

최 종  
연구보고서

## 바이오디젤 원료용 유채 품종 및 생력화 기술·기계 연구

The improvement of rapeseed varieties for  
production of bio-diesel raw-material and  
the research of machine for labor-saving

연구기관

주관연구기관 바이오에너지작물센터  
협동연구기관 충남대학교  
협동연구기관 (주)가야에너지  
협동연구기관 국립농업과학원

농림수산식품부

# 제 출 문

농림수산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “바이오디젤 원료용 유채 품종 및 생력화 기술·기계 연구” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2008 년 12 월 27 일

주 관 연구 기 관 명 : 농촌진흥청 바이오에너지작물센터

총괄연구책임자 : 방 진 기

제1세부연구책임자 : 방 진 기

참 여 기 업 명 : (주)KCI

제1협동연구기관명 : 충남대학교

제1협동연구책임자 : 임 용 표

참 여 기 업 명 : (주)유진종묘

제2협동연구기관명 : (주)가야에너지

제2협동연구책임자 : 박 기 돈

제3협동연구기관명 : 국립농업과학원

제3협동연구책임자 : 이 충 근

참 여 기 업 명 : (주)아세아텍

# 제 출 문

농림수산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “바이오디젤 원료용 유채 품종 및 생력화 기술·기계 연구” 과제에 대한 세부연구과제(바이오디젤용 유채의 다수확성, 조숙성, 고올레인산 함유 1대잡종 선발)의 최종보고서로 제출합니다.

2008 년 12 월 27 일

제1세부연구기관명 : 농촌진흥청 바이오에너지작물센터

세부과제책임자 : 방진기

연구원 : 장영석

연구원 : 김철우

연구원 : 이을태

연구원 : 송창길

연구원 : 박윤정

연구원 : 김화영

연구원 : 배정은

연구원 : 우성배

연구원 : 나성숙

연구원 : 한인선

연구원 : 윤문선

연구원 : 전창원

연구원 : 강계원

# 제 출 문

농림수산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “바이오디젤 원료용 유채 품종 및 생력화 기술·기계 연구” 과제에 대한 제 1협동연구과제(내한성 및 다수성 바이오디젤용 유채품종 개발)의 최종 보고서로 제출합니다.

2008 년 12 월 27 일

제1협동연구기관명 : 충남대학교

협동과제책임자 : 임 용 표

연 구 원 : 이 예 봉

연 구 원 : 양키지맥

연 구 원 : 양 현 국

# 제 출 문

농림수산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “바이오디젤 원료용 유채 품종 및 생력화 기술·기계 연구” 과제에 대한 제 2협동연구과제(유채의 부가가치 향상을 위한 바이오디젤 생산에 관한 연구)의 최종보고서로 제출합니다.

2008 년 12 월 27 일

제2협동연구기관명 : (주)가야에너지

협동과제책임자 : 박기돈

연 구 원 : 이승돈

연 구 원 : 이성찬

연 구 원 : 고정환

# 제 출 문

농림수산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “바이오디젤 원료용 유채 품종 및 생력화 기술·기계 연구” 과제에 대한 제 3협동연구과제(우리나라 경작규모에 적합한 농가보급형 유채 생력 기계화 기술 개발)의 최종보고서로 제출합니다.

2008 년 12 월 27 일

제3협동연구기관명 : 국립농업과학원

협동연구책임자 : 이 충 근

연 구 원 : 이 채 식

연 구 원 : 최 용

연 구 원 : 전 현 중

연 구 원 : 조 영 목

연 구 원 : 김 진 영

연 구 원 : 홍 종 태

연 구 원 : 박 석 호

연 구 원 : 이 승 규

연 구 원 : 한 병 희

연 구 원 : 오 상 훈

# 요 약 문

## I. 제 목

바이오디젤 원료용 유채 품종 및 생력화 기술·기계 연구

## II. 연구개발의 목적 및 필요성

최근 화석연료의 과다 사용에 따른 자원 고갈 및 환경오염에 대한 우려가 증가함에 따라 자연과 공존하며 안정적으로 발전하자는 “지속 성장(sustainable development)”의 개념이 화두가 되고 있다. 특히 선진국을 중심으로 환경오염 및 온난화 문제를 해결하기 위해 화석연료의 사용에 대한 규제를 강화하고 환경친화성이 높은 신 재생에너지의 보급을 확산하려는 정책이 입안되어 적극적으로 실행되고 있다. 교토의정서 발효에 따라 OECD 가입국으로서 CO<sub>2</sub> 배출 세계 9위인 우리나라도 온실가스 저감대책이 필요하며 화석연료의 고갈과 환경오염 문제 등으로 새로운 대체에너지에 대한 관심이 증가하고 있다. 또한 고유가와 지구온난화를 줄이기 위한 기후협약 대응 등의 에너지 수급 환경변화에 따라 수송부문에서의 온실효과가스(GHG: Greenhouse effect Gas) 배출량 감소를 위한 석유 대체연료로서 생물자원을 원료로 하는 바이오연료의 생산량이 급증하고 있다. 바이오디젤은 EU를 중심으로 2000년에 10억L에서 2007년 102억L로 10배, 바이오에탄올은 미국과 브라질을 중심으로 2000년에 175억L에서 2007년 605억L로 3.5배로 급격히 증가되고 있다.

에너지 및 환경 문제가 심화되면서 재생가능한 자원의 일종인 바이오매스가 급부상하고 있는 이때, 기존 화석연료 자원을 대체할 수 있는 바이오매스 자원의 상업화에 대한 면밀하고 적극적인 대응이 필요한 때이다. 선진국의 바이오에너지 정책, 개도국의 높은 경제성장 등에 의해 곡물 수요가 항구적으로 늘어난 반면, 지구온난화, 농업생산성 증대의 한계 등으로 인하여 곡물 공급을 안정화시키기가 어려운 실정이다. 국제 곡물시장 구조도 수출이 일부 국가에 집중돼 있고, 곡물 메이저들은 이윤극대화 원리에 따라 행동하기 때문에 곡물수급을 조절하기가 쉽지 않으며, 농산물 가격의 비 탄력성으로 현재 국제 곡물시장 여건은 가격을 상승시키는 구조를 갖고 있다. 바이오연료 확대 보급에 따라 곡물가격 폭등으로 가축사료 가격상승 등 시장 왜곡현상이 야기될 수 있으므로 바이오디젤 보급 확대의 순기능적 측면 이외에 역기능적 측면을 동시에 고려하면서 합리적 보급방안 마련이 필요하다.

바이오디젤 보급과 생산이 구체화되면 늘어나는 바이오디젤 원료를 확충하기 위해서는 겨울철 유희경작지의 이모작재배를 통한 바이오디젤 원료의 안정적인 생산기반이 갖추어져야 한다. 바이오디젤의 생산원가는 원료재배 면적의 확대 및 단위 면적당 생산량 증가, 그리고 원유 가격 급등 영향 등에 따라 상당한 차이를 보일 수 있으며, 이 같은 가격 경쟁력 비중은 바이오디젤 사용 확대의 중요한 기반을 이룰 수 있기에 바이오디젤 원료의 안정적인 확보 여부가 중요한 경쟁력 요인이 될 가능성이 높다. 우리나라는 바이오디젤의 원료가 되는 기름작물 중 유채가 타 유지작물에 비하여 기름함량이 높고 단위 면적당 기름이 되는 종자의 수량성이 높아 바이오디젤 원료로 유리하다고 볼 수 있다.

에너지 수급문제를 농업적으로 접근하여 일부를 해소하면서 농가소득과 연계시킬 수 있는 방안으로 경유 대용의 수송용 차량 연료인 바이오디젤의 원료를 생산함으로써 바이오디젤 원료의 안정적 확보에 기여할 수 있다. 또한 바이오디젤 원료의 자급율을 높이기 위해서는 유채재배 면적의 확대와 규모화 된 생력기계화 재배가 필요하다.

겨울철 유희경작지를 활용한 유채재배는 논 이모작이 가능한 바 이에 적합한 조숙, 동시수확성이면서 바이오디젤 원료용으로 알맞은 올레인산 함량이 높고 농가의 소득보전을 위한 다수성 1대잡종 품종 개발 보급, 생력기계화 재배기술의 정착이 요구되고, 아울러 국내에서 생산된 원료를 이용한 효율적인 바이오디젤 생산방식 개발과 동시에 부산물의 신수요 창출을 통한 원료의 부가가치를 향상시키고자 수행되었다.

### Ⅲ. 연구개발 내용 및 범위

본 연구는 국내에서 바이오디젤의 원료를 생산하는데 있어서 겨울철 유희경작지를 활용하여 논 이모작 유채재배를 확대하기 위한 것으로 이에 필요한 유채품종개발, 생력기계화 일관작업 및 국내 생산 원료를 이용한 바이오디젤 생산의 효율 개선 등의 분야로 나누어 수행하였다. 첫 번째 핵심기술 분야는 이모작 및 바이오디젤용 유채의 다수확성, 조숙성, 고올레인산 함유 1대잡종 선발로서 이모작의 경우 후작인 유채의 수확기가 6월 15일 이후로 늦어지게 되면 벼 재배 이양시기와 맞물려서 벼의 수량감소를 초래하는 것을 줄이고자 유채 수확기를 앞당기기 위해서는 숙기를 단축하면서 동시수확성을 갖는 다수확 유채 품종의 개발이 필요하여 바이오디젤용으로 최적이며 이모작용으로도 알맞은 조숙성, 동시수확성, 다수확성 및 고올레인산 함유 1대잡종을 선발하여 유채재배 농가와 바이오디젤 생산업체의 경제성을 향상시켜 바이오디젤 원료용 유채의 안정생산이 될 수 있도록 하고자 추진하였다. 두 번째 핵심기술 분야는 바이오디젤 원료의 자급율을 높이기 위해서는 겨울철 유희지를 활용한 유채재배 면적이 확대되어야



하기에 이모작으로 국내 전역에 재배 가능한 내한성이 강화된 다수성 유채품종을 개발하는 것으로서 국내외 유채 유전자원 중 내한성 및 다수성 유채 계통을 선발하여 1대잡종 임성회복친으로 이용하여 내한, 다수성 1대잡종을 개발 보급하는 것이다. 세 번째 핵심기술 분야는 유채재배를 확대할 경우 유채재배의 생력기계화가 필수적인바 우리나라 경작규모에 적합한 농가 보급형 파종기와 수확콤바인을 개발하고자 기존 파종기 및 콤바인을 유채에 적용하여 실태조사와 메카니즘을 분석하고, 개량요인을 도출하여 개량된 파종기와 콤바인에 대한 유채 적응 성능시험, 분석 및 평가를 거쳐 유채재배 생력기계화에 적합한 모델을 제시코자 하는 것이다. 네 번째 핵심기술 분야는 국내산 기름을 바이오디젤용으로 공급하기 위하여 유채의 고효율 착유기술을 개발함으로써 농가에서 유채를 재배하고 유채유를 생산 및 판매하여 농가의 소득증대에 기여하고 그 부산물인 유채박은 가축의 사료나 비료로 사용하여 부가가치를 높일 수 있으므로 국내산 유채 착유기의 성능개선으로 착유능력의 향상 및 유지의 물성이 바이오디젤의 원료로 적합한 착유조건을 제시하고 이를 통해 바이오디젤로서의 적용가능성을 살펴보고 유박의 활용방안을 모색하는 것이다.

#### IV. 연구개발 결과

본 연구는 바이오디젤 원료용으로 적합한 유채 품종개발 및 생력기계화 일관재배를 통하여 유채재배를 확산시키면서 바이오디젤 원료로서의 이용 및 부가가치를 증진하여 농가소득 및 경제성을 향상시킬 목적으로 수행되었으며 구체적인 연구결과는 다음과 같다.

##### 1. 바이오디젤용 유채의 다수확성, 조숙성, 고올레인산 함유 1대잡종 선발

이 연구는 이모작의 경우 후작인 유채의 수확기가 6월 15일 이후로 늦어지면 벼 재배 이앙시기와 맞물려서 벼의 수량감소를 초래하는 것을 줄이고자 유채 수확기를 앞당기기 위해서는 숙기를 단축하면서 동시수확성을 갖는 다수확 유채 품종의 개발이 필요하여 바이오디젤용으로 최적이며 이모작용으로도 알맞은 조숙성, 동시수확성, 다수확성 및 고올레인산 함유 1대잡종을 선발하여 유채재배 농가와 바이오디젤 생산업체의 경제성을 향상시켜 바이오디젤 원료용 유채의 안정생산이 될 수 있도록 하고자 추진하였다. 올레인산 고함유 1대잡종을 선발하기에 앞서 과거 유채의 지방산과 박의 성분을 개량하기 위하여 육성했던 유전자원 중에 올레인산 함량이 높았던 우수 계통들 중에서 올레인산 함량이 63% 이상인 계통들을 1대잡종 선발을 위한 임성회복화분친으로 활용하여 우수한 1대잡종을 선발하고자 F<sub>1</sub> hybrids를 양성하였고, 양성한 F<sub>1</sub> hybrids들은 조합능력(수량구성요소, 숙기 등) 및 임성회복력을 검정하였다. 그 결과 기존 보급되고

있는 '선망'에 비하여 개화기와 성숙기가 빨라지고 수량구성요소(수장, 수당협수, 협당립수 등)도 증가하였다. 또한 1대잡종의 경우 높은 수량성을 발현하기 위해 지상부 생육이 왕성하다보면 지하부와의 균형이 조화를 이루지 못해 도복이 더 쉬워지는 경향이 있다. 따라서 유체의 안정 다수성인 1대잡종을 육성하기 위해서는 도복에도 잘 견디는 품종선발이 필수적이라 할 것이다. 본 실험에 사용된 F<sub>1</sub> hybrids의 경우 도복에도 강한 조합들이 높은 수량성을 유지한 결과라고 사료된다. 선발된 우수조합들은 지역적응성 검정을 통해 우량품종으로 등록해서 보급할 예정이다. 또한 유체는 부분타식성작물로서 타화수분에 의한 화분오염으로 품종순도 유지가 어렵다. 1대잡종은 자식성작물의 고정종 보급체계와는 달리 기본식물단계부터 1대잡종을 만들기 위해 MS(웅성불임)계통과 MS계통에 화분을 제공해주는 임성회복친계통을 동시에 양성해야하기에 작업에 난이도가 높다. 따라서 1대잡종 종자의 100% 순도유지와 안정생산 및 보급체계의 확립이 요구되기 때문에, 종자생산단계(기본식물, 원원종 및 보급종)별로 화분오염을 방지할 수 있는 기술을 개발하였다. 현재 농림수산식품부에서 주관하여 실시하고 있는 바이오디젤 원료용 유체시범재배에 선망을 보급코자 기본식물과 원원종은 바이오에너지작물센터에서 양성하였고, 보급종은 영광군농업기술센터와 (주)KCI에서 생산하였다. 2007년부터 농림부시범재배 1,500ha에 소요되는 15,000kg 종자를 생산하여 유체 가을과중 시범재배용으로 분양하였다.

## 2. 내한성 및 다수성 바이오디젤용 유체품종 개발

이 연구는 내한 다수성 유체품종을 개발할 목적으로 국내외 유체 유전자원을 탐색하여 내한성 품종을 선발하고자 2005년 9월부터 2006년 10월까지 중국의 화중농업대학으로부터 16품종과 202계통을 수집하였고, Bangladesh의 BINA(Bangladesh Institute of Nuclear Agriculture)로부터 2계통, 미국 Missouri대학에서 15품종, 국내종묘상으로부터 2품종, 중국 출장 시 중국현지판매 품종 1개를 수집하였고, 독일 품종 4개, 프랑스 품종 1개, 작물과학원 목포시험장으로부터 5개 품종 등 총 44품종, 204계통을 수집하였다. 수집된 유전자원 중에 1차적으로 국내의 재배환경에 적합한 품종을 선발하였다. 선발된 추파만생계 91계통과 추파조생계 20계통을 2005년 9월 노지에 파종하여 내한성에 중점을 두고 2006년 6월에 4개 계통을 선발하였으며, 동시에 이들 계통에 대하여 인공수분을 실시하여 종자를 확보하였다. 2006년 9월부터 2007년 6월까지 20개의 유전자원에 대하여 웅성불임계통과 이들 유전자원간의 교배조합 20조합에 대한 웅성불임성 인자분석을 완료하여, 20계통 중 19계통은 핵내 웅성불임인자가 MSMS이거나 혹은 MSMSMS로서 추정 할 수 있었다. 20계통 중 1계통의 핵내 웅성불임인자는 MSms이거나 혹은 MSms MSms로서 추정 할 수 있었다. 2005~2006년에 선발한 추파만생계 4

계통, 추파조생계 3계통에 대하여 총 7개 F<sub>1</sub>조합의 생산을 완료하였으며, 동시에 추파만생 11조합, 추파중생 23조합, 추파조생 36조합, 총 70개의 F<sub>1</sub>조합을 생산하였다. 2005년 9월 본 연구기관이 육성한 교배조합 중 내한성과 수량성이 우수하다고 판단된 2개 조합과 외국 도입품종 20개를 노지에 파종하여 시험을 실시하고 그 결과를 관독하였으며, 이 중 1개 조합(BN922)에 대한 농가실증시험용 종자를 확보하여 2006~2007년에 충북 옥천 및 전남 무안지역에서 지역적응시험을 실시하였고, 충남대학교 실험포장에도 파종하여 2차 시험을 실시하였다. 2007~2008년에는 충남농업기술원에서 BN922를, 충남대학교에서 BN922 외 77개 조합을 시험하였다. 위 결과를 검토하여 초다수 내한성 특성을 가지는 BN922는 '강유'로 명명하여 품종보호출원을 신청한 상태이다.

### 3. 유채의 부가가치 향상을 위한 바이오디젤 생산에 관한 연구

본 연구는 유채의 부가가치 향상을 위한 바이오디젤 생산에 관한 것으로서 유채의 착유조건 및 착유효율을 증진하는 것과 착유하고 남은 유채박의 활용도를 제고하는 것이다. 연구의 진행 중 가장 어려웠던 부분은 역시나 초기 Roaster로 공급되는 씨앗의 양 조절과 Roaster A, B의 착유기로의 공급 조절이었다. 씨앗의 공급량이 시간으로 조절되고 씨앗의 Roasting time은 수분함량과 관련이 많아 초기 Roaster의 공급량과 Roasting time이 맞아야 연속착유 system이 멈추지 않고 이어질 수 있기 때문이다. 씨앗의 공급량 조절로 일정 부분의 연속착유 운전을 유지하게 할 수 있지만 만약 높은 수분이나 많은 이물질이 함유된 씨앗이 공급된다면 Roasting time의 조절은 어려워지게 될 것이다. Roaster의 수분 제거량도 한계가 있고 이물질이 제거되는 장치는 Roaster에 설치되어 있지 않아 연속착유의 어려움과 착유율 저하, 산가를 상승시키기에 충분하므로 이에 대한 기기의 보완이 필요하다고 생각된다.

연속착유 system의 최종적인 운전 조건은 곡물온도 100~120℃, Roaster온도 250℃, Expeller온도 180℃로 이때의 착유율은 90%이상으로 도출하였다. 최적운전 조건일 때의 착유율과 산가, 수분은 씨앗의 상태에 따라서 다르고 아직 Roaster의 hood부분의 시설이 완벽하지 않기 때문에 최적의 운전 결과물이라고 표현하기는 어렵다. 유채 연속착유 system의 문제점은 수분에 의한 착유율 저하, 산가 상승, 생산성 저하의 흐름으로 요약되는데 이러한 부분들은 씨앗의 보관방법이 중요함을 새삼 일깨워준다. 씨앗의 보관방법의 개선이 어렵다면 산가를 낮게 착유 할 수 있는 저온-고착유율 기법을 개발해야한다. 하지만 1, 2차 년도에서 언급한바 씨앗의 세포내에 함유된 유지를 열에 의해서만 밖으로 배출이 가능함을 기술한바 있다. 합성된 유채 바이오디젤은 일반적인 탈검대 두 바이오디젤과 최종 제품의 규격은 큰 차이가 나타나지 않음을 알 수 있었으며 최종 제품을 생산하는 과정에서 발생하는 손실의 비율이 높아 생산비용의 증가가 예상되는

부분이 차이점으로 판단되었다.

유채박의 사료 및 비료화 방안은 적용 가능한 방안이며, 국제 곡물사료가격의 변동에 영향 받지 않고 국내 가축의 사료를 저렴하게 공급하기 위해선 좀 더 많은 량의 유채박이 필요하다. 유채박의 부산물비료는 고가의 원예작물 비료로 국내에 사용되어지고 있어 이 또한 유채박의 생산량이 늘어날수록 수입되는 중국산 유채박의 대체효과를 가져올 것이라 사료된다.

#### 4. 우리나라 경작규모에 적합한 농가보급형 유채 생력 기계화 기술 개발

본 연구에서 바이오디젤 원료용 유채 파종을 위해 기존의 입체 비료살포기를 개량하여 유채 파종기를 개발하고 그 파종성능을 분석한 결과, 배종홈 크기와 시간당 배종량과는 결정계수로 0.988로서 높은 상관관계를 보였다. 작업속도와 파종율에 따라 살포폭 5.6, 6.6, 7.6m에 대해서 살포균등도를 분석한 결과, 살포폭을 6.6m에서 변이계수가 모두 20% 이하를 보였으며, 작업속도 1.3m/s와 파종율 19.0g/s 일때 16.5%로 가장 좋은 살포 균등도를 보였다. 살포폭 7m로 하여 중첩살포를 분석한 결과, 평균적인 변이계수가 10% 이하의 값을 보여 유효 살포폭은 7m로 하는 것이 적절할 것으로 판단되었다. 좌우 살포량 비는 0.89~1.0 범위를 보였다. 시작기를 이용한 파종방법이 작업성능에 있어서는 인력에 비해 10배 능률적이었으며 37%의 비용절감 효과가 있는 것으로 나타났다. 국내에 바이오디젤 원료용으로 재배되고 있는 유채를 수확하기 위해 작업성능이 뛰어나고 유채 생산에 있어서 농기계 투입에 따른 소요비용을 최소화하기 위해 관행의 보통형 콤바인에 탈부착이 용이한 유채 예취장치를 개발하여 포장 정도시험과 유채 예취장치의 효과에 대해 분석하였다. 선망 및 MS 품종의 작업속도별 평균 곡립구 곡립조성비를 살펴보면 두 품종 모두 완전립비는 99.9%, 손상립과 미탈부립은 없었으며, 헐잡물비가 0.08% 이하로 나타났다. 작업속도별 선망의 평균 곡립손실비는 예취부가 4.02%, 탈곡부가 1.0%, 선별부가 0.65%를 보여 총 손실은 5.66%를 보였으며, MS의 평균 곡립손실비는 예취부가 1.57%, 탈곡부가 2.64%, 선별부가 1.73%를 보여 총 손실은 5.94%를 나타냈다. 예취부의 측면 예취날에 의한 손실을 조사한 결과, 선망의 경우 총 예취손실의 평균 11.7%, MS의 경우 평균 15%를 차지해 예취부 손실에 큰 비중을 차지하지는 않았다. 시작기를 이용한 유채 수확작업에 있어서 작업능률은 0.389ha/h를 보였으며, 작업효율은 44%를 보였다. 유채 예취장치의 효과를 분석한 결과, 관행의 예취장치를 이용한 것과 비교해 예취부 예취손실을 69.3% 이상 절감할 수 있는 것으로 분석되었다. 시작기를 이용한 포장시험을 실시한 결과, 작업성능은 2.5시간/ha으로서 관행 수확작업과 비교하여 98%의 생력화가 가능하였고, 수확작업 비용은 55% 절감 되는 효과를 보였다.

## V. 활용에 대한 건의

국내에서 바이오디젤 원료의 안정적인 공급을 위해 유채재배 면적을 확산하는데 있어 답리작 월동재배가 유리하지만 이모작(벼+ 유채)의 경우 유채의 수확기가 벼재배 이앙시기와 맞물려 벼 이앙이 늦어지는 경우 벼의 수량감소를 초래한다. 이러한 약점을 줄이기 위해서는 유채 수확시기를 앞당기면서 유채의 수량이 저하되지 않도록 조숙, 동시성숙성 및 다수성 1대잡종 개발로 해결할 수 있다. 본 연구를 통해서 개발된 올레인산 고함유, 조숙, 동시성숙성 1대잡종(발 수량: 400kg/10a 내외)과 유채 생력기계화 일관재배 기술을 보급하게 되면 유채재배 농가의 소득보장은 물론이며 바이오디젤 생산업체가 동시에 만족할 수 있고, 특히 농림수산식품부에서 바이오디젤용 원료의 국산화율을 높이하고자 유채재배 면적을 2012년까지 4만5천 ha로 확대하는데 있어서도 기여할 것으로 사료된다.

유채의 내한성 및 수량성을 획기적으로 증가시키는데 있어 1대잡종의 효과는 이미 많은 연구에서 증명된 바 있으며 본 연구를 통하여 이를 증명하였다. 우리나라에서는 최근 농가의 유채재배가 활성화되어 있지 않아 국내 기후에 적합한 품종이 보급되지 않았다. 내한성 품종을 보급함으로써 우리나라 중·북부지역까지 유채재배 면적을 확대할 수 있게 되어 국내 유채 생산량이 증대됨으로, 바이오 디젤용 원료의 국내자급화에 기여할 수 있게 되었다.

오랫동안(10여년) 유채재배가 중단되었다가 이제 새롭게 시작되는 관계로 유채시범재배에 참여하는 농가가 모두 재배기술이 정립되기까지 유채시범재배 참여 농가에 지속적인 재배교육(과종부터 수확하여 건조, 정선, 조제에 이르기까지) 및 관리를 분기별로 수행해야 할 것으로 사료된다.

# SUMMARY

## I . Title

The improvement of rapeseed varieties for production of biodiesel raw-material and the research of machine for labor-saving

## II . Objective and Significance

As oil prices and environmental problems have risen in the past several years, the concept of "sustainable development" has been issued. For reducing global carbon emissions, the international demand that traditional fossil fuels should be replaced with renewable forms of energy are dramatically increasing. Rising oil prices and climate change are propelling many governments to enact consistent and long-range policies for the production and use of renewable energy.

The two most prevalent bio-fuels are biodiesel and bioethanol. Worldwide, 10 billion ltrs of biodiesel were produced in 2007, up 11-fold since 2000. Most biodiesel was produced in the EU (6 billion ltrs) and the US (2 billion ltrs). 52 billion ltrs of bioethanol were produced for fuel in 2007, triple the level in 2000. Most bioethanol was produced in the US (27 billion ltrs) and Brazil (19 billion ltrs).

Due to bioenergy policies of developed countries, economic development of developing countries, and agricultural production problems around the world, world demand for grains and vegetable oils is increasing. This is one of the driving factors accounting for increasing food prices.

The cost of biodiesel production seems to be associated with increased cultivation area of biodiesel feedstocks and the yield of biodiesel crops. In order to increase biodiesel production and meet the biodiesel demands of Korea, double cropping system should be introduced into unused agricultural land in the winter season, thereby increasing the availability of suitable land for rapeseed production.

Rapeseed, as a feedstock for biodiesel production, has a higher level of oil content than other oil-based crops and shows high oil productivity. This research was conducted to develop new varieties with high oleic acid content and early maturation and to produce F<sub>1</sub> hybrid with simultaneous maturation and high yielding ability. This research also includes the development of machines related to rapeseed seeding and harvesting processes for saving labour.

### III. Contents and Scope

This research is conducted to improve the utilization of unused farmland during winter months for increasing rapeseed cultivation and production. The research scope involves breeding of new rapeseed varieties ideal for a biodiesel feedstock, development of labour-saving machinery suitable for Korean rapeseed farming size, and improvement of biodiesel productivity. This study includes the following research areas:

1. Select of an F<sub>1</sub> hybrid of rapeseed plants, which has high-yield, high oleic acid, and early maturation for production of biodiesel raw-material
2. Development of rapeseed varieties with cold resistance and high yields using domestic and/or foreign rapeseed germplasm
3. Development of labour-saving machinery suitable for Korean rapeseed farming size
4. Development of technologies for additional improvement of Rapeseed(e.g. extraction technologies of rapeseed oils and the utilization of rapeseed cake as livestock feed and organic fertilizer)

### IV. Results and Opinion

#### 1. Selection of F<sub>1</sub> hybrid with high-yield, high oleic acid and early mature for production of biodiesel raw-material

To produce F<sub>1</sub> hybrids, rapeseed plants, which have more than 63% oleic acid, were used as restorer lines. Combining ability and yield component of newly produced F<sub>1</sub> hybrids were examined. New F<sub>1</sub> hybrids showed earlier flowering and

seed maturation than 'Sunmang'. We also developed the technology to prevent possible pollen contaminations, because the production of 100% pure F<sub>1</sub> hybrids is very important during F<sub>1</sub> hybrid production process.

## **2. Development of F<sub>1</sub> hybrid with cold hardness and high yield for biodiesel raw-material**

To breed rapeseed plants with cold tolerance and high yield, we have collected total 44 rapeseed varieties(204 lines) from many countries including China, USA, Germany and so on. And then, we screened rapeseed varieties, which are growing well under Korean climate conditions. Two rapeseed lines (produced from Bioenergy Crop Research Center of RDA, Korea) and twenty introduced varieties were further tested in different area of Korea. Among them one rapeseed variety (BN922) showed cold tolerance and high yield at a higher level than any other varieties. So we name BN922 "Kangyou" and applied for a patent.

## **3. Development of biodiesel production technology for additional improvement of Rapeseed**

The optimum conditions of continuous oil extraction from rapeseed are grain temperature 100~120°C, roaster temperature 250°C, and expeller temperature 180°C. Roasting time of rapeseed is correlated with water content in rapeseed. Water in rapeseed could reduce oil extraction rate and oil yield in the continuous oil extraction system. Therefore, storage conditions of rapeseed after harvesting is an important factor to get higher oil extraction. Rapeseed cake could be utilized as animal feed and fertilizer for growing horticultural crops. Therefore, rapeseed cake could be a good source for increasing farm incomes.

## **4. Development of labour-saving farm supply type rapeseed production machinery suitable for Korean farming size**

We developed a seeding machine for rapeseed cultivation. The working efficiency of seeding machine is 10 times higher than human, when the machine is used in seeding process. For harvesting rapeseed, we also invented a mower which is attached to a combine and examined its working efficiency.



## V. Future Use

The secure supply of biodiesel in Korea is dependent upon the cultivation area of rapeseed. For increasing rapeseed cultivation and production, unused farmland during winter months should be used. In case of double cropping system (rice + rapeseed), the transplanting of rice is normally delayed due to late harvesting of rapeseed and thus the yield of rice is usually decreased. Therefore, we need to develop F<sub>1</sub> hybrids of rapeseed, which have high-yield, high oleic acid, and early maturation characters. It is also necessary to develop new varieties with cold tolerance for increasing rapeseed cultivation area. Furthermore, the use of agricultural machines for rapeseed production processes from sowing to harvesting is greatly recommended.

