<i>Rfo/tfo</i>	mf	92	3-47	<i>Rfo/tfo</i>	mf
13	1-19	<i>Rfo/Rfo</i>	mf	53	2-35	<i>Rfo/Rfo</i>	ms	93	3-48	<i>Rfo/tfo</i>	mf
14	1-20	<i>rfo/tfo</i>	ms	54	2-36	<i>rfo/tfo</i>	ms	94	3-49	<i>Rfo/tfo</i>	mf
15	1-21	<i>rfo/tfo</i>	ms	55	2-37	<i>rfo/tfo</i>	ms	95	3-50	<i>Rfo/Rfo</i>	mf
16	1-22	<i>Rfo/tfo</i>	mf	56	2-40	<i>rfo/tfo</i>	ms	96	3-52	<i>Rfo/Rfo</i>	mf
17	1-23	<i>Rfo/Rfo</i>	mf	57	2-46	<i>Rfo/tfo</i>	mf	97	3-54	<i>Rfo/tfo</i>	mf
18	1-25	<i>Rfo/tfo</i>	mf	58	2-47	<i>Rfo/Rfo</i>	mf	98	3-56	<i>Rfo/tfo</i>	mf
19	1-27	<i>Rfo/tfo</i>	mf	59	2-51	<i>rfo/tfo</i>	ms	99	3-57	<i>Rfo/Rfo</i>	mf
20	1-29	<i>Rfo/tfo</i>	mf	60	2-56	<i>Rfo/tfo</i>	mf	100	3-59	<i>rfo/tfo</i>	ms
21	1-32	<i>Rfo/Rfo</i>	mf	61	2-59	<i>Rfo/Rfo</i>	mf	101	3-60	<i>rfo/tfo</i>	ms
22	1-33	<i>Rfo/tfo</i>	mf	62	3-2	<i>rfo/tfo</i>	ms	102	3-61	<i>Rfo/tfo</i>	mf
23	1-34	<i>Rfo/tfo</i>	mf	63	3-3	<i>Rfo/Rfo</i>	mf	103	3-63	<i>Rfo/Rfo</i>	mf
24	1-35	<i>rfo/tfo</i>	ms	64	3-4	<i>Rfo/tfo</i>	mf	104	3-67	<i>Rfo/Rfo</i>	mf
25	1-36	<i>rfo/tfo</i>	ms	65	3-6	<i>Rfo/tfo</i>	mf	105	3-68	<i>Rfo/tfo</i>	mf
26	1-37	<i>Rfo/Rfo</i>	mf	66	3-8	<i>rfo/tfo</i>	mf	106	3-70	<i>Rfo/tfo</i>	mf
27	1-38	<i>Rfo/tfo</i>	mf	67	3-9	<i>rfo/tfo</i>	ms	107	3-71	<i>rfo/tfo</i>	ms
28	1-41	<i>Rfo/Rfo</i>	mf	68	3-10	<i>rfo/tfo</i>	ms	108	3-72	<i>Rfo/tfo</i>	mf
29	1-42	<i>Rfo/Rfo</i>	mf	69	3-11	<i>rfo/tfo</i>	ms				
30	1-43	<i>Rfo/tfo</i>	ms	70	3-13	<i>Rfo/tfo</i>	mf				
31	1-44	<i>Rfo/tfo</i>	mf	71	3-14	<i>rfo/tfo</i>	ms	RR	29	75	
32	1-45	<i>Rfo/tfo</i>	mf	72	3-15	<i>rfo/tfo</i>	ms	Rr	47	0	
33	1-47	<i>Rfo/tfo</i>	mf	73	3-16	<i>Rfo/tfo</i>	mf	rr	32	33	
34	1-48	<i>Rfo/tfo</i>	mf	74	3-17	<i>Rfo/Rfo</i>	mf	total	108	108	
35	1-50	<i>Rfo/tfo</i>	mf	75	3-18	<i>Rfo/Rfo</i>	mf	x ²	1.40	1.23	
36	1-51	<i>rfo/tfo</i>	ms	76	3-19	<i>Rfo/tfo</i>	mf	95% 신뢰	TRUE	TRUE	
37	1-53	<i>rfo/tfo</i>	ms	77	3-22	<i>Rfo/tfo</i>	mf				
38	1-54	<i>rfo/tfo</i>	ms	78	3-23	<i>Rfo/tfo</i>	mf				
39	2-3	<i>Rfo/tfo</i>	mf	79	3-27	<i>Rfo/tfo</i>	mf				
40	2-4	<i>rfo/tfo</i>	ms	80	3-28	<i>Rfo/Rfo</i>	mf				

3) BSA(Bulked Analysis of genomic sequences) & SNP genotyping을 이용한 RFO 커 개발

- S19 유래 Rfo CAPS 마커를 이용한 505 collection의 Rfo akzxi 보유여부 확인

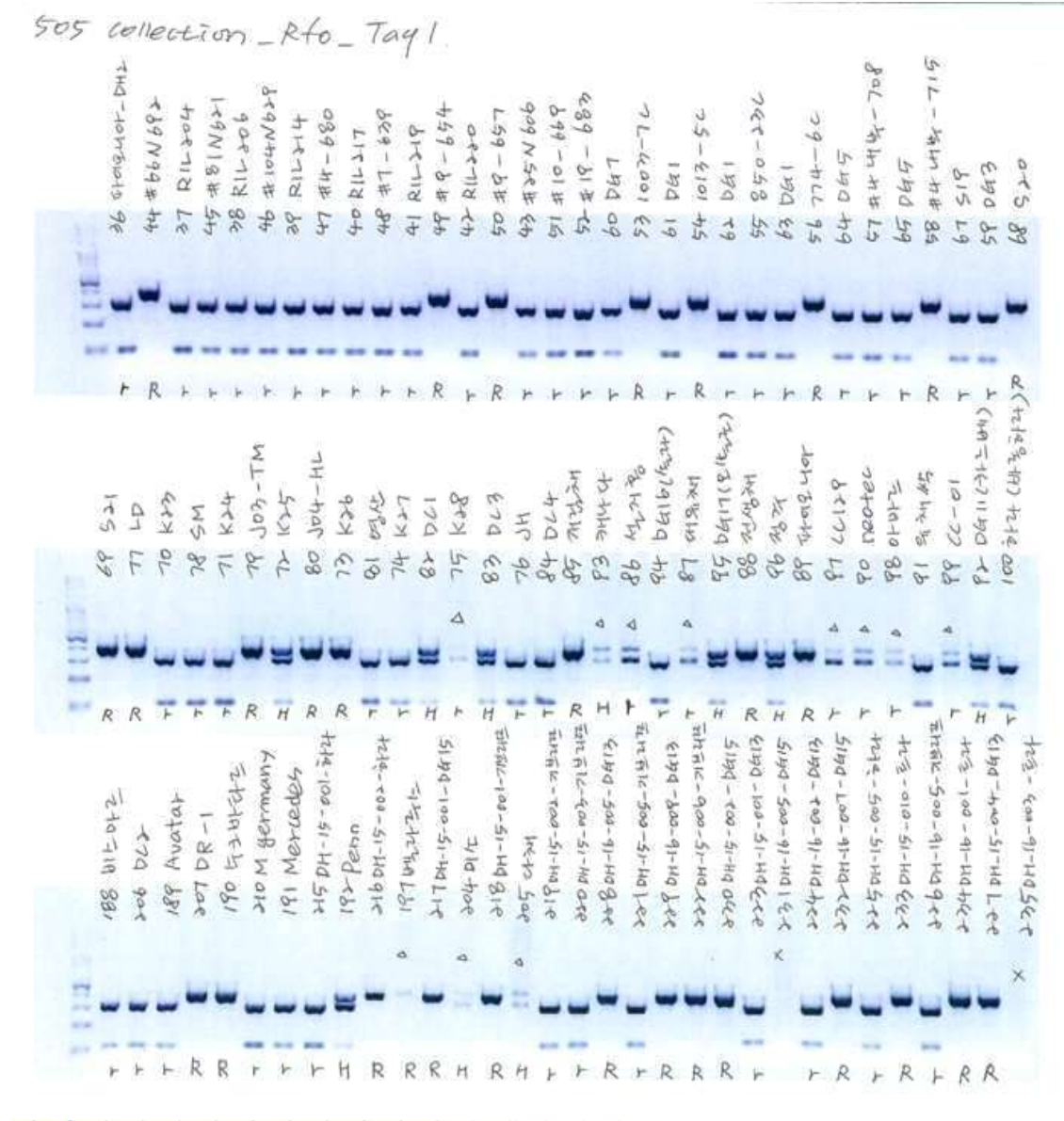


그림 48. S19 유래 Rfo CAPS 마커를 이용한 505 collection의 Rfo 분자마커 보유여부 확인

4). 유체의 세포질-유전자적 응성불임 체계를 중 RFO 또는 X 인자의 회복친 마커 개발

- 본 K27은 RFPmarker와 표현형이 co-segregation되는 것을 보아 Rfp 마커일것으로 생각 되어 DC2응성불임 개체와 교배하여 후배에서 응성불임이 회복되는 지 확인하는 실험을 실시할것임
- K29에서 유래된 유전집단은 F1 212 개체를 재식하여 이중 임성을 보이고 분리비가 3:1

(MF:MS)로 나타나는 1계통 82개체에 대해 F3에서 유전자형을 확인중임 (그림 49).

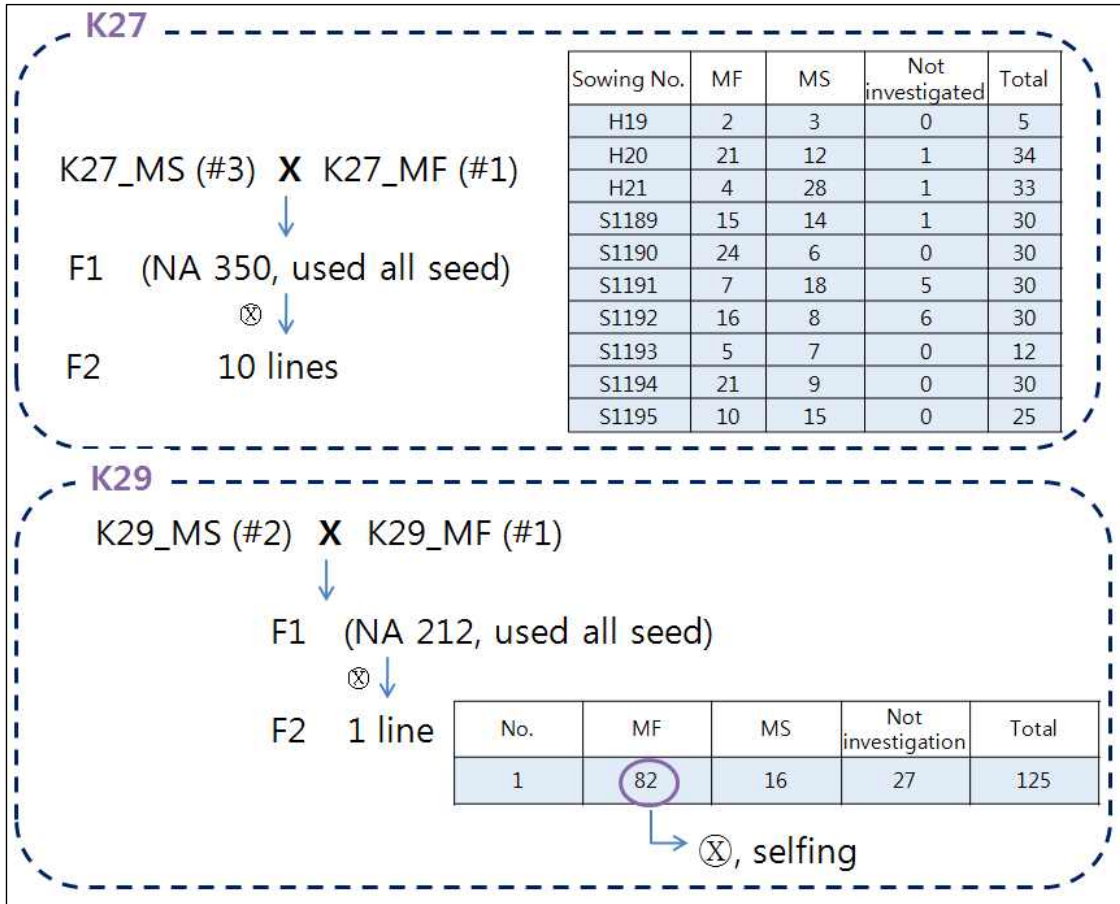


그림 49. K29에서 유래된 고정계통 회복 육성도

- DG17 유래 유전집단 분석은 F2에서 분리비가 3:1(MF:MS)로 나타나는 3계통 41 개체중 12개의 개체에 대해 F3에서 유전자형을 확인중임. DG14 유래 유전집단은 F1에서 1:1 (MF:MS=30:26)로 분리비를 보이는 개체 중 임성을 보이는 30개체의 자식을 통해 F2에서 유전자형을 확인하였음 (그림 50)
- Tra 유래 유전집단의 경우 F2에서 분리비가 3:1 (MF:MS)로 나타나는 1계통 38 개체에 대해 F3에서 유전자형을 확인하였고 Tra와 DG 라인들로부터 개발된 DH라인 중 일부는 RFO인자를 보유하고 있어 회복친으로 사용이 바로 가능한 것으로 DH 라인 육성과 같이 실험을 실시하여 육성시간을 단축할 수 있었음

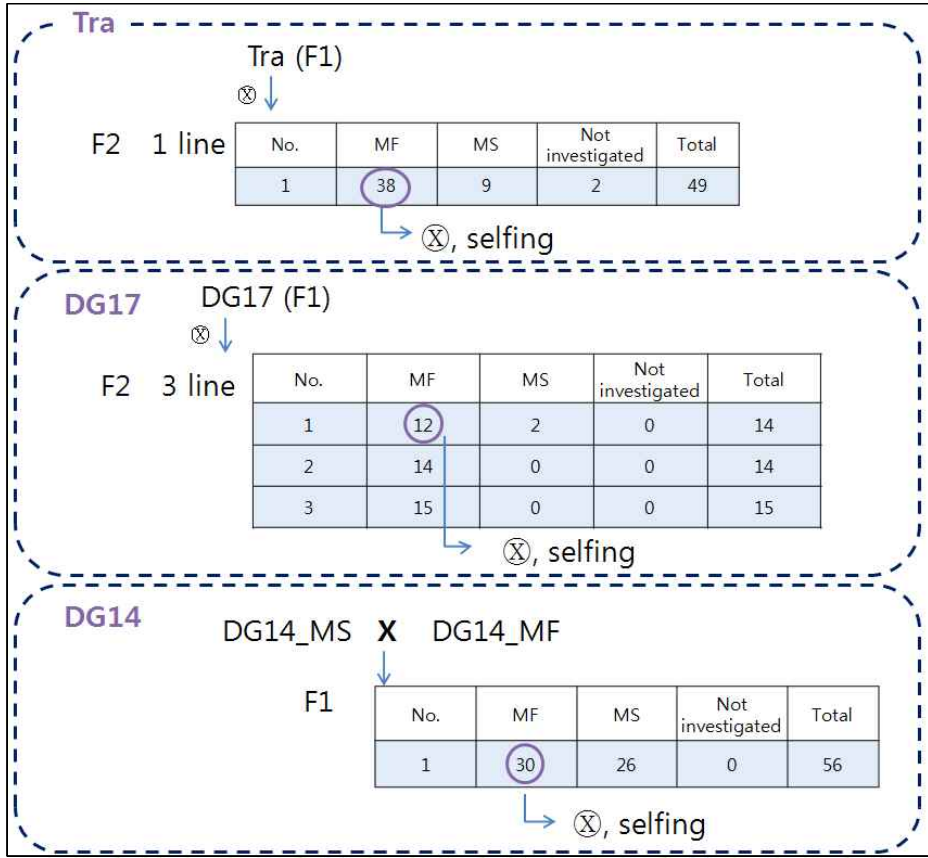


그림 50. Tra, DG17, DG14에서 유래된 고정계통 회복 육성도

4. 몽골 현지 재배시험 실시 및 대규모 영농기술 확립으로 전시포 조성



그림 51. 몽골 현지에서 재배중인 F1 예비조합

- 교배조합에 사용된 유지친 20종과 회복친 5종은 파종 후 65일째 개화한 춘파 조생종과 추대하지 않은 추파종을 확인할 수 있음.
- 선발된 회복친 중 DH라인들은 대부분 개화가 늦은 편임. 특히 회복친인 K225를 부분으로 사용하였을 때 대부분의 유지친들이 조기개화 특성을 보이는데도 만기개화의 특성을 보였음.
- 또한 유지친인 K006의 교배조합에서도 회복친과 무관하게 만기개화의 특성을 보임. 이러한 만기개화 특성은 좋은 성장 조건에서는 엽수의 증가로 인해 충분한 광합성이 이루어지고 종자 수확량에 많은 영향을 주지만 몽골과 같은 척박한 환경에서는 좋은 형질이 아님 (그림 52)
- 또한 지방산함량을 측정해 보았을 때 에루신산이 높은 개체는 없었고 올레인산이 높은 개체는 5개체 (T006, T021, T046, T056, T065) 였음. 특히 고올레인산으로 나온 5개체 중 4개체는 회복친으로 K53 계통을 이용하였음.
- 이는 K53 계통에 올레인산 합성 관련 유전자의 집적이 좋아 나타난 형질로 생각되며 고올레인산 개발 회복친으로 유용할것으로 판단됨. 지방산 함량이 조사된 12개의 F1중 T021과 T065는 몽골재배 적합성 및 고올레인산의 특성 동시에 나타내는 좋은 형질을 갖고 있는 것으로 나타났음 (그림 53)
- 건조 저항성, 추대 및 개화시기, 종자의 등숙도 등 몽골 재배에 유리한 형질을 고려하여 우수한 15개의 조합 (T021, T025, T044, T050, T058, T060, T065, T068, T071, T072,

T073, T074, T075, T076, T100)을 선별함 (그림52, 53). 몽골 노지에서 교배친과 F1 품종을 그림 53과 같이 파종하여 생육조사를 진행하였고 가장 우수한 조합은 3년차에 대량 재배 생산하였음

- 특히 회복친 K056과 유지친 K039, K042를 사용하였을 때 우수한 교배조합이 많이 선발되었음
- 예비조합검정에서 우수한 조합으로 선발된 유지친들은 웅성불임친 육성 중에 있으며, 2년차에 웅성불임성을 이용한 F1 종자의 현지재배시험을 실시하여 교배조합을 선발하고, 3년차에 일부 F1 종자 생산을 위한 국내농가재배포 운영을 실시하였음

		(단위 %)							
유지친	회복친	K53 (DC2 : 1003-7C) Oleic 61.48/Erucic 0.00	K225 (DH-15-005-HARA) Oleic 13.03/Erucic 51.11	E	K036 (Pioneer-DH002) Oleic 60.38/Erucic 0.19	K219 (DH-15-002-Gibrit) Oleic 58.20/Erucic 0.54	K056 (S20 : 774-6C) Oleic 56.83/Erucic 0.50		
		○	○	○	○	○	○	○	○
K200 (Da-ae) Oleic 11.34/Erucic 53.97	E	T001	T002		T003		T005		
K201 (Da-ol1) Oleic 65.55/Erucic 0.19	○	T006	T007						
K202 (Da-ol2) Oleic 65.55/Erucic 0.19	○	T011	T012				T015 Oleic 30.64/Erucic 24.33		
K012 (NA257-DH51) Oleic 59.16/Erucic 1.25	○	T016	T017		T018	T019	T020		
K005 (NA257-DH17) Oleic 59.90/Erucic 0.41	○	T021 Oleic 59.26/Erucic 0.72	T022 Oleic 38.31/Erucic 19.58		T023	T024	T025		
K027 (NA259-DH20) Oleic 56.52/Erucic 0.78	○	T026	T027		T028	T029	T030		
K030 (NA259-DH35) Oleic 10.43/Erucic 54.62	E		T032		T033		T035		
K006 (NA257-DH18) Oleic 17.97/Erucic 42.38	E	T036	T037		T038	T039	T040		
K011 (NA257-DH49) Oleic 18.93/Erucic 43.59	E	T041	T042		T043	T044	T045		
K037 (RIL204) Oleic 64.28/Erucic 0.00	○	T046	T047		T048	T049	T050		
K038 (RIL206) Oleic 68.84/Erucic 0.00	○	T051	T052		T053	T054	T055		
K039 (RIL219) Oleic 64.53/Erucic 0.11	○	T056	T057		T058	T059	T060		
K040 (RIL217) Oleic 64.64/Erucic 0.00	○	T061	T062		T063	T064	T065 Oleic 60.48/Erucic 0.43	○	
K041 (RIL219) Oleic 64.91/Erucic 0.00	○	T066	T067		T068	T069	T070		
K042 (RIL220) Oleic 63.12/Erucic 0.14	○	T071	T072		T073	T074	T075 Oleic 34.06/Erucic 19.11		
K211 (DH-15-001-DG17)-OSOROU Oleic 58.09/Erucic 0.00	○	T076	T077		T078	T079	T080		
K217 (DH-15-001-DG15) Oleic 18.96/Erucic 35.83	E	T081	T082		T083	T084	T085		
K245 (DH-16-003-PENN) Oleic 55.7/Erucic 0.75	○	T086			T088	T089			
K246 (DH-16-002-AVATAR) Oleic 60.14/Erucic 0.33	○								
K247 (DH-16-001-KARBE) Oleic 52.21/Erucic 0.15	○		T097		T098		T100		

Late flowering
Good phenotype
High Erucic acid (E)
High Oleic acid (O)