# CONTENTS

## Chapter 1. Introduction

<b>Paragraph 1. The needs for technology development</b>	<b>29</b>
1. Technical aspects	30
2. Economical and industrial aspects	33
3. Social and cultural aspects	33
<b>Paragraph 2. Current status and problems of concerned technology</b>	<b>39</b>
1. Domestic currents	39
2. Foreign currents	42
3. Forecast of future	46
<b>Paragraph 3. Research objectives</b>	<b>48</b>
1. Research objectives and contents	48
2. Annual research objectives and contents	49

## Chapter 2. Selection of F<sub>1</sub> hybrid with high-yield, high oleic acid and early mature for production of biodiesel raw-material

<b>Summary</b>	<b>51</b>
<b>Paragraph 1. Background and scopes</b>	<b>52</b>
<b>Paragraph 2. Current status of research and development</b>	<b>52</b>
<b>Paragraph 3. Contents and Results of research and development</b>	<b>56</b>
1. Selection of F <sub>1</sub> hybrid with high oleic acid	56
a. Research objectives	56

b. Materials and methods	57
c. Results and discussion	57
d. Conclusions	68
<b>2. Selection of F<sub>1</sub> hybrid with early mature and simultaneous maturation for double-cropping</b>	<b>69</b>
a. Research objectives	69
b. Materials and methods	69
c. Results and discussion	69
d. Conclusions	73
<b>3. Test of local adaptability and yield potential of F<sub>1</sub> hybrids</b>	<b>74</b>
a. Research objectives	74
b. Materials and methods	74
c. Results and discussion	75
d. Conclusions	82
<b>4. Technic of effective disease control for F<sub>1</sub> hybrids development</b>	<b>82</b>
a. Research objectives	82
b. Materials and methods	82
c. Results and discussion	83
d. Conclusions	83
<b>5. Selection of high oleic acid lines by inducing mutants</b>	<b>84</b>
a. Research objectives	84
b. Materials and methods	85
c. Results and discussion	86
d. Conclusions	100
<b>Paragraph 4. Establishment of mechanization system for reduction of labor in double-cropping</b>	<b>100</b>
<b>1. Research objectives</b>	<b>100</b>

2. Materials and methods	101
3. Results and discussion	101
4. Conclusions	104
Paragraph 5. Establishment of system of F <sub>1</sub> seed production and supply	105
1. Research objectives	105
2. Materials and methods	106
3. Results and discussion	106
4. Conclusions	110
Paragraph 6. Conclusions	110
Reference	115
Paragraph 7. Achievement of the goal and contributions	
1. Achievement of goal	120
2. Achievement of the research target	120
3. Contribution of the related fields	121
Paragraph 8. Application plan of achieved results	121
Paragraph 9. Collection information for science and technology during research period	122
Chapter 3. Development of F <sub>1</sub> hybrid with cold hardness and high yield for biodiesel raw-material	
Summary	123
Paragraph 1. Background and scopes	124
Paragraph 2. Current status of research and development	125

<b>Paragraph 3. Development of F<sub>1</sub> hybrid with cold hardness and high yield for biodiesel raw-material</b>	<b>127</b>
a. Research objectives	127
b. Materials and methods	129
c. Results and discussion	134
d. Conclusions	150
<b>Reference</b>	<b>152</b>
<b>Paragraph 4. Achievement of the goal and contributions</b>	
1. Achievement of goal	153
2. Achievement of the research target	155
<b>Paragraph 5. Application plan of achieved results</b>	<b>155</b>
<b>Paragraph 6. Collection information for science and technology during research period</b>	<b>155</b>
<b>Chapter 4. Development of biodiesel production technology for additional improvement of Rapeseed</b>	
<b>Summary</b>	<b>156</b>
<b>Paragraph 1. Outline of the report on development of research</b>	<b>157</b>
<b>Paragraph 2. Current statuses of research and development</b>	<b>160</b>
<b>Paragraph 3. The research development processing content and result</b>	<b>167</b>
1. The assessment of a domestic milking machine and milking experiment	167
2. The improvement of the milking machine and milking experiment	175
3. The structure of a consecutive milking system and milking experiment	186
4. The structure of a consecutive milking system and milking experiment	194

<b>Paragraph 4. The goal achievement and the flag of a relation field</b>	<b>197</b>
1. The goal achievement	197
2. Oil expression technology of rapeseed and rapeseed biodiesel product technology	198
<b>Paragraph 5. Application plan of achieved results</b>	<b>204</b>
1. Rapeseed oil and cake	204
<b>Paragraph 6. Collection information for science and technology during research period</b>	<b>205</b>
<b>Reference</b>	<b>205</b>
<b>Chapter 5. Development of labour-saving farm supply type rapeseed production machinery suitable for Korean farming size</b>	
<b>Summary</b>	<b>206</b>
<b>Paragraph 1. Outline of the report on development of research</b>	<b>207</b>
<b>Paragraph 2. Current statuses of research and development</b>	<b>207</b>
<b>Paragraph 3. Development of rapeseed seeder for seeding in paddy field</b>	<b>209</b>
1. The rapeseed seeding adaptability analysis of usual seeder for biodiesel production in paddy field	209
a. Research objectives	209
b. Materials and methods	210
– Test field and varieties properties	210
– Seeder and seeding	211
– Soil covering and drainage canal	213
– Working accuracy and performance	214
– Application uniformity	214

c. Results and discussion	214
– Working accuracy and performance	214
– Application uniformity	215
– Working accuracy and performance of soil coverer	217
d. Conclusions	217
2. Feasibility analysis of granule fertilizer applicator for rapeseed broadcasting	217
a. Research objectives	217
b. Materials and methods	218
– Testing granular fertilizer applicator	218
– Equipment components and application principle	218
– Improved design and manufacture of seed plate	219
– Analysis of seeding rate and application uniformity	220
c. Results and discussion	222
– Analysis of seeding rate	222
– Analysis of application uniformity	223
– Improved points	225
d. Conclusions	226
3. Development of a rapeseed seeder attach to tractors	226
a. Research objectives	226
b. Materials and methods	227
– Analysis of application patterns	227
– Improved design and manufacture	229
– Analysis of application performance	231
c. Results and discussion	232
– Analysis of seeding rates	232
– Analysis of application uniformity	233
– Analysis of overlap seeding	235
– Analysis of economic viability	236
d. Conclusions	236

## Paragraph 4. Development of rapeseed harvester combine for harvesting in paddy field

1. Development of a rapeseed reaping equipments attachable conventional combine	239
a. Research objectives	239
b. Materials and methods	240
– Aims for design	240
– Guideline for design	240
– Design and manufacture for prototype	241
c. Results and discussion	242
– Selection of main frame	242
– Rapeseed reaping equipments	243
– Manufacture and specification of prototype	243
d. Conclusions	249
2. Evaluation of feasibility in rapeseed harvesting using a conventional combine attached a rapeseed reaping equipments	249
a. Research objectives	249
b. Materials and methods	250
– Testing machine	250
– Testing field	250
– Crop condition	251
– Testing contents and methods	252
c. Results and discussion	255
– Working flow rates	255
– Working accuracy	256
– Working performance	258
– Efficiency of rapeseed reaping equipments	259
– Analysis of economic viability	260
d. Conclusions	260

<b>Reference</b>	<b>261</b>
------------------	------------

<b>Paragraph 5. Conclusions</b>	<b>262</b>
---------------------------------	------------



Paragraph 6. Achievement of the goal and contributions	
1. Achievement of goal	263
2. Achievement of the research target	263
3. Contribution of the related fields	263
Paragraph 7. Application plan of achieved results	264
Paragraph 8. Collection information for science and technology during research period	264

## Chapter 6. Conclusions

Paragraph 1. Selection of F <sub>1</sub> hybrid with high-yield, high oleic acid and early mature for production of biodiesel raw-material	265
Paragraph 2. Development of F <sub>1</sub> hybrid with cold hardness and high yield for biodiesel raw-material	268
Paragraph 3. Development of biodiesel production technology for additional improvement of Rapeseed	269
Paragraph 4. Development of labour-saving farm supply type rapeseed production machinery suitable for Korean farming size	270

## Chapter 7. Achievement of the goal and contributions

Paragraph 1. Achievement of the goal	270
Paragraph 2. Achievement of the research target	273
1. Selection of F <sub>1</sub> hybrid with high-yield, high oleic acid and early mature for production of biodiesel raw-material	273
2. Development of F <sub>1</sub> hybrid with cold hardness and high yield for biodiesel raw-material	274

3. Development of biodiesel production technology for additional improvement of Rapeseed 274
4. Development of labour-saving farm supply type rapeseed production machinery suitable for Korean farming size 274

Paragraph 3. Contribution of the related fields 275

## Chapter 8. Application plan of achieved results

Paragraph 1. Extension plan 276

Paragraph 2. Industrialization plan 277

Paragraph 3. Technology transfer plan 278

Paragraph 4. Paper presentation 279

## Appendices

# 목 차

## 제 1장 서론

제 1절 연구의 필요성 .....	29
1. 기술적 측면 .....	30
2. 경제·산업적 측면 .....	33
3. 사회·문화적 측면 .....	38
제 2절 국내의 관련기술의 현황과 문제점 .....	39
1. 국내 기술 현황 .....	39
2. 국외 기술 현황 .....	42
3. 앞으로의 전망 .....	46
제 3절 연구 개발의 목표 .....	48
1. 연구 개발 목표와 내용 .....	48
2. 연차별 연구개발 목표와 내용 .....	49
제 2장 바이오디젤용 유채의 다수확성, 조숙성, 고올레인산 함유 1대 잡종 선발	
Summary .....	51
제 1절 연구 개발 과제의 개요 .....	52
제 2절 국내의 기술 개발 현황 .....	52
제 3절 연구 개발 수행 내용 및 결과 .....	56
1. 올레인산 고탍유 1대잡종 선발 .....	56
가. 연구목적 .....	56
나. 재료 및 방법 .....	57

다. 결과 및 고찰 .....	57
라. 요약 및 결론 .....	68
<b>2. 이모작형 조숙, 동시성숙성 1대잡종 선발 .....</b>	<b>69</b>
가. 연구목적 .....	69
나. 재료 및 방법 .....	69
다. 결과 및 고찰 .....	69
라. 요약 및 결론 .....	73
<b>3. 1대잡종 지역적응성 및 수량성 검정 .....</b>	<b>74</b>
가. 연구목적 .....	74
나. 재료 및 방법 .....	74
다. 결과 및 고찰 .....	75
라. 요약 및 결론 .....	82
<b>4. 내병성 1대잡종 개발을 위한 효과적인 방제기술 .....</b>	<b>82</b>
가. 연구목적 .....	82
나. 재료 및 방법 .....	82
다. 결과 및 고찰 .....	83
라. 요약 및 결론 .....	83
<b>5. 돌연변이 유기에 의한 올레인산 고품유 계통 조기선발 .....</b>	<b>84</b>
가. 연구목적 .....	84
나. 재료 및 방법 .....	85
다. 결과 및 고찰 .....	86
라. 요약 및 결론 .....	100

**제 4절 생력기계화 일관작업재배 기술체계 확립**

1. 연구목적 .....	100
2. 재료 및 방법 .....	101
3. 결과 및 고찰 .....	101
4. 요약 및 결론 .....	104

**제 5절 1대잡종 종자생산 및 보급체계 확립**

1. 연구목적 .....	105
2. 재료 및 방법 .....	106
3. 결과 및 고찰 .....	106

4. 요약 및 결론 .....	110
제 6절 종합결론 .....	110
참고문헌 .....	115
제 7절 목표달성도 및 관련분야의 기여도	
1. 목표달성도 .....	120
2. 과제별 연구개발 목표의 달성도 .....	120
3. 관련 분야에의 기여도 .....	121
제 8절 연구개발결과의 활용계획 .....	121
제 9절 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보 .....	122
제 3장 내한성 및 다수성 바이오디젤용 유채품종 개발	
Summary .....	123
제 1절 연구 개발 과제의 개요 .....	124
제 2절 국내외 기술 개발 현황 .....	125
제 3절 바이오디젤용 내한성과 다수성을 갖는 1대잡종 개발 .....	127
1. 연구목적 .....	127
2. 재료 및 방법 .....	129
3. 결과 및 고찰 .....	134
4. 요약 및 결론 .....	150
참고문헌 .....	152
제 4절 목표달성도 및 관련분야의 기여도 .....	153
1. 목표달성도 .....	153
2. 관련 분야에의 기여도 .....	155

제 5절 연구개발결과의 활용계획 .....	155
제 6절 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보 .....	155
<b>제 4장 유채의 부가가치 향상을 위한 바이오디젤 생산에 관한 연구</b>	
Summary .....	156
제 1절 연구개발 과제의 개요 .....	157
제 2절 국내의 기술개발 현황 .....	160
제 3절 연구 개발 수행 내용 및 결과 .....	167
1. 국내 착유기의 평가 및 착유실험 .....	167
2. 착유기의 개선 및 착유실험 .....	175
3. 연속 착유 system의 구성 및 착유실험 .....	186
4. 유박의 활용 .....	194
제 4절 목표달성도 및 관련분야에의 기여도 .....	197
1. 목표달성도 .....	197
2. 유채착유기술과 유채바이오디젤생산의 기여도 .....	198
제 5절 연구개발결과의 활용계획 .....	204
1. 유채유, 유박 .....	204
제 6절 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보 .....	205
참고문헌 .....	205

## 제 5장 우리나라 경작규모에 적합한 농가보급형 유채 생력 기계화 기술 개발

Summary .....	206
제 1절 연구개발과제의 개요 .....	207
제 2절 국내의 기술개발 현황 .....	207
제 3절 유채 파종기 개발 .....	209
1. 바이오디젤 생산을 위한 관행 파종기 이용 논 유채 파종 적응성 분석 .....	209
가. 연구목적 .....	209
나. 재료 및 방법 .....	210
1) 시험포장 및 품종특성 .....	210
2) 파종기 및 파종 .....	211
3) 복토 및 배수로 작업 .....	213
4) 작업정도 및 능률 .....	214
5) 살포균등도 .....	214
다. 결과 및 고찰 .....	214
1) 작업정도 및 능률 .....	214
2) 살포균등도 .....	215
3) 복토기 작업정도 및 능률 .....	217
라. 요약 및 결론 .....	217
2. 입체 비료살포기의 유채 파종 적응성 분석 .....	217
가. 연구목적 .....	217
나. 재료 및 방법 .....	218
1) 공시입체 비료 살포기 .....	218
2) 장치구성 및 살포원리 .....	218
3) 배종판의 개량설계 및 제작 .....	219
4) 배종홈에 따른 배종량 및 살포균등도 분석 .....	220
다. 결과 및 고찰 .....	222

1) 배종량 분석 .....	222
2) 살포균등도 분석 .....	223
3) 개량 보완점 .....	225
라. 요약 및 결론 .....	226

### 3. 트랙터 부착형 유채 파종기 개발 ..... 226

가. 연구목적 .....	226
나. 재료 및 방법 .....	227
1) 살포유형 분석 .....	227
2) 파종장치부 개량 설계 및 제작 .....	229
3) 살포성능 분석 .....	231
다. 결과 및 고찰 .....	232
1) 배종량 분석 .....	232
2) 살포균등도 분석 .....	233
3) 중첩파종 분석 .....	235
4) 경제성 분석 .....	236
라. 요약 및 결론 .....	236
참고문헌 .....	237

## 제 4절 유채 콤바인 개발

### 1. 보통형 콤바인 부착용 유채 예취장치 개발 ..... 239

가. 연구목적 .....	239
나. 재료 및 방법 .....	240
1) 설계목표 .....	240
2) 설계지침 .....	240
3) 시작기 설계 및 제작 .....	241
다. 결과 및 고찰 .....	242
1) 본체선정 .....	242
2) 유채 예취 장치 .....	243
3) 시작기 제작과 제원 .....	248
라. 요약 및 결론 .....	249



2. 유채 예취장치 부착 보통형 콤바인 유채 수확 적응성 평가 .....	249
가. 연구목적 .....	249
나. 재료 및 방법 .....	250
1) 대상기종 .....	250
2) 시험포장 .....	250
3) 작물조건 .....	251
4) 시험내용 및 방법 .....	252
다. 결과 및 고찰 .....	255
1) 작업유량 .....	255
2) 작업정도 .....	256
3) 작업능률 .....	258
4) 유채 예취장치 효과 .....	259
5) 경제성 분석 .....	260
라. 요약 및 결론 .....	260
참고문헌 .....	261

**제 5절 종합결론 .....** 262

**제 6절 목표달성도 및 관련분야의 기여도**

1. 목표달성도 .....	263
2. 과제별 연구개발 목표의 달성도 .....	263
3. 관련 분야에의 기여도 .....	263

**제 7절 연구개발결과의 활용계획 .....** 264

**제 8절 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보 .....** 264

**제 6장 종합결론**

**제 1절 바이오디젤용 유채의 다수확성, 조숙성, 고올레인산 함유 1대잡종 선발 .....** 265

**제 2절 내한성 및 다수성 바이오디젤용 유채품종 개발 .....** 268

제 3절 유체의 부가가치 향상을 위한 바이오디젤 생산에 관한 연구 ..... 269

제 4절 우리나라 경작규모에 적합한 농가 보급형 유체 생력 기계화 기술 개발 ..... 270

## 제 7장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

제 1절 목표달성도 ..... 270

제 2절 과제별 연구개발 목표의 달성도 ..... 273

1. 바이오디젤용 유체의 다수확성, 조숙성, 고올레인산 함유 1대잡종 선발 ..... 273
2. 내한성 및 다수성 바이오디젤용 유체품종 개발 ..... 274
3. 유체의 부가가치 향상을 위한 바이오디젤 생산에 관한 연구 ..... 274
4. 우리나라 경작규모에 적합한 농가 보급형 유체 생력 기계화 기술 개발 ..... 274

제 3절 관련 분야에의 기여도 ..... 275

## 제 8장 연구개발결과의 활용계획

제 1절 현장보급 방안 ..... 276

제 2절 산업화 계획 방안 ..... 277

제 3절 기술이전 방안 ..... 278

제 4절 논문발표 ..... 279

## 부 록

## 제 1장 서론

### 제 1절 연구의 필요성

최근 화석연료의 과다 사용에 따른 자원 고갈 및 환경오염에 대한 우려가 증가함에 따라 자연과 공존하며 안정적으로 발전하자는 “지속 성장(sustainable development)”의 개념이 화두가 되고 있다. 특히 선진국을 중심으로 환경오염 및 지구온난화 문제를 해결하기 위해 화석연료의 사용에 대한 규제를 강화하고 환경친화성이 높은 신 재생에너지의 보급을 확산하려는 정책이 입안되어 일부 실행되고 있다.

한편으로 에너지 및 환경 문제가 심화되면서 재생가능한 자원의 일종인 바이오매스가 급부상하고 있으며, 기존 화석연료 자원을 대체할 수 있는 바이오매스 자원의 상업화에 대한 면밀하고 적극적인 대응이 필요한 때이다.

고유가와 지구온난화를 줄이기 위한 기후협약 대응 등의 에너지 수급 환경변화에 따라 수송부문에서의 온실효과가스(GHG: Greenhouse effect Gas) 배출량 감소를 위한 석유 대체연료로서 생물자원을 원료로 하는 바이오연료의 생산량이 급증하고 있다. 바이오디젤은 EU를 중심으로 2000년에 10억L에서 2007년 102억L로 10배, 바이오에탄올은 미국과 브라질을 중심으로 2000년에 175억L에서 2007년 605억L로 3.5배로 급격히 증가되고 있다.

선진국의 바이오에너지 정책, 개도국의 높은 경제성장 등에 의해 곡물 수요가 항구적으로 늘어난 반면, 지구 온난화, 농업 생산성 증대의 한계 등으로 인하여 곡물 공급을 안정화시키기가 어려운 실정이다. 국제 곡물시장 구조도 수출이 일부 국가에 집중돼 있고, 곡물 메이저들은 이윤 극대화 원리에 따라 행동하기 때문에 곡물수급을 조절하기가 쉽지 않으며, 여기에 농산물 가격의 비 탄력성으로 현재 국제 곡물시장 여건은 가격을 상승시키는 구조를 갖고 있다. 바이오연료 확대 보급에 따라 곡물가격 폭등으로 가축사료 가격 상승 등 시장 왜곡 현상이 야기될 수 있으므로 바이오디젤 보급 확대의 순기능적 측면 이외에 역기능적 측면을 동시에 고려하면서 합리적 보급 방안 마련이 필요하다.

국내의 바이오디젤 보급과 생산이 구체화되면 늘어나는 바이오디젤 원료를 확충하기 위해서 겨울철 유희경작지의 이모작재배를 통한 바이오디젤 원료의 안정적인 생산기반이 갖추어져야 한다.

바이오디젤의 생산원가는 원료재배 면적의 확대 및 단위 면적당 생산량 증가, 그리고 원유 가격 급등 영향 등에 따라 일반 경유 수준과 큰 무리가 없는 상태에 있는 것으로 전망하고 있으며, 이 같은 가격 경쟁력 비증은 바이오디젤 사용 확대의 중요한 기반을 이룰 수 있기에 바이오디젤 원료의 안정적인 확보 여부가 중요한 경쟁력 요인이 될 가능성이 높다. 바이오디젤의 원료가 되는 기름작물 중 유채는 타 유지작물에 비하여 기름함량이 높고 단위 면적당 기름이 되는 종자의 수량성이 높아 바이오디젤 원료수급량 공급량을 확보하는데 가장 유리하다.

이모작(벼+ 유채)의 경우 유채의 수확기가 벼 재배 이앙시기와 맞물려 벼 이앙이 늦

어지는 경우 벼의 수량감소를 초래한다. 이러한 문제를 줄이기 위해서는 유채 수확시기를 앞당기면서 유채의 수량이 저하되지 않도록 조숙, 동시성숙성 및 다수성 1대잡종 개발로 해결할 수 있다. 바이오디젤용 올레인산 고함유, 조숙, 동시성숙성 1대잡종 개발은 고정종의 수량성 180~200kg/10a보다 2배 정도 높은 380~400kg 정도 수량이 증수되어 바이오디젤 원료 생산 원가를 절감하는 효과를 가져다 줄 수 있다.

재배농가의 소득보장을 위해서는 최우선적으로 파종부터 수확까지의 전 과정이 생력 기계화가 이루어져야 하며, 특히 이모작의 경우 후작인 유채의 수확기가 6월 15일 이후로 늦어지면 벼 재배 이양시기와 맞물려서 벼의 수량감소를 초래하기에 이러한 문제를 줄이고자 유채 수확기를 앞당기기 위해서는 숙기를 단축하면서 동시수확성을 갖는 다수확 유채 품종의 개발이 필요하다.

### 1. 기술적 측면

○ 바이오디젤은 식물성 油脂(대두유, 유채유, 해바라기, 쌀겨, 팜유, 폐식용유, 등)와 알코올을 반응시켜 만든 脂肪酸 메틸에스테르(fatty acid methyl esters)로서 순도가 95% 이상인 것을 말한다. 바이오디젤 혼합유(이하 “BD20”이라 함)라 함은 석유제품인 자동차용 경유(이하 “경유”라 함) 80%와 바이오디젤 20%를 혼합하여, 경유를 대체하여 사용할 수 있는 연료를 말함(산업자원부 고시 제2002-54호)

○ 1895년 루돌프 디젤은 자신이 발명한 디젤엔진의 원료로 땅콩에서 추출한 바이오디젤을 썼던 것이 시효이다. 바이오디젤은 식물성 원료에 알코올 촉매를 첨가한 후에스테르 교환 반응을 시켜서 합성한 물질로서 일반 경유와 물리화학적 특성이 거의 같으며, 식물성 디젤이라고도 함

○ 바이오디젤은 환경친화적 에너지로서 분자 내에 11%의 산소를 가지고 있어 차량연소에서 완전연소를 도와주기 때문에 이산화탄소 배출률이 낮아 환경보호에 관한 국제기준에 부합하는 재생에너지로 각광 받고 있으나

○ 바이오디젤도 추위에 약하다는 단점이 있는데 온도가 떨어지면 바이오디젤은 굳어버려 엔진에 문제를 일으키기 때문에 현재는 일반 경유에 20~30%의 바이오디젤을 섞어 쓰는 형편이며, 바이오디젤은 공기와 접촉할 경우 산화가 빨리 진행되고 화학적 특성도 바뀌게 돼 연료로 사용할 수 없게 된다. 이러한 단점을 극복하는 기술은 아직 개발되지 않았으나 유채기름은 엔진을 오작동 시키는 온도인 ‘저온필터막힘점(Cold Filter Plugging Point, CFPP)’이  $-8^{\circ}\text{C}$ 로 코코넛기름( $17^{\circ}\text{C}$ )보다 훨씬 낮지만 기존의 경유의  $-17^{\circ}\text{C}$ 에 비해서는 높은 수준임

○ 국내에는 주로 대두, 옥수수 배아를 수입하여 이를 대규모로 착유하는 착유업체가 있으나, 그 규모가 클 뿐 아니라 이미 생산하고 있는 제품(옥수수유, 대두유 등)에 맞게 설비가 갖추어져 있어 앞으로 생산될 유채유를 처리하는 데는 기술적으로 많은 어려운 점이 있다. 또한 식용유를 생산하기 위해서는 탈산, 탈검, 탈색 등 여러 공정을 연계적으로 구성하여야 하며 착유비용이 과대하게 소요되는 단점이 있음

○ 유채는 십자화과(*Cruciferae*), 배추속(*Brassica*)에 속하는 1년생 또는 2년생 초

본으로 유채의 종자에는 35~45%의 기름이 함유되어 있고 에루진산과 구루코지노레이트가 전무한 양질유는 식용, 샐러드용, 바이오디젤용으로 에루진산의 함량이 높은 것은 공업용(항공기 윤활유, 세제의 정화제, 화장품, 플라스틱가소제 등)으로 이용하고 있으며, 나머지 유박은 40%정도의 단백질을 함유하고 있으며 주요 사료원료인 옥수수종자의 저장 단백질에는 결여되어 있는 필수 아미노산 lysine이 함유되어 있어 고단백 가축 사료나 비료로 이용되고 있다. 특히 꽃은 관광자원작물과 밀원으로 한몫을 하고 있는 부가가치가 높은 작물임

○ 유채는 타 유지작물에 비하여 기름함량이 높고 단위 면적당 기름이 되는 종자의 수량성이 높아 식용, 공업용 및 바이오에너지용 등 수급 상 공급량을 확보하는데 유리함

Table 1. Comparison of oil-content of oil crops.

Crop	기름함량(%)
Rapeseed	45
Sesame	53
Soybean	17
Cotton	26
Sunflower	35
Peanut	45

○ 유채(*Brassica napus* L., AACC, 2n=38 과 *B. campestris* L., AA, 2n=20)는 세계의 대다수 나라에서 중요한 기름작물로 재배되고 있으며, 유채에서 기름의 지방산 조성 개량과 기름함량을 높이기 위한 육종은 중요한 목표 중의 하나임

○ Double-low 품종(기름에서 erucic acid 함량 2%미만, 박에서 glucosinolate 함량 30micromole/g 이하)의 성공적인 개발은 사람과 가축들에게 양질의 가치 있는 기름과 박을 제공하였음

○ 바이오디젤이나 공업용으로 이용되는 경우 유채의 종피를 노란색으로 개량하면 종자의 품질을 높이면서 착유공정에서 기름의 세정과정도 단순해지고 종피가 얇아 기름 양(量)을 1~2% 증가된다. 착유 박(粕)의 섬유소 함량이 낮아지면서 단백질함량이 늘어나 소화에도 유리함('99, 독일, '04, 캐나다)

○ 1968년부터 농촌진흥청 작물과학원 목포시험장에서 유채 품종 육종을 시작하면서 1980년까지는 주로 유채기름을 식용으로 섭취할 때 문제가 되는 에루진산을 없애고 올레인산을 높이는 것과 박의 가축사료로 이용에 문제가 되는 구루코지노레이트 함량을 낮추는 양질품종 개량에 치중하여 고정종 다수성인 유달과 노적채를, 지방산(에루진산이 없고 올레인산이 65%이상)이 개량된 용당, 한라, 영산, 내한, 탐라, 탐미 등을 육성하였으며, 또한 수량성과 재해저항성을 높이고자 웅성불임성(MS, Male Sterility)을 이용한 1대잡종 개발에 주력하여 수량이 획기적으로 증수(발 수량: 450kg/10a 이상)되는 1대잡종(청풍, 선망, 청람) 개발하였음

○ 첨단 육종기술(조직배양, 소포자배양, 종간교잡 및 돌연변이 육종 등)을 이용하여 리놀렌산, 고 올레인산 등 특수형질 조기개선 및 육종효율 증대도 꾀 하였으며, 노란색 종피 품종 개발도 그 당시 국내외적으로 중요한 부분으로 결정하고 연구에 착수 하였으나 인력도 부족하고 1980년 이후 국내 농업정책이 식량증산을 위한 미맥위주로 전환됨에 따라 유채 연구의 활성화가 이루어지지 못해 기 개발된 유채 양질품종에 노란색 종피 인자를 도입하기 위하여 교배, 후대분리 및 선발하는 연구를 진행하는 도중에 중단하게 되었음

○ 바이오디젤 보급과 생산이 구체화되면 늘어나는 바이오디젤 원료를 확충하기 위해서는 유희경작지에 이모작재배를 통한 바이오디젤 원료의 안정적인 생산기반을 갖추어야 하며 재배농가의 소득보장과 논 이모작 작물로 유채를 재배하기 위해서는 최우선적으로 파종부터 수확까지의 전 과정을 생력기계화가 이루어져야 하고, 특히 이모작(벼+ 유채)의 경우 유채의 수확기가 벼 재배 이앙시기와 맞물려 벼 이앙이 늦어지는 경우 벼의 수량감소를 초래하는 문제를 해결하고자 유채 수확기를 앞당기기 위해서는 숙기를 단축하면서 동시성숙성을 갖는 유채 품종의 개발이 필요함

○ 바이오디젤 등 산업적 이용을 위한 유채유는 식용과 다른 규격을 가지고 있으므로, 이에 대한 적지 않은 전처리 또는 후처리 공정을 보유하고 있기 때문에, 저산가 및 저감가의 유채유를 생산한다면, 과다한 설비의 설치 없이 비교적 간단한 장치만으로도 충분히 공업용 유채유를 공급할 수 있을 것으로 사료됨

○ 특히 월 500톤 규모(유채유 생산기준)의 착유설비는 기술적인 복잡성이 없어 운전이 간편할 뿐 아니라, 여러 지역에 분산 시킬 수 있는 장점이 있다. 이를 위하여 기술적으로 볼 때 1/10 규모의 Pilot 착유설비를 개발하는 것이 매우 중요하다. 1/10 규모의 Pilot의 설비 개발이나 운전조건 도출 결과는 비교적 간단하게 scale-up을 할 수 있기 때문이다. 따라서 유채씨 기준으로 시간당 200kg 정도의 착유기의 개발을 우선적으로 수행해야 할 것으로 사료됨

○ 현재 국내의 착유기들은 시간당 200kg(144ton/월) 정도의 유채유를 착유할 수 있는 착유율이 원료 내 기름함유량 대비 약 85% 정도로 경제성이 약하고, 가공 시 부산물로 얻어지는 유채박의 품질도 떨어지는 실정이다. 따라서 유채재배의 경제성을 높이기 위해서는 95% 이상의 착유율 달성이 필수적이다. 현재 대량생산 공정을 보유한 산업체에서는 고착유율을 위하여 유기용매를 이용한 용매 추출방법을 쓰고 있으나 유기용제(헥산, 메탄올 등)는 위험물로 헥산의 경우 흡입 시 '다발성 신경장애'로 알려진 하반신 마비증의 원인이 된다. 그래서 별도의 '국소 배기장치'를 설치하고 취급 근로자는 방독 마스크 등 개인 보호 장구를 착용하고 일을 해야 하는 어려움이 있으며 화재의 위험성이 높아 중소규모의 착유설비에서 사용하는데 무리가 따름

○ 따라서 유채의 착유율 증가와 그에 따른 부산물의 품질 향상을 통한 경제성 제고와 친환경 유기용제를 통한 착유공정 과정에서 수반되는 위험성을 제거하여 사람과 가축들에게 양질의 가치 있는 기름과 박을 제공하는 기술 개발의 필요성이 절실함

○ 지금까지 우리나라 육지부와 제주도에 알맞은 고정종과 1대잡종의 논·밭 재

배에 대한 시비량, 파종량, 파종시기 등을 구명하였고, 농지규모에 맞는 기계화 생력재배를 확립코자 트랙터 부착용 細條播 播種機를 이용한 대단위(1ha 규모) 시범재배를 제주도와 무안에서 실시한 결과 인력파종보다 파종노력이 대폭 절감되는 효과를 얻었으며, 한편으로 유채 수확기도 동시에 개발을 추진하였으나 남부 담리작지대에 보리 재배가 확산되자 중단됨

○ 이제까지는 농촌현장에서 유채재배가 농민들로부터 외면을 당해왔다. 왜냐하면, 유채재배와 관련된 일관기계화시스템이 구축되어 있지 않기 때문에 경지규모를 확대할 수 없어 국제경쟁력을 확보할 수 없었고, 벼 수확 후 신속한 파종과 벼 이앙시기 전에 수확작업을 완료해야 함에도 불구하고 파종기 및 수확기계가 없어 영농적기를 맞출 수 없었다. 특히, 수확작업에 있어서는 예취작업에 6~8시간/10a, 탈곡작업에 4시간/10a, 정선·선별작업에 1시간/10a이 걸려 총 11~13시간/10a이 소요되고 있다. 따라서 절대적으로 노동력이 부족하여 유채재배를 회피하는 가장 큰 이유이다. 이러한 문제점을 해결할 수 있는 유채 파종기 및 콤바인 개발이 절실한 실정이다. 그러나 유채 파종기와 콤바인의 개발에는 장시간이 소요되는 연구과제이기 때문에 우선적으로 국내외에 시판되고 있는 일반 파종기 및 범용콤바인을 유채재배에 활용가능한가에 대한 기초조사를 통하여 일부 개량하거나 보완하여 적응성시험 및 성능시험을 통하여 유채 생력기계화 기술을 제시하고자 함

○ 유채재배 면적을 확대하기 위해서는 작업공정 중에서 작업정밀도 향상시키고 생력기계화로 생산성을 크게 높일 수 있는 파종, 수확작업기 개발이 절실히 요구되고 있다. 특히 유채 종자는 크기가 작고 가벼워 정밀하게 파종하기가 쉽지 않으며, 파종작업상태에 따라서 입모 차이가 크기 때문에 정밀 파종을 위한 기계 개발이 요구됨

○ 국외의 유채 파종작업은 공기식 대형 파종기를 이용하고 있으며, 대개 파종 시스템은 강력한 공기를 발생하는 송풍기, 일정한 종자를 연속적으로 공급하는 배종장치, 흙을 일정한 깊이로 갈라주고 덮어주는 작조, 복토, 진압장치 등으로 구성되어 있다. 파종 원리는 흡인공기를 이용하여 배종판에 종자를 흡인하고 지면 가까이에 종자를 배출하는 방식이다. 국외는 조방농업에 맞도록 대형 파종기가 개발되어 이용되고 있으나 우리나라의 논에 이용하기에는 부적당하며, 구입가격이 비싸 경제성이 없다. 따라서 우리나라 유채재배에 적합하도록, 특히, 유채후작으로 벼를 재배해야 하는 우리 실정에 적합한 취급이 용이하고 경제성 있는 기존의 파종기를 개량한 형태의 유채파종기 개발이 필요함

○ 유채수확기계는 유채재배에 있어서 필수적인 기계이지만, 현행의 수확작업은 인력에 의존하기 때문에 많은 노력과 시간을 필요로 하여 유채재배의 걸림돌이 되고 있다. 따라서 구조가 단순하고 간단한 조작으로 단기간 내 유채를 수확할 수 있는 장치의 개발이 필요함

## 2. 경제·산업적 측면

○ 바이오디젤, 바이오에탄올 등의 수송용 바이오연료는 석유계 연료를 대체 사용

할 수 있으므로 현재 구축된 인프라에서 큰 문제없이 직접 적용 가능하며, 자연계에서 해마다 재배 생산되는 재생성에너지인 장점이 있을 뿐만 아니라 공해 오염 물질의 배출이 적은 CO<sub>2</sub>-neutral 연료이므로 환경 친화성도 우수하나 현재의 기술로 생산되는 바이오디젤이나 에탄올 연료는 석유계 디젤연료에 비해 생산원가가 2배가량 높다는 치명적인 약점이 있음

○ 바이오디젤이나 에탄올의 가격경쟁성을 확보할 수 있는 특단의 지원 정책 없이는 바이오연료의 보급은 불가능하며 이런 문제점을 인식한 미국과 EU의 주요 국가들에서는 수송용 바이오연료의 보급 활성화를 위한 다양한 지원 정책을 실시 중이다. 선진국의 바이오디젤에 관한 세제혜택은 바이오디젤 생산기업의 개발을 고취시키게 되었고, 비연속 반응공정에서 고성능 연속식 반응공정으로 발전됨으로써 생산원가 절감으로 연결되는 상승효과를 보이고 있으며, 각종 기술개발은 농지에서 생산량 증대를 위한 농업생산기술과 유전공학 관련 기술을 촉진시키고 있음

○ 미국의 바이오디젤 판매량은 1999년의 189만 리터에서 2001년에는 1,893만 리터로 늘어났으며, 2003년에는 9,463만 리터로 크게 증가하였고, EU 국가들에서 독일은 연간 약 100만 톤 정도의 바이오디젤이 판매되고 있으며 프랑스와 이탈리아에서는 연간 각각 50만 톤과 40만 톤의 바이오디젤이 판매되고 있음

Table 2. Support Policy and consumption of transport bio-fuel in major developed nation(2002).