그림 52. 몽골 노지의 파종 모식도 품종 특성

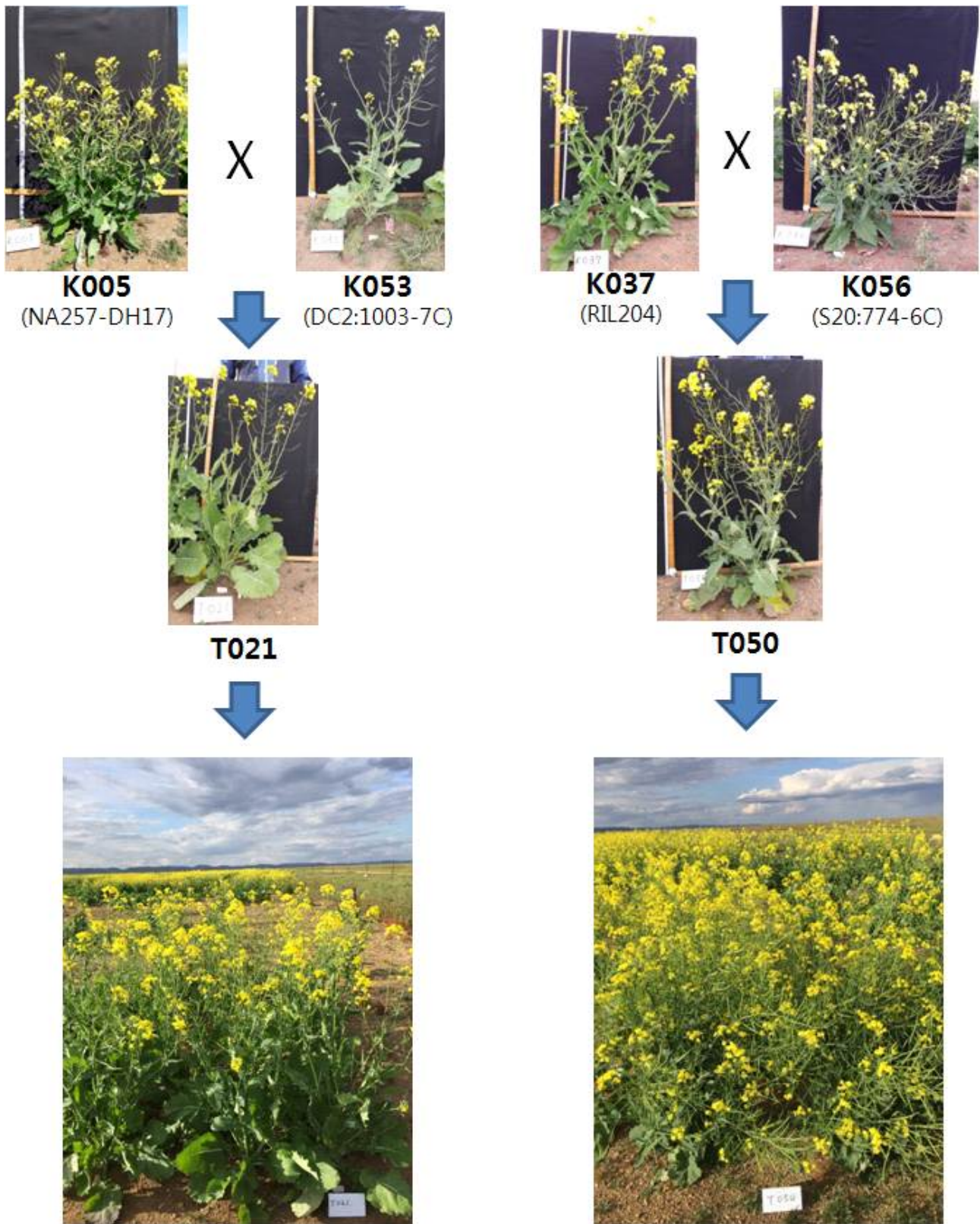


그림 53. 몽골 현지에서 선발한 우수 형질 조합 (좌 : T021, 우 : T050)

제2절. 소포자배양(microspore-culture)을 이용한 DH (doubled haploid) 라인 개발로 고부가가치 계통 및 회복친육성

1. 분자마커를 활용한 소포자 배양체의 조기 선발 기술 개발

가. 소포자 배양방법확립

- 유채 품종 육성은 주로 전통적인 교배 방식을 통하는데, 이는 많은 시간이 걸린다는 단점 ddl 있어 이것을 극복하기 위하여 단세대에 100% 동형접합자인 배가 반수체 (doubled haploid)를 용이하게 획득하는 방법으로 약 배양과 소포자 배양이 있음
- 소포자 배양은 약 배양과 달리 callus 형성 없이 바로 배로 발달하므로 단기간에 반수체를 얻을 수 있으며, 배 발생률이 약배양보다 5-200배 높음 (Davies & Morton, 1998)
- 우수한 DH 라인을 획득하기 위하여 오일 함량이 높고, 병저항성을 보유한 F1 잡종종자 17 품종을 선발하였음 (표 11).

표 11. 소포자 배양용 모본 식물체 정보

도입번호	품종명	식물체 특성
NA259	415	올레인산 함량이 높은 다올을 모본으로, 에루신산 함량이 높은 다애를 부분으로 교배한 계통
NA257	414	에루신산 함량이 높은 다애를 모본으로, 올레인산 함량이 높은 다올을 부분으로 교배한 계통
NA366	PIONEER	다수확성, 오일함량 높음, 추과
NA452	KARBE	독일 도입 F1 유채종자, 다수확성, 오일함량 높음, 추과
NA459	DG13	다수확성, 오일함량 높음, 춘과
NA460	DG14	다수확성, 오일함량 높음, 춘과
NA461	DG15	다수확성, 오일함량 높음, 춘과
NA503	HARA	다수확성, 오일함량 높음, 추과
NA506	TRA	다수확성, 오일함량 높음, 질병·가뭄 및 도복 저항성, 극조생종
NA455	SOLAR CL	다수확성, 오일함량 높음, 질병 및 가뭄저항성
NA456	OSORNO	다수확성, 오일함량 높음, 질병·가뭄 및 도복 저항성, 중생종
NA587	PENN	오일함량이 높은 독일 Rapool사 F1 품종
NA584	AVATAR	오일함량이 높은 독일 Rapool사 F1 품종
NA586	MERCEDES	오일함량이 높은 독일 Rapool사 F1 품종

가-1.. 소포자 배양 방법의 확립

- 유채 품종 육성을 위한 전통적인 교배 방식은 시간이 오래 걸림. 따라서 육종연한을 단축하기 위한 배가 반수체(doubled haploid)를 획득방법으로 소포자 배양, 약배양, 자방 배양 등이 활용되고 있음
- 이중 유채는 소포자 배양이 비교적 간편하고 반수체 유기율 및 재분화율도 높아 자주 이용되고 있으며 당사에서도 소포자 배양을 적용하여 반수체를 생산하고 있으며 이의 효율을 높이기 위한 프로토콜을 확립하였음.(그림54)

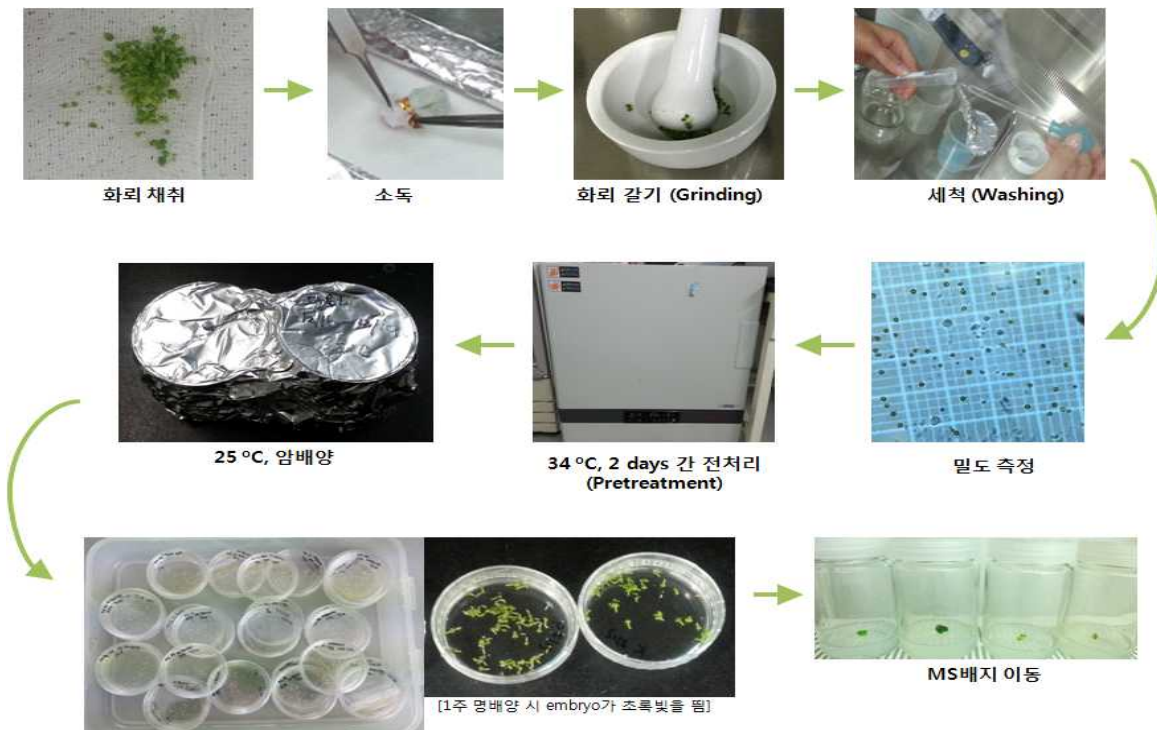


그림 54. 소포자배양 방법

- 앞의 14개 라인을 이용한 DH 라인 개발을 실시하였음
- 414라인의 경우 에루신산 함량이 높은 다예를 모본으로, 올레인산 함량이 높은 다예를 부분으로 교배한 계통이면서 춘파와 추파를 교배한 것으로 앞으로 분자 마커의 개발 등에 많이 유용한 연구 집단이므로 총 262개의 DH 라인을 개발하였음
- 2015년 35개, 2016년 47개, 2017년 180개, 2018년 140개로 총 400개의 DH라인 확보하였음 (표 12)
- 이외에도 RFO이자를 보유하고 있는 독일의 F1 종자를 이용한 DH라인 육성실험을 실시하여 80여개의 RFO DH 라인을 개발하였음

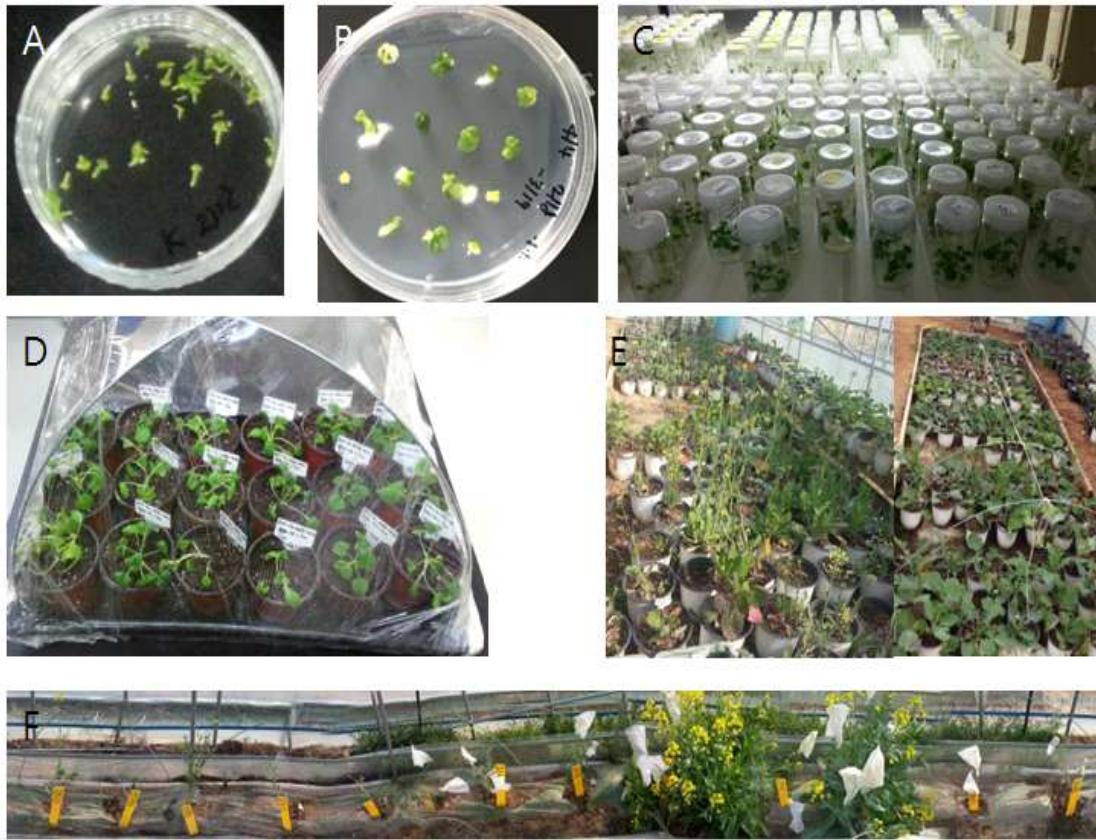


그림 55. 소포자 배양 과정 (A: 소포자로부터 배발생된 개체, B: 소포자배로부터 shoot, root 분화 C: 소포자로부터 유기한 유채 소식물체, D: 순화, E: 순화 후 4-8주후, F: Doubled haploid 확인개체 정식)

표 12. 당사에서 생산한 Doubled haploid 라인

기원	라인	DH 라인				
		2015	2016	2017	2018	SUM
합성이질배수 체	414	16	2	132	112	262
	415	18		5		23
독일	PENN			10	8	18
	AVATAR			11	6	17
	GIBRIT		20	1	1	22
	OSORNO		4			4
	SOLAR			1	1	1
	KARBE				20	12
캐나다	HARA		5			5
미국	PIONEER	1				1
프랑스	DG13		9			9
	DG15		7			7
합계		35	47	180	140	401

- 본사는 유체의 회복친 RFO라인은 충분히 보유하고 있는 것으로 판별되어 RFP 회복친 육성에 중점을 두어 실험을 실시하기로 함
- RFO추과형인 DM4의 회복유전자 고정계통의 분리집단에서 표현형을 기반으로 선발한 각 계통을 대상으로 2차 년도에 DC2 계통에서 선발한 Rfp 회복유전자의 CAPS 마커를 이용해 선발효율성 검토를 진행함.
- 당사에서 개발한 Rfp 마커를 활용하여 F2 잡종종자 중 RfRf 개체를 선발 하여 소포자 배양에 이용하였음.
- 표현형이 확인된 S164, S165, S166 분리 집단에서 Rf 유전자형이 각각의 개체의 표현형(임성)과 일치하게 나타남(Vy X)

표 14. F2세대에서 분자마커를 이용한 식물체 선발후 회복친라인 육성에 사용

SJ_124	(다올XDC2) ↓ (SJ_124)⊗→(SJ_124(RFPRFP))	Oieic acid : 64.09
		Erucic acid : 0
SJ_127	(RIL214XDC2) ↓ (SJ_127)⊗→(SJ_127(RFPRFP))	Oieic acid : 64.53
		Erucic acid : 0.11
SJ_128	(RIL219XDC2) ↓ (SJ_128)⊗→(SJ_128(RFPRFP))	Oieic acid : 64.91
		Erucic acid : 0.00
SJ_129	(NA247-DH17XDC2) ↓ (SJ_129)⊗→(SJ_129(RFPRFP))	Oieic acid : 56.61%
		Erucic acid : 0.65%
SJ_130	(NA259-DH01XDC2) ↓ (SJ_130)⊗→(SJ_130(RFPRFP))	Oieic acid : 57.78%
		Erucic acid : 5.02%
SJ_131	(NA259-DH06XDC2) ↓ (SJ_131)⊗→(SJ_131(RFPRFP))	Oieic acid : 19.12
		Erucic acid : 44.24

- 당사에서 마커 개발에 사용한 DC2와 교배한 후 후대의 유전자형을 분자마커를 사용해 결정할 계획임. 이들 후대 중 RfRf개체를 회복친 육성을 위해 파종하고 이후 소포자 배양에 활용할 것임 (표 14)

2. 몽골에서 생육 가능한 유채를 소포자 배양을 통해 용도별 맞춤형(항공용, 운송용, 산업용, 공업용) DH 라인 육성

- 본 연구진은 총401개의 DH 라인을 개발하였으면 용도별 분석을 한 결과, 각 목적별 유채 라인 개발에 성공하였고 이에 대한 자세한 설명은 아래와 같음

가. 다애(고에루신산)과 다올(고올레인산)을 교배하여 만든 F1 식물체를 이용한 소포자배양을 통한 200개의 DH 라인육성

- 고에루신산이며 추파인 다애와 고올레인산이며 춘파 다올을 교배한 414라인과 그 reciprocal인 425 라인의 F1 으로부터 식물체로부터 소포자 배양을 실시하였음 .
- 2015, 2016, 2017년, 2018년 총 137개 라인 2018년 112개 라인을 개발하여 총 285개를 개발하였으며 이들 중 지방산 함량을 분석하였음.(그림 59)
- 지방산 분석 결과를 도표로 나타내면 본 연구집단은 지방산 함량이나 지방산 조성에 관한 연구를 수행하기에 적합한 population 임을 알 수 있음(그림 60)

지방산 분석 (%)

NO	구 번호	Line Name	Crude Fat(%)	Caprylic acid (C8:0)	Capric acid (C10:0)	Lauroic acid (C12:0)	Myristic acid (C14:0)	Pentadecanoic acid (C15:0)	Palmitic acid (C16:0)	Palmitoleic acid (C16:1n7)	Stearic acid (C18:0)	Oleic acid (C18:1n7)	Linoleic acid (C18:2n6)	Arachidic acid (C20:0)	11-13-Eicosanoic acid (C22:1)	Linolenic acid (C18:3n3)	Behenic acid (C22:0)	Tricosic acid (C23:0)	
1	101	다애	38.71	0.00	0.00	0.00	0.00	3.56	0.32	0.00	0.82	13.51	1.78	14.85	0.82	3.37	2.80	0.81	37.84
2	102	다올	42.12	0.00	0.00	0.00	0.00	4.08	0.22	0.00	2.11	16.01	0.24	13.97	7.90	0.86	1.32	0.94	32.25
3	103	다애(다애 X 다올)	40.70	0.00	0.00	0.00	0.00	3.42	0.23	0.00	1.23	15.28	2.37	13.70	10.03	0.69	1.23	0.96	30.69
4	104	다올(다올 X 다애)	44.55	0.00	0.00	0.00	0.00	3.58	0.22	0.00	1.31	16.24	2.24	13.32	8.42	0.70	1.23	0.79	30.53
5	41	HA217-DH7	39.28	0.00	0.00	0.00	0.00	3.11	0.21	0.00	1.08	17.54	2.13	13.24	10.20	0.81	1.24	0.42	31.54
6	42	HA217-DH8	31.52	0.00	0.00	0.00	0.00	4.65	0.33	0.00	1.31	13.39	3.04	17.37	10.56	0.85	1.24	0.31	23.79
7	43	HA217-DH9	37.40	0.00	0.00	0.00	0.00	4.40	0.27	0.00	1.43	15.93	2.04	14.76	7.54	0.71	0.80	0.58	29.42
8	44																		
9	45																		
10	46																		
11	47																		
12	48																		
13	49																		
14	50																		
15	51																		
16	52																		
17	53																		
18	54																		
19	55																		
20	56																		
21	57																		
22	58																		
23	59																		
24	60																		
25	61																		
26	62																		
27	63																		
28	64																		
29	65																		
30	66																		
31	67																		
32	68																		
33	69																		
34	70																		
35	71																		
36	72																		
37	73																		
38	74																		
39	75																		
40	76																		
41	77																		
42	78																		
43	79																		
44	80																		
45	81																		
46	82																		
47	83																		
48	84																		
49	85																		
50	86																		
51	87																		
52	88																		
53	89																		
54	90																		
55	91																		
56	92																		
57	93																		
58	94																		
59	95																		
60	96																		
61	97																		
62	98																		
63	99																		
64	100																		
65	101																		
66	102																		
67	103																		
68	104																		
69	105																		
70	106																		
71	107																		

지방산 분석 (%)