Nation	지 원 정 책
U.S.A.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 바이오에탄올은 \$0.15/L의 excise tax 면제</li> <li>- EPAAct를 제정하여 바이오연료를 포함한 대체연료의 사용 의무 부과</li> </ul>
Germany	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 석유계 연료에 대해 화석연료세, 환경세 등을 부과 (\$0.15/L), 바이오디젤은 무과세</li> <li>- 에너지 작물 경작에 대한 보조금 지급</li> </ul>
France	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 바이오에탄올, 바이오디젤에 대한 면세 지원</li> </ul>
England	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 바이오디젤에 대해 20 pence/L 세금 감면 (바이오에탄올은 2005년부터 시행)</li> <li>- 에너지 작물 경작 보조금 지급(100 pound/ ha)</li> </ul>

「주」 EPAAct는 차 중량 8,500lb(dir 3.5톤) 이상 20대 이상 보유 운수업체는 연간 450gal의 대체연료 사용 의무화를 규정한 법(2001. 2. 12 발효)

○ EU는 바이오연료 중 바이오에탄올의 비중이 매우 높은 미국과 달리 수송용 바이오연료 중 바이오디젤의 점유율(52%)이 바이오에탄올보다 조금 높고 2010년까지 장기 보급 목표에서도 동일한 경향을 보이는데, 이는 EU에서 디젤 차량 보급이 활성화된 결과 때문이나 바이오디젤의 보급이 활성화된 데에는 모든 석유계 연료에 대해 광유세(mimeral oil tax)를 부과하여 경유 판매가격을 바이오디젤 보다 약 10% 높게 책정되도록 한 EU 국가들의 정책적 지원이 가장 중요한 원동력임



Table 3. Supply guide of bioethanol and biodiesel by year in EU.

목표연도(점유율)	바이오에탄올, ×10톤	바이오디젤, ×10톤	바이오연료 합계
2005(2.00%)	2341	2532	4873
2006(2.75%)	3219	3482	6701
2007(3.50%)	4096	4431	8527
2008(4.25%)	4974	5381	10355
2009(5.00%)	5852	6331	12183
2010(5.75%)	6730	7280	14010

○ 바이오디젤 생산의 선두 주자인 독일의 경우 두 가지 중요한 정책적 지원을 하고 있는데, 안정적 원료(식용유) 수급을 위해 농작물 경작지의 10%를 유희지로 지정하여 비식용 작물(에너지작물)을 의무적으로 재배토록 하고 있으며, 이를 통해 바이오디젤 생산 업체들은 바이오디젤 생산원료인 유채유를 안정적으로 공급받고 있음

○ 농업에 기반을 둔 바이오디젤 산업은 대체에너지 개발 분야 중 경제성과 동시에 대량 생산기반을 갖추고 있는 몇 안 되는 분야이다. 현재 생산 작물 선정 곤란으로 경작을 하고 있지 않는 중국, 우크라이나, 러시아, 캐나다, 호주, 남미 등 광활한 유희지를 고려하는 경우, 매년 재생산하여 얻어지는 식물성오일의 양은 현재의 경유를 상당량 대체할 수 있는 바이오디젤에 전용할 수 있다. 이러한 관점에서, 유럽의 경우 2010년까지 전체 경유의 12%와 미국의 경우 2020년까지 20%를 대체하려는 전략은 큰 무리 없이 추진될 것으로 사료됨

○ 유채의 경우 경작지 확대와 더불어 단위 경작면적(ha)당 생산량은 1960년 1,400kg(씨앗 무게기준)에서 2010년에는 4,000kg으로 약 3배 증가될 것으로 예상되어, 증산량이 곧바로 가격하락으로 연결될 수 있는 전망이 있음

○ 바이오디젤(메틸에스테르)은 현재 섬유나 세제, 화장품 산업에서 다량 사용하는 독성 계면활성제를 대체하는 환경 친화성 에톡시드 메틸에스테르, 황산염화 메틸에스테르, 알콜아민계 메틸에스테르의 중간체로 대량 사용되고 있으며, 바이오디젤 생산자는 상당량의 바이오디젤을 환경 친화성 계면활성제 중간체로서 관련 산업체에 공급하고 있다. 특히 메틸에스테르의 20~30%는 세제의 원료로 공급되고 있음

○ 바이오디젤은 경유와 유사한 용제 성질을 가지고 있기 때문에 페인트 산업 등에서 용제로 사용하고 있으며 휘발성이 전혀 없어 VOC(휘발성 유기탄소) 규제가 까다로운 도심에서 사용하는 장비들의 세척용제로 사용이 증대되고 있다. 이는 VOC에 의한 대도심의 오존 발생을 줄일 수 있는 장점을 가지고 있음

○ 바이오디젤은 식물성오일로 만들어져 있어, 식물의 표면에서 흡수가 잘된다. 이러한 성질을 이용하여, 유럽에서는 독성이 강한 제초제에 석유계 희석용제 대신 사용함으로써 농약약제의 강력한 표면흡수를 도와 실제적으로 낮은 농도의 농약 살포로도 이전과 같은 효과를 내도록 유도하고 있다. 즉, 바이오디젤은 저공해 농약의 용제로 사용량이 급속도로 증가하고 있음

○ 바이오디젤은 재생산에너지로서 식물성오일에서 합성하기 때문에 연소 시 발생하는 이산화탄소는 식물이 흡수하여 만들어진 순환경로를 갖기 때문에 바이오디젤

중 식물이 생산한 탄소함량이 95%이기 때문에 이에 대한 바이오디젤 1톤당 2.2톤의 이산화탄소가 재생된 것으로 환산하여 이를 국가 발생량에서 저감시켜줄 수 있으며, IPCC기준을 바탕으로 조사 결정된 상기 수치를 현행 배출권 가격으로 환산하는 경우 바이오디젤 1톤당 60\$(78,000원)에 해당됨

- 탄소 1톤당의 CO<sub>2</sub> 배출권 가격 : 100\$
- 탄소 1톤당 3.67톤의 CO<sub>2</sub> 발생
- CO<sub>2</sub> 1톤당 배출권 가격 : 27.2\$ (IPCC 환산기준)

○ 농민의 수익을 올리는 방안으로 CO<sub>2</sub> 배출권의 이익을 돌려주는 방안을 고려할 수 있다. 에너지 수급용 식물의 인위적 재배는 IPCC에서 CO<sub>2</sub>의 경감 부분에 해당되며 유채의 경우 식물성 오일을 제외한 전체 식물체(줄기, 잎, 뿌리 등)에 흡수된 탄소의 양은 ha당 6.73톤으로서 24.68톤의 CO<sub>2</sub>에 해당되며 이를 3년 주기의 경작을 기준으로 한다 해도 7ton/ha/year의 양을 저감시킴으로서 이에 대한 CO<sub>2</sub> 거래가격인 248,000원/ha(190\$/ha)을 농민에게 이익으로 배분하여 줄 수 있음

Table 4. Amount of CO<sub>2</sub> assimilation in rapeseed.

구분	총량(t/ha/y)	상수	흡착탄소(t/ha)	흡수이산화탄소(t/ha)
바이오디젤부산물	1.66	0.18	0.3	1.1
잎, 줄기	13.42	0.447	6	22
뿌리	0.98	0.44	0.43	1.58
총계	16.06		6.73	24.68

○ 우리나라에서 최초로 사용된 바이오디젤은 하남 국제 환경박람회 기간 중 유채유를 원료로 만든 바이오 디젤을 광주 시내 청소차에 투입하여 사용한 것이다. 그러나 이는 일부 환경단체에 의해 소규모로 생산된 것으로서 상용화로 이바지하지 못하였음

○ 국내에서 대량 생산이 가능하고, 모든 동식물성 오일을 사용하여 가격 경쟁력을 갖는 바이오디젤의 생산 공정 개발이 2000년 8월 A사에 의하여 이루어 졌으며, 이 공정의 특징으로는 유채유, 대두유, 팜유등 모든 식물성오일 사용 가능하며, 효율적인 전처리 공정 도입 (자유지방산 전환 공정)으로 폐식용유 사용이 가능하고, 폐액이 전혀 발생하지 않으며, 단일 단계 연속식 반응 공정으로 반응시간이 빠르므로 설비비가 적게 들고, 바이오디젤의 원가를 절감할 수 있다는 점임

○ 국내에서는 일부 벤처기업에서 폐식용유를 수거하여 바이오디젤을 생산하여 바이오디젤을 경유와 20~30% 혼합하여 수도권 일부 주유소에서 판매하는 정도이며, 일부 지방자치단체가 주축이 되어 바이오디젤의 원료인 유채재배에 나서 지역농가의 소득증대와 휴경지 활용을 위해 노력하고 있음

○ 근자에 들어 유채유 등의 식물성 오일을 이용해 차량 연료를 생산하는 바이오디젤 업체가 대체에너지의 필요성과 함께 성장하고 있으나 바이오디젤의 원료물질로 사용되는 식물성 오일을 해외로부터 전량 수입에 의존하고 있어 생산업체에서는 국내

농가를 통해 원료인 유채유 등을 안정적으로 확보 및 구매를 통해 가격경쟁력을 확보하고자 하는 움직임이 있음

○ 유채를 바이오디젤 원료로 재배할 경우 현재 국내에서 개발된 유채 품종의 수량은 398kg/10a(농가실증시험)로 EU국가들의 300kg보다 높기 때문에 바이오디젤 생산 단가를 책정하는데 유리함

○ 우리나라 최근의 농업 현실이 고령화, 고임금, WTO체제하에 외국농산물 수입 등으로 경쟁력이 약화되었으며, 유채와 같이 이모작으로 겨울철에 재배되고 있는 보리의 재배면적이 시장가격 하락으로 축소가 되면서 유희경지가 증가 되었으나 이를 대체할만한 작물이 없는 실정이다. 그런 유희지 및 휴경지에 유채를 재배하게 될 경우, 농가 소득 면에서 현재보다 많은 도움을 줄 수 있을 것임

○ 유채재배 면적은 1980년에 14,685ha에 이르렀으나 2003년에는 1,127ha로 급격히 줄어들었으며, 현재는 대부분이 제주도에서 관광용으로 재배되고 있는 실정이다. 유채재배는 경운정지와 일부 작업을 제외하고는 거의 모든 작업이 기계화가 되어 있지 않아 인력이 과다 소요되고 생산성이 낮아서 경제성이 떨어지는 작물로 인식되어 있음

○ 그러나 선진국을 중심으로 환경오염 및 온난화 문제를 해결하기 위하여 화석연료의 사용에 대한 규제를 강화하고 환경친화성이 높은 대체에너지 보급을 확산하려는 정책이 확대되고 있으며, 우리나라에서도 바이오디젤 원료용 유채관련 기술개발 계획이 수립되어 추진되고 있음

○ 유채는 종자 내 함유량(含油量)이 40%, 비중이 0.9로서 식용유, 윤활유, 바이오디젤유 등으로 활용할 수 있는 경제성 높은 작목이며, 이를 농가가 유희경작지에 재배했을 경우, 농민의 직접적인 소득향상이 가능함

○ 쌀의 안정적 생산과 벼 후작 작목으로서 재배가 가능하기 때문에 식량자급기반이 조성되며, 겨울철 휴경지를 효과적 이용을 할 수 있어 농가 경영수지에 도움

○ 유채 부가가치 향상 고효율 착유기술 개발은 유채의 생산에 의한 농민의 수익 증대 사업과 더불어 착유설비를 지역에 개발 설치함으로써, 유채유 착유에 따른 고용증대, 유채박의 판매 등 추가적인 경제적 이익을 줄 수 있을 것으로 사료됨

○ 바이오디젤은 경유와 유사한 용제 성질을 가지고 있기 때문에 페인트 산업 등에서 용제로 사용하고 있으며 휘발성이 전혀 없어 VOC(휘발성 유기탄소) 규제가 까다로운 도심에서 사용하는 장비들의 세척용제로 사용이 증대되고 있다. 이는 VOC에 의한 대도시의 오존 발생을 줄일 수 있는 장점을 가지고 있음

○ 바이오디젤은 식물성오일로 만들어져 있어, 식물의 표면에서 흡수가 잘된다. 이러한 성질을 이용하여, 유럽에서는 독성이 강한 제초제에 석유계 희석용제 대신 사용함으로써 농약약제의 강력한 표면흡수를 도와 실제적으로 낮은 농도의 농약 살포로도 이전과 같은 효과를 내도록 유도하고 있다. 즉, 바이오디젤은 저공해 농약의 용제로 사용량이 급속도로 증가하고 있음

○ 바이오디젤(메틸에스테르)은 현재 섬유나 세제, 화장품 산업에서 다량 사용하는 독성 계면활성제를 대체하는 환경 친화성 에톡시드 메틸에스테르, 황산염화 메틸에

스테르, 알콜아민계 메틸에스테르의 중간체로 대량 사용되고 있으며, 바이오디젤 생산자는 상당량의 바이오디젤을 환경 친화성 계면활성제 중간체로서 관련 산업체에 공급하고 있다. 특히 메틸에스테르의 20~30%는 세제의 원료로 공급되고 있음

### 3. 사회·문화적 측면

○ 바이오디젤의 청정성은 여러 경로를 통하여 충분히 입증되어 왔다. 식용으로 사용되는 식물성오일이 그 원료라는 것에 보여주듯이 바이오디젤 성분에는 석유계 경유에 포함되어 있는 발암성 방향족 벤젠계 고분자가 거의 포함되어 있지 않으며, 따라서 인체에 무해하며, 자연계에서 28일 경과 시 77% 이상 분해되는 특징을 가지고 있음

○ 일반경유에서 황 성분을 줄이려는 노력을 많이 기울여 오고 있으며 이에 대한 규제치가 점점 강화되어 현행 360ppm에서 2005년까지 점차적으로 50ppm으로 낮추도록 예고를 하고 있다. 그러나 황 함유량을 낮출 경우 경유의 운환성이 급격히 저하하여 연료분사기의 심각한 고장을 초래하고 있으며, 연료의 불완전 연소로 공해가 증가할 수 있음

○ 바이오디젤과 경유를 적절하게 혼합하여 사용할 경우, 마모성이 대폭 감소하여 일반경유의 유험 함량을 크게 낮출 수 있어 공해감소효과가 크며, 이와 더불어 황산화물의 독성으로 인하여 현재까지 장착하기 어려웠던 '후 연소장치'를 자동차 배기구에 설치할 수 있어 미세먼지나 질소산화물의 양을 더욱 낮출 수 있는 장점이 있음

○ 바이오디젤 100% 또는 경유와 혼합하여 사용할 경우, 산소의 산화촉진작용으로 인하여 연소가 어려운 발암성 방향족 고분자의 연소를 촉진함으로써 분진(미세입자), 매연, 일산화탄소 등 각종 공해물질의 양이 급격히 감소함

○ 연소 촉진에 의한 엔진의 온도 상승으로 공기 중 질소의 산화가 촉진되어 질소산화물의 양이 2~13% 정도 증가함을 보여주고 있다. 반면 질소산화물과 휘발성 유기물질에 의한 오존발생은 -50~-10% 감소함을 보여주고 있음

○ 바이오디젤은 정유산업과 달리 대규모 자본과 고도의 기술이 필요하지 않기 때문에 유지작물(유채, 대두, 해바라기 등)을 원료로 농가 또는 마을 단위로 손쉽게 생산할 수 있으며, 유채는 꽃이 노랑색이고 타 십자화과보다 꽃이 크며 탐스럽기 때문에 관상용으로 관광자원이 가능하며, 꿀과 화분이 많아서 꿀벌의 밀원으로 활용 가치가 있고, 추대 후 경엽을 조사료, 쌈추 및 김치재료로도 이용함

○ 미국에서는 태평양 북서쪽에서 안정한 작부체계로 농산물을 생산하기 위한 추파 및 춘파유채의 다수성 품종, 양념류 고품질 겨자를 생산하기에 적합한 특별한 품종, 토양 중에 식물해충의 생물학적 방제, 수질개량, 토양침식의 경감과 바이오디젤연료의 생물학적 소생으로서의 대체의 재원을 마련하고 건조지역의 피복작물로서 특별히 glucosinolate 함량이 높은 유채 품종을 개발하고자 연구단체(STEEP, Solutions To Environmental and Economic Problems)를 결성하여 연구한 결과, 추파 및 춘파유채, 춘파겨자 재배는 토양침식을 줄이고 농토의 수질을 향상시키는 강력한 수단이 될 수 있음을 지적하였음

○ 앞으로 계속 될 농산물의 수입개방 등은 우리 농촌사회의 열악한 경쟁력으로 인해 탈 농촌화와 유희지 확대 등을 가속시켜 심각한 사회문제를 야기할 것이다. 그러한 점에서 겨울철 유희지 활용을 통한 유채유 생산 사업은 농가 소득의 향상으로 농촌사회의 균형발전에 도움을 줄 것이다. 그리고 부가적으로 유채단지 조성을 통한 농촌의 경관개선으로 관광산업으로의 연결도 가능하여 농촌의 경쟁력 향상에 일조할 것이다. 또한 가공된 유채유를 사용해 만들어 질 친환경 에너지 바이오 디젤을 생산함으로써 환경개선 효과는 물론 안정적인 연료공급 기반을 구축함으로써 과도한 해외 에너지 의존도를 탈피하고 국제유가 변동에 따른 국내 경기 영향을 완화시켜 국가 경쟁력 향상으로 이어갈 수 있을 것임

○ 우리나라는 호당 경지면적은 현재 약 1.4ha로 영세하며, 생력기계화가 미흡하여 안정적이고 경제성 있는 유채 생산이 어려운 실정이다. 그러나 유채를 청정에너지인 바이오디젤 원료로서 국가 정책적으로 공급할 경우에는 농가의 안정적 소득기반이 조성되어 재배면적은 확대될 것임

○ 따라서 유채 생산의 안정적이고 지속적 생산을 위해서는 재배기술이 확립과 더불어 생산비 절감 및 경쟁력 제고를 위한 생력기계화가 요구되며, 특히, 이를 극복할 기존 파종기를 개량한 유채파종기와 우리 실정에 적합한 콤팩트의 개발이 절실하게 요구됨

## 제 2절 국내의 관련기술의 현황과 문제점

### 1. 국내 기술 현황

○ 바이오디젤은 유채유, 대두유와 같은 식물성 기름, 사용한 식용유, 동물성 지방 등을 화학적인 전환을 통해 생산한 청정연소가 가능한 석유계 디젤의 대체 연료이다. 이러한 점에서 바이오디젤은 유기물로 만들어진다는 점을 제외하면 석유정제를 통해 생산되는 경유와 크게 다르지 않지만 바이오디젤은 11%(무게기준)의 산소를 함유하며, 황성분과 아로마틱 탄화수소(aromatic hydrocarbon)를 포함하고 있지 않다(OECD/IEA, Bus Systems for the Future : Achieving Sustainable Transport Worldwide, 2002, p80). 동시에 환경적으로 안전한 생물분해성 연료로서 기존의 석유에서 추출되는 경유에 비해 생산 시 대기오염이 현저히 낮은 상태인 것으로 알려져 있음

○ 바이오디젤의 최대 단점은 높은 생산비로 인한 경제성이다. 캐나다 재생가능 연료조합(Canadian Renewable Fuels Association)에 의하면 원유가격이 배럴당 \$40-\$50이 되어야 정부보조 없이 생산 가능하다는 견해를 보이고 있음

○ 바이오디젤 원료 생산 증대를 위해 소비되는 비료와 구충제에 의한 환경영향이다. 마지막으로 바이오디젤은 기존 경유에 비해 점도가 높아 낮은 온도에서 사용하기에는 상대적으로 불리하여 바이오디젤이 캐나다, 북미, 북유럽 등지에서 B100 형태로 상용화되기에는 한계가 있음

○ 식물성 기름은 경유와 분자구조가 유사하다. 경유와 다른 점은 산소원자를 일부 포함하고 있다는 점뿐이다. 이 같은 사실은 이미 110년 전 루돌프 디젤은 자신이 발

명한 디젤엔진의 원료로 땅콩에서 추출한 ‘바이오디젤’을 썼다. 최근 콩, 유채, 해바라기, 쌀겨, 코코넛, 야자수 등에서 추출되는 바이오디젤은 특히 ‘친환경적’ 특성 때문에 주목받고 있음

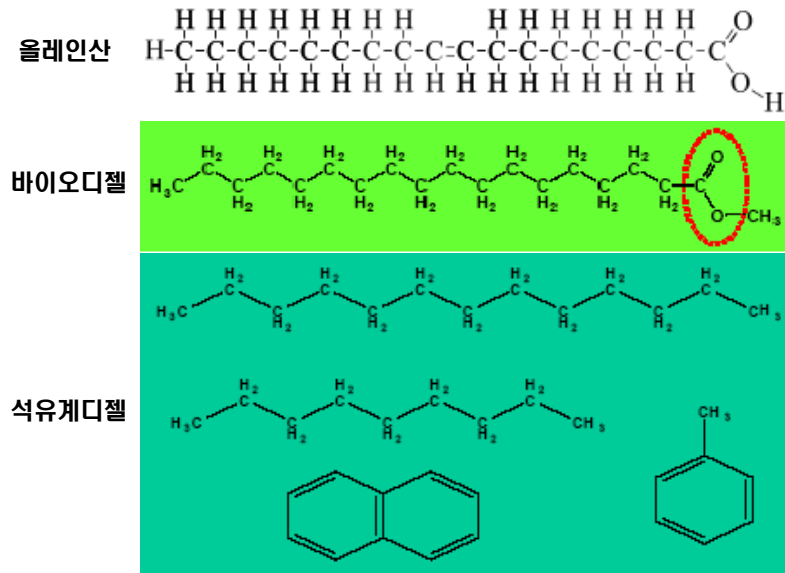


Figure 1. Molecular structure of petroleum diesel, biodiesel and oleic acid.

○ 바이오디젤 원료로 이용할 수 있는 식물성 기름작물은 유채, 대두, 땅콩, 해바라기, 팜, 등이 있는데 유채는 주로 에루진산(C 22:1)과 구루코지노레이트가 낮은 반면에 대략 60%의 올레인산(C 18:1)이 기름의 대부분을 차지하고 약 6%만이 포화지방산인 품종이 이용되고 있는데 이것은 고품질의 바이오디젤을 생산하는데 있어서 온도가 떨어져서 기름이 굳어지는 것을 막아주기 때문에 유리하다. 육종가들이 유채 품종개량에 주력하여 유채의 지방산조성 중에 올레인산이 포함된 불포화산이 87%, 기름함량이 45%까지 함유된 품종을 개발하였음

Table 5. Comparison of fatty acid composition of major oil crop for biodiesel.

식물종	함유율 (%)	Lauric (C 12:0)	Myristic (C 14:0)	Palmitic (C 16:0)	Stearic (C 18:0)	Oleic (C 18:1, n-9)	Linoleic (C 18:2, n-6)	Linolenic (C 18:3, n-3)	Eicosenoic (C 20:1, n-9)	Erucic (C 22:1, n-9)	P S 비	
											포화산	불포화산
유채(채래종)	41.5	-	-	2.3	1.5	9.5	11.9	8.6	7.7	58.5	4.1	96.2
유채(개량종)	44.5	-	-	4.2	1.6	63.4	21.2	8.7	0.9	-	5.8	94.2
유채(GMO)	44.5	36.7	3.9	3.1	1.3	33.2	14.4	7.4	-	-	42.7	56.3
대두	16.6	-	-	11.6	4.8	27.5	50.5	5.5	-	-	16.4	83.5
해바라기	45.5	-	-	6.5	4.6	36.5	52.1	-	-	-	6.5	93.2
팜		0.1	1.0	44.4	4.1	39.3	10.0	0.4	-	-	45.5	53.8
팜(kernel)		48.2	16.2	8.4	2.5	15.3	2.3	-	-	-	72.8	20.1

○ 유채는 타식율이 25~75%인 부분 타식성작물로서 자가수정작물에서와 같이 계통육종법에 의해 품종을 육성 및 보급하는 체계에서는 육성품종을 유지·증식코자 자식을 4~5회 계속하였을 경우 자식약세가 일어나 수량 감수가 초래되어 지속적으로 육성 당시의 증수를 유지하기가 어렵다. 이러한 문제점을 해결할 수 있는 방안으로는 잡종강세육종법에 의한 F<sub>1</sub> hybrid 품종의 육성임

○ 목포시험장에서 잡종강세를 이용한 초다수성 F<sub>1</sub> hybrid 품종을 육성하기 위한 수단으로 융성불임(MS)계 및 MS유지계를 육성하고자 각고의 노력 끝에 1996년에 추파형 Mokpo-CGMS 및 유지계 개발에 성공하였으며, 이를 바탕으로 초다수성 F<sub>1</sub> 품종(450kg/10a)을 육성하여 명실 공히 유채 육종의 최고수준을 이룩했음

○ 유채의 착유는 여러 단계를 거쳐서 이루어진다. 유채유를 식용 및 공업적으로 이용하기 위해서는 비슷한 공정을 통하여 공통적으로 이루어지고 있다. 그러나 각 공정들을 구성하는 설비의 구조나 공정조건은 그 특성에 알맞게 조정을 해야 함

원료 → 선별 → 탈각 → 과쇄 → 열처리 → 압착 → 여과기 → 원유

○ 착유설비에 포함되는 설비는 그림에서 보는 바와 같은 단계로 진행된다. 전처리로서 이용되는 정선 공정은 원료에 포함된 흙, 모래, 나무조각, 쇠조각, 잡곡 등의 여러 가지 험잡물을 제거해야 하는데 이는 이미 개발된 기계를 사용하면 쉽게 해결할 수 있다. 현재 국내에서 사용되는 대부분의 장치는 탈각, 과쇄, 가열, 압착 등의 여러 공정을 각각 설치하여 사용하고 있는데 피마자, 면실 등 껍데기가 단단한 물질은 탈각과 과쇄를 별도로 운영하고 콩, 유채, 쌀겨 등은 이를 이용한 설비에서 사용하고 있음

○ 착유에서 가장 중요한 부분은 가열과 압착 공정이다. 가열의 목적은 세포막을 파괴하고 단백질을 응고시켜서 유지가 세포에서 쉽게 유출되어 흘러나오게 하는 것으로서 착유율을 높이는데 효과가 있으나, 냉압법에 비하여 품질이 떨어지는 단점이 있다. 냉압법에서는 원료 중의 색소, 냄새 및 불쾌한 맛 등이 섞이지 않아 비교적 품질이 좋은 것을 얻을 수 있으나 착유율이 떨어짐과 동시에 박의 품질이 떨어짐

○ 소규모로 가열할 때는 시루와 같은 장치를 사용하지만 대규모의 경우에는 kettle을 사용하여 50~60 lb의 증기를 직접 불어 넣어 찌는 수도 있다. 이 때는 원료를 7%내외의 수분이 되게 건조하여 증기를 불어 넣어 15~17%의 수분이 될 때까지 찌면 유치가 수분과 치환되어 압착되기 쉬운 상태가 된다. 또 유채, 땅콩, 쌀겨 등은 분쇄 전에 술에 넣어 교반하면서 직화식으로 가열 하는데 이것은 기름에 색과 특유한 향기를 주는 것과 6% 내외의 수분이 되게 건조할 때 가열의 효과를 올리기 위함임

○ 가열된 씨앗은 압착기(press)로 압착을 하게 되는데, 압착기는 압착기를 조작하는 동력원에 따라 췌기압착기(wedge press), 나사압착기(screw press), 수압기(hydraulic press)등이 있는데, 나사압착기는 공업적으로 별로 쓰이지 않고, 자가용 또는 농촌의 작은 공장에서 사용하고 있을 정도이며 공업적으로는 수압기가 가장 널리

쓰이고 있다. 국내의 CJ 등의 대형 착유설비는 롤러 타입의 압착 설비로서 일정 공극을 갖는 두개의 롤러 사이에 씨앗을 통과시켜 착유하는 설비가 주종을 이루고 있는데 장치가 대형이라 매우 비싼 단점을 가지고 있음

○ 우리나라에서는 유채파종과 수확작업은 주로 인력에 의해 이루어지고 있기 때문에 우리 실정에 적합한 유채파종기 및 수확기계의 개발이 절실하며 현재까지는 독자적인 파종기 및 수확기계 개발을 수행한 예는 없음

○ 구미에서 개발되어 사용되고 있는 유채파종기는 송풍기의 흡인공기를 이용하여 배종판에 종자를 흡인하고 지면 가까이에 종자를 배출하는 방식의 대형파종기로서 우리나라의 포장구획의 크기, 토성 등을 고려할 때 이 방법을 그대로 적용하기에는 적합하지 않은 것으로 판단됨

## 2. 국외 기술 현황

○ 세계 여러 나라들이 국제 유가의 폭등과 화석에너지 고갈 우려, 그리고 환경 문제에 대처하기 위해 새로운 대체에너지 개발에 많은 관심을 갖고 있음

○ 미국, 브라질, EU 국가들이 곡물과 유지작물을 이용하여 바이오에탄올과 바이오디젤 등 바이오에너지를 개발하여 생산하고 있으며, 아시아에서도 중국, 인도, 태국이 곡물자원을 이용하여 바이오에탄올을 생산하고, 말레이시아는 팜유를 바이오디젤로 이용하고 있음

○ 고유가 시대의 도래와 더불어 바이오에너지(바이오디젤, 바이오에탄올)의 생산과 이용은 빠른 속도로 확대될 것으로 전망되며, 바이오에너지의 생산을 위해 곡물자원의 투입이 증가할 경우, 세계 곡물수급불균형 현상이 심화되어 국제곡물가격이 상승할 것으로 우려됨

- 바이오에탄올의 주원료인 옥수수는 최근의 생산부족이 확대되는 추세가 계속될 것으로 보임
- 우리나라는 쌀을 제외한 곡물의 자급률이 5% 수준에 불과할 정도로 대부분의 곡물을 수입에 크게 의존하기 때문에 세계 곡물 수급 불안이 확대될 경우 우리 경제에 큰 부담으로 작용

○ 1988년에 최초의 상업적 바이오디젤 생산은 RME(Rapeseed-oil-methyl-ester) 방식이었는데 공급되는 원료의 질에 문제가 있었지만, 지난 10여년 바이오디젤을 생산하는데 많은 연구가 이루어져서 상용화가 가능함

- 유채, 대두, 폐식용유 등을 포함한 다양한 공급원료 확보
- 여러 가지 원료로 매우 탄력적인 바이오디젤의 생산이 가능한 기술의 진보
- 고품질 바이오디젤 생산의 척도가 되는 기준의 설정
- 전 세계적으로 바이오디젤을 생산할 수 있는 능력의 확산
- 한정되어있던 기존의 석유시장에 일정부분을 차지할 수 있는 법적인 제도
- 바이오디젤에 적합한 디젤엔진의 개발



○ 독일은 유럽 중에서도 바이오디젤에 가장 적극적으로 대처하고 있다. 바이오디젤은 유채에서 생산하고 있는데 유채는 「셋트 아사이랜드」 라고 불리는 휴경지에서 재배되고 있다. 이 휴경지는 EU전체의 식량생산량을 확보한다는 목적으로 경작면적의 일정비율을 (현재 독일에서는 10%)휴경지와 식량생산 이외의 목적으로 이용하지 않으면 안 된다는 합의(CAP, 1992)에 기준한 것임

○ 현재 농가는 바이오디젤용 유채를 「셋트 아사이랜드」 에 심어 CAP보조금 (276~429유로/ha)을 추가시켜 유채의 판매수입을 얻을 수 있으며 독일 정부는 바이오디젤에 대해 화석 연료세 또는 환경세 합계 0.3마르크(2003년)를 무과세로 하여 바이오디젤 가격은 경유보다 다소나마 낮은 수준을 맞이하고 있음

○ 영국에서 유채의 작물로서 위치는 밀, 보리 다음으로 중요한 작물이며 식용과 공업용 목적으로 400,000ha가 넘게 재배되고 있으며, 유채는 ha당 £100을 보조해 준다. 식용 및 바이오디젤용 기름, 유채박 사료 이용 품종(Double low varieties)은 erucic acid 함량이 2%이하 이고, glucosinolate는 25micromoles/g이하이다. 공업용인 유채 품종은 high erucic acid 함량이 50~55%내외임

○ 프랑스는 2010년까지 재생에너지인 바이오디젤을 5.75% 대체하기 위해 바이오디젤 사용 및 원료 생산에 대한 새로운 인센티브로 바이오디젤과 바이오에탄올 사용의 경우 세금 환불제도와 바이오디젤원료용 유채재배 농가에 보조금 지불 제도를 도입함

○ 미국의 바이오디젤 산업은 약 55% 정도가 지방 혹은 기름(폐식용유 포함)을 원료로 사용하며, 나머지 절반 정도는 식물성 기름(식물성 기름 가운데 콩기름이 가장 저렴함)을 원료로 사용한다. 콩 산업이 바이오디젤 상업화의 driving force 이었는데, 이는 과잉 생산규모와 과잉생산에 따른 가격인하에 기인한 것이다. 비슷한 이유로 재생 식용유와 동물성 지방산업도 기여 하였으며, 콩 산업에 비해 저렴하게 원료를 공급하고 있음

○ 미국은 지금까지 대두를 원료로 바이오디젤을 생산하여 왔으나, 대두의 수급 불균형을 해소하는 방안을 강구하고자 광활한 대평원을 활용한 바이오디젤 원료용 작물 개발을 착수하여 미국에서 겨자(*Brassica juncea*)와 *Brassica campestris*를 이용한 biodiesel용 원료 품종 개발함

- 바이오디젤용 겨자기름 생산목표 : 6-12billion gallon
- 착유는 pound당 10센트 이하로 생산 가능
- 기름은 90% 이상 monosaturate를 함유
- 기름은 인간과 가축이 섭취할 수 없고, 공업용으로도 가치가 없으며 오직 바이오디젤용으로만 사용
- 겨자의 기름을 제외한 나머지는 높은 부가가치를 내포하여 pound당 12센트 초과
- 겨자의 기름을 제외한 나머지는 시장수요가 점점 늘어나야할 것
- 겨자재배는 미국의 방대한 지역에 잘 적응해야할 것
- 겨자재배는 투입이 적고 환경의 혜택이 많고, 작물의 운작에 이로울 것

- 겨자는 안정적인 생산과 착유공정이 경제적인 것
- 겨자의 생산성은 다른 상업적인 작물과 비교하여 잠재력이 점점 커질 수 있을 것
- 기름생산은 작물 생산의 25~40% 범위는 되어야하며, 재배농가와 착유업자에게 유리 하여야함
- 겨자를 바이오디젤(pure biodiesel) 원료 생산에 겨자를 이용하면 살충제와 살균제 사용 감소
- 겨자는 아주 오랫동안 녹색비료로 이용되었고, 약제방제를 하지 않아도 잘 자람
- 겨자의 뿌리, 줄기, 잎에 들어있는 glucosinolate 성분이 살충효과 있으며, glucosinolate 함량은 5~20 $\mu$ moles/g임
- 겨자로부터 육성된 'Blue Sun'은 한발저항성, 조숙성, 내한성, 병충저항성인 특징을 지님

○ 유채 기름 착유기술은 유럽 등 선진국에서 screw 타입의 expeller를 개발하여 상용화시키고 있는데, 이것은 screw press 또는 연속식 press라고도 부르는 것으로서 구멍이 뚫린 옆으로 된 원통 속을 screw가 회전하여, 이것으로 원료가 이송되어 이 원통과 screw간의 간격이 점차 좁아진 구조로서 원료에 압력이 걸려서 기름이 추출되는 원리로 되어 있다. Expeller는 구조상 Anderson expeller와 French screw press의 2가지로 나눌 수 있는 데 이의 특성을 요약하면 다음과 같다.