NO	구 번호	Line Name	Crude Fat(%)	Caprylic acid (C8:0)	Capric acid (C10:0)	Lauroic acid (C12:0)	Myristic acid (C14:0)	Pentadecanoic acid (C15:0)	Palmitic acid (C16:0)	Palmitoleic acid (C16:1n7)	Stearic acid (C18:0)	Oleic acid (C18:1n7)	Linoleic acid (C18:2n6)	Arachidic acid (C20:0)	11-13-Eicosanoic acid (C22:1)	Linolenic acid (C18:3n3)	Behenic acid (C22:0)	Tricosic acid (C23:0)		
73	413	DH-16-09-414	30.85	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.62	0.32	0.00	1.14	13.89	2.05	13.60	0.75	0.80	0.73	42.83	
74	414	DH-16-41-414	22.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.06	0.45	0.00	1.17	10.93	2.66	17.81	9.01	0.79	7.65	1.03	44.42
75	415	DH-16-26-414	23.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.28	0.26	0.00	0.90	11.31	1.41	13.88	8.77	0.62	6.63	0.82	50.12
76	416	DH-16-27-414	31.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.88	0.33	0.00	1.14	20.12	1.90	13.92	9.30	0.70	12.78	0.67	35.63
77	417	DH-16-34-414	26.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.72	0.34	0.00	1.17	13.04	2.20	14.01	9.78	0.84	9.84	0.76	42.25
78	418	DH-16-43-414	27.58	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.67	0.51	0.00	1.19	13.40	2.82	17.33	9.06	0.88	8.18	0.84	41.25
79	419	DH-16-44-414	22.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.58	0.64	0.00	1.16	10.32	3.41	18.00	9.39	0.80	8.11	1.04	42.04
80	420	DH-16-00-414	30.48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.84	0.38	0.00	1.90	11.90	2.54	19.86	7.85	0.59	1.32	0.90	51.4
81	421	DH-16-00-414	28.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.33	0.28	0.00	0.91	13.06	1.64	13.10	6.17	6.71	2.58	0.97	52.26
82	422	DH-16-04-414	33.53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.32	0.24	0.00	0.93	13.33	1.72	12.81	7.13	8.03	2.38	0.73	49.48
83	423	DH-16-05-414	35.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.22	0.43	0.00	1.97	17.43	4.51	22.39	10.97	0.56	0.89	0.34	51.1
84	424	DH-16-05-414	29.34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.10	0.38	0.00	1.49	17.35	2.62	17.34	8.14	2.32	2.32	0.64	43.44
85	425	DH-16-05-414	33.68	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.10	0.32	0.00	1.49	17.68	2.52	13.71	8.13	13.87	1.41	0.27	26.45
86	426	DH-16-05-414	35.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.69	0.25	0.00	1.39	15.30	2.37	14.71	8.88	14.54	1.46	0.27	27.87
87	427	DH-16-02-414	35.47	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.30	0.23	0.00	0.85	13.40	1.19	13.72	7.96	4.82	2.08	0.96	50.27
88	428	DH-16-04-414	31.64	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.62	0.29	0.00	1.28	13.86	1.99	14.47	7.67	11.03	1.85	0.54	38.31
89	429	DH-16-05-414	33.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.19	0.27	0.00	0.84	10.63	1.28	14.09	7.19	0.71	5.19	0.99	53.70
90	430	DH-16-06-414	37.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.13	0.24	0.00	1.08	16.25	1.27	12.72	6.27	0.78	10.34	0.63	47.25
91	431	DH-16-07-414	31.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.38	0.29	0.00	0.84	9.79	1.45	14.54	7.39	0.70	5.17	0.83	53.49
92	432	DH-16-08-414	38.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.79	0.28	0.00	1.46	27.72	2.23	12.65	8.45	0.63	16.24	0.27	26.27
93	433	DH-16-07-414																		

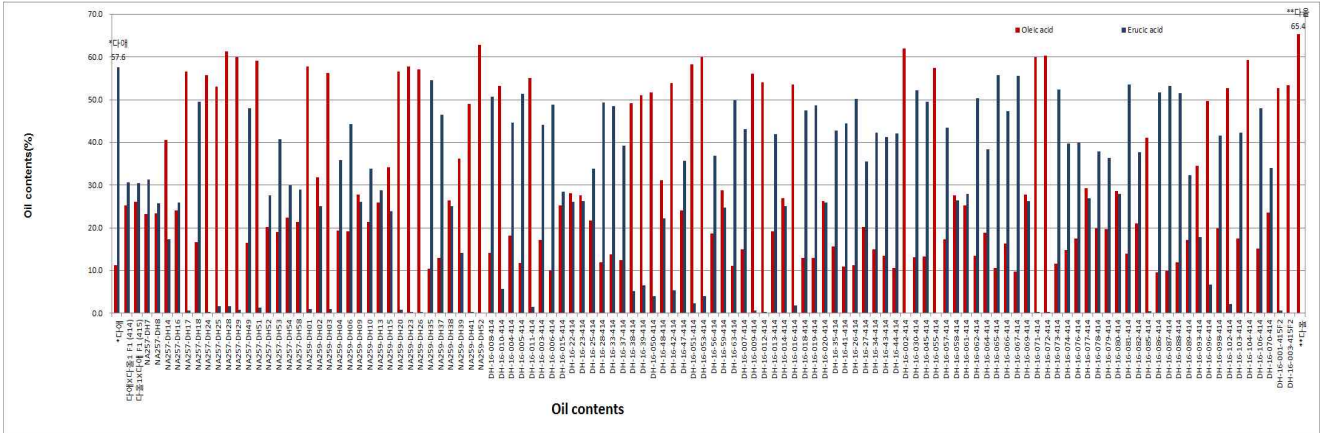


그림 60. 각 라인들의 지방산 조성 비교

나. 항공용으로 적당한 에루신산(C22) 이 다량 함유된 유채 품종과 엘리트라인의 교배조합 확보 및 소포자 배양을 통한 계통 육성 5개 이상 계통 육성

- 에루신산이 높은 DH 라인인 다애가 모본과 다올이 부분으로 사용한 F1으로부터 유래된 것들에서만 개발
- 개발 된 DH라인 중 에루신산이 55%이상인 라인이 총 9개임

표 15. 에루신산55%이상인 유채 DH 라인

NO	조재번호	조지방 (%)	Caprylic acid (C8:0)	Capric acid (C10:0)	Lauric acid (C12:0)	Myristic acid (C14:0)	Pentadecanoic acid (C15:0)	Palmitic acid (C16:0)	Palmitoleic acid (C16:1)	Heptadecanoic acid (C17:0)	Stearic acid (C18:0)	Oleic acid (C18:1n9c)	vaccenic acid (C18:1n7c)	Linoleic acid (C18:2n6c)	Arachidic acid (C20:0)	g11-Eicosenoic acid (C20:1)	Linolenic acid (C18:3n3)	Behenic acid (C22:0)	Erucic acid (C22:1n9)
1	DH-16-045-414	36.53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.59	0.32	0.00	0.70	9.12	1.16	12.71	8.17	0.63	6.80	1.02	55.78
2	DH-16-065-414	33.97	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.70	0.20	0.00	0.69	9.31	1.02	12.90	8.82	4.15	2.31	0.80	57.10
3	DH-16-067-414	32.66	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	3.25	0.26	0.00	0.80	10.67	1.22	6.43	10.20	0.63	7.25	0.82	58.42
4	DH-16-081-414	35.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.70	0.24	0.00	0.83	11.16	1.17	11.59	7.89	0.63	7.89	0.75	55.15
5	DH-16-084-414	33.42	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	2.92	0.24	0.00	0.79	10.01	1.11	12.37	9.17	0.66	6.74	0.81	55.14
6	DH-16-087-414	38.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.77	0.16	0.00	0.89	11.13	0.94	10.81	7.93	0.77	7.74	0.89	55.96
7	DH-16-120-414	37.68	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.72	0.21	0.00	0.70	9.11	1.11	12.87	8.90	0.58	6.56	0.91	56.33
8	DH-16-127-414	38.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.41	0.20	0.00	0.76	10.38	1.29	10.66	7.65	0.62	7.36	0.85	57.82
9	DH-16-136-414	33.58	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.02	0.00	0.00	1.12	13.12	14.94	0.00	0.00	0.80	8.20	1.43	56.36

다. 운송용으로 적합한 올레인산(C16)의 함유량이 높은 유채 품종과 엘리트라인의 교배조합 확보 및 소포자 배양을 통한 계통 육성 5 계통이상 계통 육성

- 올레인산이 63%이상인 유채는 총 15개로 목표한 5개통보다 높은 성과로 개발되었음

표 16. 올레인산 63%이상인 유채15라인

NO	조재번호	조지방 (%)	Caprylic acid (C8:0)	Capric acid (C10:0)	Lauric acid (C12:0)	Myristic acid (C14:0)	Pentadecanoic acid (C15:0)	Palmitic acid (C16:0)	Palmitoleic acid (C16:1)	Heptadecanoic acid (C17:0)	Stearic acid (C18:0)	Oleic acid (C18:1n9c)	vaccenic acid (C18:1n7c)	Linoleic acid (C18:2n6c)	Arachidic acid (C20:0)	g11-Eicosenoic acid (C20:1)	Linolenic acid (C18:3n3)	Behenic acid (C22:0)	Erucic acid (C22:1n9)
1	DH-15-004-DG13	38.76	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	4.41	0.21	0.09	1.91	62.13	2.35	18.66	7.86	0.67	1.25	0.34	0.08
2	DH-15-010-Tra	33.06	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	4.35	0.28	0.13	2.32	65.55	3.33	16.81	4.71	0.84	1.21	0.42	0.00
3	DH-16-001-DG15	42.35	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	3.80	0.19	0.13	1.99	63.97	2.16	17.00	8.46	0.61	1.18	0.29	0.21
4	DH-16-002-DG13	34.76	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	3.91	0.21	0.09	2.77	68.14	2.29	14.63	5.04	0.88	1.26	0.40	0.35
5	DH-16-003-DG13	34.66	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	4.09	0.23	0.13	1.95	62.47	2.82	18.25	7.77	0.62	1.18	0.30	0.14
6	DH-16-004-GIbrit	35.42	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	4.22	0.23	0.13	1.47	62.55	2.66	17.17	8.69	0.55	1.38	0.28	0.60
7	DH-16-006-KARBE	33.45	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00	4.90	0.36	0.15	1.76	62.27	3.49	18.18	6.70	0.65	1.14	0.34	0.00
8	DH-16-007-DG13	32.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.11	0.21	0.11	2.43	66.52	2.33	15.93	6.06	0.79	1.15	0.37	0.00
9	DH-16-008-DG13	39.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.23	0.22	0.07	2.18	65.11	2.72	16.80	6.12	0.77	1.29	0.38	0.09
10	DH-16-010-DG13	39.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.31	0.22	0.11	2.67	65.87	2.34	16.77	5.43	0.82	1.10	0.36	0.00
11	DH-16-010-Tra	32.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.33	0.26	0.09	2.27	62.90	3.28	18.15	6.27	0.78	1.27	0.39	0.00
12	DH-16-012-Tra	35.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.37	0.22	0.00	1.85	62.37	3.26	19.60	6.57	0.53	0.98	0.12	0.12
13	DH-16-134-414	42.53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.27	0.24	0.13	1.97	63.94	3.77	22.34	0.13	0.66	2.23	0.31	0.00
14	NA257-DH16	30.40	0.010	0.01	0.02	0.06	0.04	4.21	0.26	0.04	1.74	62.65	2.98	17.32	8.18	0.45	1.32	0.22	0.49
15	NA259-DH52	29.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.37	0.24	0.00	2.79	62.82	3.04	16.67	8.25	0.67	0.89	0.25	0.00

다. 산업용(증장비용)에 BD40 사용 가능한 바이오디젤용으로 지방산 함유량이 높은 유채 품종과 엘리트라인의 교배조합 확보 및 소포자 배양을 통한 계통 육성 3개 이상 계통육성

- 지방산 함량은 생산성 평가에 가장 중요한 인자로 평균 38% 정도의 지방산함량 F1종자 가 판매 되고 있음
- 본 연구에서는 지방산이 40%이상인 라인이 26개이고 이중에 올레인산이 63%이상인 것이 2개 라인임
- 항공용이나 산업용으로 에루신산이 50 %이상인 것은 총 5개 라인임

표 17. 조지방 함량 40%이상인 26개의 DH 라인

NO	조제번호	조지방 (%)	Caprylic acid (C8:0)	Capric acid (C10:0)	Lauric acid (C12:0)	Myristic acid (C14:0)	Pentadecanoic acid (C15:0)	Palmitic acid (C16:0)	Palmitoleic acid (C16:1)	Heptadecanoic acid(C17:0)	Stearic acid (C18:0)	Oleic acid (C18:1n9c)	vaccenic acid (C18:1n7c)	Linoleic acid (C18:2n6c)	Arachidic acid (C20:0)	cis-11-Eicosenoic acid (C20:1)	Linolenic acid (C18:3n3)	Behenic acid (C22:0)	Erucic acid (C22:1n9)
1	DH-16-001-DG15	42.35	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	3.80	0.19	0.13	1.99	63.97	2.16	17.00	8.46	0.61	1.18	0.29	0.21
2	DH-16-004-414	40.96	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	3.21	0.26	0.00	1.08	18.12	1.58	13.52	7.93	0.71	8.25	0.71	44.59
3	DH-16-005-414	40.51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.98	0.19	0.00	0.87	11.74	1.23	12.13	9.27	0.68	8.72	0.76	51.43
4	DH-16-010-414	42.52	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	4.16	0.30	0.00	1.78	53.24	3.53	17.60	10.89	0.54	1.92	0.28	5.70
5	DH-16-011-414	40.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.63	0.34	0.00	1.80	55.13	4.09	19.06	11.15	0.56	1.39	0.26	1.57
6	DH-16-015-414	42.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.84	0.28	0.00	1.28	25.26	2.36	12.45	9.67	0.57	15.61	0.23	28.44
7	DH-16-046-414	40.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.28	0.23	0.00	0.93	12.45	1.19	12.47	7.82	0.76	9.17	0.78	50.92
8	DH-16-051-414	40.12	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	4.08	0.27	0.10	1.57	58.29	2.91	18.05	8.89	0.54	2.60	0.26	2.39
9	DH-16-053-414	43.54	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	3.80	0.24	0.11	1.75	59.94	2.34	16.87	8.44	0.59	1.58	0.33	3.97
10	DH-16-055-414	41.45	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	4.26	0.30	0.00	1.80	57.15	3.71	18.71	11.76	0.53	1.19	0.24	0.31
11	DH-16-057-414	42.87	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	3.03	0.21	0.00	1.02	16.73	1.34	12.78	7.84	0.73	8.40	0.64	47.25
12	DH-16-058-414	45.46	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	3.77	0.26	0.00	1.50	25.45	2.25	12.39	9.36	0.67	14.71	0.27	29.32
13	DH-16-062-414	45.97	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.03	0.19	0.00	0.92	14.06	1.14	12.27	7.78	0.72	7.35	0.70	51.85
14	DH-16-091-414	45.34	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	3.80	0.28	0.00	1.30	21.36	2.08	15.95	10.83	0.83	13.32	0.54	29.67
15	DH-16-093-414	41.51	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	4.44	0.31	0.00	1.78	57.30	3.17	18.99	11.42	0.49	1.29	0.21	0.54
16	DH-16-096-414	47.46	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	3.05	0.24	0.00	0.92	12.56	1.12	12.51	9.64	0.70	6.56	0.66	51.99
17	DH-16-121-414	41.77	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.54	0.00	0.00	1.64	31.41	13.35	10.08	0.57	0.00	14.34	24.08	0.00
18	DH-16-123-414	40.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.92	0.23	0.00	1.04	13.77	1.33	12.03	7.68	0.76	9.79	0.67	49.76
19	DH-16-134-414	42.53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.27	0.24	0.13	1.97	63.94	3.77	22.34	0.13	0.66	2.23	0.31	0.00
20	DH-16-135-414	41.75	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	3.68	0.25	0.00	1.59	26.06	2.30	11.68	9.83	0.72	14.78	0.29	28.79
21	DH-16-137-414	42.43	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	3.05	0.20	0.00	0.92	13.35	1.17	12.32	8.19	0.72	9.37	0.68	50.00
22	DH-16-144-414	48.87	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.47	0.00	0.00	1.73	32.21	12.58	0.00	9.86	0.59	15.43	0.00	23.13
23	DH-16-22-414	41.87	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.56	0.24	0.00	1.45	28.14	2.14	11.73	9.51	0.62	16.18	0.25	26.18
24	DH-16-23-414	42.68	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.63	0.25	0.00	1.37	27.69	2.17	12.12	9.73	0.59	15.96	0.24	26.25
25	DH-16-25-414	41.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.30	0.29	0.00	0.97	21.65	2.10	13.65	9.42	0.61	13.84	0.38	33.79
26	NA257-DH14	44.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.24	0.20	0.00	1.04	23.63	1.91	13.49	11.26	0.64	14.00	0.41	30.17

제3절: F1 종자 판매사업의 경제성 분석 및 예비타당성 조사

1. 몽골바이오디젤 사업에 대한 이해

- 몽골 바이오디젤 사업을 위해 몽골의 현지 기업인 MT 그룹 (몽골의 메이저 석유 수입 및 유통 그룹)과 연계한 유통망을 확보하였고, 원료 공급단계인 유채 재배 단계, 착유 및 바이오디젤 생산 단계까지 고려하고 있음. 몽골 현지에서 직영 및 계약재배 방식으로 유채를 생산하고 여기에서 생산된 원유를 식용유와 바이오디젤의 원재료로 사용하여 최종적으로 현지 기업인 MT 그룹을 통해 판매망을 확보할 계획임 (그림 61).

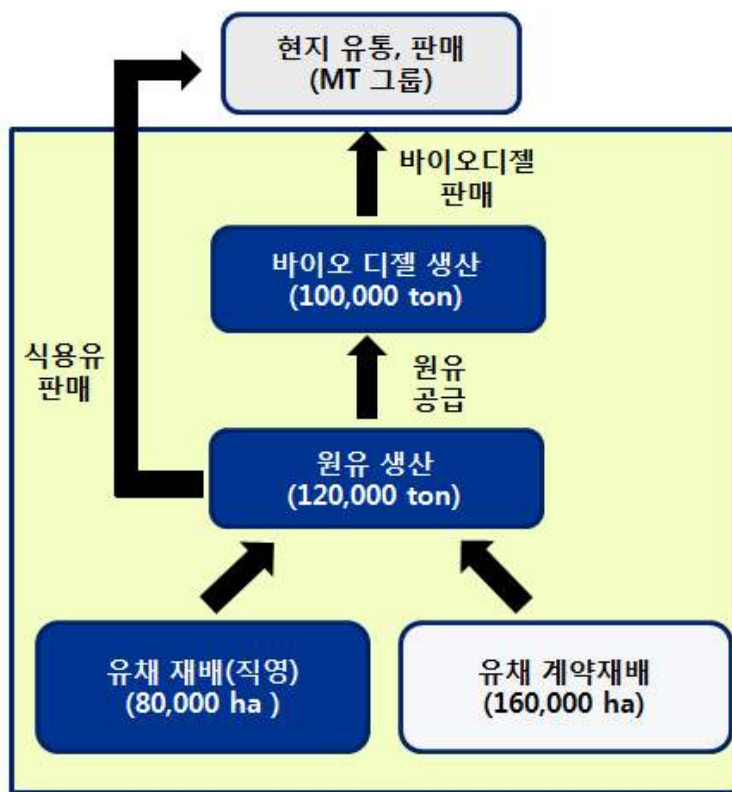


그림 61. 몽골 현지 재배 및 원재료 생산과 판매 모식도

- 유채 재배, 착유, 바이오디젤 생산 단계의 전체 사업에 대하여 약 800억 원을 투자하여 연간 10만톤 규모의 바이오디젤을 생산할 경우, 2030년까지 약 460억 원에 해당하는 내부 수익을 기대할 수 있음 (연간 매출액, 연간 영업이익은 유채 재배면적이 80,000 ha에 도달하여 바이오디젤 10만 톤을 생산하는 2019년을 기준으로, 손익분기점의 기준은 유채 판매 가격 35,000원/kg, 원유 판매가 L당 800원, 바이오디젤 L당 1,100원일 경우로 가정하였음. 유채 재배, 착유, 바이오디젤 생산의 전체 통합 단계에 대한 연간 매출액과 연간 영업이익은 단계간 내부거래를 제외한 매출액과 영업이익임) (표 18).

표 18. 몽골 사업 각 단계별 영업이익 추정치

(단위: 백만원)

	EPC 투자금액	손익분기점	연간 매출액 (2020년 기준)	연간 영업이익 (2020년 기준)	NPV	IRR
유채 재배 (80,000 ha)	28,720	1.24 ton/ha	49,730	31,638	37,868	25%
착유 (120,000 ton)	18,000	793 원/L	169,687	19,816	3,140	21%
바이오디젤 (100,000 ton)	30,000	1,081 원/L	130,323	25,756	9,036	18%
통합	76,720		349,740	48,756	46,421	22%

2. 유채 재배 사업의 타당성 검토

- 유채 재배 사업 타당성 검토를 위해 총 4개의 시나리오를 유채 재배면적 별로 각각의 수익성을 추정하였음. 각각의 재배면적은 20,000, 40,000, 60,000, 80,000 ha로 NPV와 IRR의 가치평가 기준을 바탕으로 2015년부터 2030년까지의 수익성을 추정함
- 수익성 추정을 위해 임금인상률과 글로벌 인플레이션 효과를 같이 고려함. 시나리오별 재배면적은 2018년부터 정상화를 가정하였고 사업초기 시험 재배 및 테스트 기간을 고려하여 2018년까지 30,000ha 재배를 가정했음
- 1 ha당 생산량은 현재 본사의 생산효율을 고려하여 2018년에 ha당 1.5 톤을 설정함. 또한 유채단가 및 판매량 추정을 위해 2015년 톤당 350,000원에서 추후 글로벌 인플레이션 효과를 가정하여 계산하였음. 또한 생산된 유채는 바이오디젤 공장에 전량 납품하는 것을 가정함
- 본사의 유채 재배 단계 사업 타당성 검토 및 수익성 추정을 위해 추후 글로벌 인플레이션을 가정하여 유채종자는 kg당 23,000원, 비료 및 농약은 kg당 500,000원, 유채 종자 파종량은 ha당 5kg, 비료 및 농약 사용량은 ha당 80kg, 리터당 유류단가는 1,200원 ha당 필요 유류는 30리터, 기타 관리비는 5,000 ha당 9,500만원으로 가정하였음. 유채 재배 사업 타당성 검토를 위해 사용된 상세 가정은 표 9에 기술함

표 19. 재배 사업 타당성 검토를 위한 주요 지출 목록

(단위: 백만원)

품목	가격	2500 ha 당	5000 ha 당	20000 ha 당
트랙터1	400	800	1200	4,000
트랙터2	175	175	350	1,400
쟁기	150	150	150	600
디스크 하로우	200	400	600	2,000
파종기	250	500	750	2,500
컴바인	400	800	1,600	5,600
Grain cart	120	120	240	960
농약살포기	150	150	150	600
화물차	50	100	100	250
비료살포기	10	20	20	80
덤프트럭	80	80	80	240
유조차	50	50	100	300
관리차량	60	60	60	240
곡물정선기	30	30	60	180
차량계근시설	170	170	170	340
농지 임대권료		25	50	200
곡물창고		200	400	1,000
종자, 농기계창고		300	500	500
직원숙소, 근린시설		180	240	500
저유소	50	50	50	50
관정, 급수시설	30	30	30	60
공구류, 기초설비	250	250	500	750
합계		4,640	7,400	22,350