#### ㉔ Anderson expeller

이것은 수평원통 내에 동심 축으로 된 screw의 두 종류가 일직선상에 있다. 즉 원료를 보내는 screw인 feed worm과 압착하는 screw인 press worm이 있어 전자는 후자의 2배의 회전수로서 회전하는 바, 왼쪽의 hopper에서 들어간 원료가 feed worm에 의하여 press worm에 보내지면 press worm은 배출부 쪽으로 보내는데 여기에 있는 cone point에 의하여 압착된다.

#### ㉕ French screw press

Screw는 같은 회전수로서 회전하는데 screw의 지름 및 그 screw의 산이 여러 단으로 되어 있어 이것으로 압착하는 것으로서 cone point는 달려 있기는 하나 이것이 없어도 어느 정도 착유할 수 있다. Expeller의 압력은 10,000 lb 정도라 하며, expeller는 작용이 연속적인 까닭에 노동력이 적게 들 뿐 아니라 압착포를 필요로 하지 않고 또 설비에 큰 장소가 필요하지 않고 착유율도 수압 press보다 높다.

○ 최근 들어 듀얼 타입의 expeller가 프랑스에서 개발되었고, 재질의 개발로 screw 각도를 마음대로 조절함으로써 이론 단수를 크게 증대시켜 착유율이 97%에 육박하고 있다.

○ 한편 착유율을 더욱 높이는 방법으로서 추출법을 사용하고 있는데 추출법은 유지원료 중의 유지를 유지용제로 녹여서 추출하는 방법으로서 추출박에 남는 유지함량은 1%이하로 되어 채취효율이 높은 방법이다. 그러나 추출법으로 채유할 때 가장 경제적인 범위의 원료 중 유지함량은 20% 내외가 유리하며 그 이상 들어 있을 때는 압

작법이 더 유리하다. 그리고 유지함량이 대단히 적을 때는 용제가 원료조직 중에 흡수되어 회수가 곤란하므로 용제의 손실이 많아 불리하다.

일반적으로 현재 사용하는 추출장치를 요약하면 다음과 같다.

㉠ De Smet 연속추출기

이 연속추출기는 유럽에서 널리 쓰인다. 추출기 외각 case 속에 연속적인 쇠팅 belt가 화살쪽으로 이동한다. 원료는 hopper로 들어가서 이 belt에 의하여 왼쪽에서 오른쪽으로 이송되어 배출 hopper에 떨어진다. 용제는 원료층에 분무되어 기름을 추출하여 밑의 miscella hopper에 모인다. miscella는 hopper로 오른쪽에서 왼쪽으로 overflow하여 이동되고 이 사이에 각 단계에서 순환 pump에 의하여 계속 원료 층에 분무되어 추출이 반복되며 마지막 miscella로서 배출된다.

㉡ Rotocel 연속추출기

이 추출기는 미국에서 많이 쓰이는 이 장치는 추출기 case의 상반부에 회전체가 있고 하반부는 8구획이 되어 있어 회전체는 보통 18개의 cell로 나뉘어져 있고 각 cell의 밑바닥에는 쇠팅이 장치되어 있다. 원료는 구획 1로 먼저 들어가 회전체의 각 cell에 순차적으로 옮겨가서 시계바늘과 같은 방향으로 회전한다. 용제는 10에서 회전체의 cell 위에 분무되어 밑의 구획 7에 떨어진다. 이 miscella는 pump로 다음의 구획 6위에 분무되어 기름을 추출하게 된다. 이와 같이 기름을 추출하면서 원료의 회전방향과 반대로 이송되어 마지막 miscella로서 11에서 배출된다. 추출된 박은 구획 8로 cell에서 떨어져서 screw conveyer로 배출된다. cell이 1회전할 때 소요되는 시간은 1시간 전후이다.

○ 이밖에 Lurgi 추출기, Allis-Chalmer 추출기, Hidebrandt 추출기, Kennedy 추출기 등 여러 형태의 추출기가 있으나 추출에 사용되는 용제가 주로 헥산 등 유독성으로서 미국의 캘리포니아 등에서는 법적으로 추출이 금지되어 있고 이러한 경향은 계속 확대되고 있어 대체용제나 대체기술개발이 절실한 실정이다. 현재 CJ 등 대두유를 생산하는 업체에서는 압착법과 추출법을 동시에 사용하고 있으며 이에 대한 문제점이 국내에서도 제기되고 있는 시점이다.

○ 구미에서 개발되어 사용되고 있는 유채파종기는 송풍기의 흡인공기를 이용하여 배종관에 종자를 흡인하고 지면 가까이에 종자를 배출하는 방식의 대형파종기로서 우리나라의 포장구획의 크기, 토성 등을 고려할 때 이 방법을 그대로 적용하기에는 적합하지 않은 것으로 판단된다.

○ 일본에서 개발된 파종기의 배종방식은 주로 구멍롤러, 흙롤러 등을 이용하여 파종하는 방식이 주류를 이루고 있으며, 일부 기종은 송풍장치를 이용한 공기흡인식 배종장치를 이용한 파종기가 이용되고 있다. 파종기는 일정한 깊이로 골을 내어 정밀하게 파종하는 것이 중요한 기능이라서 일본 기종은 일본의 부드러운 토성에 알맞도록 파종기가 개발되어 경운정지 작업상태가 양호하여 파종상태가 매우 정밀하게 된다. 그러나 우리나라 토성은 점질성이 높아 채토상태가 좋지 않을 뿐만 아니라 일부는 돌이 섞여 있고 물기가 많으면 기계에 흙이 붙어 우리나라에서 이용하기에는 쉽지 않다.

○ 구미 및 일본에서 개발되어 사용되고 있는 유채파종기는 우리나라의 유채재배 포장의 토성, 규모, 물성 등을 고려했을 때 적합하지 않은 것으로 판단된다. 우리나라에서 개발되어 사용될 수 있는 유채파종기는 논 및 밭의 소규모 포장에서 기동성 있게 사용될 수 있어야 하고 짙이나 자갈 등의 이물질이 있는 상황에서도 파종될 수 있는 시스템으로 개발되어야 한다. 따라서 이에 적합하도록 기구 설계가 되어야 하나 국내에서는 아직 이에 대한 연구가 부족한 상태이며, 구미 또는 일본에서 사용되고 있는 기구부는 포장조건이 다르므로 그대로 사용하기에는 문제점이 있는 것으로 판단된다.

### 3. 앞으로의 전망

○ 많은 시간과 자금의 투자가 필요한 일반적인 개념에서 이해되는 대체에너지 사업과는 달리, 선진국에서 상용화가 이루어진 후발적 산업의 장점을 갖는 바이오디젤 생산사업은 투자를 최소화할 수 있는 산업이다. 또한 본 산업은 기술력으로서 경쟁력을 보장받는 기술바탕 산업이라는 또 다른 잇점을 제공해 준다. 따라서 빠른 기술개발로 기존의 공정보다 상대적인 경쟁력을 유지할 수 있어 광대한 시장 확보가 유리함

○ 선진국과 대비하여 우수한 기술을 확보할 수 있다면, 바이오디젤 산업뿐만 아니라 환경화학 산업의 기본원료 생산 산업에서 우위를 차지할 수 있어, 바이오디젤 산업은 국내 경쟁력뿐만 아니라 국제 경쟁력을 가질 수 있는 산업이다. 현재 정부와 일부 기업체, 학계의 우수한 기술 인력을 바탕으로 수행하고 있는 21세기 프론티어 사업의 결과가 이미 도출되고 있고, 이에 대한 기술 특허와 공장건설이 추진되고 있는 상황에서 경쟁력 있는 바이오기술의 자립화는 매우 전망이 밝다고 할 수 있음

○ 바이오디젤 산업은 이미 충분히 설명된 바와 같이 CO<sub>2</sub> 저감 연료의 상용화를 통하여 실질적인 CO<sub>2</sub> 저감효과를 얻을 수 있을 뿐만 아니라 국가의 환경개선의 지를 국제사회에 보여줄 수 있는 성공적 사례로 제시될 수 있음

○ 환경과 산업 측면에서 현재 대부분을 수입에 의존하고 있는 환경친화적 정밀 화학산업(화장품, 세제, 윤활제, 농약 등)의 근본원료를 저렴하게 공급함으로써 국내의 취약한 기반을 갖고 있는 상기의 산업을 발전시킬 수 있는 계기를 마련할 수 있는 기회를 제공해 줄 것으로 사료됨

○ 전 세계 식물성 기름 시장은 대두, 팜, 유채, 해바라기의 4가지 작물로 대표되며, 전체 생산량의 86%를 차지하고 있다. 과거 이 작물들은 식용으로만 주로 이용되었다. 이 기름작물들의 지방산조성은 주로 C 16과 C 18그룹으로 이루어져 공업용으로 이용하기에는 적합하지 못하였다. 반면에 마이너작물 또는 작물로 이용되지 않은 식물들은 hydroxyl, epoxy와 acetylinic 그룹을 갖으며 C 8부터 C 24 까지 지방산조성이 다양하면서 각기 지방산함량이 높은 수준으로 축적되기도 한다. 그러한 기름은 조제약품, 화장품, 접착제, 페인트, 세제, 윤활유와 나일론과 같은 상품 제조에 이용될 수 있음

○ 유채 융성불임성을 이용한 400~450kg/10a F<sub>1</sub> hybrid 개발은 다수확, 광지역 적응성, 균일성, 재해저항성, 동시성숙성을 만족할 수 있어서 유채 재배를 확산하는데

유리하며 국내의 유채 품종 개발의 기술을 높여 종자 수출도 가능함

○ 향후 전 세계가 화석에너지 고갈로 에너지 위기에 직면할 때 형질전환 기름 작물에 대한 전략을 바꾸어 인류에게 관심이 되는 지방산의 높은 수준을 합성이 가능한 새로운 작물을 개발하기 위하여 분자유종 기술이 활발히 활용될 것이며, 특수한 용도에 맞도록 특별하게 유전자를 도입하여 개발된 형질전환 식물에 대한 상용화는 작물로서 다소의 문제를 안고 있지만 식품이 아닌 용도에 쓰일 때에 공식적으로 작물임을 인정할 수도 있음

○ 고전육종과 결합된 생물공학적인 분자유종 기술은 새로운 바람직한 형질을 소유한 품종과 중간모본을 육성하는데 있어서 doubled-haploid 계통의 육성, 종간교잡, 분자표지인자 기술과 같은 폭넓은 방법이 제공된다. 그러나 장래의 유채품질의 조정은 유전공학의 도움이 없이 만족도를 실현이 될 수 없을 것이다. 새로운 형질을 갖는 유채품종들이 포장시험에서 평가가 이루어지고, 교잡육종(hybrid breeding)에 대한 화분조절 체계, 제초제저항성, 변형된 종자품질, 많은 다른 결과들이 소개되고 있다. 소위 관행의 고전육종과 현대적인 분자유종 방법이 장래의 유채 육종에 시너지효과를 갖도록 이용되어질 것임

○ 식용유의 착유기술은 이미 많은 기술이 개발된 대형 투자 산업기술이다. 그러나 유지가 새로운 공업 원료로서 부각되고 있는 시점에서 이에 적합한 원료를 생산하기 위한 경제적이고 효율적인 설비 개발이 절실한 시점이다. 실제 유럽 등 바이오디젤 선진국에서는 운전비용이 고가인 식용유 생산설비를 사용하지 않고 원료 사양에 적합한 착유공정을 개발하여, 바이오디젤 생산 공장 또는 유채생산지역에 중규모 설비를 갖추고 원료를 생산하고 있음

○ 따라서 월 500톤 정도의 생산이 가능한 고효율 착유 기술 개발은 겨울철 유희지 및 휴경지를 이용해 유채를 재배하여 바이오디젤 생산업체에 유채유 판매를 가능하게 하여 농가소득을 향상에 기여할 수 있을 것이라 사료된다. 이로써, 유채 생산자인 농민과 바이오디젤 생산업체인 소비자 간의 기본적인 인프라가 구축되어 친환경 제품인 바이오디젤의 보급 확대를 통해 국가 경쟁력 향상으로 이어질 수 있음

○ 우리나라 유채재배의 경우 파종, 수확작업에 특히 많은 노동력이 소요되며, 노동 강도가 매우 높은 것으로 조사되고 있는데 본 연구를 통하여 유채파종기 개발이 성공적으로 이루어지는 경우 소요노동력을 대폭 줄일 수 있으며, 작업자의 편의성 향상이 기대된다. 또한 유채생산의 안정적 생산에도 기여할 수 있어 생산비 절감을 통한 경쟁력 제고와 농민 소득 향상에 도움이 될 것임

○ 따라서, 본 연구는 이러한 현실을 감안하여 유채 파종 및 수확작업의 생력기계화를 위해 유채를 정밀하게 파종할 수 있는 배종장치, 파종장치, 작조 및 복토 진압장치를 조사 분석하여 적응성 시험 및 성능시험을 수행하고 동시에 유채를 수확할 수 있는 범용 콤파인을 조사 분석하여 적응성 시험 및 성능시험을 수행함으로써 우리 실정에 적합한 유채 파종기 및 수확기를 제시할 수 있을 것으로 판단됨

○ 앞으로 벼 대체작목으로서 유채가 주목을 받을 것으로 판단되며, 대체에너지

생산을 위한 주요작물의 하나로서 부각될 것이다. 이를 활성화 시켜나가기 위해서는 수확작업의 기계화는 더 절실하게 요구될 것으로 판단되며, 농촌의 활성화에 대한 인식이 점점 강조되는 추세에 비추어 볼 때 유채재배는 더욱 촉진될 것으로 판단됨

### 제 3절 연구 개발의 목표

#### 1. 연구 개발 목표와 내용

가. 바이오디젤용 유채의 다수확성, 조숙성, 고올레인산 함유 1대잡종 선발

○ 유채 1대잡종 개발은 고정종의 수량성 180~200kg/10a보다 2배 정도 높은 380~400kg 정도 수량이 증수되어 바이오디젤 원료 생산 원가를 절감하는 효과를 가져다 줄 수 있음

○ 유채 응성불임성을 이용한 400~450kg/10a F<sub>1</sub> hybrid 개발은 다수확, 광지역 적응성, 균일성, 재해저항성, 동시성숙성을 만족할 수 있어서 유채 재배를 확산하는데 유리하며 국내의 유채 품종 개발의 기술을 높여 종자 수출도 가능함

○ 바이오디젤 보급과 생산이 구체화되면 늘어나는 바이오디젤 원료를 확충하기 위해서는 겨울철 유희경작지의 이모작재배를 통한 바이오디젤 원료의 안정적인 생산기반을 갖추고자 하는데, 이모작의 경우 후작인 유채의 수확기가 6월 15일 이후로 늦어지면 벼 재배 이앙시기와 맞물려서 벼의 수량감소를 초래함

○ 본 연구는 이러한 문제를 줄이기 위해서는 유채 수확시기를 앞당기면서 유채의 수량이 저하되지 않도록 이모작에 적합한 품종 개발이 시급하기에 바이오디젤 원료 및 이모작용으로 최적인 올레인산 고함유, 조숙, 다수확성 및 동시수확성 1대잡종을 조기 선발하여 보급코자하며 이에 따르는 1대잡종 종자 생산 및 보급체계까지도 확립코자함

나. 내한성 및 다수성 바이오디젤용 유채품종 개발

○ 바이오디젤용 내한성과 다수성을 갖는 1대잡종 개발

다. 유채의 부가가치 향상을 위한 바이오디젤 생산 기술 개발

○ 바이오디젤의 합성 원료의 국산화로 수급의 안정성과 농가소득향상을 위한 국내산 유채착유기의 개발과 유채 바이오디젤의 생산기술 개발

라. 우리나라 경작규모에 적합한 농가보급형 유채 생력 기계화 기술 개발

○ 본 연구의 목표는 우리나라 유채의 물성, 재배조건, 포장 및 토양상태 등 이용조건을 충분히 고려하여 기존의 파종기를 유채파종에 적합하도록 개량한 유채파종기 개발 및 국내외 이용되고 있는 콤바인을 유채 수확작업에 투입하여 적응성 시험 및 분석을 통하여 유채 생력 기계화 일관재배에 필수적인 우리 실정에 적합한 유채파종기 및 수확기를 제시함에 있다.

## 2. 연차별 연구개발 목표와 내용

### 가. 바이오디젤용 유채의 다수확성, 조숙성, 고올레인산 함유 1대잡종 선발

구 분	연구 개발 목표	연구개발 내용 및 범위
1차 년도 (2006)	○올레인산 고풍유 1대잡종 선발	-올레인산 함량이 높은 고정종 선발 -용성불임계와 선발 화분친간 교잡 F <sub>1</sub> 양성
	○이모작형 조숙, 동시성숙성 1대잡종 선발	-숙기가 빠르고 동시성숙성인 화분친계통 선발 -용성불임계와 선발 화분친간 교잡 F <sub>1</sub> 양성
	○내병성 1대잡종 개발 및 효과적인 방제기술 확립	-균해병과 도복에 강한 화분친계통 선발
	○1대잡종 종자 생산 및 보급 체계 확립	-용성불임 및 불임유지계 기본식물 종자 생산 격리채종 재배 · 동절기 비닐하우스 이용 보온 재배 · 타 유채 품종의 화분비산에 의한 오염 방지 · 불임유지계 순도 유지 및 종자증식 · 용성불임종자 증식 -1대잡종 생산의 화분친 계통 망실 격리 재배 · 화분친계통 순도 및 종자증식
	○생력기계화 일관작업재배 기술체계 확립	-파종방법, 파종시기, 파종량, 수확시기 구명 -제조제 적용 유무 및 사용 방법
2차 년도 (2007)	○올레인산 고풍유 1대잡종 선발	-고함유 올레인산 F <sub>1</sub> 조합의 일반조합 능력검정 -용성불임계와 선발 화분친간 교잡 F <sub>1</sub> 양성 -올레인산 고풍유 계통의 돌연변이체 선발
	○이모작형 조숙, 동시성숙성 1대잡종 선발	-조숙성 F <sub>1</sub> 조합의 일반조합능력 검정 -용성불임계와 선발 화분친간 교잡 F <sub>1</sub> 양성
	○1대잡종 지역적응성 및 수량성 검정	-용성불임계와 화분친간 교잡 F <sub>1</sub> 의 지역적응성 검정
	○내병성 1대잡종 개발 및 효과적인 방제기술 확립	-균해병 방제법 구명
	○1대잡종 종자 생산 및 보급 체계 확립	-1대잡종 유채재배 면적의 확산에 대비한 보급 종자 대량생산 체계 구축 -용성불임 및 불임유지계 기본식물 종자 생산 격리채종 재배 -1대잡종 생산의 화분친 계통 망실 격리 재배
	○생력기계화 일관작업재배 기술체계 확립	-파종기 및 수확기 적정 재배 규모 구명 -1차년도 기계파종과 콤바인 수확에서 오는 문제점 도출 및 해결방안 모색
3차 년도 (2008)	○올레인산 고풍유 1대잡종 선발	-양성된 고풍유 올레인산 F <sub>1</sub> 조합의 일반조합 능력 및 임성회복능력검정 -올레인산 고풍유 계통의 돌연변이체 선발
	○이모작형 조숙, 동시성숙성 1대잡종 선발	-선발된 조숙성 F <sub>1</sub> 조합의 일반조합능력 검정
	○1대잡종 지역적응성 및 수량성 검정	-용성불임계와 화분친간 교잡 F <sub>1</sub> 의 지역적응성검정
	○1대잡종 종자 생산 및 보급 체계 확립	-용성불임계통 원원종 증식 -화분친 계통 원원종 증식
	○생력기계화 일관작업재배 기술체계 확립	-파종기 및 수확기 운용의 적정 재배규모 구명 -2차년도 기계파종과 콤바인 수확에서 오는 문제점 도출 및 해결방안 강구 -최적의 생력기계화 재배 모델 제시

나. 내한성 및 다수성 바이오디젤용 유채품종 개발

구 분	연구 개발 목표	연구개발 내용 및 범위
1차 년도 (2006)	○ 내한성 및 다수성 유채 계통 탐색 및 선발	- 유채 계통별 특성조사 및 선발, 유지 - 국내외 유채 유전자원 탐색 - 계통선발 및 종자확보를 위한 세대단축 실시 - 내한성 및 수량성 조사를 위해 옹성불임, 불임유지, 임성회복 각 계통별 추파 포장차검 - 인공교배를 통한 각 계통 유지, 수집 유전자원과 옹성불임간의 교배조합 생산 - 유채 형질전환조건 확립
2차 년도 (2007)	○ 탐색 유전자원의 인자분석 ○ 1대잡종 예비조합 작성 및 생산 ○ 다수성 관련 유전자 삽입	- 수집 유전자원과 옹성불임간의 교배조합에 대한 차검을 통해 인자분석 실시 - 숙기관련 형질 (숙기, 균일성, 내도복성 등) 조사 - 인공교배를 이용, 차검을 위한 예비조합 종자 생산
3차 년도 (2008)	○ 예비조합 차검 및 선발 ○ 시교 생산용 원종증식	- 조합별 내한성, 수량성 검정 및 우량조합 선발 - 옹성불임계통 과 불임유지계통 간의 인공교배를 통한 1대잡종의 모계생산 - 임성회복계통의 인공교배를 통한 1대잡종의 부계생산

다. 유채의 부가가치 향상을 위한 바이오디젤 생산 기술 개발

구 분	연구 개발 목표	연구개발 내용 및 범위
1차 년도 (2006)	○ Pilot 시운전을 통한 최적화 운전 조건 도출	- 연속착유 system의 최적 운전조건 도출
2차 년도 (2007)	○ Scale-up Pilot 공정 기본조건 도출	- 월 500톤 규모의 Pilot 제작을 위한 기본 운전조건 도출
3차 년도 (2008)	○ 현장 적용을 위한 Pilot 연속 생산 및 품질특성 확인 ○ 부산물 특성 평가	- 공정성능 파악을 위한 연속운전으로 유채유의 대량 시범 생산 - 유박의 활용처 모색

라. 우리나라 경작규모에 적합한 농가보급형 유채 생력 기계화 기술 개발

구 분	연구 개발 목표	연구개발 내용 및 범위
1차 년도 (2006)	○ 기존 파종기 실태조사 및 파종 메카니즘 분석 ○ 파종 작업 성능분석 및 개량요인 도출 ○ 범용 콤팩트인 실태조사 및 수확 메카니즘 분석 ○ 수확 작업 성능분석 및 개량요인 도출	- 유채 재배 실태 조사 분석 - 기존 파종기 파종 메카니즘 분석 - 기존 파종기 이용 유채 파종 적응시험 - 파종기 작업성능 분석 및 개량요인 도출 - 유채 기계수확을 위한 재배특성 조사 - 유채 기계수확적기 포장조건 및 작물물성 조사 - 범용 콤팩트인 수확 메카니즘 분석 - 범용 콤팩트인 이용 유채 수확 적응시험 - 범용 콤팩트인 작업성능 분석 및 개량요인 도출
2차 년도 (2007)	○ 기존 파종기 개량 ○ 기존 파종기 작업성능분석 및 보완점 도출 ○ 범용 콤팩트인 개량 ○ 범용 콤팩트인 작업성능분석 및 보완점 도출	- 기존 파종기 구성요소 개량요인 설계 - 기존 파종기 구성요소 개량제작 및 요인시험 - 개량 파종기 유채 적응시험 - 개량 파종기 작업성능 분석 및 보완점 도출 - 범용 콤팩트인 구성요소 개량요인 설계 - 범용 콤팩트인 구성요소 개량제작 및 요인시험 - 개량 범용 콤팩트인 유채 적응시험 - 개량 범용 콤팩트인 작업성능 분석 및 보완점 도출
3차 년도 (2008)	○ 개량 파종기 및 콤팩트인 보완점 개량 ○ 파종기 및 콤팩트인 유채 적응시험 ○ 작업적응성 분석 및 평가 ○ 유채 재배 생력화 기계 모델 제시	- 개량 파종기 및 콤팩트인 구성요소 보완 - 개량 파종기 및 수확기 유채적응시험 - 포장 작업속도, 손실율, 이물질 혼합비, 작업정도, 내구성 등 작업 적응성 분석 및 평가 - 유채 재배 생력화 기계 모델 제시



## 제 2장 바이오디젤용 유채의 다수확성, 조숙성, 고올레인산 함유 1대잡종 선발

### SUMMARY

As oil prices and environmental problems have risen in the past several years, the concept of "sustainable development" has been issued. For reducing global carbon emissions, the international demand that traditional fossil fuels should be replaced with renewable forms of energy are dramatically increasing. Rising oil prices and climate change are propelling many governments to enact consistent and long-range policies for the production and use of renewable energy.

The two most prevalent biofuels are biodiesel and ethanol. Worldwide, 10 billion ltrs of biodiesel were produced in 2007, up 11-fold since 2000. Most biodiesel was produced in the EU (6 billion ltrs) and the US (2 billion ltrs). 52 billion ltrs of ethanol were produced for fuel in 2007, triple the level in 2000. Most ethanol was produced in the US (27 billion ltrs) and Brazil (19 billion ltrs).

Due to bioenergy policies of developed countries, economic development of developing countries, and agricultural production problems around the world, world demand for grains and vegetable oils is increasing. This is also one of the driving factors accounting for increasing food prices.

The cost of biodiesel production seems to be associated with increased cultivation area of the feedstocks and yield of biodiesel crops per area. The price of biodiesel is not much expensive than conventional diesel. This is also one of the important factors for the production of biodiesel and its use.

In order to increase biodiesel production and meet the biodiesel demands of Korea, double cropping system should be introduced into unused agricultural land of winter season, thereby increasing the availability of suitable land for rapeseed production.

Rapeseed, as a feedstock for biodiesel production, has a higher level of oil content than other oil-based crops and shows high productivity. In case of double cropping(rice + rapeseed), the transplanting of rice is normally delayed due to late harvesting of rapeseed and thus the yield of rice is usually decreased. Therefore, it is necessary to develop new varieties with high oleic acid content and early maturing character for solving above problems. Also, development of F<sub>1</sub> hybrid rapeseed with simultaneous maturation and high yielding ability is strongly required. Furthermore, the use of agricultural machines for rapeseed production processes from sowing to harvesting is greatly recommended.

## 제 1절 연구 개발 과제의 개요

○ 바이오디젤의 생산원가는 원료재배 면적의 확대 및 단위 면적당 생산량 증가, 그리고 원유 가격 급등 영향 등에 따라 상당한 차이를 나타낼 수 있어, 이 같은 가격 경쟁력 비중은 바이오디젤 사용 확대의 중요한 기반이 되므로, 바이오디젤 원료의 안정적인 확보 여부가 중요한 경쟁력 요인이 될 가능성이 높음

○ 더욱이 석유산유국의 정치적 불안, 세계 기후의 급격한 변화에 따른 석유 소비가 공급을 앞지르면서 유가가 급상승하고 있는 상황에서 바이오에너지의 수요는 막대하게 될 것이며, 이로 인하여 세계시장에서의 바이오디젤 원료용 식물성유지작물의 가격 변동은 더욱 심화될 전망이기 때문에 대체할 수 있는 유지원료에 대한 안정적 확보의 필요성이 더 절박해지고 있음

○ 바이오산업의 발전을 위해서는 원천적인 기술 도입보다는 기술 축적을 위한 R&D가 바람직하며, 성장잠재력이 높은 바이오에너지(바이오에탄올, 바이오디젤) 산업 및 원료생산의 국내정착이 필요함

○ 바이오디젤의 원료가 되는 기름작물 중 유채는 타 유지작물에 비하여 기름함량이 높고 단위 면적 당 기름이 되는 종자의 수량성이 높아 바이오디젤 원료수급 상 공급량을 확보하는데 가장 유리함

○ 바이오디젤 보급과 생산이 구체화되면 늘어나는 바이오디젤 원료를 확충하기 위해서는 겨울철 유희경작지의 이모작재배를 통한 바이오디젤 원료의 안정적인 생산기반을 갖추고자 하는데, 이모작의 경우 후작인 유채의 수확기가 6월 15일 이후로 늦어지면 벼 재배 이양시기와 맞물려서 벼의 수량감소를 초래함

○ 이러한 문제를 줄이고자 유채 수확시기를 앞당기면서 유채의 수량이 저하되지 않도록 이모작에 적합한 품종 개발이 시급하기에 본 연구는 목표를 “바이오디젤 원료 및 이모작용으로 최적인 올레인산 고함유, 조숙, 다수확성 및 동시수확성 1대잡종을 조기 선발”로 하여 조기에 벼 이모작용 조숙 다수확 품종을 보급코자하며 이에 따르는 1대잡종 종자 생산 및 공급체계까지도 확립코자함

## 제 2절 국내의 기술 개발 현황

○ 유채(*Brassica napus* L., AACC, 2n=38 과 *B. campestris* L., AA, 2n=20)는 세계의 대다수 나라에서 중요한 기름작물로 재배되고 있으며, 유채에서 기름의 지방산 조성 개량과 기름함량을 높이기 위한 육종은 중요한 목표 중의 하나임

○ 독일에서는 추파형 유채(winter type oilseed rape)의 high oleic acid계통을 육성하고자 연구를 진행하여 왔음

- 유채는 냉 온대지방에서 가장 중요한 기름작물임
- 표준화된 유채는 60% oleic acid (C18:1), 20% linoleic acid (C18:2), 10% linolenic acid (C18:3)를 포함하고 있음
- High oleic acid (C18:1)는 75% 이상을 함유하는 것을 말함
- Doubled-haploid (DH) 계통에서 oleic acid (56-75% C18:1) 분리

- 독일의 3개 지역에서 2년간 검토
- 분산분석 결과 oleic acid의 유전력은  $h^2=0.99$ 로 높게 나타남
- high oleic acid (> 64% C18:1)과 low oleic acid (<64% C18:1)로 구분

○ *Brassica napus* 와 *Brassica campestris/rapa* 종으로부터 개발된 'Canola'

- 에루진산 (erucic acid) 함량 : 2% 이하 → 1% 이하
- 구루코지노레이트 (glucosinolates) 함량 : 30 이하 → 18 micromoles 이하
- 유채종자 종피 색깔은 노란색과 갈색

○ 캐나다에서 2007년까지 canola 산업 전망을 간략하게 정리하면, ①매년 700백만 톤 생산 유지, ②canola 주요수출국은 일본, 멕시코, 중국, 미국 등인데 장래에 2~3개 나라 더 확보, ③biodiesel로의 canola의 새로운 시장 창출, ④새 GMO canola 품종의 도입(제초제 저항성 canola 3가지 그룹 : Round Ready, Liberty Link, Clearfield, 저 linolenic/ 고 oleic acid canola GM Roundup Ready hybrids)

○ Rapeseed (*Brassica napus* L., AACC,  $2n=38$  과 *B. campestris* L., AA,  $2n=20$ )은 세계의 대다수 나라에서 중요한 기름작물로 재배되고 있으며, Rapeseed에서 기름함량을 높이기 위한 육종은 중요한 목표 중의 하나이다. Double-low 품종(기름에서 erucic acid 함량 2%미만, 박에서 glucosinolate함량 30micromole/g 이하)의 성공적인 개발은 사람과 가축들에게 양질의 가치 있는 기름과 박을 제공하였음

○ *Brassica napus*의 노란종피 종자 품종의 개발은 박(粕)의 품질(섬유소함량 저하 및 단백질함량 증가), 기름함량 증가 (1-2%), 착유과정에서 기름의 세정단계 생략 등에 특히 바람직하다. 검은색 종피 종자는 식물 조직의 착색과 연관된 flavonoids계에 속하는 leucocyanidin의 중합체인 polyphenol로 구성된 염색소 형성이 원인이며, 종자 종피는 palisade 층, 여러 겹 parenchyma 세포, 단층의 aleurone으로 구성되어 있음

○ Palisade와 parenchyma 세포는 모계 조직인 ovary의 외부 껍질로부터 유래되었고, aleurone 층은 종피의 내부 층인데, 가장 바깥쪽 배유세포로부터 유래된 것이다. Palisade 층은 종피의 가장 두드러진 세포층이며 섬유소 양을 증가시키고 기름과 단백질 양을 더 낮아지게 하는데, 노란종피 종자는 이것의 두께를 1/2-2/3 정도 줄어 들게 한다. 결과적으로 polyphenol과 lignin의 더 낮은 비율이 되게 하는 것이다. 결과적으로 노란종피 종자로부터 얻어진 박(粕)의 소화율은 검은종피 종자의 박보다 더 높아 지게 됨

○ 노란종피 유채품종의 박이 식이섬유(dietary fibre)함량이 271g/kg dry matter로 낮은 반면에 검은종피 유채품종은 352g/kg dry matter로 높다. 진정한 대사에너지 함량은 노란종피 유채품종이 가장 높다. canola 박의 사료적 가치는 사료공업에 의해서 노란종피 품종의 이용과 개량을 통해 중요도가 높아지고 있음을 시사함

○ *Brassica napus*는 *B. campestris*와 *B. oleracea*(CC,  $2n=18$ ) 간의 복이배체 amphidiploid이므로 노란색종자를 가지고 있는 *B. campestris*를 이용하여 *B. napus*의 재합성은 *B. napus*의 노란색종자를 개발하는 중요한 방법이 되고 있음

○ *Brassica napus*의 유전자원 중에는 본래 노란종피 유전자형이 없기 때문에

노란종피인 *B. rapa*와 노란색 또는 갈색종피인 *B. alboglabra* 간 교잡을 통한 *B. napus*의 재합성이 노란종피 유채품종을 창성하는 것임

○ *Brassica napus*에서 종피색의 유전은 Shirzadegan (1986)과 Van Deynze와 Pauls(1994)에 의해서 연구한 결과 *B. napus*의 검은 종피색은 3개의 우성유전자, 노란 종피색은 3개의 열성호모유전자가 관여한다고 밝혔음

○ 독일에서 Rashid 등(1994)은 [*(B. napus* × *B. juncea*) × *B. napus*] × [*(B. napus* × *B. carinata*) × *B. napus*] 의 중간교잡으로부터도 노란색종자 계통을 선발하였음

○ 중국에서 Tang 등(1997)은 (*B. rapa* × *B. oleracea*) × *B. napus*, *B. napus* × *B. juncea*와 *B. napus* × *B. rapa*의 중간교잡을 통해 얻어진 계통에 방사선을 조사하여 후대분리 시켜 노란색종자 *B. napus*를 개발하였음

○ *Brassica napus*의 다수성, 내병성, 노란색종자 품종의 육종은 Agriculture and Agri-Food Canada Saskatoon Research Centre(AAFC-SRC)의 oilseed-breeding 프로그램 중 가장 큰 issue이다. AAFC-SRC에서는 25년 동안 노란종피 유채를 개발하기 위해 육종연구를 수행하여 왔으며, 유채의 노란종피 유전자원은 검은종피이며 기름과 박의 질이 개량된 유채품종 Regent와 노란종피 *Brassica*인 *B. rapa*, *B. carinata*, *B. juncea* 간 복잡한 중간교잡으로부터 만들어졌음

○ 계통육종법을 통하여 교잡후대에서 노란종피로 분리된 계통을 선발하였다. 선발된 노란종피 계통은 기름함량 낮고, 수량성이 저조하였다. 이 노란종피 계통을 다수성이며 기름함량이 높은 검은종피 계통과 재차 여교잡하여 기름함량이 높고 다수성인 노란종피 유채품종을 개발하였음

○ 캐나다에서 canola와 같이 기름의 erucic acid와 박의 glucosinolate가 낮으면서 노란종피 종자인 *B. juncea*를 개발하고자 doubled haploid와 노란종피 계통에서 관여유전자와 대립인자에 대하여 DNA marker 기술을 적용해서 유전적 표지(tag)를 만들어 노란종피에 관련된 주요한 질적 유전자를 집적하는 것과 같은 진보된 식물 육종 기술을 적용하여 3~5년 내에 가치 있는 품종을 선발하였는데 이는 기존의 고전 육종 기술 보다 시간을 절반 정도 단축한 것임

○ 오늘날, 개량된 유채는 EU, 캐나다, 중국, 인도, 호주 등에서 경제적으로 중요한 위치를 차지하면서 전 세계 oilseed 작물 중 가장 선도적인 것의 하나이다. 기름작물은 인간과 가축의 양자에게 중요한 에너지원 이며, 공업원료로도 상당부분 활용되고 있다. Zero-erucic 및 low-glucosinolate 품종인 canola 유채개발은 식물성기름과 시료이용의 가치를, 그리고 high-erucic acid와 laurate 품종 개발은 공업용으로서 가치를 한층 증폭시켰음

○ 유채의 중요한 특성은 Bengal의 덥고 건조한 지역, Scotland의 춥고 습한 지역, Canada의 아주 추운 지역의 기후에서 폭넓게 자라는 능력을 갖는다는 것이며, 특히 유채는 유전자변형을 하기가 쉬워 장래에는 시장에서 요구되는 여러 가지 조성인 다른 기름을 포함하는 품종을 개발할 수 있음

○ Glucosinolate와 연관된 과생산물은 살충제로서 그 이용 가능성이 있고, glucosinolate는  $\beta$ -D-thioglucose 일부를 소유하는 유기음이온이며, isothiocyanate의 형태로 재조성이 될 수 있으며, metam-sodium(Vapam)의 화합물을 생성할 수도 있다. 십자화과 식물조직이나 조직추출물은, glucosinolate 많은 양이 포함되어 있으며, phytotoxic과 살충의 효과가 있는 것으로 알려져 있음

○ 유채 밖으로부터 glucosinolate는 *Cylindrocladium parasiticum* (Crous Wingfield and Alfenas)에 대한 곰팡이 방제의 효과, 땅콩의 *Cylindrocladium black rot* (CBR)의 조류를 죽이는 효과가 있음이 밝혀졌고, 땅콩의 CBR (*Cylindrocladium black rot*)과 콩의 SCN(soybean cyst nematode, *Heterodera glycines* Ichinohe)을 방제하는데 유채 밖에 풍부한 glucosinolate의 효과를 구명하는 연구가 이루어지고 있음

○ 유채는 생산되는 기름의 형태와 양을 변경시키기 위해 유전자공학 기술을 적용하여 유전자를 변형시키고자 노력해왔는데, 이러한 유전자변형의 두 가지 성공사례는 첫째 stearic acid가 적은 일반 상업적인 유채에 mangosteen(*Garcinia mangostana*)로부터 thioesterase가 되는 유전자를 cloning하여, stearate가 50% 포함되어 있는 종자를 획득하여 상업화에 하였고, 유채에는 정상적으로 생합성이 되지 않는 지방산인 lauric acid을 도입하고자 California bay(*Umbellularia californica*)로부터 분리한 12:0-ACP(acyl-carrier protein) thioesterase를 집적하여 40%의 laurate가 합성되는 계통을 선발하여 Laurical<sup>TM</sup>으로 등록하였음

○ 공업용으로 이용되고 있는 기름의 지방산 중에서 erucic acid (22:1)의 함량이 45%가 상회하는 high-erucic acid rapeseed(HEAR) 품종을 기존의 유전자원을 활용하여 개발하였으나, 장래에 erucate 수준을 높이기 위한 수단으로 jojoba 식물 (*Simmondsia chinensis*)로부터 ketoacyl-CoA synthase (KCS)로 불리는 세포질의 fatty acyl 신장체계의 개시하는 반응을 조절하는 유전자를 cloning하였다. 이 체계는 저장된 wax ester에서 우세한 C20, C22 및 C24 acyl 집단을 생산하는 elongase 체계의 일부이다. canola에 이 유전자를 집적하게 되면 이러한 very long-chain fatty acid (VLCFAs)와 같은 acyl 집단의 58%가 상회하는 TAGs의 생산이 가능하다. KCS 유전자는 HEAR로부터 유사한 유전자를 분리하여 HEAR이 40-45%보다 더 높은 erucate를 얻는데 있어서 발현되게 하는데 쓰여 짐

○ 유채는 타식율이 25~75%인 부분타식성작물로서 자가수정작물에서와 같이 계통육종법에 의해 품종을 육성 및 보급하는 체계에서는 육성품종을 유지·증식코자 자식을 4~5회 계속하였을 경우 자식약세가 일어나 수량 감수가 초래되어 지속적으로 육성 당시의 증수를 유지하기가 어렵다. 이러한 문제점을 해결할 수 있는 방안으로는 잡종강세육종법에 의한 F<sub>1</sub> hybrid 품종의 육성이 해결방안 임

○ 잡종강세(heterosis) 육종법에 의한 F<sub>1</sub> hybrid 품종육성은 수량, 활력, 적응력 및 균일성의 재현이 월등하여 재배농민에게는 다수확이 되고, 종자회사에는 높은 종자 가격을 지지해줄 수 있기에 종자산업의 부가가치를 높일 수 있는 수단이다. 상업적으로 F<sub>1</sub> hybrid 종자생산체계가 이루어지고 있는 작물은 양파, 옥수수, 수수, 유채, 배추, 해

바라기, 토마토, 고추, 시금치, 오이 등이 있음

○ 유채에서 상업적인 F<sub>1</sub> hybrid 생산을 위한 육종연구는 과거 25년 전부터 수행되어왔으며, 여러 가지 수분방지 체계들이 춘파와 추파 유채품종들에서 F<sub>1</sub> hybrid 종자를 생산코자 활용되고 있다. 이들 수분방지 체계에는 GMS(genic male sterility), CMS(cytoplasmic male sterility) 및 SI(self incompatibility) 등이 있는데, 유채에서는 *nap*-CMS(Shiga 1980), *ogu*-CMS(Ogura 1968) 및 *pol*-CMS (Fan & Stefansson 1986, Fu et al 1987)가 보고된 바 있다. 이러한 웅성불임계통이 육성되거나 자연계에서 발견했을지라도 유채에서 상업적인 F<sub>1</sub> hybrid 종자생산을 성공시키기 위해서는 웅성불임계통, 불임유지계통 및 임성회복계통의 3가지가 구비되어야만 가능함

○ 목포시험장에서 잡종강세를 이용한 초다수성 F<sub>1</sub> hybrid 품종을 육성하기 위한 수단으로 웅성불임(MS)계 및 MS유지계를 육성하고자 각고의 노력 끝에 1996년에 추파형 Mokpo-CGMS 및 유지계 개발에 성공하였으며, 이를 바탕으로 초다수성 F<sub>1</sub> 품종(450kg/10a)을 육성하여 명실 공히 유채 육종의 최고수준을 이룩했음

### 제 3절 연구 개발 수행 내용 및 결과

#### 1. 올레인산 고탍유 1대잡종 선발

##### 가. 연구목적

최근의 유가 및 곡물가격의 급등은 전 세계 경제의 침체를 불러왔고 우리나라 경제에도 상당한 압박을 주고 있다. 그리고 화석연료의 고갈과 지역적 편재로 인한 에너지 체계의 위협 문제와 맞물려 고유가 체제가 장기적으로 고착화할 것이라는 견해가 더욱 힘을 얻고 있다. 또한 교토의정서가 발효되면서 온실가스 감축을 위해 각국 정부 및 기업들은 대체 기술 및 자원 확보에 더욱 발 빠른 행보를 보이고 있다.

국내에서도 범국가적 차원으로 저탄소 녹색성장의 정책을 표방하면서 재생 가능성 바이오매스 자원을 활용한 녹색 대체에너지 개발의 R&D에 큰 비중을 두고 예산을 투입하고 있다. 특히 국제적으로 바이오에너지 생산을 위해 곡물자원의 투입이 증가하면서 곡물수급불균형에 의한 국제곡물가격 상승에 대비 식량의 자급율을 향상시키고자 비식량 바이오매스 원료자원의 확보에 역점을 두고 있다.

또한 바이오매스 자원 중에서 수송용 연료로 대체 가능한 바이오디젤 생산과 보급이 상용화되면 늘어나는 바이오디젤의 원료를 확충하기 위하여 겨울철 유희경작지에 이모작 유채재배를 통한 안정적인 원료 생산기반을 갖추는 것과 동시에 유채재배 농가의 소득을 보장하고 바이오디젤 생산업체의 경제성을 향상시킬 수 있는 방안을 강구해야 한다.

따라서 본 연구는 우선 2001년도에 육성한 다수확성 1대잡종인 '선망'을 이모작재배 지대에 보급하는 한편 바이오디젤용으로 적합하고 이모작(벼+유채)의 경우 후작인 유채의 수확기가 6월 15일 이후로 늦어지면 벼 재배 이앙시기와 맞물려 벼의 수량감소를 초래하는 것을 줄이고자 유채 수확기를 앞당기는 것을 동시에 만족할 수 있는 조숙성, 동시수확성, 고올레인산 함유 1대잡종을 선발하여 조기 보급코자 수행하였다.

## 나. 재료 및 방법

올레인산 함량이 높고 다수성인 F<sub>1</sub> hybrids를 양성하기 위해서는 융성불임친에 화분을 제공하는 임성회복화분친 계통이 필요한바, 그 동안 바이오에너지작물센터(전 목포시험장)에서 유채의 지방산조성을 개량하고자 1970년부터 외국에서 도입한 유전자원과 국내 재래종간의 교배육종을 통하여 올레인산 함량이 높고 에루진산 함량이 전무한 계통들을 선발하여 왔었다. 그 결과 1980년에 에루진산이 전무하고 구루코지노레이트 함량(3mg/g 이하)이 낮은 영산유채와 내한유채를 육성하여 신품종 등록을 한 이래로 한라유채('85), 탐라유채('90), 탐미유채('96) 등을 육성 보급하였고, 또한 품종 등록을 하지 못했지만 지방산조성이 개량되어 에루진산이 전무하고 올레인산 함량이 높은 다수의 계통을 확보하게 되었다.

올레인산 고함유 1대잡종을 선발하기에 앞서 육성했던 유전자원 중에 올레인산 함량이 높았던 우수 계통들을 증식하여 기름함량, 지방산조성 분석과 아울러 생육 및 수량 특성도 조사하였다.

1차적으로 올레인산 함량이 63% 이상인 계통들을 재료로 하여 융성불임친과의 교잡을 통해 조합능력과 임성회복력을 검정하기 위하여 F<sub>1</sub> hybrids양성하였고, 유채의 경우 목적 산물이 종자에 모아지기 때문에 수량구성형질의 발현이 모두 지상부에 집중되기에 양성된 조합들은 수량구성요소(수장, 분지수, 수당협수, 협당립수, 결실비율, 천립중 등), 숙기(개화기, 성숙기), 도복정도 및 병해정도를 조사하였다.

또한 유채는 최종적으로 기름을 용도로 하기에 공시한 재료의 기름함량과 지방산조성(팔미친산, 스테아린산, 올레인산, 리놀레산, 리놀렌산, 에이코젠산, 에루진산)을 분석하였다. 지방산 함량은 작은 양의 시료로도 지방산 조성을 정밀하게 분석할 수 있는 half-seed법을 활용하였다.

## 다. 결과 및 고찰

### 1) 임성회복화분친 계통 선발 및 증식

임성회복화분친으로 활용할 목적으로 양질의 육성 중에 선발된 100계통의 생육 및 수량성을 조사한 결과에서 개화기는 4월 12일부터 4월 27일까지로 개화기 간격이 15일의 차이를 보이고 있었다. 대체로 개화기가 빠른 시기인 4월 18일까지는 18계통이 있었고 개화기가 중간정도인 4월 19일부터 4월 24일까지는 60계통, 4월 25일 이후로 늦은 계통도 22계통이 있었다.

성숙기는 개화기와 마찬가지로 성숙기의 조숙성인 것과 만숙성인 것 간에 18일 이상의 차이를 나타내고 있었다. 성숙기가 다소 빠른 편에 속하는 6월 13일까지는 17계통이 있었으며, 성숙기가 중간정도에 속하는 6월 14일부터 16일까지는 53계통이 있었고, 6월 17일 이상의 만숙계통도 30계통이 있었다. 대체적으로 유채의 성숙기는 6월 15일을 전후로 나타내지는데 기상여건에 따라 장마기와 겹치게 되면 수발아가 발생하기도 한다. 또한 벼 이모작으로 논 재배를 할 경우에는 벼 이앙시기와 맞물려 후작인 벼의 생육기간이 짧아져 수량저하를 가져오기도 한다.

남부지방에서 벼+유채의 이모작 작부체계를 갖기 위해서는 유채 성숙기가 6월 13일 이전에 도달되고 콤바인 수확작업은 6월 15일부터 18일까지 이루어져야만 벼 재배의 경우 수량저하를 줄이면서 안전재배를 하는 최소한의 작기를 맞출 수 있다.

Table 6. Flowering time distribution of selected lines with high oleic acid.

	Flowering time(month. day)					Total
	4. 15 less than	4. 16~4. 18	4. 19~4. 21	4. 22~4. 24	4. 25~4. 27	
Lines	3	15	20	40	22	100

Table 7. Maturing time distribution of selected lines with high oleic acid.

	Maturing time(month. day)				Total
	6. 10 less than	6. 11~6. 13	6. 14~6. 16	6. 17 more than	
Lines	2	15	53	30	100

유채의 경장은 광합성의 효율을 높여 수량을 증수하는데 기여하는 바 크지만 너무 키가 크면 도복이 될 우려가 많다. 이모작에 적응하는 유채는 논에서 유채를 재배하는 관례로 밭에서보다는 키가 너무 크지 않은 것이 좋으며 유채 수확이 콤바인을 이용한 기계화재배로 이루어지는 경우에는 더욱더 경장이 커짐에 따라 불리하게 작용한다.

선발 계통의 경장은 131~140cm 11계통, 141~150cm 24계통, 151~160cm 35계통, 161~170cm 28 계통, 170cm 이상 1계통으로 분포하고 있었다. 이모작용 1대잡종을 선발하기 위해서는 150이하의 계통을 임성회복화분친으로 이용하는 것이 바람직할 것으로 간주된다.

Table 8. Plant height distribution of selected lines with high oleic acid.

	Plant height(cm)						Total
	130 less than	131~140	141~150	151~160	161~170	170 more than	
Lines	1	11	24	35	28	1	100



Table 9(1). Characteristic of growth and yield component of selected lines with high oleic acid.

No.	Lines name	Flowering time (month, day)	Maturing time (month, day)	Plant height (cm)	No. of branches	No. of siliqua on the main raceme	Length of siliqua (cm)	Weight of 1,000 seeds (g)
1	YL-MB-14-1-1-4	4.20	6.15	138	25	28	7.3	2.5
2	YL-MB-14-1-5-1	4.18	6.13	161	18	34	9.3	2.7
3	YL-MB-50-2-5-4	4.17	6.12	146	24	43	7.2	3.2
4	YL-MB-133-2-7-3	4.15	6.14	157	25	45	8.3	3.1
5	YL-MB-133-2-13-1	4.20	6.15	168	31	48	7.7	3.3
6	YL-MB-41-2-2-2	4.18	6.13	167	21	27	6.8	3.1
7	82001-B-4-2-2	4.22	6.15	161	19	30	6.0	2.7
8	82090-B-15-1-3	4.22	6.15	165	24	33	7.4	2.9
9	82090-B-48-1-1	4.22	6.15	167	23	30	6.0	2.8
10	82090-B-57-2-4	4.12	6.09	165	22	28	10.7	2.8
11	82090-B-58-1-3	4.17	6.12	161	28	41	6.7	3.0
12	82090-B-61-1-2	4.17	6.12	154	22	36	6.8	2.9
13	82090-B-62-1-2	4.20	6.15	159	24	23	7.5	2.9
14	82090-B-75-1-4	4.12	6.10	165	26	30	6.4	2.7
15	82090-B-76-1-3	4.26	6.17	162	25	29	6.9	2.8
16	82090-B-83-1-1	4.19	6.14	168	24	35	7.7	3.7
17	82090-B-108-3-2	4.17	6.12	160	29	39	6.6	2.8
18	82090-B-111-1-2	4.26	6.17	156	23	35	6.4	3.1
19	78111-B-5-1-2-1	4.26	6.17	160	30	38	8.0	3.0
20	78111-B-5-1-2-2	4.26	6.17	156	26	32	6.3	2.9
21	78111-B-5-4-1-1	4.24	6.16	160	25	30	7.2	3.0
22	78111-B-5-5-1-3	4.22	6.15	162	25	49	7.0	3.1
23	78111-B-8-1-1-4	4.24	6.16	157	24	38	7.0	2.7
24	78111-B-6-1-2-2	4.22	6.15	160	23	36	7.0	2.8
25	78111-B-6-3-1-1	4.25	6.17	161	25	40	7.9	3.2
26	76152-B-2-4-2-8	4.22	6.13	172	18	42	7.1	2.7
27	76152-B-2-14-1-4	4.24	6.17	158	24	35	7.9	3.2
28	76161-B-2-2-1-10	4.20	6.15	165	24	39	6.9	3.0
29	76052-B-69-7-5-2	4.27	6.18	154	29	39	7.2	3.6
30	76156-B-10-3-1-7	4.22	6.15	163	22	33	5.8	2.7
31	82007-B-1-1-1-1	4.26	6.17	161	21	37	5.8	3.0
32	82007-B-9-1-1-2	4.17	6.12	160	27	35	6.5	3.2
33	82007-B-15-1-1-2	4.23	6.16	168	28	39	8.3	3.0
34	82007-B-48-2-1-2	4.21	6.13	165	29	41	7.7	3.2
35	82007-B-51-1-1-2	4.22	6.15	164	27	38	6.8	3.0
36	82007-B-55-2-1-1	4.22	6.18	158	23	35	7.8	2.7
37	82009-B-55-2-1-2	4.25	6.15	161	30	37	8.2	3.3
38	82009-B-57-2-1-2	4.25	6.17	160	22	33	7.8	2.9
39	82009-B-58-1-1-4	4.25	6.17	158	28	44	7.3	3.3
40	82009-B-59-2-1-2	4.22	6.15	151	23	45	6.9	2.8
41	82009-B-66-1-1-1	4.22	6.15	148	25	38	6.9	3.2
42	82009-B-76-2-1-2	4.23	6.16	167	24	42	7.4	2.7
43	82009-B-83-1-1-4	4.23	6.19	160	26	40	7.0	2.8
44	82009-B-89-2-1-1	4.18	6.13	166	28	39	7.1	3.4
45	82009-B-103-1-1-2	4.18	6.13	163	27	33	7.0	2.7
46	82009-B-111-1-3-2	4.20	6.15	162	23	43	8.1	2.9
47	8516-B-5-5-5-2	4.17	6.12	151	28	43	7.3	3.0
48	8516-B-5-5-5-1	4.22	6.15	153	28	48	8.4	3.3
49	8516-B-5-6-5-1	4.24	6.17	161	29	48	8.3	3.6
50	8518-B-3-2-2-1	4.22	6.15	148	25	45	7.3	3.3
51	8516-B-5-6-5-3	4.23	6.19	152	26	39	6.1	3.5
52	8516-B-5-6-4-2	4.22	6.15	147	31	48	7.7	3.4
53	8516-B-5-6-1-2	4.18	6.13	151	32	40	7.9	3.3
54	8511-B-13-1-4-2	4.20	6.15	154	32	44	6.8	3.6

Table 9(2). Characteristic of growth and yield component of selected lines with high oleic acid.

No.	Lines name	Flowering time (month. day)	Maturing time (month. day)	Plant height (cm)	No. of branches	No. of siliqua on the main raceme	Length of siliqua (cm)	Weight of 1,000 seeds (g)
55	8511-B-13-1-3-1	4.22	6.15	156	24	33	8.2	3.0
56	8512-B-58-7-3-3	4.22	6.15	145	32	34	6.5	2.9
57	8512-B-58-3-4-3	4.20	6.15	156	28	47	6.4	3.0
58	8512-B-58-3-6-3	4.20	6.15	144	29	48	8.2	3.2
59	8518-B-19-2-3-1	4.22	6.15	140	28	49	7.7	3.5
60	8518-B-19-2-5-1	4.26	6.17	162	32	44	7.0	3.2
61	8516-B-3-5-3-5	4.22	6.15	152	25	38	7.7	3.0
62	8516-B-5-5-1-2	4.23	6.16	141	22	38	8.1	2.9
63	8516-B-5-5-2-2	4.22	6.15	146	24	26	9.7	2.8
64	8634-B-101-1-4-11	4.25	6.17	147	34	44	7.6	3.3
65	8634-B-10-2-3-1	4.26	6.17	147	21	41	8.0	2.8
66	8634-B-1-3-1-8	4.26	6.17	149	24	46	9.1	2.8
67	8634-B-1-3-1-7	4.20	6.15	143	23	35	7.1	2.7
68	8634-B-55-3-5-4	4.26	6.17	144	23	48	7.4	3.2
69	8634-B-30-4-5-1	4.26	6.17	144	28	49	9.2	3.3
70	8601-B-10-2-3-4	4.23	6.16	152	29	48	6.9	3.4
71	8601-B-2-2-1-4	4.19	6.14	138	20	37	7.6	3.0
72	76052-B-69-1-6-12	4.20	6.15	145	27	48	7.9	3.2
73	76152-B-2-1-7-1-1	4.19	6.14	145	30	44	7.4	3.3
74	76161-B-2-2-2-2-1	4.22	6.15	127	24	49	7.1	3.1
75	76052-B-2-7-3-5	4.24	6.19	139	32	40	7.8	3.3
76	76062-B-66-2-1-1	4.22	6.15	136	33	44	6.9	3.6
77	76062-B-68-2-1-8	4.26	6.17	135	25	34	6.5	3.0
78	8630-B-6-5-3-6	4.22	6.15	135	25	36	6.5	2.9
79	8630-B-6-5-5-5	4.22	6.15	147	25	45	8.4	3.3
80	8630-B-5-2-3-5	4.24	6.17	158	28	43	7.5	3.0
81	8630-B-30-2-1-2	4.20	6.15	154	27	34	7.2	3.0
82	8630-B-30-2-1-9	4.20	6.15	154	29	43	6.8	3.0
83	8630-B-39-2-5-5	4.26	6.17	159	28	42	7.3	3.0
84	8630-B-49-4-5-4	4.24	6.17	151	25	39	7.5	3.0
85	8630-B-50-1-2-5	4.26	6.17	149	26	30	8.5	3.0
86	8630-B-76-4-3-2	4.22	6.15	152	29	43	6.1	3.3
87	76052-B-69-1-6-12	4.26	6.17	159	29	44	8.3	3.2
88	76052-B-69-1-6-19	4.21	6.18	163	28	46	8.4	3.4
89	76052-B-78-10-2-9	4.24	6.16	138	21	34	7.5	3.1
90	76052-B-78-5-1-1	4.24	6.16	146	26	40	6.8	3.0
91	77010-B-10-2-16-2	4.25	6.16	147	27	49	7.4	3.6
92	77010-B-10-3-5-2	4.26	6.17	146	30	41	6.0	3.2
93	77010-B-87-2-1-2	4.26	6.17	138	26	46	6.5	3.1
94	77010-B-10-3-5-6	4.24	6.16	160	22	43	6.0	3.2
95	77010-B-87-2-18-7	4.20	6.15	146	28	46	6.8	3.6
96	76152-B-2-8-4-9-3	4.21	6.15	153	29	41	7.3	3.3
97	76152-B-2-1-1-16	4.18	6.14	140	27	43	7.2	3.1
98	76152-B-2-8-3-2-3	4.17	6.13	148	27	46	7.0	3.6
99	78113-B-5-1-2-1	4.20	6.14	142	22	36	7.2	3.0
100	78113-B-6-1-3-1	4.18	6.13	131	27	45	6.5	3.6

선발 증식한 100계통의 올레인산 함량 분포를 보면 57~59% 10계통, 60~62% 61계통, 63~65% 21계통, 66~68% 3계통, 69% 이상이 5계통을 차지하고 있었다.

Table 10. Oleic acid distribution of selected lines with high oleic acid.

Lines	Oleic acid content (%)					Total
	57~59	60~62	63~65	66~68	69 more than	
Lines	10	61	21	3	5	100

특히 82009-B-76-2-1-2 1계통이 70.8%로 가장 높았고, 8634-B-1-3-1-8 계통이 69.5%, 82007-B-15-1-1-2 계통이 69.3%, 82009-B-89-2-1-1 계통이 69.2%, 8516-B-5-6-5-3 계통이 69.1%로 4계통은 올레인산 함량이 69% 이상이었다. 기름함량은 42~45% 사이로 선발된 계통들이 모두 42% 이상을 나타내고 있었다.

Table 11(1). Fatty acid composition and oil content of selected lines with high oleic acid.