- 이상의 가정을 통해 NPV의 값을 0으로 만드는 시나리오별 손익분기점에 해당하는 유채 생산량은 재배면적을 80,000ha로 가정했을 때 손익분기점에 해당하는 생산량은 1 ha 당 1.002톤으로 확인됨

3. 착유 및 바이오 디젤 생산단계의 사업타당성 검토

- 착유 단계의 타당성 검토를 위한 가정으로 2016년 기준으로 글로벌 인플레이션 효과를 반영하여 바이오디젤 원료 단가는 리터당 800원, 식용유 단가는 리터당 2,000원, 박 단가는 톤당 350,000원으로 하였고 식용유 및 바이오 디젤 원료의 판매량은 각각 20,000톤과 100,000톤을 상한선으로 가정하였음
- 바이오디젤 생산단계의 타당성 검토를 위해 글로벌 인플레이션 효과를 반영하였고, 바이오

디젤의 단가는 리터당 1,100원, 글리세롤 단가는 톤당 770,000원, 부산물 단가는 톤당 500,000원으로 설정하였음. 바이오디젤의 판매량은 2018년 50,000톤, 2019년 이후 100,000톤을 유지하는 것으로 가정하였음. 또한 글리세롤 판매량은 바이오디젤 판매량의 10%를 가정하였음

- 착유 효율의 검토를 위해 본사의 착유기준으로 36.5%의 착유 효율을 설정하였고 유채 단가는 2016년 이후 톤당 350,000원 수준을 유지하는 것으로 가정하였음. 기타제조 원가는 유채 단가의 10%로 착유 원료 이외 제조비용을 포함하도록 설정함. 착유생산량은 2020년부터 정상화한다는 가정 하에 2017년 10,000톤, 2018년 70,000톤, 2019년 이후 120,000톤으로 가정함
- 바이오디젤의 생산 단계의 소모비용 추정을 위해 착유단계의 바이오디젤의 원료 판매 단가를 리터당 800원으로 메탄올 단가는 톤당 700,000원, 유통비는 바이오디젤 제조원가의 5%, 바이오디젤 효율은 Nurgi와 에코솔루션 설비의 평균값을 적용하여 96.5%로 설정하였고 기타 인건비 등 관리비를 산정함
- 또한 착유단계 및 바이오디젤 생산단계에서 추정되는 지출내역으로 엔지니어링, 설비비, 건설비 등을 포함하여 각각 180억 원과 300억 원이 추정됨. 이는 12만톤 규모의 착유공장 1기와 10만톤 규모의 바이오디젤 공장 1기의 건설비용을 합산한 금액임
- 이상의 가정을 통해 손익분기점을 계산한 결과 착유단계의 바이오디젤의 원료 값은 2016년 기준으로 리터당 971원이고 이는 바이오디젤 단가와 상관관계에 있는 식용유 판매량을 1년에 20,000톤 상한으로 설정한 결과임. 식용유의 단가가 바이오디젤의 원료 단가보다 높기 때문에, 식용유 판매량이 증가하면 바이오디젤의 원료 단가는 하락함
- 바이오디젤 원료의 단가를 리터당 993원으로 가정했을 때 손익분기점에 해당하는 바이오디젤 생산 단계의 바이오디젤 단가는 2016년 기준 리터당 1,295원임

4. 생산단계별 영업이익 추정

- 유채 재배에 있어 사업초기에는 재배면적이 작아 운영비용이 매출에서 차지하는 비중이 90%에 근접하지만, 재배면적 증가와 매출액의 증가로 고정비가 감소하여 2018년 운영비용이 차지하는 비중은 50%대를 유지할 것으로 예상됨. 유채종자 비용이 약 50%, 인건비가 약 13%, 농약 및 비료 비용이 약 13%를 차지할 것으로 분석되며 시나리오별 NVP와 IRR은 표 20에 기술함

표 20. DCF 평가 방법에 따른 시나리오별 NVP와 IRR

	시나리오 1	시나리오 2	시나리오 3	시나리오 4
면적 (ha)	20,000	40,000	60,000	80,000
NVP (백만원)	16,244	45,847	60,323	94,457
IRR (%)	27.1%	45.6%	43.8%	67.5%

- 착유단계의 추정비용은 사업초기에는 재배면적이 작아 운영비용이 매출에서 차지하는 비중이 100%에 근접하지만, 판매량의 증가와 매출액의 증가로 고정비 효과가 감소하여 운영비용이 차지하는 비중은 75%대에 근접할 것으로 예상됨. 비용구성내역별로 유채종자가 약 79%로 가장 큰 비중을 차지할 것으로 예상되며 유틸리티가 약 9%, 기타제조원가가 약 8%, 그 외 비용은 인건비, 유지보수비, 일반관리비로 약 4%를 차지할 것으로 예상됨 (그림 62)

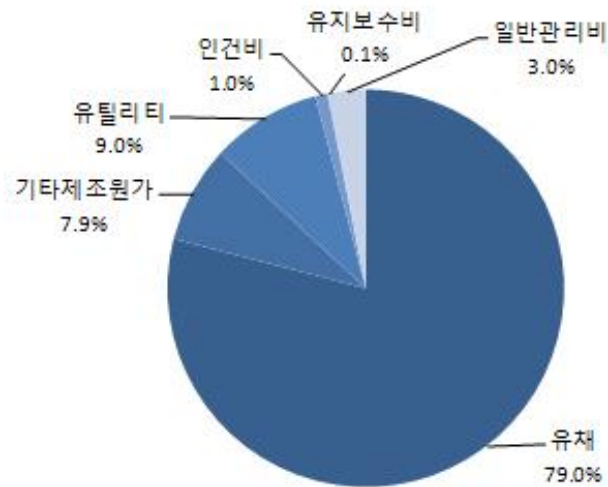


그림 62. 착유 단계의 비용구성내역

- 바이오디젤 생산단계의 추정비용은 바이오디젤 공장 건설 일정에 따라 2018년부터 매출이 발생하기 시작함. 착유단계에서 제공되는 바이오디젤 원료의 안정적인 공급으로 운영비용이 차지하는 비중은 85%대를 유지할 것으로 예상됨. 비용구성 내역은 제조원가가 약 82%로 가장 큰 비중을 차지하고 있으며, 유틸리티가 약 9.3, 유통비가 약 4%, 그 외 비중은 인건비, 유지보수비, 일반관리비로 약 5%를 차지할 것으로 분석됨 (그림 63)

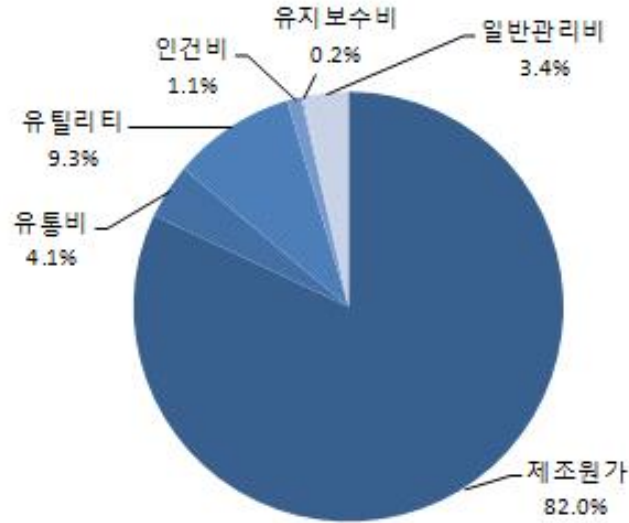


그림 63. 바이오디젤 생산단계의 비용구성 내역

5. 환율 변동에 따른 이익 추정 및 단계별 사업모델

- 본 사업은 2030년까지 장기간 진행되는 사업이며, 사업 초기 CAPEX 투자를 제외하고 몽골 현지에서 생산 판매하는 구조이므로 환율변동에 따른 운영상의 리스크는 크지 않을 것으로 분석됨. 2017년까지의 CAPEX 투자는 800억원 (1\$=1,000원)으로 가정하였고, 재투자를 제외한 수익에 대하여만 환율변동을 적용하였음 (표 21)

표 21. 환율 변동에 따른 시나리오별 NVP와 IRR

시나리오	환율변동	NVP (백만원)	IRR (%)
환율 시나리오 1	10% 원화 평가 절상 시	101,588	43%
환율 시나리오 2	5% 원화 평가 절상 시	109,382	45%
환율 시나리오 3	현상 유지시	117,176	46%
환율 시나리오 4	5% 원화 평가 절하 시	124,969	48%
환율 시나리오 5	10% 원화 평가 절하 시	132,763	50%

- 단계별 손익분기점에 따른 사업진행은 초기 5,000 ha 시험재배를 시작으로 추가 투자를 통하여 유채 재배 (80,000 ha), 착유 단계, 그리고 바이오 디젤 생산단계로 사업 진행을 검토함. 그림??에 기술한 바와 같이 각 단계별 손익분기점 미달 시 재배 유채를 중국에 판매하여 손실을 최소화해야 됨. 또한 12만 톤 규모의 착유 공장을 착공할 경우 몽골 내 식용유 수요가 2만 톤에 불과한 점을 고려하여 바이오디젤 설비 투자도 동시에 진행되어야 됨 (그림 64)