No.	Line name	Oil content (%)	PAL.	STE.	OLE.	LNL.	LIN.	EIC.	ERU.
1	YL-MB-14-1-1-4	43.2	4.5	1.1	62.3	24.8	5.9	1.4	0
2	YL-MB-14-1-5-1	42.5	3.6	1.2	60.3	24.7	8.5	1.7	0
3	YL-MB-50-2-5-4	42.6	2.6	2.3	65.0	20.8	7.6	1.7	0
4	YL-MB-133-2-7-3	42.7	4.5	1.1	62.3	24.8	5.9	1.4	0
5	YL-MB-133-2-13-1	44.7	3.6	1.2	60.3	24.7	8.5	0.7	0
6	YL-MB-41-2-2-2	44.3	4.2	1.3	62.4	22.8	8.4	0.9	0
7	82001-B-4-2-2	44.2	4.1	1.4	62.1	23.8	7.6	1.0	0
8	82090-B-15-1-3	45.2	3.8	1.5	62.4	23.5	6.7	2.1	0
9	82090-B-48-1-1	45.3	4.5	1.1	62.3	24.8	5.9	1.4	0
10	82090-B-57-2-4	44.5	3.6	1.2	60.3	24.7	8.5	1.7	0
11	82090-B-58-1-3	44.6	4.2	1.3	62.4	22.8	8.4	0.9	0
12	82090-B-61-1-2	44.3	4.3	1.5	62.3	23.2	7.8	0.8	0
13	82090-B-62-1-2	45.1	4.2	1.3	62.4	22.8	8.4	0.9	0
14	82090-B-75-1-4	44.7	4.1	1.4	62.1	23.8	7.6	1.0	0
15	82090-B-76-1-3	44.5	4.6	1.6	61.5	22.8	8.3	1.1	0
16	82090-B-83-1-1	44.3	4.6	1.7	63.9	20.8	7.7	1.3	0
17	82090-B-108-3-2	44.6	4.0	1.4	61.2	23.0	9.0	1.3	0
18	82090-B-111-1-2	44.7	4.5	1.4	62.7	22.0	8.8	0.6	0
19	78111-B-5-1-2-1	44.3	4.3	1.5	62.1	22.3	9.1	0.6	0
20	78111-B-5-1-2-2	44.2	4.9	1.5	61.8	22.8	8.2	0.8	0
21	78111-B-5-4-1-1	45.2	3.8	1.5	62.4	23.5	6.7	2.1	0
22	78111-B-5-5-1-3	45.3	4.5	1.4	62.7	22.0	8.8	0.6	0
23	78111-B-8-1-1-4	42.6	4.3	1.5	62.1	22.3	9.1	0.6	0
24	78111-B-6-1-2-2	42.7	3.7	1.8	57.2	28.8	7.3	1.2	0
25	78111-B-6-3-1-1	44.7	4.9	1.5	61.8	22.8	8.2	0.8	0
26	76152-B-2-4-2-8	44.3	3.8	1.5	62.4	23.5	6.7	2.1	0
27	76152-B-2-14-1-4	44.2	3.9	1.3	58.7	28.7	6.2	1.2	0
28	76161-B-2-2-1-10	45.2	4.1	1.2	63.2	25.3	5.4	0.7	0
29	76052-B-69-7-5-2	45.3	5.1	1.7	60.4	24.1	7.6	1.0	0
30	76156-B-10-3-1-7	44.5	4.3	1.7	64.3	22.3	6.2	1.2	0

Table 11(2). Fatty acid composition and oil content of selected lines with high oleic acid.

No.	Line name	Oil content (%)	PAL.	STE.	OLE.	LNL.	LIN.	EIC.	ERU.
31	82007-B-1-1-1-1-1	44.6	3.7	1.8	57.2	28.8	7.3	1.2	0
32	82007-B-9-1-1-1-2	44.3	4.5	1.1	62.3	24.8	5.9	1.4	0
<b>33</b>	<b>82007-B-15-1-1-2</b>	<b>45.1</b>	<b>3.6</b>	<b>1.2</b>	<b>69.3</b>	<b>15.7</b>	<b>8.5</b>	<b>1.7</b>	<b>0</b>
34	82007-B-48-2-1-2	44.7	3.8	1.9	63.3	21.4	8.5	1.1	0
35	82007-B-51-1-1-2	44.5	4.1	1.4	62.1	23.8	7.6	1.0	0
36	82007-B-55-2-1-1	44.3	4.9	1.8	61.1	22.4	9.2	0.6	0
37	82009-B-55-2-1-2	44.6	4.2	1.3	62.4	22.8	8.4	0.9	0
38	82009-B-57-2-1-2	44.7	4.1	1.4	62.1	23.8	7.6	1.0	0
39	82009-B-58-1-1-4	45.2	3.8	1.5	62.4	23.5	6.7	2.1	0
40	82009-B-59-2-1-2	45.3	3.9	1.3	58.7	28.7	6.2	1.2	0
41	82009-B-66-1-1-1	42.6	4.1	1.2	63.2	25.3	5.4	0.7	0
<b>42</b>	<b>82009-B-76-2-1-2</b>	<b>42.7</b>	<b>4.2</b>	<b>1.6</b>	<b>70.8</b>	<b>15.7</b>	<b>6.5</b>	<b>1.2</b>	<b>0</b>
43	82009-B-83-1-1-4	44.7	4.3	1.7	64.3	22.3	6.2	1.2	0
<b>44</b>	<b>82009-B-89-2-1-1</b>	<b>44.3</b>	<b>3.7</b>	<b>1.8</b>	<b>69.2</b>	<b>16.8</b>	<b>7.3</b>	<b>1.2</b>	<b>0</b>
45	82009-B-103-1-1-2	44.2	5.0	1.6	61.5	23.2	7.3	1.4	0
46	82009-B-111-1-3-2	45.2	4.5	1.1	62.3	24.8	5.9	1.4	0
47	8516-B-5-5-5-2	45.3	3.6	1.2	60.3	24.7	8.5	1.7	0
48	8516-B-5-5-5-1	44.5	4.1	1.4	62.1	23.8	7.6	1.0	0
49	8516-B-5-6-5-1	43.7	4.3	1.4	66.2	20.4	6.5	1.2	0
50	8518-B-3-2-2-1	45.3	4.4	1.6	61.5	22.7	8.2	1.6	0
<b>51</b>	<b>8516-B-5-6-5-3</b>	<b>42.6</b>	<b>4.2</b>	<b>2.1</b>	<b>69.1</b>	<b>19.7</b>	<b>3.8</b>	<b>1.0</b>	<b>0</b>
52	8516-B-5-6-4-2	42.7	4.3	1.7	64.3	22.3	6.2	1.2	0
53	8516-B-5-6-1-2	44.7	3.8	1.5	67.6	18.7	7.2	1.1	0
54	8511-B-13-1-4-2	44.3	5.2	1.9	62.6	23.9	5.2	1.3	0
55	8511-B-13-1-3-1	44.2	4.5	1.1	62.3	24.8	5.9	1.4	0
56	8512-B-58-7-3-3	45.2	4.6	1.6	67.6	18.4	6.3	1.5	0
57	8512-B-58-3-4-3	45.3	4.1	1.3	62.4	22.8	8.4	0.9	0
58	8512-B-58-3-6-3	44.5	4.2	1.6	61.8	24.7	6.5	1.2	0
59	8518-B-19-2-3-1	44.6	4.1	1.4	62.1	23.8	7.6	1.0	0
60	8518-B-19-2-5-1	44.3	4.5	1.1	62.3	24.8	5.9	1.4	0
61	8516-B-3-5-3-5	45.1	3.8	1.5	62.4	23.5	6.7	2.1	0
62	8516-B-5-5-1-2	44.7	3.0	1.3	58.7	28.7	6.2	1.2	0
63	8516-B-5-5-2-2	44.5	4.1	1.2	63.7	25.3	5.4	0.7	0
64	8634-B-101-1-4-11	42.6	4.2	1.6	61.8	24.7	6.5	1.2	0
65	8634-B-10-2-3-1	42.7	4.3	1.7	64.3	22.3	6.2	1.2	0
<b>66</b>	<b>8634-B-1-3-1-8</b>	<b>44.7</b>	<b>4.0</b>	<b>1.3</b>	<b>69.5</b>	<b>16.0</b>	<b>7.9</b>	<b>1.3</b>	<b>0</b>
67	8634-B-1-3-1-7	44.3	3.7	1.8	57.2	28.8	7.3	1.2	0
68	8634-B-55-3-5-4	44.2	4.2	2.7	60.8	23.8	7.5	1.0	0
69	8634-B-30-4-5-1	45.2	3.6	1.2	60.3	24.7	8.5	1.7	0
70	8601-B-10-2-3-4	45.3	4.2	1.3	62.4	22.8	8.4	0.9	0
71	8601-B-2-2-1-4	42.8	4.1	1.4	62.1	23.8	7.6	1.0	0
72	76052-B-69-1-6-12	43.6	3.6	1.2	60.3	24.7	8.5	1.7	0
73	76152-B-2-1-7-1-1	42.9	4.5	1.6	64.0	21	7.6	1.1	0
74	76161-B-2-2-2-2-1	43.7	3.8	1.5	62.4	23.5	6.7	2.1	0
75	76052-B-2-7-3-5	45.3	4.1	1.2	63.4	25.3	5.4	0.7	0
76	76062-B-66-2-1-1	42.6	3.9	1.2	63.1	23.2	7.3	1.3	0
77	76062-B-68-2-1-8	42.7	4.4	0.9	58.2	26.0	8.7	1.8	0
78	8630-B-6-5-3-6	44.7	4.6	1.0	64.8	23.4	5.6	0.5	0
79	8630-B-6-5-5-5	44.3	4.5	1.1	62.3	24.8	5.9	1.4	0
80	8630-B-5-2-3-5	44.2	4.0	0.9	62.5	24.4	6.9	1.3	0

Table 11(3). Fatty acid composition and oil content of selected lines with high oleic acid.

No.	Line name	Oil content (%)	PAL.	STE.	OLE.	LNL.	LIN.	EIC.	ERU.
81	8630-B-30-2-1-2	45.2	4.6	1.0	64.2	22.2	6.7	1.2	0
82	8630-B-30-2-1-9	45.3	3.6	1.2	60.3	24.7	8.5	1.7	0
83	8630-B-39-2-5-5	44.5	4.2	1.3	62.4	22.8	8.4	0.9	0
84	8630-B-49-4-5-4	44.6	4.2	1.6	61.8	24.7	6.5	1.2	0
85	8630-B-50-1-2-5	44.3	4.2	1.3	62.4	22.8	8.4	0.9	0
86	8630-B-76-4-3-2	45.1	4.5	1.1	62.3	24.8	5.9	1.4	0
87	76052-B-69-1-6-12	44.7	3.6	1.2	60.3	24.7	8.5	1.7	0
88	76052-B-69-1-6-19	44.5	4.1	1.4	62.1	23.8	7.6	1.0	0
89	76052-B-78-10-2-9	44.2	3.9	1.3	58.7	28.7	6.2	1.2	0
90	76052-B-78-5-1-1	43.1	3.7	1.8	57.2	28.8	7.3	1.2	0
91	77010-B-10-2-16-2	42.8	4.3	1.7	64.3	22.3	6.2	1.2	0
92	77010-B-10-3-5-2	41.6	4.1	1.2	63.2	25.3	5.4	0.7	0
93	77010-B-87-2-1-2	43.6	3.7	1.7	65.6	19.8	7.9	1.2	0
94	77010-B-10-3-5-6	44.5	4.0	1.4	65.0	20.3	8.7	0.5	0
95	77010-B-87-2-18-7	44.5	3.7	1.7	65.0	20	8.9	1.5	0
96	76152-B-2-8-4-9-3	44.2	3.7	1.5	65.2	19.4	7.7	2.5	0
97	76152-B-2-1-1-16	43.1	3.9	1.3	58.7	28.7	6.2	1.2	0
98	76152-B-2-8-3-2-3	42.8	4.2	1.6	61.8	24.7	6.5	1.2	0
99	78113-B-5-1-2-1	44.6	3.9	1.5	64.2	20.3	8.3	1.7	0
100	78113-B-6-1-3-1	43.9	4.2	1.3	62.0	21.3	9.3	1.9	0

※ PAL : Palmitic acid, STE : Stearic acid, OLE : Oleic acid, LNL : Linoleic acid, LIN : Linolenic acid, EIC : Eicosenoic acid, ERU : Erucic acid.

## 2) 육성불임계와 임성회복화분친 간 교잡 F<sub>1</sub> 양성 및 조합능력 검정

올레인산 함량이 높고 수량성이 우수한 1대잡종을 선발하고자 MS와 임성회복화분친 간 교배를 하여 양성된 F<sub>1</sub> hybrids의 조합능력을 검정하였다. 기존의 유채시범재배 단지에 보급하고 있는 ‘선땅’보다 조숙인 조합을 우선적으로 선발할 목적으로 육성된 품종 중에서 숙기가 가장 빠른 ‘탐미유채’를 대비로 하여 숙기를 비교하였다.

대비품종인 탐미유채(고정종)에 비해 시험한 F<sub>1</sub> hybrids들이 대체적으로 개화기는 2~3일, 성숙기는 2~7일이 늦었으나 MS/84055-B-10-3-1-2와 MS/76157-B-5-5-1-12-1 2조합은 개화기 4월 14일, 성숙기 6월 4일로 탐미유채보다 1일 빨랐다. 유채 콤바인수확 시기는 성숙기를 기준으로 하여 1주일이 지나야만 가능하기 때문에 벼 이앙시기를 6월 15~18일을 전후로 하려면 유채의 성숙기는 최소한 6월 7~8일이 되어야한다. 공시한 20조합 중에 9조합만이 6월 4~8일 사이에 성숙기가 도래될 뿐 나머지 11조합은 성숙기가 6월 9일 이후에 이루어져 임성회복화분친의 선발 시에 숙기가 더 빠른 계통을 선발하여 F<sub>1</sub> hybrids를 양성해야한다고 사료된다.

경장은 탐미유채의 124cm 에 비하여 F<sub>1</sub> hybrids들이 19~42cm 정도 더 신장하였으나 2007년도 기상여건이 양호하여 도복이 심하지 않았다. 수장도 경장과 마찬가지로 탐미유채의 32cm 보다 F<sub>1</sub> hybrids들이 19~31cm 정도 더 성장하였다. 분지수는 기계화재배에 적응하는 것을 목적으로 하기 때문에 재식밀도를 10a당 파종량을 1kg를 기준으로 하여 파종한 결과 재식밀도가 높아지면서 분지발육이 점과의 경우보다 적지만 탐미유

채의 9개에 비해 F<sub>1</sub> hybrids들이 1~3개 더 많은 경향을 보였다. 수당협수는 수장이 길어지면서 더 많이 착생하였으며 F<sub>1</sub> hybrids들이 탐미유채의 48개 보다 6~16개가 더 많았다. 협당립수는 탐미유채의 20개에 비해 F<sub>1</sub> hybrids들이 3~7개 더 많은 수가 형성되었다. 친립중도 대비품종인 탐미유채의 4.0g에 비해 3조합만이 같고 17조합은 0.1~0.5g 범위로 상회하는 수준이었다.

결과적으로 F<sub>1</sub> hybrids들이 고정종인 탐미유채에 비하여 수량구성요소(수장, 1수협수 및 협당립수 등)들이 월등하게 높게 발현되어 유채의 종실수량이 증가될 수 있었다.

유채의 잡종강세(heterosis) 기작에 의한 hybrid vigour 발현에 대한 연구는 여러 연구자들이 수행하여 왔으나, 수량과 관련된 수량구성요소와 형태적인 특성의 발현은 재배 지역의 기후와 토양에 따라 차이를 보일 수 있다.

Table 12(1). Combining ability test of F<sub>1</sub> hybrids with high oleic acid.

Combination	Flowering time (month. day)	Maturing time (month. day)	Plant height (cm)	Ear length (cm)	No. of branches	No. of siliqua on the main raceme
MS/76052-B-69-1-6-1-1	4.18	6.11	145	56	10	59
MS/76052-B-69-1-6-2-1	4.19	6.12	148	51	11	61
MS/76052-B-69-1-6-4-1	4.16	6.9	143	63	12	63
MS/76052-B-69-1-6-14-1	4.18	6.11	152	55	10	58
MS/84055-B-10-3-1-2	4.14	6.4	157	58	11	56
MS/84038-B-19-1-3-4	4.16	6.8	152	52	10	51
MS/84004-B-10-1-2-5	4.15	6.5	159	57	11	53
MS/84004-B-1-2-6-5	4.18	6.10	161	62	11	64
MS/84010-B-31-3-1-1	4.15	6.5	158	53	10	55
MS/84013-B-6-3-3-6	4.17	6.10	149	61	10	59
MS/84013-B-11-3-2-1	4.16	6.9	145	58	11	57
MS/84014-B-2-4-4-1	4.17	6.11	166	59	12	61
MS/8516-B-3-5-3-5	4.18	6.11	156	54	10	52
MS/76018-B-82-1-1-1	4.15	6.8	154	57	11	53
MS/76157-B-5-5-1-12-1	4.14	6.4	149	54	10	56
MS/78113-B-5-1-2-1	4.16	6.9	151	53	11	58
MS/78113-B-6-1-3-1	4.17	6.10	158	55	11	57
MS/78111-B-5-4-1-1	4.16	6.8	162	63	11	62
MS/78111-B-5-5-1-3	4.15	6.7	147	58	10	59
MS/78111-B-8-1-1-4	4.16	6.8	158	61	11	58
탐미유채(대비)	4.15	6.5	124	32	9	48

Table 12(2). Combining ability test of F<sub>1</sub> hybrids with high oleic acid.

Combination	Length of silique (cm)	No. of seeds per silique	Rate of setted seeds (%)	Weight of 1,000seeds (g)	Lodging degree (0~9)	Disease degree (0~9)
MS/76052-B-69-1-6-1-1	5.3	25	93	4.1	1	0
MS/76052-B-69-1-6-2-1	5.5	26	92	4.0	1	0
MS/76052-B-69-1-6-4-1	4.9	27	94	4.0	1	0
MS/76052-B-69-1-6-14-1	5.2	25	93	4.2	1	0
MS/84055-B-10-3-1-2	4.6	24	91	4.3	1	0
MS/84038-B-19-1-3-4	4.8	23	95	4.4	3	0
MS/84004-B-10-1-2-5	5.2	25	94	4.3	1	0
MS/84004-B-1-2-6-5	5.1	24	96	4.1	3	0
MS/84010-B-31-3-1-1	5.4	25	95	4.5	1	0
MS/84013-B-6-3-3-6	4.9	24	96	4.3	3	0
MS/84013-B-11-3-2-1	4.4	23	93	4.2	1	0
MS/84014-B-2-4-4-1	5.1	26	95	4.3	1	0
MS/8516-B-3-5-3-5	4.8	24	96	4.5	1	0
MS/76018-B-82-1-1-1	4.7	25	94	4.2	1	0
MS/76157-B-5-5-1-12-1	4.4	24	95	4.0	1	0
MS/78113-B-5-1-2-1	5.2	27	94	4.0	1	0
MS/78113-B-6-1-3-1	4.9	24	94	4.2	3	0
MS/78111-B-5-4-1-1	4.7	23	93	4.3	3	0
MS/78111-B-5-5-1-3	5.2	26	91	4.4	1	0
MS/78111-B-8-1-1-4	4.8	24	95	4.3	1	0
탐미유채(대비)	3.7	20	94	4.0	0	0

Note: Disease ; *Sclerotinia sclerotiorum*, Stem Rot/White

본 시험에 공시한 F<sub>1</sub> hybrids의 임성회복화분친의 기름함량은 42.6~45.3%의 범위를 나타내었고, 지방산 조성 중에 올레인산 함량은 62.1~68.4%의 범위를 보였다.

76052-B-69-1-6-1-1 계통은 올레인산이 68.4%, 기름함량이 45.3%로 바이오디젤용 1대잡종 육성 임성회복화분친으로 아주 바람직할 것으로 기대된다.

Table 13. Fatty acid composition of restore lines with high oleic acid.

No.	Line name	Oil-content (%)	Fatty acid composition (%)						
			PAL.	STE.	OLE.	LNL.	LIN.	EIC.	ERU.
1	76052-B-69-1-6-1-1	45.3	3.9	1.8	68.4	17.4	6.5	1.9	0
2	76052-B-69-1-6-2-1	44.2	4.4	1.7	65.2	19.6	7.3	1.7	0
3	76052-B-69-1-6-4-1	43.9	4.7	1.4	64.9	20.2	7.2	1.5	0
4	76052-B-69-1-6-14-1	44.6	4.2	1.8	66.2	18.7	8.2	0.8	0
5	84055-B-10-3-1-2	44.7	3.8	2.2	64.3	20.8	7.6	1.2	0
6	84038-B-19-1-3-4	43.8	4.5	1.3	65.8	21.3	6.2	0.8	0
7	84004-B-10-1-2-5	44.3	4.4	1.5	66.2	19.3	7.4	1.1	0
8	84004-B-1-2-6-5	44.5	4.2	1.3	63.8	22.7	6.5	1.4	0
9	84010-B-31-3-1-1	45.2	3.7	2.6	64.5	21.4	6.2	1.5	0
10	84013-B-6-3-3-6	45.4	4.8	1.2	65.3	18.3	8.6	1.7	0
11	84013-B-11-3-2-1	44.9	3.8	1.5	62.4	23.5	6.6	2.1	0
12	84014-B-2-4-4-1	43.4	4.1	1.4	66.1	19.3	8.1	0.9	0
13	8516-B-3-5-3-5	45.1	4.7	1.4	64.7	20.7	7.6	0.8	0
14	76018-B-82-1-1-1	44.7	3.9	1.5	64.2	20.3	8.3	1.7	0
15	76157-B-5-5-1-12-1	44.6	4.2	1.3	62.0	21.2	9.3	1.9	0
16	78113-B-5-1-2-1	44.6	3.8	1.5	62.4	23.4	6.7	2.1	0
17	78113-B-6-1-3-1	43.9	4.5	1.4	62.7	21.9	8.8	0.6	0
18	78111-B-5-4-1-1	45.2	4.3	1.5	62.1	22.3	9.1	0.6	0
19	78111-B-5-5-1-3	45.3	4.5	1.4	62.7	21.9	8.8	0.6	0
20	78111-B-8-1-1-4	42.6	4.3	1.5	62.1	22.3	9.1	0.6	0

차년도 조합능력 검정을 위한 F<sub>1</sub> 조합을 양성하기 위해 응성불임계와 올레인산 고품 유 화분친계통간 교배를 실시하여 시험에 필요한 F<sub>1</sub> hybrid의 20조합 종자생산을 완료하였다. 화분친으로 이용된 계통들의 지방산 조성을 보면 올레인산 함량은 64.0~69.5%의 범위를 나타냈고 기름함량은 42.7~45.2%의 범위이었다.

Table 14. Preparation of F<sub>1</sub> hybrids for combining ability test.

No.	Combination	Seed weight (g)	No.	Combination	Seed weight (g)
1	MS/82009-B-65-2-2	42	11	MS/77010-B-87-2-18-7	38
2	MS/82009-B-69-2-2	45	12	MS/76152-B-2-8-4-9-3	39
3	MS/82009-B-76-1-1	36	13	MS/77010-B-87-2-1-2	42
4	MS/82009-B-82-1-3	34	14	MS/8516-B-5-6-5-1	28
5	MS/8516-B-5-6-5-3	29	15	MS/77010-B-10-2-16-2	36
6	MS/8516-B-5-6-4-2	41	16	MS/76152-B-2-1-7-1-1	32
7	MS/8516-B-5-6-1-2	38	17	MS/8630-B-30-2-1-2	45
8	MS/8512-B-58-7-3-3	37	18	MS/8634-B-10-2-3-1	29
9	MS/8634-B-1-3-1-8	31	19	MS/78113-B-5-1-2-1	33
10	MS/77010-B-10-3-5-6	44	20	MS/82009-B-83-1-1-4	37

Table 15. Fatty acid composition of restore lines of prepared F<sub>1</sub> hybrids.

No.	Line name	Oil-content (%)	Fatty acid composition (%)						
			PAL.	STE.	OLE.	LNL.	LIN.	EIC.	ERU.
1	82009-B-65-2-2	44.7	4.5	1.7	68.4	18.7	5.4	1.2	0
2	82009-B-69-2-2	45.2	4.6	1.6	69.2	16.7	6.7	1.1	0
3	82009-B-76-1-1	44.8	3.5	2.1	68.2	18.3	6.3	1.5	0
4	82009-B-82-1-3	44.6	4.2	1.5	67.5	18.2	7.2	1.3	0
5	8516-B-5-6-5-3	42.6	4.2	2.1	69.1	19.7	3.8	1.0	0
6	8516-B-5-6-4-2	42.7	4.3	1.7	64.3	22.3	6.1	1.2	0
7	8516-B-5-6-1-2	44.7	3.8	1.5	67.6	18.7	7.2	1.1	0
8	8512-B-58-7-3-3	45.2	4.6	1.6	67.6	18.4	6.2	1.5	0
9	8634-B-1-3-1-8	44.7	4.0	1.3	69.5	16.0	7.8	1.3	0
10	77010-B-10-3-5-6	44.5	4.0	1.4	65.0	20.3	8.7	0.5	0
11	77010-B-87-2-18-7	44.5	3.7	1.7	65.0	20	8.2	1.3	0
12	76152-B-2-8-4-9-3	44.2	3.7	1.5	65.2	19.4	7.7	2.4	0
13	77010-B-87-2-1-2	43.6	3.7	1.7	65.6	19.8	7.9	1.2	0
14	8516-B-5-6-5-1	43.7	4.3	1.4	66.2	20.3	6.5	1.2	0
15	77010-B-10-2-16-2	42.8	4.3	1.6	64.3	22.3	6.2	1.2	0
16	76152-B-2-1-7-1-1	42.9	4.5	1.7	64.0	21	7.6	1.1	0
17	8630-B-30-2-1-2	45.2	4.6	1.0	64.2	22.2	6.7	1.2	0
18	8634-B-10-2-3-1	42.7	4.3	1.6	64.3	22.3	6.2	1.2	0
19	78113-B-5-1-2-1	44.6	3.9	1.5	64.2	20.3	8.3	1.7	0
20	82009-B-83-1-1-4	44.7	4.2	1.7	64.3	22.3	6.2	1.2	0

1년차에는 F<sub>1</sub> hybrids의 숙기가 기 보급되고 있는 조숙종인 탐미유채에 비해 어느 정도 인지를 평가하였고 가능하면 숙기가 빠른 임성회복화분친을 이용하여 F<sub>1</sub> hybrids를 양성한 조합을 재료로 사용하였고, 다수성을 검토하기 위해 '선망'을 대비품종으로 하여 조합능력을 검정하였다. 유채의 수량감소에 영향을 많이 미치는 요인인 균핵병 발생과 도복의 정도를 조사한 바 균핵병은 발생이 전무하였으나 도복은 조합에 따라 상당한 차이를 보이고 있었다.

조합별로 수량성의 차이는 도복이 일어난 정도에 따라 다소간 감소되는 경향을 보였



는데 대비품종인 선망의 451kg/10a에 비하여 MS/8634-B-30-3-3-2, MS/84010-B-27-4-2-7, MS/J8634-B-30-4-1-3, MS/J8634-B-36-2-3-2 및 MS/J8630-B-33-2-2-2, MS/76052-B-69-1-6-19 등 6조합은 2~3% 증수되었다.

유채의 경우 목적 산물이 종자에 모아지기 때문에 수량구성형질의 발현이 모두 지상부에 집중되어야 하는데, 1대잡종의 경우 높은 수량성을 발현하기 위해 지상부 생육이 왕성하다보면 지하부와의 균형이 조화를 이루지 못해 도복이 더 쉬워지는 경향을 보이게 된다. 따라서 유채는 안정 다수성을 확보하기 위해 도복에도 잘 견디는 품종선발이 필수적이라 할 것이다. 본 실험에 사용된 F<sub>1</sub> hybrids의 경우 도복에도 강한 조합들이 높은 수량성을 유지한 결과라고 사료된다.

또한 본 시험에 사용된 F<sub>1</sub> hybrids의 기름함량과 지방산조성을 살펴보면 기름함량은 43.2~45.3%의 범위를 나타내고 있으며, 지방산의 경우 바이오디젤용으로 최적인 올레인산 함량이 67.2~70.5%의 범위를 나타내었고, MS/J8634-B-30-4-1-3, MS/8516-B-6-5-2-2, MS/76156-B-10-3-1-7, MS/77010-B-12-3-3-6, MS/8634-B-30-3-3-2, MS/76052-B-69-1-6-19, MS/J8634-B-36-2-3-2 등 7조합은 올레인산을 69% 이상 함유하고 있었다.

특히 MS/J8634-B-36-2-3-2, MS/J8634-B-30-4-1-3, MS/76052-B-69-1-6-19, MS/8634-B-30-3-3-2 등 4조합은 수량도 많고 올레인산 함량이 높아 바이오디젤 원료용 유채 품종개발의 우수한 계통으로 사료되어, 추후 전남·북, 경남 및 제주 지역에서 적응성을 검토하여 선망의 차기 보급품종으로 육성하고자 한다.

Table 16. Combining ability test of F<sub>1</sub> hybrids with high oleic acid.

No.	Combination	Flowering time (month. day)	Maturing time (month. day)	Disease degree (0~9)	Lodging degree (0~9)	FI(%)	Yield (kg/10a)	Index
1	MS/8634-B-30-3-3-2	4.15	6. 4	0	1	91.0	<b>461</b>	<b>102</b>
2	MS/78113-B-6-4-4-2	4.16	6. 7	0	5	93.2	447	99
3	MS/84010-B-27-4-2-7	4.12	5.31	0	1	95.5	<b>465</b>	<b>103</b>
4	MS/84005-B-6-4-2-1	4.17	6. 6	0	5	77.0	447	99
5	MS/84010-B-24-6-5-4-3	4.15	6. 6	0	5	93.2	442	98
6	MS/76052-B-69-1-6-19	4.12	5.30	0	1	91.0	<b>459</b>	<b>102</b>
7	MS/8630-B-6-2-1-3	4.13	6. 1	0	1	88.8	452	100
8	MS/82090-B-15-1-3	4.14	6. 8	0	5	91.0	437	97
9	MS/82090-B-83-1-1	4.13	6. 5	0	1	93.2	458	101
10	MS/76156-B-10-3-1-7	4.16	6. 8	0	5	88.8	432	96
11	MS/76161-B-2-2-2-2-1	4.13	6. 5	0	5	95.5	428	95
12	MS/76062-B-69-2-1-1	4.15	6. 7	0	5	77.0	429	95
13	MS/76052-B-5-4-4-3	4.12	6. 1	0	3	88.8	451	100
14	MS/77010-B-12-3-3-6	4.13	6. 3	0	1	91.0	453	100
15	MS/8516-B-6-5-2-2	4.15	6. 7	0	5	88.8	442	98
16	MS/84005-B-6-5-5-1	4.16	6. 8	0	5	77.0	418	92
17	MS/84005-B-13-1-4-2	4.16	6. 8	0	5	88.8	407	89
18	MS/J8634-B-30-4-1-3	4.15	6. 5	0	1	93.2	<b>467</b>	<b>103</b>
19	MS/J8634-B-36-2-3-2	4.15	6. 5	0	1	95.5	<b>463</b>	<b>102</b>
20	MS/J8630-B-33-2-2-2	4.14	6. 3	0	1	91.0	<b>463</b>	<b>102</b>
Check	Sunmang(MS/꼭포111호)	4.18	6. 9	0	3	93.2	451	100

$$FI(\text{Fertility Index}) = \left( \frac{A - 1.4}{6.0 - 1.4} \times 85 \right) + \left( \frac{B - 5.3}{12.0 - 5.3} \times 15 \right)$$

A : 수술의 위치, B : 꽃잎의 폭

Table 17. Fatty acid composition of F<sub>1</sub> hybrids with high oleic acid.

No.	Line name	Oil-content (%)	Fatty acid composition (%)						
			PAL.	STE.	OLE.	LNL.	LIN.	EIC.	ERU.
1	MS/8634-B-30-3-3-2	45.3	4.2	1.5	<b>69.4</b>	18.8	5.4	0.7	0
2	MS/78113-B-6-4-4-2	44.9	4.5	1.1	67.2	19.9	5.9	1.4	0
3	MS/84010-B-27-4-2-7	44.2	4.1	1.9	68.8	17.4	6.9	0.9	0
4	MS/84005-B-6-4-2-1	43.3	4.9	1.5	67.8	18.8	6.2	0.8	0
5	MS/84010-B-24-6-5-4-3	44.2	4.4	1.5	66.8	18.5	6.7	2.1	0
6	MS/76052-B-69-1-6-19	44.7	3.9	1.5	<b>69.2</b>	17.7	5.7	2.0	0
7	MS/8630-B-6-2-1-3	45.3	4.1	1.2	67.7	20.9	5.4	0.7	0
8	MS/82090-B-15-1-3	43.2	4.4	2.1	68.7	19.8	3.8	1.2	0
9	MS/82090-B-83-1-1	44.2	4.3	1.7	68.3	18.3	6.2	1.2	0
10	MS/76156-B-10-3-1-7	43.3	4.6	1.5	<b>69.7</b>	16.7	6.2	1.1	0
11	MS/76161-B-2-2-2-2-1	44.2	3.8	1.5	68.6	17.6	7.2	1.3	0
12	MS/76062-B-69-2-1-1	44.7	4.2	1.8	66.7	20.8	5.2	1.3	0
13	MS/76052-B-5-4-4-3	45.3	4.5	1.1	67.3	19.8	5.9	1.4	0
14	MS/77010-B-12-3-3-6	44.6	4.6	1.6	<b>69.6</b>	16.4	6.3	1.5	0
15	MS/8516-B-6-5-2-2	44.2	4.1	1.3	<b>69.9</b>	17.8	5.8	1.1	0
16	MS/84005-B-6-5-5-1	43.3	3.9	1.4	67.3	18.9	6.9	1.6	0
17	MS/84005-B-13-1-4-2	44.2	4.0	1.3	68.2	19.1	5.9	1.5	0
18	MS/J8634-B-30-4-1-3	44.7	4.2	1.4	<b>70.5</b>	16.7	5.9	1.3	0
19	MS/J8634-B-36-2-3-2	44.8	4.8	1.8	<b>69.2</b>	18.9	4.5	0.8	0
20	MS/J8630-B-33-2-2-2	45.3	4.1	1.4	68.7	18.6	5.8	1.4	0

라. 요약 및 결론

바이오디젤용 원료 생산에 유채를 이모작(벼+유채)으로 재배할 경우 유채의 수확기가 6월 15일 이후로 늦어지면 벼 재배 이양시기와 맞물려서 벼의 수량감소를 초래하는 것을 줄이고자 조숙성, 동시수확성, 고올레인산 함유 1대잡종을 선발하고자 시험을 수행한 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 유채의 경우 목적 산물이 종자에 모아지기 때문에 수량구성형질의 발현이 모두 지상부에 집중되어야 하는데, 1대잡종의 경우 높은 수량성을 발현하기 위해 지상부 생육이 왕성하다보면 지하부와의 균형이 조화를 이루지 못해 도복이 더 쉬워지는 경향을 보였다.
- 유채 콤바인수확 시기는 성숙기를 기준으로 하여 1주일이 지나야만 가능하기 때문에 벼 이양시기를 6월 15~18일을 전후로 하려면 유채의 성숙기는 최소한 6월 7~8일까지는 벼 이양에 많은 지장을 주지 않을 것으로 사료되었다.
- 본 시험에 사용된 F<sub>1</sub> hybrids의 중에 MS/J8634-B-36-2-3-2, MS/J8634-B-30-4-1-3, MS/76052-B-69-1-6-19, MS/8634-B-30-3-3-2 등 4조합은 수량도 460kg/10a 정도이고, 올레인산 함량이 69% 이상으로 높아 바이오디젤 원료용 유채 품종개발의 우수한 계통이었다.

## 2. 이모작형 조숙, 동시성숙성 1대잡종 선발

### 가. 연구목적

바이오디젤용 원료의 안정적인 확보와 농경지 활용의 극대화 및 농가소득 안정화를 꾀하는데 있어서 유채의 논 이모작(유채+벼)재배의 도입은 필수적이라고 본다. 이모작재배의 경우 벼와 유채의 재배적인 경합을 줄이고 생산성 저하를 최소화하기 위해서는 숙기가 빠르면서 기계화에 적합한 동시성숙성을 갖는 다수성 유채 품종개발이 시급하다. 본 실험은 MS를 이용한 F<sub>1</sub> hybrids 조합들을 양성하여 조숙이면서 착생된 협의 canopy structure가 동시성숙에 유리한 방향으로 발현된 조합을 선발하고자 수행하였다.

### 나. 재료 및 방법

기존에 바이오에너지작물센터(전 작물과학원 목포시험장)에서 유채 품종개발을 하면서 선발 육성한 계통 중에 도복에 강하고 지방산이 개량된 계통들을 임성회복 화분친으로 선정하여 웅성불임친과의 교잡을 통해 F<sub>1</sub> hybrids를 양성하여 협의 착생방향, 수량구성요소, 병해 및 도복정도를 조사하였다.

차년도 F<sub>1</sub> hybrids의 이모작형 조숙, 동시성숙성 1대잡종 선발에 재료로 활용코자 MS/탐미유채, MS/77010-B-10-3-5-2 등 20조합을 양성하였다.

특히 동시성숙성을 평가하기 위한 지표로 활용코자 협의 착생된 분지를 기준으로 협의 착생 각도를 측정하여 착생각도가 90°이면 수직방향으로, 45°이면 수직방향으로 표시하였다.

유채를 대규모로 집단화하여 재배할 경우 콤바인을 이용하여 유채를 수확해야 하기 때문에 유채가 도복에 강해야 하므로 도복정도는 0:전주직립, 1:도복경미, 3:도복이 적음, 5:도복이 중정도, 7:도복이 심, 9:도복이 극심하여 수량감소 초래로 구분하여 조사하였다. 병해정도는 유채에서 가장 문제가 되는 균핵병의 이병정도를 0:병발생무, 1:병해경미(1%), 3:피해가 적음(2~10%), 5:피해가 중정도(10~20%), 7:피해가 많음(20~40%), 9:피해가 심하여 감수가 예상됨(40% 이상)으로 구분하여 조사하였다.

### 다. 결과 및 고찰

기존의 장려품종 중에 조숙종인 탐미유채가 협착생각도가 45°의 수직방향이어서 유채의 canopy structure가 광합성에 유리하게 작용하여 식물 전체가 동시에 성숙되는 경향을 보였기에 탐미유채를 대비품종으로 F<sub>1</sub> hybrids들을 비교 분석하였다.

그 결과 탐미유채에 비해 MS/탐미유채의 1조합만이 개화기가 4월 13일, 성숙기도 6월 3일로 각각 2일 빨랐으며, MS/한라유채, MS/영산유채, MS/목포59호, MS/목포64호, MS/76052-B-69-1-6-19, MS/82090-B-15-1-3, MS/82090-B-83-1-1 7조합이 개화기가 4월 15일로 탐미유채와 같았으나 성숙기는 탐미유채의 6월 5일에 비해 1~3일이 늦었다. 그 외의 조합들은 모두 탐미유채에 비해 개화기는 1~5일, 성숙기는 1~8일이 늦었다.

Table 18(1). Combining ability test of F<sub>1</sub> hybrids with early mature and simultaneous maturation for double-cropping.

Combination	Flowering time (month. day)	Maturing time (month. day)	Plant height (cm)	Ear length (cm)	No. of branches	No. of siliqua on the main raceme
MS/한라유채	4.15	6. 7	147	58	11	57
MS/내한유채	4.17	6. 9	143	61	11	59
MS/영산유채	4.15	6. 7	156	54	12	53
MS/탐미유채	4.13	6. 3	146	57	11	56
MS/탐라유채	4.20	6.13	154	62	12	59
MS/목포59호	4.15	6. 8	144	55	11	54
MS/목포64호	4.15	6. 7	157	58	12	58
MS/목포68호	4.18	6.11	153	53	11	59
MS/목포113호	4.18	6.10	141	62	11	54
MS/목포114호	4.16	6. 8	148	52	10	55
MS/8630-B-39-2-5-5	4.17	6. 9	139	53	10	58
MS/76052-B-69-1-6-19	4.15	6. 6	147	58	12	61
MS/8630-B-6-5-3-6	4.17	6.10	149	57	11	59
MS/76052-B-2-7-3-5	4.18	6.12	146	49	11	57
MS/YL-MB-50-2-5-4	4.17	6.11	155	54	12	60
MS/YL-MB-41-2-2-2	4.16	6. 9	153	52	10	62
MS/82090-B-15-1-3	4.15	6. 7	148	60	11	63
MS/82090-B-83-1-1	4.15	6. 7	152	59	11	59
MS/76156-B-10-3-1-7	4.17	6. 9	146	53	12	58
MS/82007-B-48-2-1-2	4.18	6.11	152	49	10	56
탐미유채(대비)	4.15	6. 5	124	32	9	48

또한 협의 착생방향은 수평적으로 착생된 조합 보다는 반 수직인 조합들이 동시성숙에 다소 유리한 협의 canopy structure를 보여 개화기와 성숙기가 빨라지는 경향이었고, 도복정도는 도복이 경미(3 정도)한 수준이어서 수량저하에는 큰 지장을 주지 않을 정도이나 콤바인을 이용한 기계수확에는 콤바인 운용의 효과를 저감할 수도 있다. 특히 반 수직인 조합들이 도복에도 다소 강한 편이어서 조숙이면서 동시성숙을 만족하는 품종선발에는 반 수직의 협의 착생을 보이는 것이 유리하다고 사료된다. 또한 착생각도가 반 수직인 조합들이 유채가 협의에서 광합성을 하는데 유리하기에 대체적으로 결실비율이 높아서 안정 다수성 1대잡종 선발에 효과적이라고 본다.

병해정도는 F<sub>1</sub> hybrids의 모든 조합들이 전무하였는데, 이는 균핵병 발생이 곰팡이가 주원인이기에 유채를 논에서 재배할 경우 벼를 재배할 때 담수상태에서 벼가 자라기 때문에 곰팡이는 물속에서 거의 100% 사멸하기에 균핵병 발생이 없었다.

Table 18(2). Combining ability test of F<sub>1</sub> hybrids with early mature and simultaneous maturation for double-cropping.

Combination	Length of silique (cm)	No. of seeds per silique	Rate of setted seeds (%)	Direction of setted silique	Lodging degree (0~9)	Disease degree (0~9)
MS/한라유채	4.8	25	94	수평	0	0
MS/내한유채	5.1	24	96	반 수직	0	0
MS/영산유채	4.6	24	89	수평	3	0
MS/탐미유채	5.5	24	96	반 수직	0	0
MS/탐라유채	5.3	23	92	수평	1	0
MS/목포59호	5.5	23	93	반 수직	1	0
MS/목포64호	5.2	25	95	반 수직	1	0
MS/목포68호	5.3	23	91	수평	3	0
MS/목포113호	5.0	24	94	반 수직	1	0
MS/목포114호	4.9	26	92	수평	3	0
MS/8630-B-39-2-5-5	4.7	25	91	수평	3	0
MS/76052-B-69-1-6-19	4.8	24	95	반 수직	0	0
MS/8630-B-6-5-3-6	5.1	25	96	반 수직	0	0
MS/76052-B-2-7-3-5	5.3	23	92	수평	1	0
MS/YL-MB-50-2-5-4	4.9	25	89	수평	1	0
MS/YL-MB-41-2-2-2	4.8	26	90	수평	1	0
MS/82090-B-15-1-3	5.2	25	94	반 수직	0	0
MS/82090-B-83-1-1	5.3	26	95	반 수직	0	0
MS/76156-B-10-3-1-7	4.8	27	95	반 수직	0	0
MS/82007-B-48-2-1-2	5.1	24	91	수평	3	0
탐미유채(대비)	3.7	20	94	반 수직	0	0

차년도 이모작용 조숙, 동시성숙성 1대잡종 선발에 공시할 재료로 1차년도에 검정한 결과를 토대로 주로 반 수직의 협작생의 특성을 가지면서 숙기가 빠른 임성회복화분친을 MS에 교배하여 F<sub>1</sub> hybrids를 양성하였다.

Table 19. Preparation of F<sub>1</sub> hybrids for combining ability test.

No.	Combination	Seed weight (g)	No.	Combination	Seed weight (g)
1	MS/한라유채	37	11	MS/76161-B-2-2-2-2-1	34
2	MS/내한유채	32	12	MS/76062-B-66-2-1-1	31
3	MS/탐미유채	34	13	MS/76052-B-2-7-3-5	38
4	MS/목포64호	41	14	MS/77010-B-10-3-5-2	29
5	MS/목포113호	33	15	MS/8516-B-5-5-2-2	41
6	MS/76052-B-69-1-6-19	35	16	MS/8561-B-5-5-5-1	35
7	MS/8630-B-6-5-3-6	31	17	MS/8516-B-13-1-4-2	27
8	MS/82090-B-15-1-3	35	18	MS/J8634-B-30-4-1-3	33
9	MS/82090-B-83-1-1	36	19	MS/J8634-B-36-2-3-2	36
10	MS/76156-B-10-3-1-7	28	20	MS/J8630-B-33-2-2-2	35

2차년도에는 현재 바이오디젤 원료용으로 생산코자 재배하는데 보급되고 있는 ‘선망’을 대비로 하여 숙기가 빠르면서 기계화에 적합한 동시성숙성을 갖는 다수성 F<sub>1</sub> hybrid를 선발코자 비교 분석하였다.

개화기는 대비품종인 선망의 4월 18일에 비해 MS/탐미유채, MS/8516-B-13-1-4-2의 2조합이 4월 14일로 4일이 빨랐고, 그 다음으로 MS/한라유채, MS/J8634-B-30-4-1-3, MS/8630-B-6-5-3-6, MS/82090-B-83-1-1, MS/76156-B-10-3-1-7, MS/76052-B-2-7-3-5의 6조합은 4월 15일로 3일 빨랐다.

성숙기는 대비품종인 선망의 6월 11일에 비해 MS/8516-B-13-1-4-2가 6월 4일로 7일이나 빨랐고, MS/J8634-B-30-4-1-3가 6월 5일로 6일이, MS/탐미유채가 6월 6일로 5일이, MS/8630-B-6-5-3-6, MS/82090-B-83-1-1, MS/76052-B-2-7-3-5 3조합이 6월 7일로 4일이 빨랐으며, 선망과 성숙기가 6월 11일로 같은 MS/J8634-B-36-2-3-2 조합을 제외한 나머지 조합들도 1~3일이 빨랐다. 개화기가 빠르면 성숙기도 빨라지는 경향을 보이고 있었다.

경장은 대비품종인 선망의 162cm에 비해 전체적으로 1~16cm 짧아진 경향이었다. 이와는 달리 수장은 선망의 65cm 대비 MS/목포64호 등 4조합이 1~4cm 길었고, 나머지 16조합은 2~13cm 짧은 경향을 보였다. 분지수는 선망의 8개에 비하여 MS/8630-B-6-5-3-6 등 2조합이 1개 적었으며, MS/내한유채 등 11조합이 8개로 같았고, MS/한라유채 등 7조합이 9개로 1개 더 많았다. 1수협수는 선망의 65개에 비하여 MS/탐미유채, MS/76052-B-69-1-6-19, MS/76052-B-2-7-3-5 3조합이 63개로 2개, MS/82090-B-83-1-1, MS/8516-B-8-5-2-2의 2조합이 64개로 1개 적었고, MS/8516-B-10-5-5-1이 65개로 같았으며, MS/76062-B-66-2-1-1 등 13조합은 1~4개 더 많은 경향이었다.

Table 20(1). Combining ability test of F<sub>1</sub> hybrids with early mature and simultaneous maturation for double-cropping.

Combination	Flowering time (month. day)	Maturing time (month. day)	Plant height (cm)	Ear length (cm)	No. of branches	No. of siliqua on the main raceme
MS/한라유채	4.15	6. 8	152	68	9	67
MS/내한유채	4.16	6. 9	148	66	8	69
MS/탐미유채	4.14	6. 6	153	57	8	63
MS/목포64호	4.18	6.10	149	69	8	66
MS/목포113호	4.18	6.10	158	63	9	64
MS/76052-B-69-1-6-19	4.16	6. 9	146	62	9	63
MS/8630-B-6-5-3-6	4.15	6. 7	155	58	7	68
MS/82090-B-15-1-3	4.17	6.10	157	59	8	69
MS/82090-B-83-1-1	4.15	6. 7	146	55	8	64
MS/76156-B-10-3-1-7	4.15	6. 8	153	54	9	66
MS/76161-B-2-2-2-2-1	4.16	6. 9	157	58	9	67
MS/76062-B-66-2-1-1	4.17	6.10	148	52	8	69
MS/76052-B-2-7-3-5	4.15	6. 7	155	59	8	63
MS/77010-B-10-3-5-2	4.16	6. 8	148	57	8	67
MS/8516-B-8-5-2-2	4.17	6.10	157	63	9	64
MS/8516-B-10-5-5-1	4.16	6. 9	156	64	9	65
MS/8516-B-13-1-4-2	4.14	6. 4	155	61	8	66
MS/J8634-B-30-4-1-3	4.15	6. 5	154	59	7	69
MS/J8634-B-36-2-3-2	4.17	6.11	148	52	8	67
MS/J8630-B-33-2-2-2	4.17	6.10	161	66	8	68
Sunmang(MS/목포111호)	4.18	6.11	162	65	8	65

유체는 협(silique)에서도 광합성이 이루어지는 작물이기에 협의 착생방향이 수평적으로 착생된 조합 보다는 반 수직( 45° 각도)으로 착생된 조합들이 canopy structure가 양호하여 다수성과 동시성숙에 다소 유리할 수 있는데, MS/82090-B-83-1-1, MS/탐미유채, MS/8630-B-6-5-3-6, MS/76062-B-66-2-1-1, MS/76062-B-66-2-1-1, MS/76052-B-2-7-3-5, MS/8516-B-13-1-4-2, MS/J8634-B-30-4-1-3의 8조합이 선망과 같은 반 수직의 협 착생각도를 띠고 있었다. 그러나 전년도에는 반 수직으로 착생된 조합들이 도복에 강하였으나 2년차에는 협이 수평으로 착생한 조합들이 도복에 다소 강하였던 결과를 보이고 있었다.

이와 같은 결과는 F<sub>1</sub> hybrids의 hybrid vigour가 지상부로 더 일어나 수량구성요소들이 많아진 반면에 뿌리 발육이 상대적으로 다소 저조하게 발현되어 식물체의 전체의 상적발육의 균형에 영향을 미친 것으로 사료되었다.

Table 20(2). Combining ability test of F<sub>1</sub> hybrids with early mature and simultaneous maturation for double-cropping

Combination	Length of silique (cm)	No. of seeds per silique	Rate of setted seeds (%)	Direction of setted silique	Lodging degree (0~9)	Disease degree (0~9)
MS/한라유채	5.8	26	93	수평	0	0
MS/내한유채	5.2	24	95	수평	0	0
MS/탐미유채	5.6	24	90	반 수직	1	0
MS/목포64호	5.7	25	93	수평	0	0
MS/목포113호	5.8	24	91	수평	1	0
MS/76052-B-69-1-6-19	5.6	24	92	수평	1	0
MS/8630-B-6-5-3-6	5.8	24	94	반 수직	3	0
MS/82090-B-15-1-3	6.3	25	93	수평	1	0
MS/82090-B-83-1-1	6.0	26	95	반 수직	3	0
MS/76156-B-10-3-1-7	5.9	25	93	수평	1	0
MS/76161-B-2-2-2-2-1	5.7	25	92	수평	1	0
MS/76062-B-66-2-1-1	5.8	24	94	반 수직	1	0
MS/76052-B-2-7-3-5	5.7	26	95	반 수직	3	0
MS/77010-B-10-3-5-2	5.6	24	93	수평	1	0
MS/8516-B-8-5-2-2	5.9	25	91	수평	1	0
MS/8516-B-10-5-5-1	5.8	26	92	수평	1	0
MS/8516-B-13-1-4-2	5.5	25	93	반 수직	3	0
MS/J8634-B-30-4-1-3	6.3	27	94	반 수직	3	0
MS/J8634-B-36-2-3-2	5.8	26	94	반 수직	3	0
MS/J8630-B-33-2-2-2	6.1	26	93	수평	1	0
Sunmang(MS/목포111호)	5.7	24	92	반 수직	3	0

#### 라. 요약 및 결론

이모작용으로 최적인 조숙, 동시성숙성 1대잡종을 선발하는데 숙기와 canopy structure가 아주 중요한 요소라고 판단되며, 유채의 경우 유채의 꽃이 지고 결실기에 협(silique)에서 광합성이 이루어지기 때문에, 식물체의 상부와 하부에 착생한 협이 동시에 성숙이 되는 것이 필수적이다. 따라서 동시 성숙에 유리한 canopy structure를 형성하는 조합을 선발하는 지표로 식물체의 분지에 착생하는 협의 각도가 중요하였다.

유채의 잡종강세(heterosis) 기작에 의한 hybrid vigour 발현에 대한 연구는 여러 연구자들이 수행하여 왔으나, 수량과 관련된 수량구성요소와 형태적인 특성의 발현은 재배 지역의 기후와 토양에 따라 차이를 보일 수 있다. 특히 유채의 협당립수, 주당협수 및 주당분지수 등과 같은 수량구성요소는 종실수량의 증가에 상당한 영향을 미친다고 보고하였다(Butruille et al 1996, Hutcheson et al 1981, Lefort-Buson et al 1987, Pinnisch & Mc Vetty 1990).

또한 식물체의 경장이 커짐에도 불구하고 도복에 대한 저항성이 강하면 식물체의 수량증대에 바람직한 환경인 광합성능력을 활성화하는데 기여할 수 있음을 지적하였는데 (Busch 1995), 본 실험에서도 지상부의 활력이 높아진 반면에 지하부인 뿌리 발육이 상대적으로 저조하게 되어 다소의 도복이 우려되는 점을 감안하여 우수조합을 선발할 때, 협 착생각도와 도복정도를 같이 평가가 이루어져 선발해야한다는 것이 필수적이라 하겠다.

### 3. 1대잡종 지역적응성 및 수량성 검정

#### 가. 연구목적

유채는 기름작물로 타 전분작물에 비하여 수량성을 증가하기가 어려운 것이 사실이며, 특히 유채는 부분타식성작물(타식율이 25~75% 범위)로서 자가수정작물에서와 같이 계통육종법에 의해 품종을 육성 및 보급하는 체계에서는 육성품종을 유지·증식코자 자식을 4~5회 계속하였을 경우 자식약세가 일어나 수량감수가 초래되어 지속적으로 육성당시의 증수를 유지하기가 어렵다( Duvick 1970, Lee et al 1980, Mariani & Agrawl 1991, Shiga 1980). 이러한 문제점을 해결할 수 있는 방안으로는 잡종강세 육종법에 의한 F<sub>1</sub> hybrid 품종을 육성하는 것이 효과적이다.

국내에서 유채는 종실생산을 목적으로 주로 육지부 남부와 제주도에서 재배되고 있다. 바이오에너지작물센터에서 개발된 목포CGMS를 이용하여 선발된 F<sub>1</sub> hybrids 조합들의 잡종강세의 hybrid vigour 정도와 지역적으로 기후가 다소 다른 재배지에서의 적응성을 검토하여 F<sub>1</sub> hybrid 품종을 육성하고자 본 실험을 수행하였다.

#### 나. 재료 및 방법

유채가 주로 재배되고 있는 남부지방의 무안과 제주도에서 F<sub>1</sub> hybrids의 적응성 및 수량성을 검토코자 올레인산 고함유 1대잡종 선발에서 우수한 조합들의 임성회복화분친을 MS와 교배하여 검정용 F<sub>1</sub> hybrids 20조합을 양성하였다.

양성한 F<sub>1</sub> hybrids 20조합을 육지부인 무안에서는 파종량은 1kg/10a를 기준으로 10월 23일에 파종하였고, 기타재배는 유채표준재배법을 적용하였다.

조사항목은 숙기(개화기, 성숙기), 수량구성요소(수장, 분지수, 1수협수, 협당립수, 결실비율, 천립중 등), 도복정도, 균핵병 이병정도를 조사하였다. 입모주수는 생육초기 및 월동기 이후 생육재생기에 2회 조사하였다. 수량성은 10a당으로 환산하여 대비품종인 1대잡종 선망과 비교하였다.



#### 다. 결과 및 고찰

1차년도 양성된 F<sub>1</sub> hybrids의 지역적응성 및 수량성을 검정하고자 시험을 수행한 결과를 보면 다음과 같다.

공시한 20조합 F<sub>1</sub> hybrids의 개화기는 4월 13일~4월 19일까지의 범위를 보였으며, 선망유채의 4월16일 대비하여 MS/8516-B-5-6-4-2와 MS/82007-B-15-1-1-2의 2조합이 4월 13일로 3일이, MS/8634-B-1-3-1-8 등 4조합은 4월 14일로 2일이, MS/82009-B-89-2-1-1 등 5조합은 1일이 빨랐고, MS/8516-B-5-6-5-3 등 6조합은 4월 16일로 같았으며, 나머지 3조합은 1~3일 늦었다.

성숙기는 6월 3일~6월 12일까지의 범위를 나타내고 있으며, 대비품종인 선망유채의 성숙기인 6월 8일에 비해 MS/8516-B-5-6-4-2조합이 6월 3일로 5일이, MS/8634-B-1-3-1-8, MS/8516-B-5-6-1-2, MS/8630-B-6-5-3-6, MS/77010-B-87-2-1-2 등 5조합이 6월 5일로 3일이, MS/YL-MB-61-4-2-2와 MS/YL-MB-61-4-2-2의 2조합이 6월 6일로 2일이, MS/82009-B-89-2-1-1, MS/82009-B-76-2-1-2, MS/8512-B-58-7-3-3 등 4조합이 6월 7일로 1일이 빨랐으며, MS/82009-B-76-3-2-2, MS/8516-B-5-5-2-2 등 4조합이 6월 8일로 같았고, MS/8516-B-5-6-5-3 등 나머지 4조합은 선망의 1~4일이 늦었다.

F<sub>1</sub> hybrids의 경장은 133~159cm 범위를 나타내고 있으며, 선망유채의 143cm에 비해 MS/8630-B-6-5-3-6이 133cm로 10cm, MS/82007-B-15-1-1-2가 134cm로 9cm, MS/YL-MB-50-2-5-4가 137cm로 6cm, MS/77010-B-87-2-1-2와 MS/YL-MB-61-4-2-2의 2조합이 139cm로 4cm, MS/82009-B-76-2-1-2가 141cm로 2cm, MS/8634-B-1-3-1-8와 MS/8516-B-5-6-4-2의 2조합이 142cm로 1cm, 각각 짧았고, MS/8516-B-5-6-1-2가 143cm로 같았으며, MS/77010-B-87-2-18-7 등 11조합은 3~16cm 더 길었다.

F<sub>1</sub> hybrids의 수장은 42~49cm 범위를 나타내고 있으며, 선망유채의 45cm에 비해 MS/82007-B-15-1-1-2 등 3조합이 42cm로 3cm, MS/8516-B-5-6-4-2가 43cm로 2cm, MS/82009-B-89-2-1-1 등 2조합이 44cm로 1cm, 각각 작았고, MS/8516-B-5-6-1-2 등 3조합이 45cm로 같았으며, MS/8634-B-1-3-1-8 등 11조합이 1~4cm 더 신장하였다.

분지수는 10a당 1kg을 기준으로 하여 기계과종양식에 맞추어서 파종한 결과 대비품종인 선망유채의 분지수 11개에 비해 MS/8634-B-1-3-1-8 등 9조합이 1~2개 적었고, MS/82009-B-89-2-1-1 등 6조합이 같았으며 MS/76156-B-10-3-1-7 등 5조합이 1~4개 많은 경향을 보였다.

입모주수는 선망유채의 113개에 비해 MS/78113-B-6-4-1-5 등 15조합이 1~10개 적었으며, MS/82007-B-15-1-1-2 등 2조합은 같았고, MS/77010-B-10-3-5-6 등 3조합은 1~5개 많았다.

수당협수는 선망유채의 53개보다 20조합 공히 3~15개 범위로 더 많은 협이 착생하여 다수확이 될 수 있는 능력을 발휘하고 있었다.

Table 21(1). Local adaptability test of F<sub>1</sub> hybrids with high oleic acid in Muan on 2007.

Combination	Flowering time (month. day)	Maturing time (month. day)	Plant height (cm)	Ear length (cm)	No. of branches	No. of standing plant per m <sup>2</sup>	No. of siliqua on the main raceme
MS/82009-B-89-2-1-1	4.15	6.7	154	44	11	113	68
MS/82009-B-76-2-1-2	4.16	6.7	141	46	10	108	57
MS/8634-B-1-3-1-8	4.14	6.5	142	47	9	109	59
MS/8516-B-5-6-5-3	4.16	6.9	148	49	9	103	61
MS/82007-B-15-1-1-2	4.13	6.5	134	42	9	113	61
MS/8516-B-5-6-1-2	4.14	6.5	143	45	9	107	62
MS/8512-B-58-7-3-3	4.15	6.7	151	44	10	112	58
MS/8630-B-6-5-3-6	4.14	6.5	133	46	10	106	57
MS/77010-B-87-2-1-2	4.14	6.5	139	47	11	104	62
MS/77010-B-10-3-5-6	4.16	6.7	157	42	11	118	62
MS/77010-B-87-2-18-7	4.17	6.10	159	45	10	107	64
MS/76152-B-2-8-4-9-3	4.16	6.8	151	46	11	109	62
MS/78113-B-6-4-1-5	4.19	6.12	156	47	11	106	63
MS/82009-B-76-3-2-2	4.16	6.8	157	42	12	106	63
MS/8634-B-10-2-3-1	4.19	6.12	147	47	15	118	64
MS/8516-B-5-5-2-2	4.16	6.8	154	45	11	107	66
MS/8516-B-5-6-4-2	4.13	6.3	142	43	9	109	59
MS/YL-MB-50-2-5-4	4.15	6.6	137	48	13	112	60
MS/YL-MB-61-4-2-2	4.15	6.6	139	46	14	108	58
MS/76156-B-10-3-1-7	4.15	6.8	147	46	13	114	61
Sunmang(MS/목포111호)	4.16	6.8	143	45	11	113	53

협장은 선망유채의 4.8cm에 비해 MS/82009-B-89-2-1-1 등 12조합이 0.1~1.6cm 범위로 더 짧았으며, MS/82009-B-76-3-2-2 등 8조합은 0.1~0.7cm 범위로 더 신장하였다. 협당립수는 23~26개의 범위를 나타내고 있으며, 대비품종인 선망유채의 24개에 비해 MS/8516-B-5-6-1-2 등 4조합이 1개 적었고, MS/82009-B-89-2-1-1 등 8조합이 24개로 같았으며, MS/8630-B-6-5-3-6 등 6조합이 1~2개 더 많이 착생하였다.

결실비율은 F<sub>1</sub> hybrids 20조합 모두 91% 이상으로 높은 비율을 나타냈다. 천립중은 선망유채의 4.2g에 비해 MS/77010-B-87-2-1-2 등 4조합이 0.1~0.2g 범위로 낮았고, MS/8634-B-1-3-1-8 등 9조합은 4.2g으로 같았으며, MS/8516-B-5-6-5-3 등 7조합은 0.1g 높게 나타났다. 도복정도는 MS/8516-B-5-6-1-2, MS/77010-B-10-3-5-6, MS/78113-B-6-4-1-5, 및 MS/YL-MB-61-4-2-2 5조합이 극미한 정도이었고, MS/82009-B-89-2-1-1 등 13조합이 아주 극미한 정도를 나타냈으며, MS/8634-B-1-3-1-8 와 MS/82007-B-15-1-1-2의 2조합이 도복이 일어나지 않았다. 병해정도(균핵병 발생)는 전 공시 20조합 모두에서 전무하였다.

F<sub>1</sub> hybrids의 수량성은 437~458kg/10a의 범위를 보이고 있으며, MS/76156-B-10-3-1-7와 MS/78113-B-6-4-1-5의 2조합이 각각 458kg로, MS/8516-B-5-6-5-3이 457kg로 높은 수량성을 나타냈고, MS/76156-B-10-3-1-7 등 9조합은 450kg/10a 이상의 수량성을 보였다.

Table 21(2). Local adaptability test of F<sub>1</sub> hybrids with high oleic acid in Muanon 2007.

Combination	Length of silique (cm)	No. of seeds per silique	Rate of settled seeds(%)	Weight of 1,000 seeds (g)	Lodging degree (0~9)	Disease degree (0~9)	Yield (kg/10a)	Index
MS/82009-B-89-2-1-1	4.5	24	92	4.2	1	0	<b>453</b>	<b>101</b>
MS/82009-B-76-2-1-2	4.7	25	95	4.3	1	0	<b>456</b>	<b>102</b>
MS/8634-B-1-3-1-8	4.3	24	94	4.2	0	0	446	99
MS/8516-B-5-6-5-3	4.2	24	92	4.3	1	0	<b>457</b>	<b>102</b>
MS/82007-B-15-1-1-2	4.3	24	95	4.3	0	0	<b>452</b>	<b>101</b>
MS/8516-B-5-6-1-2	4.3	23	93	4.2	3	0	432	96
MS/8512-B-58-7-3-3	4.6	24	92	4.3	1	0	449	100
MS/8630-B-6-5-3-6	5.2	26	93	4.1	1	0	<b>451</b>	<b>100</b>
MS/77010-B-87-2-1-2	5.3	25	91	4.0	1	0	<b>455</b>	<b>101</b>
MS/77010-B-10-3-5-6	4.9	24	91	4.2	3	0	433	96
MS/77010-B-87-2-18-7	5.1	26	93	4.1	1	0	449	100
MS/76152-B-2-8-4-9-3	4.9	23	94	4.3	1	0	<b>458</b>	<b>102</b>
MS/78113-B-6-4-1-5	5.2	26	92	4.2	3	0	442	98
MS/82009-B-76-3-2-2	5.5	25	94	4.2	1	0	439	98
MS/8634-B-10-2-3-1	5.3	26	91	4.2	3	0	437	97
MS/8516-B-5-5-2-2	4.6	23	93	4.1	1	0	442	98
MS/8516-B-5-6-4-2	4.8	24	92	4.3	1	0	441	98
MS/YL-MB-50-2-5-4	4.2	23	91	4.2	1	0	<b>452</b>	<b>101</b>
MS/YL-MB-61-4-2-2	4.7	24	92	4.2	3	0	446	99
MS/76156-B-10-3-1-7	4.5	24	93	4.3	1	0	<b>458</b>	<b>102</b>
Sunmang(MS/목포111호)	4.8	24	93	4.2	1	0	<b>448</b>	<b>100</b>

제주도에서 지역적응성 시험결과는 과종기가 10월 25일로 무안의 10월15일보다 10일이 늦고 성숙기는 평균 5월 26일로 무안의 평균 6월 10일보다 15일이나 빨라서 F<sub>1</sub> hybrids의 생육기간이 전체적으로 25일이나 단축되어 수량구성요소들의 hybrid vigour의 발현정도가 낮았다. 따라서 수량성도 389~403kg/10a로 무안보다는 40~50kg/10a 낮게 나타나 제주도에서는 1대잡종의 수량성이 높게 발현하기에는 불리한 생육여건임을 알 수 있었다.