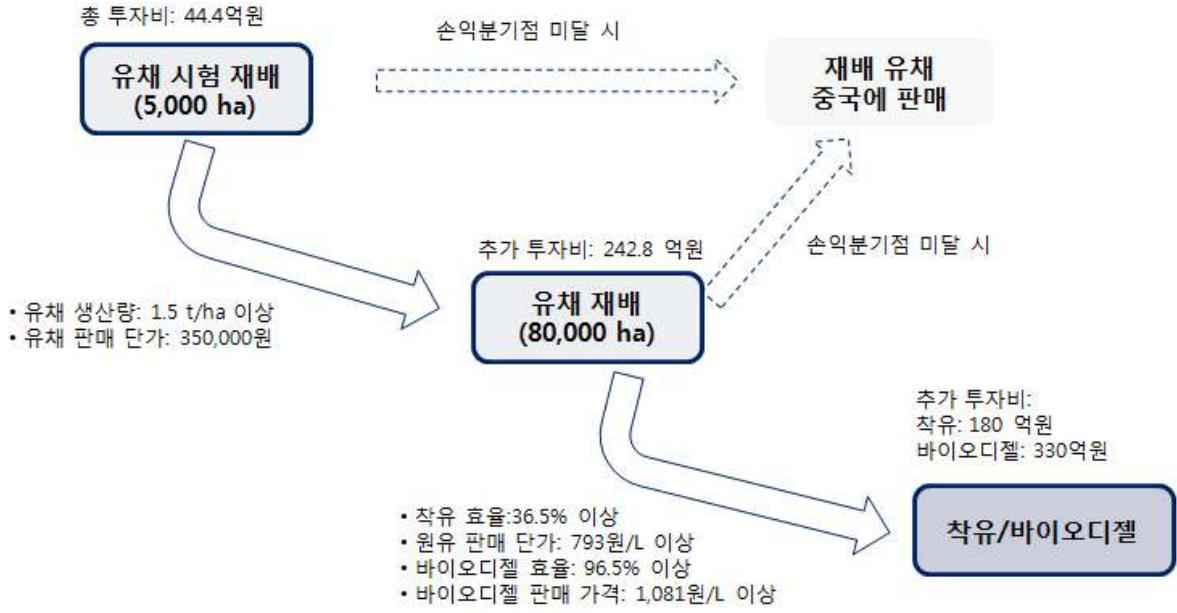


그림 64. 단계별 손익분기점에 따른 사업 진행 모델

제3장. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도

제1절. 목표

- 신 특성을 가진 유채 계통을 이용한 웅성불임 F1 신품종 개발 및 현지 생산력 검정
 - 분자 육종을 이용한 사막화 지역에서 생육 가능한 용도별 맞춤 F1 품종 개발
 - 유채의 웅성불임을 이용한 F1 잡종 종자 생산 체계 구축 및 국내 농가 수익 향상을 위한 국내 재배포 육성
 - 몽골 현지 대규모 영농 기술 확립으로 전시포 조성 및 마케팅 시스템 구축
- 소포자배양을 이용한 DH 라인 개발로 고부가가치 계통과 회복친 육성
 - 분자마커를 활용한 소포자 배양체의 조기 선발 기술 개발
 - 몽골에서 생육 가능한 유채를 소포자 배양 방법을 이용하여 항공용, 운송용, 산업용, 공업용 용도별 Doubled Haploid line 육성

제2절. 목표 달성여부

번호	항 목	성과
1	1. 신특성 유채 계통을 이용한 웅성불임 F1 신품종 개발 및 현지 생산력 검정 1) 분자육종기술을 활용하여 사막화 지역에서 생육 가능한 용도별 맞춤 F1 품종 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 항공용 연료로 적당한 에루신산(C22)이 다량 함유된 내건성 조기개화 계통 3개 이상 개발 - 운송용 연료로 적합한 올레인산(C16)의 함유량이 높은 내건성 조기개화 유채 3 계통 개발 - 산업용(중장비용)에 BD40 사용 가능한 바이오디젤용으로 효과적인 고지방산 유채 품종 개발 - 몽골재배 시 중요형질인 조기개화, 종자등숙(seed maturation), 지방산 함량 관련 형질 분석 - 교배육종과 소포자 배양을 통해 개발된 F1 교배조합의 몽골 현지 재배를 통해 적합 계통의 선발 및 육종기간의 단축 	100
2	(2) 웅성불임을 이용한 F1 잡종종자 생산체계 구축 <ul style="list-style-type: none"> - 웅성불임 및 회복친 계통 육성 및 연관분자마커 개발 - 기개발된 유용 후보계통을 이용한 잡종종자 생산용 F1 조합 검정 및 교배조합 선발 	100

3	(3) 현지 재배 선발을 통한 조기 시장 진입 - 몽골 현지에서 F1 종자 재배적응성 평가 실시 - 대규모 농장주 중심의 영농교육 실시를 통한 마케팅 시스템 구축	100
4	나. 소포자 배양을 이용한 DH(doubled haploid) 라인 개발로 고부가가치 계통 및 회복친 육성	
5	(1) 분자마커를 활용한 소포자 배양체의 조기 선발 기술 개발 - 유용형질 보유 계통별 특이 genotype 분자마커 확보 및 개발된 DH 라인 분석에 활용	100
6	(2) 소포자 배양법을 도입하여 몽골 지역 적응성을 높인 용도별(항공용, 운송용, 산업용, 공업용 등) DH 라인 육성 - 유용 계통들과 조기개화 계통들을 교배하여 만들어진 F1 식물체로부터 소포자 배양을 실시하여 고오일, 고올레인산, 고에루신산 계통 개발	120

제3절: 관련 분야 기여도

- 유채 잡종 종자 생산기술을 바탕으로 중국 음식 포장용 유채 랩에 첨가하는 첨가제 에루신산 시장 진입이 가능
- 논대체 작물에 유채를 재배함으로써 농가의 소득증대와 시장에 신선 유채유의 공급가능

제4절. 목표 미달성 시 원인(사유) 및 차후대책(후속연구의 필요성 등)

- 해당사항없음

제4장. 연구결과의 활용 계획 등

제 1 절. 연구개발결과의 활용방안

- 몽골의 사막화지역을 활용한 바이오에너지원자재 생산단지 조성 및 F1 잡종종자 수출
- 개발된 마커 및 분석기술은 자체기술 실시 및 기술이전을 통하여 사업화에 활용하고 분자마커 분석을 요하는 육종가에 분석지원하거나 기술이전 실시함
- 내건, 조숙 및 고올레인산, 고에루신산 함유 등의 맞춤형 개발 신품종의 자체기술 실시 및 해외 종자수출
- 몽골 재배용 신품종을 이용한 바이오디젤용 원료 생산 해외생산기지 구축 및 운영권 확보, 국내외 기관에 개발 품종 기술이전
- 해외에서 우량종자 생산 및 보급체계 확립으로 지속적인 생산 및 고용창출
- 해외 생산성 결과로 해외 수출용 품종의 특허 기술 실시 및 해외 판매처를 통한 국제 무역

제 2 절. 기대성과

1. 기술적 성과

- 소포자 배양방법을 이용한 다양한 유전자원 확보 및 지속적인 품종개발 기술 축적
- 분자마커를 이용한 유채 신품종 육성연한을 단축할 수 있으며, 항공용, 운송용, 및 산업용 바이오디젤용으로 적합한 계통 선발의 효율성을 증진시킬 수 있음
- 유채의 유전연관지도와 QTL map, Comparative map을 활용하여 개발된 분자마커의 활용으로 유채를 비롯한 배추과 작물의 육종에 분자마커지원이 가능하여 분자유종을 통한 신품종 개발 가속화
- 유채의 F1 잡종종자생산 시스템을 구축하여 고품질 종자생산의 가시적 성과 달성
- 해외 종자 시장 진출을 위한 품종 개발과 재배기술등 소비자 맞춤형 산업으로 외화 획득
- 바이오 디젤 생산 단가에서 원료구입비가 70-80%이므로 원료 생산단가를 낮추는 것은 바이오에너지 개발 분야의 핵심이므로 사막화 지역재배기술 개발로 해결 가능

2. 경제·산업적 성과

- 연간 10억의 고부가가치 유채 종자 수출로 외화 획득
- 사막화지역에 항공용 및 운송용에 적합한 바이오디젤 생산을 할 수 있는 신품종을 개발하여 에너지 원가 절약

- 해외 수출용 품종의 육성 및 특허를 확보하고 해외 수출로 소득 창출
- 바이오 원자재 생산용 유채 신품종 개발로 해외 바이오 에너지 시장 진출 및 시장 확대에 의한 종자수출 확대 , 신재생에너지 산업 기반 구축 및 활성화
- 소포자 배양 기술로 개발한 항공용 및 운송용에 적합한 바이오디젤 생산을 할 수 있는 신품종을 개발하여 에너지 원가 절약
- 육종 기술의 국제 경쟁력 강화 및 몽골 재배에 적합한 유채를 선발하여 생산성을 높이고 해외 종자 수출로 외화 획득
- 해외농업 생산기지 구축을 위한 기획, 적용, 분석관련 로드맵 작성 인프라 구축

3. 사회적 측면 성과

- 종자산업의 발달은 종자산업 인력의 양성이므로 미래연구 인력들의 첨단기술 습득과 종자개발에의 활용 경험을 바탕으로 인력양성 기회 증대
- 바이오디젤용 유채 신품종 개발로 신재생 대체에너지 국내 공급 전략 수립에 기여
- 미세먼지수준 급증가로 인간 삶의 질적 수준이 급격히 저하 되고 있음
- 산업적 필요하나 대체 불가능한 디젤 원료를 바이오디젤 사용 확대로 미세먼지 방지 가능

붙임. 참고문헌

1. Brandle, J. & Mcvetty P. (1990). Geographical diversity, parental selection and heterosis in oilseed rape. *Can J Plant Sci* 70. 935-940.
2. Grant I and Beversdorf WD. (1985). Heterosis and combining ability estimates in spring oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Can J Genet Cytol* 27:472-478.
3. Lefort-Buson M, Guillot-Lemoine B and Dattee Y. (1987). Heterosis and genetic distance in rapeseed (*Brassica napus* L.): crosses between European and Asiatic selfed lines. *Genome* 29(3): 413-418.
4. Sernyk JL. and Stefansson BR. (1983). Heterosis in summer rape (*Brassica napus* L.). *Canadian Journal of Plant Science* 63(2): 407-413.
5. Fu TD. (1981) Production and research on rapeseed in the Peoples Republic in China. *Cruciferae Newsl.*6: 6 - 7.
6. Ogura H. (1968) Studies on the new male-sterility in Japanese radish, with special reference to the utilization of this sterility towards the practical raising of hybrid seeds. *Mem. Fac. Agric. Kagoshima Univ.* 6: 39 - 78
7. Bannerot H., Bouldard L. and Cauderon Y. (1977) Unexpected difficulties met with the radish cytoplasm. *Eucarpia Cruciferae Newsletter* 2: 16.
8. Thompson KF. (1972). Cytoplasmic male sterility in oil-seed rape plants. *Heredity* 29:253 - 257.
9. Shiga T and Baba S (1973). Cytoplasmic male sterility in oil seed rape (*Brassica napus* L) and its utilization to breeding, *Japanese Journal of Plant Breeding* 23(4):187-197.
10. Rawat DS, Anand IJ (1979) Male sterility in Indian mustard. *Indian Journal of Genetics and Plant Breeding* 39:412-414
11. Sodhi YS, Pradhan AK, Verma JK, Arumugam N, Mukhopadhyay and Pental D. (1994). Identification and inheritance of Fertility Restorer genes for 'tour' CMS in rapeseed (*Brassica napus* L). *Plant Breeding* 112:223 - 227.
12. Stiewe G, Robbelen G (1994) Establishing cytoplasmic male sterility in *Brassica napus*

by mitochondrial recombination with *B. tournefortii*. *Plant Breeding* 113:294 - 304.

13. Zou C, Wang P and Xu Y. (2016). Bulk sample analysis in genetics, genomics and crop improvement. *Plant Biotechnology Journal* (2016) 14, pp. 1941 - 1955.
14. Szała L, Sosnowska K, Popławska W, Liersch A, Olejnik A, Kozłowska K, Bocianowski J, Cegielska-Taras T.(2016).DevelopmentofnewrestorerlinesforCMS *ogura* system with the use of resynthesized oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Breed Sci.* 2016 Sep;66(4):516–521.

주 의

1. 이 보고서는 농림축산식품부에서 시행한 기술사업화사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 농림축산식품부에서 시행한 기술사업화사업의 연구 결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.