도복정도도 육지부보다 다소 심한편이며, 공시했던 조합들 모두가 도복되었다. 또한 제주도는 오래전부터 유채재배를 해왔던 터라 상당기간 유채를 연작한 곳이 많고, 개화성기에 강우가 많아 균핵병이 다소 발병하였으나 수량을 저하시킬 만큼은 아니었다.

Table 22(1). Local adaptability test of F<sub>1</sub> hybrids with high oleic acid in Jeju island on 2007.

Combination	Flowering time (month, day)	Maturing time (month, day)	Plant height (cm)	Ear length (cm)	No. of branches	No. of standing plant per m <sup>2</sup>	No. of siliqua on the main raceme
MS/82009-B-89-2-1-1	3.27	5.28	137	45	10	108	52
MS/82009-B-76-2-1-2	3.28	5.28	138	47	10	112	53
MS/8516-B-5-6-5-3	3.25	5.27	140	44	10	113	51
MS/82007-B-15-1-1-2	3.22	5.23	136	46	11	109	53
MS/8630-B-6-5-3-6	3.25	5.26	142	45	10	113	52
MS/77010-B-87-2-1-2	3.26	5.28	141	48	10	114	51
MS/77010-B-87-2-18-7	3.25	5.27	136	44	10	110	54
MS/76152-B-2-8-4-9-3	3.26	5.27	137	44	10	111	52
MS/YL-MB-50-2-5-4	3.25	5.25	140	45	11	112	51
MS/76156-B-10-3-1-7	3.26	5.27	136	46	10	117	53
Sunmang(MS/목포111호)	3.25	5.26	135	44	10	109	51

Table 22(2). Local adaptability test of F<sub>1</sub> hybrids with high oleic acid in Jeju island on 2007.

Combination	Length of silique (cm)	No. of seeds per silique	Rate of setted seeds (%)	Weight of 1,000 seeds (g)	Lodging degree (0~9)	Disease degree (0~9)	Yield (kg/10a)	Index
MS/82009-B-89-2-1-1	4.4	23	88	3.9	1	1	<b>401</b>	<b>103</b>
MS/82009-B-76-2-1-2	4.3	24	89	4.0	1	1	<b>392</b>	<b>101</b>
MS/8516-B-5-6-5-3	4.3	23	88	4.1	1	1	<b>394</b>	<b>101</b>
MS/82007-B-15-1-1-2	4.4	23	89	3.9	1	1	<b>397</b>	<b>102</b>
MS/8630-B-6-5-3-6	4.3	24	91	3.9	3	1	<b>393</b>	<b>101</b>
MS/77010-B-87-2-1-2	4.4	23	89	4.1	3	1	<b>395</b>	<b>101</b>
MS/77010-B-87-2-18-7	4.3	23	90	3.9	1	1	<b>391</b>	<b>100</b>
MS/76152-B-2-8-4-9-3	4.4	24	90	4.0	1	1	<b>396</b>	<b>102</b>
MS/YL-MB-50-2-5-4	4.3	23	89	3.9	1	1	<b>389</b>	<b>100</b>
MS/76156-B-10-3-1-7	4.4	25	91	4.1	1	1	<b>403</b>	<b>103</b>
Sunmang(MS/목포111호)	4.3	23	89	3.8	1	1	389	100

2007년에 이어 2008년 2년차에 걸쳐 양성된 F<sub>1</sub> hybrids의 지역적응성 및 수량성을 검정하고자 시험을 수행한 결과 공시한 20조합 F<sub>1</sub> hybrids의 개화기는 4월 12일~4월 16일까지의 범위를 보였으며, 대비품종인 선망의 4월 17일 보다는 1~5일 빠른 경향을 나타내었고, 특히 MS/82007-B-15-1-1-2, MS/76156-B-10-3-5-7, **MS/76156-B-10-3-1-7**, MS/76052-B-69-1-6-19, MS/76052-B-5-4-4-3 5조합은 4월 12일로 선망보다 5일이 빨랐다.

성숙기는 5월 30일~6월 8일까지의 범위를 보였고, 대비품종인 선망의 6월 10일 보다는 2~11일이 빨랐으며, 특히 MS/76052-B-69-1-6-19 조합이 5월 30일로 가장 빨랐고, 그다음으로 MS/76156-B-10-3-5-7과 MS/76156-B-10-3-1-7 2조합이 5월 31일이었으며, MS/82007-B-15-1-1-2, MS/8630-B-6-2-1-3, MS/76052-B-5-4-4-3의 3조합이 6월 1일로 세 번째로 빠른 조합들이었다. 대체로 개화기가 빠른 조합들이 성숙기도 빨라지는 것을 보여주었다.

10a당 1kg을 기준으로 하여 기계과종양식에 맞추어서 과중한 결과 F<sub>1</sub> hybrids의 경장은 154~178cm 범위로 선망유채의 165cm에 비해 MS/77010-B-87-2-18-7 등 11조합이 1~13cm 더 크게 신장하였고, F<sub>1</sub> hybrids의 수장은 선망유채의 68cm에 비해 MS/76156-B-10-3-5-7 등 6조합이 1~6cm 범위로 더 신장하였다.

분지수는 대비품종인 선망유채의 분지수 7개에 비해 20조합 모두가 같거나 1~2개 가 더 많았다. MS/76052-B-5-4-4-3 등 8조합이 1개 적었고, MS/82009-B-76-2-1-2 등 7조합이 같았으며, MS/76156-B-10-3-1-7 등 5조합이 1개 많은 경향을 보였다.

입모주수는 선망유채의 112개에 비해 MS/77010-B-87-2-18-7 등 7조합이 1~3개 적었으며, MS/J8634-B-30-4-1-3 등 3조합은 같았고, MS/77010-B-87-5-1-4 등 10조합은 1~11개 더 많았다. 수당협수는 선망유채의 68개에 비해 MS/82007-B-15-1-1-2 등 6조합이 1~6개 적었으며, MS/J8630-B-33-2-2-2 등 5조합이 같았고, MS/76156-B-10-3-1-7 등 9조합이 1~4개 더 많았다.

Table 23(1). Local adaptability test of F<sub>1</sub> hybrids with high oleic acid in Muan on 2008.

Combination	Flowering time (month. day)	Maturing time (month. day)	Plant height (cm)	Ear length (cm)	No. of branches	No. of standing plant per m <sup>2</sup>	No. of siliqua on the main raceme
MS/82009-B-89-2-1-1	4.13	6. 2	167	65	8	112	71
MS/82009-B-76-2-1-2	4.14	6. 5	172	71	8	109	68
MS/8516-B-5-6-5-3	4.15	6. 6	164	73	9	115	68
MS/82007-B-15-1-1-2	4.12	6. 1	174	68	7	106	62
MS/8630-B-6-5-3-6	4.13	6. 3	168	64	7	117	69
MS/77010-B-87-5-1-4	4.16	6. 8	162	69	8	123	65
MS/76152-B-2-6-5-4-3	4.15	6. 6	168	66	8	106	69
MS/YL-MB-50-2-5-4	4.13	6. 2	162	61	9	118	69
MS/76156-B-10-3-5-7	4.12	5.31	163	74	8	112	69
MS/8634-B-30-3-3-2	4.15	6. 4	175	66	9	106	70
<b>MS/76156-B-10-3-1-7</b>	<b>4.12</b>	<b>5.31</b>	<b>154</b>	<b>67</b>	<b>9</b>	<b>122</b>	<b>71</b>
MS/76052-B-69-1-6-19	4.12	5.30	163	63	7	114	68
MS/8630-B-6-2-1-3	4.13	6. 1	166	69	7	104	64
MS/82090-B-83-1-1	4.13	6. 5	169	62	7	119	68
MS/76052-B-5-4-4-3	4.12	6. 1	163	68	7	125	66
MS/77010-B-12-3-3-6	4.13	6. 3	167	69	7	116	67
MS/J8634-B-30-4-1-3	4.15	6. 5	164	65	9	112	72
MS/J8634-B-36-2-3-2	4.15	6. 5	168	68	8	109	69
MS/J8630-B-33-2-2-2	4.14	6. 5	162	67	8	115	68
MS/77010-B-87-2-18-7	4.16	6. 8	178	66	7	102	65
Sunmang(MS/목포111호)	4.17	6.10	165	68	7	112	68

협장은 선망유채의 5.6cm에 비해 MS/76052-B-5-4-4-3 등 6조합이 0.1~0.4cm 범위 로 더 짧았으며, MS/8634-B-30-3-3-2 등 14조합은 0.2~1.1cm 범위로 더 신장하였다.

협당립수는 선망유채의 24개에 비해 MS/8630-B-6-2-1-3 등 8조합이 1~3개 더 적었 고, MS/8630-B-6-5-3-6 등 4조합이 같았으며, MS/YL-MB-50-2-5-4 등 8조합이 1~ 3개 더 많이 착생하였다. 결실비율은 선망유채의 92%에 비해 MS/76052-B-5-4-4-3 등 7조합이 1~3% 낮았고, MS/82009-B-76-2-1-2 등 8조합이 같았으며, MS/8630-B-6- 2-1-3 등 5조합이 1~2% 높았다.

천립중은 선망유채의 4.1g에 비해 MS/8630-B-6-5-3-6 및 MS/76052-B-5-4-4-3 2조 합이 0.1g 가벼웠고, MS/82009-B-89-2-1-1 등 10조합은 같았으며, MS/76152-B-2-6- 5-4-3 등 8조합은 0.1g 더 무거웠다.

도복정도는 MS/77010-B-87-5-1-4조합이 약간 도복된 경향이었고, 그 외 19조합은 선망과 마찬가지로 도복이 극미하여 수량이 저하될 정도의 도복은 아니었다.

F<sub>1</sub> hybrids의 수량성은 451~467kg/10a의 범위를 보이고 있으며, 선망유채의 454kg/10a 에 비해 MS/82009-B-89-2-1-1, MS/82009-B-76-2-1-2, MS/76152-B-2- 6-5-4-3, MS/YL-MB-50-2-5-4, MS/8634-B-30-3-3-2, **MS/76156-B-10-3-1-7**, MS/ J8634-B-30-4-1-3, MS/J8634-B-30-4-1-3, MS/J8630-B-33-2-2-2 등 9조합은 460kg/10a 이상의 수량성을 보였다.

2007~2008 2년차에 걸쳐 무안지역에서의 적응성 시험을 수행한 결과 현재까지 양성

한 F<sub>1</sub> hybrids의 수량성은 450~460kg/10a의 범위를 나타낸 것을 종합해보면 450kg/10a 이상의 수량성을 갖으며, 숙기도 선망에 비해 3~4일 빠른 조숙, 다수확성 1대잡종을 조기 육성 보급이 가능할 것으로 기대된다.

Table 23(2). Local adaptability test of F<sub>1</sub> hybrids with high oleic acid in Muan on 2008.

Combination	Length of silique (cm)	No. of seeds per silique	Rate of setted seeds (%)	Weight of 1,000 seeds (g)	Lodging degree (0~9)	Disease degree (0~9)	Yield (kg/10a)	Index
MS/82009-B-89-2-1-1	5.8	25	92	4.1	1	0	<b>463</b>	102
MS/82009-B-76-2-1-2	6.2	25	92	4.1	1	0	<b>461</b>	101
MS/8516-B-5-6-5-3	6.3	23	92	4.2	1	0	<b>459</b>	101
MS/82007-B-15-1-1-2	5.5	22	93	4.1	1	0	<b>454</b>	100
MS/8630-B-6-5-3-6	5.4	24	93	4.0	1	0	<b>457</b>	100
MS/77010-B-87-5-1-4	6.5	23	91	4.1	3	0	<b>452</b>	99
MS/76152-B-2-6-5-4-3	6.3	27	91	4.2	1	0	<b>462</b>	102
MS/YL-MB-50-2-5-4	6.4	28	92	4.1	1	0	<b>464</b>	102
MS/76156-B-10-3-5-7	6.2	22	91	4.2	1	0	<b>458</b>	100
MS/8634-B-30-3-3-2	6.7	26	92	4.1	1	0	<b>461</b>	101
<b>MS/76156-B-10-3-1-7</b>	5.9	28	93	4.2	1	0	<b>465</b>	102
MS/76052-B-69-1-6-19	5.5	24	91	4.2	1	0	<b>459</b>	101
MS/8630-B-6-2-1-3	5.4	21	94	4.1	1	0	<b>452</b>	99
MS/82090-B-83-1-1	5.7	23	92	4.2	1	0	<b>458</b>	100
MS/76052-B-5-4-4-3	5.3	21	89	4.0	1	0	<b>451</b>	99
MS/77010-B-12-3-3-6	5.5	22	90	4.1	1	0	<b>453</b>	100
MS/J8634-B-30-4-1-3	6.7	25	93	4.2	1	0	<b>467</b>	103
MS/J8634-B-36-2-3-2	6.5	26	92	4.2	1	0	<b>463</b>	102
MS/J8630-B-33-2-2-2	6.4	24	92	4.1	1	0	<b>463</b>	102
MS/77010-B-87-2-18-7	5.7	24	91	4.1	1	0	<b>452</b>	99
Sunmang(MS/목포111호)	5.6	24	92	4.1	1	0	<b>454</b>	100

제주도에서 지역적응성 시험결과는 파종기가 10월 25일로 무안의 10월15일보다 10일이 늦어 성숙기는 평균 6월 3일로 무안의 평균 6월 3일과 같아 F<sub>1</sub> hybrids의 생육기간이 전체적으로 10일이나 단축되어 수량구성요소들의 hybrid vigour의 발현정도가 낮았다. 공시한 20조합 F<sub>1</sub> hybrids의 개화기는 3월 22일~3월 28일까지의 범위를 보였으며, 대부분의 조합들이 대비품종인 선망의 3월 28일 보다는 1~6일 빠른 경향을 나타내었으나 MS/8516-B-5-6-5-3, MS/77010-B-87-5-1-4, MS/76152-B-2-6-5-4-3의 3조합은 선망과 개화기가 같았다. 성숙기는 5월 30일~6월 8일까지의 범위를 보였고, 대비품종인 선망의 6월 7일에 비해 MS/77010-B-87-5-1-4, MS/76152-B-2-6-5-4-3의 2조합이 1일 늦었으며, 나머지 18조합들은 1~8일이 빨랐다.

무안에서와 같이 10a당 1kg을 기준으로 하여 기계파종양식에 맞추어서 파종한 결과 F<sub>1</sub> hybrids의 경장은 선망유체의 154cm에 비해 MS/76152-B-2-6-5-4-3, MS/82090-B-83-1-1, MS/82007-B-15-1-1-2 등 8조합이 1~7cm 범위로 작았고, MS/8634-B-30-3-3-2 조합이 같았으며, 나머지 11조합들은 1~10cm 길었다. 수장은 무안에서보다 공시한 모든 조합들이 더 짧았으나 분지수는 같거나 1개 더 많았다. 입모주수는 초기발아

율이 좋아 무안과 비슷한 경향을 보였지만 수당협수가 무안보다 평균 10개 정도 더 적었다. 협당립수도 평균 2개 정도 적었다. 결실비율과 천립중은 무안과 비슷하였으나 전반적으로 수량구성요소의 발현이 무안에 비해 다소 떨어지고 있었다.

Table 24(1). Local adaptability test of F<sub>1</sub> hybrids with high oleic acid in Jeju island on 2008.

Combination	Flowering time (month, day)	Maturing time (month, day)	Plant height (cm)	Ear length (cm)	No. of branches	No. of standing plant per m <sup>2</sup>	No. of siliqua on the main raceme
MS/82009-B-89-2-1-1	3.24	6. 1	159	51	9	115	63
MS/82009-B-76-2-1-2	3.25	6. 1	153	53	9	116	62
MS/8516-B-5-6-5-3	3.28	6. 6	158	55	9	112	61
MS/82007-B-15-1-1-2	3.23	5.31	149	49	9	109	56
MS/8630-B-6-5-3-6	3.25	6. 2	155	47	9	105	55
MS/77010-B-87-5-1-4	3.28	6. 8	152	52	9	108	58
MS/76152-B-2-6-5-4-3	3.28	6. 8	147	44	9	115	63
MS/YL-MB-50-2-5-4	3.24	6. 2	151	56	9	116	62
MS/76156-B-10-3-5-7	3.23	5.30	165	55	9	112	57
MS/8634-B-30-3-3-2	3.22	5.30	154	52	9	116	61
<b>MS/76156-B-10-3-1-7</b>	3.25	6. 3	152	56	9	118	64
MS/76052-B-69-1-6-19	3.26	6. 6	157	48	9	104	53
MS/8630-B-6-2-1-3	3.25	6. 5	153	47	9	106	55
MS/82090-B-83-1-1	3.24	6. 4	148	45	9	107	56
MS/76052-B-5-4-4-3	3.22	5.30	162	42	9	114	51
MS/77010-B-12-3-3-6	3.23	6. 2	159	43	9	113	52
MS/J8634-B-30-4-1-3	3.26	6. 5	163	56	9	121	63
MS/J8634-B-36-2-3-2	3.27	6. 6	164	53	9	118	62
MS/J8630-B-33-2-2-2	3.25	6. 5	158	52	9	116	62
MS/77010-B-87-2-18-7	3.26	6. 6	155	51	9	108	57
Sunmang(MS/목포111호)	3.28	6. 7	154	48	9	113	58

Table 24(2). Local adaptability test of F<sub>1</sub> hybrids with high oleic acid in Jeju island on 2008.

Combination	Length of silique (cm)	No. of seeds per silique	Rate of settled seeds(%)	Weight of 1,000 seeds(g)	Lodging degree (0~9)	Disease degree (0~9)	Yield (kg/10a)	Index
MS/82009-B-89-2-1-1	5.8	25	92	4.0	1	0	<b>397</b>	102
MS/82009-B-76-2-1-2	5.6	24	91	4.0	1	0	<b>392</b>	101
MS/8516-B-5-6-5-3	5.7	24	91	4.0	1	0	<b>391</b>	101
MS/82007-B-15-1-1-2	5.8	22	90	4.0	1	0	<b>387</b>	100
MS/8630-B-6-5-3-6	5.2	21	93	3.9	1	0	<b>382</b>	99
MS/77010-B-87-5-1-4	4.9	21	91	3.9	3	0	<b>383</b>	99
MS/76152-B-2-6-5-4-3	5.6	26	91	4.0	1	0	<b>395</b>	102
MS/YL-MB-50-2-5-4	5.5	26	92	4.0	1	0	<b>395</b>	102
MS/76156-B-10-3-5-7	4.8	22	91	3.9	1	0	<b>386</b>	100
MS/8634-B-30-3-3-2	5.2	25	92	4.1	1	0	<b>392</b>	101
<b>MS/76156-B-10-3-1-7</b>	5.7	26	93	4.1	1	0	<b>396</b>	102
MS/76052-B-69-1-6-19	5.1	22	91	4.0	1	0	<b>388</b>	100
MS/8630-B-6-2-1-3	4.9	22	94	3.9	1	0	<b>382</b>	99
MS/82090-B-83-1-1	4.8	21	92	3.9	1	0	<b>381</b>	98
MS/76052-B-5-4-4-3	4.8	20	89	3.9	1	0	<b>379</b>	98
MS/77010-B-12-3-3-6	4.7	20	90	3.9	1	0	<b>378</b>	97
MS/J8634-B-30-4-1-3	5.7	26	93	4.1	1	0	<b>399</b>	103
MS/J8634-B-36-2-3-2	5.4	25	92	4.1	1	0	<b>394</b>	102
MS/J8630-B-33-2-2-2	5.3	25	92	4.0	1	0	<b>391</b>	101
MS/77010-B-87-2-18-7	5.1	23	89	3.9	1	0	<b>384</b>	99
Sunmang(MS/목포111호)	5.2	24	91	4.0	1	0	<b>387</b>	100

따라서 수량성도 378~399kg/10a 범위로 평균 388kg를 나타내어 무안지역의 평균 458kg/10a보다는 70kg/10a이나 더 낮았다. 이상의 결과를 보면 제주도에서는 육지부의 유채 안전재배지대에서보다 1대잡종의 수량에 관여하는 수량구성요소들이 높게 발현하는데 불리한 기후조건임을 알 수 있었다.

#### 라. 요약 및 결론

바이오디젤 및 식용유의 원료로서 유채를 재배할 경우 원료를 생산하는 재배 농가와 바이오디젤을 생산하는 업체가 동시에 만족할 수 있는 유채의 품종개발은 다수성 1대잡종 개발에 의한 수량성 증대가 무엇보다 중요하다. 본 실험의 결과로 볼 때 유채 주재배지역인 육지부의 남부지역과 제주도간에는 F<sub>1</sub> hybrid의 수량 증대에 많은 차이가 있음을 알 수 있었다.

이러한 결과는 F<sub>1</sub> hybrid 품종의 수량구성요소에 대한 hybrid vigour가 발현되는데 있어서 기후와 생육조건에 따라 정도의 차이를 보일 수 있으므로 상이한 기후 조건하에서 적응성을 평가하는 것이 필요하고, 次第에 광지역성인 F<sub>1</sub> hybrid를 선발하기 위해서 지역에 따라 적응력이 뛰어난 임성회복화분친의 선발도 중요하다고 생각되었다.

금후에 제주도 지역에 최적의 다수성 1대잡종을 육성 보급하기 위해서는 제주도 현지에서 육종이 필요할 것이다.

### 4. 내병성 1대잡종 개발을 위한 효과적인 방제기술

#### 가. 연구목적

균핵병은 곰팡이에 의해서 발병되는 병으로 학명은 *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary이며 주로 줄기와 협에서 병의 징후가 발견된다. 토양 중에 sclerotia가 생존해 있다가 이듬해 봄에 sclerotia가 발아한 후 apothecia를 생성하여 ascospore(자낭포자) 상태로 개화기 이후부터 꽃잎에 1차적으로 기생한 다음 꽃잎이 떨어지면서 성숙 단계에 접어들 때 식물체 부위에 부착되면 부착된 부위(줄기, 협 등)에서 sclerotia를 만들면서 회색반점을 띠는 감염증상이 나타난다. 심할 경우 20~30%의 수량감소를 초래하기도 하는데 밭에서 연작을 할 경우 발병되는 병이다.

따라서 1대잡종의 다수성을 최대한 확보하기 위해서는 내병성인 계통을 선발하는 것도 필요하나 우선은 효과적인 방제기술을 개발하여 보급하는 것이 필요하여 균핵병의 화학적 방제에 효과가 좋은 우수 약제나 살포시기 등을 구명하고자 하였다.

#### 나. 재료 및 방법

균핵병을 방제하는데 효과적인 방법을 구명하고자 살포시기와 스미렉스수화제 등 3가지 약제를 가지고 균핵병에 가장 약한 영산유채 품종을 공시하여 살포시기는 개화기와 개화최성기 2회로 하여 일몰직전에 꿀벌이 활동을 마친 후에 식물체 전면에 골고루 묻히도록 전착제를 첨가하여 희석농도를 1,000배액으로 맞추어 살포하였다. 약제효능을 비교하여 선발하고자 방제가와 약해정도를 조사하였다.



#### 다. 결과 및 고찰

살포시기는 개화성기에 살포하는 것이 개화기보다는 효과적이었다. 이는 균핵병의 전염경로와 관련된 것으로 보이며 자낭포자가 꽃잎에 1차적으로 기생하여 개화성기까지 꽃잎에 머물다가 꽃잎이 떨어지면서 2차 기주에서 발병하는 것이 주요 원인인 것으로 사료된다. 약제는 스미렉스 수화제를 개화성기에 살포하는 것이 방제가가 89.9%로 가장 좋았다.

본 실험에 사용했던 공시약제들은 모두 약해가 일어나지 않았다.

Table 25. Effect of chemicals and spraying times for control of stem rot(*Sclerotinia sclerotiorum*).

Spraying time	Chemicals	No. of checked plants	No. of attacked plants	Attack rate (%)	Control rate (%)	Chemicals damage (0~9)
Flowering time	프로피수화제	200	72	36.0	33.9	0
	빈줄수화제	200	67	33.5	38.5	0
	스미렉스수화제	200	29	14.5	73.4	0
The high peak time of flowering	프로피수화제	200	34	17.0	68.8	0
	빈줄수화제	200	27	13.5	75.2	0
	스미렉스수화제	200	11	5.5	89.9	0
	무처리	200	109	54.5	-	-

#### 라. 요약 및 결론

*Sclerotinia*는 sclerotia로서 토양 속이나 작물 잔존물에서 월동한다. 3~15mm의 기다란 sclerotia가 높은 습도에서 내부에 형성되고 줄기 바깥에서 수확할 때까지 자유롭게 활동하다 토양 속으로 들어가거나 공격한 줄기 잔해에 남기도 한다. sclerotia의 일부는 크기와 모양이 유채씨와 비슷하여 수확물과 혼합되어 다음해에 파종이 되기도 한다.

Sclerotia는 7~10년 동안 생존이 가능하고, 만약 sclerotia가 토양의 상부 층(5cm)에 묻히게 되면 발아가 된다. sclerotia는 작고, 접시모양의 자실체(fruiting body, apothecia)가 토양위로 출현하여 만들어지게 된다. 이러한 유성의 자실체(fruiting body)는 오렌지로부터 옅은 갈색까지로 되고 낭(囊)과 같은 세포들로 덮여있는 포자(ascospore)를 포함한다. 이것들은 활동적으로 자유롭게 성장하며 공기 중에 퍼지게 된다. 기주의 줄기나 임들에 부착이 될 때 유리한 기상조건에서, ascospore가 발아되고 감염이 된다.

보통 감염은 도달된 포자들에 대한 양분의 최초의 재원으로서 제공되는 떨어진 꽃잎에 의해서 촉진되는데, 상위 잎들의 엽액(葉腋)에 모아지게 된다. 비나 이슬이 2~3일 동안 내려서 습기가 많은 조건이 되는 것은 감염이 잘 되는 상황이 전개된다. 고온과 자주 변하는 습도는 균핵병이 확산되는데 가장 유리한 조건이 된다.

유채 균핵병은 봄이 되면서 온도가 상승되고 습도가 높아지면서 발병에 유리한 조건이 되고, 균핵이 토양 중에 7~10년 동안 생존이 가능하므로 특히 이어짓기를 회피하고 윤작(돌려짓기)을 해야 하며, 유채재배 포장의 통풍이 잘 되도록 한다.

약제방제로서는 빈줄 및 스미렉스 수화제가 매우 효과적인데 발병되기 전의 예방 또는 발생 후 1,000~1,500배액으로 뿌려주면 거의 방제를 할 수 있다.

약제의 살포 시기는 유채의 개화가 20~50% 진전되었을 때와 개화최성기의 2회에 걸쳐 일몰시에 약제를 살포한다.

이모작 재배의 경우는 벼를 재배하는 기간동안의 담수조건으로 60~70일 이상만 담수되면 균핵이 완전히 사멸하므로 이모작 재배에서는 균핵병이 전연 발생되지 않는다.

## 5. 돌연변이 유기에 의한 올레인산 고함유 계통 조기 선발

### 가. 연구목적

방사선 조사가 여러 가지 작물의 품종개량에 활용되어 많은 육종적 성과를 올리고 있으며, 돌연변이육종에 의한 신품종 육성에 관한 일련의 성과에서 유용변이계통을 육종재료로 이용하거나 변이계통을 직접 선발 육성하여 실용화된 육성품종에 대한 결과는 많이 알려져 있다. 변이계통의 대부분이 원래의 품종에 비하여 단간, 조숙, 내병성, 성분변화 등의 특성을 나타내는 것들이 많고 특히 그중에서도 단간 및 조숙 변이계통의 유기 및 선발이 용이하다.

유채의 경우 최종목적 산물인 종자에 함유되어 있는 기름의 질을 개량하기 위하여 올레인산 함량을 높이거나 리놀렌산 함량을 낮추는 등 지방산 조성을 개량하고자할 때 육종방법은 방사선이나 화학약품을 종자에 처리하여 지방산 성분이 개량된 변이계통을 선발하는 방법이 효과적이다.

바이오디젤 원료용으로 최적인 high-oleic acid 품종을 개발하기 위해서는 바이오디젤과 분자구조가 흡사한 올레인산(C18:1) 함량이 높은 우수한 유전자원의 육성이 시급하다고 본다. 특히 oleic acid(C 18:1)함량이 높아지면 바이오디젤을 연료로 사용할 경우 엔진을 오작동 시키는 저온필터막힘점(Cold Filter Plugging Point, CFPP)'이  $-8^{\circ}\text{C}$ 로 코코넛기름(영상  $17^{\circ}\text{C}$ )보다 훨씬 낮게 하는 효과가 있어 온대지방에서 바이오디젤을 수송용 연료로 디젤자동차에 사용하기가 용이하다.

유채를 식용유 및 바이오디젤기름으로 사용하고 있는 독일, 영국, 프랑스 등 유럽은 물론 캐나다, 호주 등 여러 나라에서는 high-oleic acid 품종을 개발하고자 기존의 양질(zero-erucic acid 및 low-glucosinolate)의 계통들을 재료로 하고 방사선(X-ray, Gamma-ray)이나 화학약품(EMS)등의 돌연변이원을 처리하여 oleic acid가 70%이상 함유된 계통들을 선발하고자 시도하여 일부 성공한 사례가 있다.

본 시험은 기존의 지방산개량에 활용되어 왔던 방사선처리에 의한 돌연변이계통 육종방법을 도입하여 65% 내외의 올레인산 함량을 갖는 기존의 품종보다 더 높은 70% 내외의 올레인산 고함유 계통을 선발하고자 하였다.

## 나. 재료 및 방법

육성하여 보급되고 있는 품종들 중에서 올레인산 함량이 높고 광 지역 적응성인 내한유채, 한라유채, 탐미유채를 공시재료로 하여 Gamma-ray와 X-ray를 각각 100, 200, 400, 600, 800 및 1,000kr을 처리하여 M<sub>1</sub>세대를 양성하면서 방사선 처리별로 LD<sub>50</sub>을 파악코자 생존율과 품종별, 처리수준별로 개화기, 성숙기 및 경장을 조사하였다.

방사선을 처리한 수준별로 M<sub>2</sub>세대에서 숙기가 빠른 개체들을 1차 포장선발한 후 2차 실내에서 지방산분석을 통하여 올레인산 함량을 조사하였다.

M<sub>2</sub>세대에서 Gamma-ray 600, 800 및 1,000kr 처리수준에서 올레인산 함량이 70%가 상회하는 계통의 발현빈도가 높았기에 이들 선발된 계통을 M<sub>3</sub>세대에 전개하여 선발된 계통들의 형질을 고정하면서 재차 선발한 후 2차 실내에서 지방산분석을 통하여 올레인산 함량을 조사하였다.

또한 방사선을 처리하여 M<sub>2</sub>세대에서 올레인산 함량이 높은 계통을 조기 고정하여 육종소재로 활용코자 소포자 배양을 통해 획득된 반수체를 염색체 배가시킨 후 doubled-haploid를 생산하여 재차 유전자재조합 수단을 거친 후 올레인산 함량이 높아지면서 형질이 고정된 계통을 선발할 목적으로 본 실험의 방사선 처리에 공시재료로 이용한 탐미유채, 한라유채, 내한유채, 목포68호의 반수체 배 생산의 효율을 높일 수 있는 배양조건(배지, 배양온도, 화뢰 채취시기 등)을 확립코자 수행하였다.

M<sub>2</sub>세대를 전개하는 과정의 식물체가 본엽이 7~8매 정도 전개될 때까지 육묘 후 2007년 1월에 비닐하우스에 정식하고 하우스 온도를 20~25°C/10°C(주/야)로 조절하여 식물체를 육성하였다. 각 품종 및 방사선 처리별로 꽃이 1~9개 정도 개화하기 시작할 때의 화서를 채취하여 화뢰의 길이를 2.0~2.5mm, 2.5~3.0mm, 및 3.0~3.5mm의 3개 집단으로 나누어, 이들 각각 집단으로부터 20개 정도의 화뢰를 70%의 EtOH에 30초간 소독한 다음 Tween 20을 1~2방울 첨가한 1%의 NaClO용액에 15분간 표면살균한 후 멸균수로 4회 세척하였다. 살균된 화뢰를 비커에 넣고 13%의 sucrose가 첨가된 B5배지(Gamborg et al., 1968) 10ml를 첨가한 후 균질기로 화뢰를 으깨어 소포자를 분리하여 42 μm의 nylon mesh로 여과하고 15ml의 falcon tube에 담아 1,000rpm에서 5분간 원심분리를 하였다. 상층액을 버리고 1ml의 B5배지로 현탁한 후 활력이 높은 소포자만을 분리하기 위하여 24/32/40%의 percoll을 각각 2ml씩 농도에 따라 15ml의 falcon tube에 층을 이루도록 넣은 후 소포자 현탁액 1ml를 밀도 상층에 조심스럽게 주입하고 1,000 rpm에서 5분 원심분리 한 후 32%의 percoll층에 분리된 소포자만을 파스퇴르피펫을 이용하여 수집하였다. 이 분획에 5ml의 B5배지를 가하여 현탁시킨 후 0.1 ml을 취하여 혈구계수기(haemocytometer)를 이용하여 소포자의 밀도를 측정하고 1,000 rpm에서 5분간 원심분리를 한 후 상층액은 버리고 침전된 소포자들을 13%의 sucrose와 1mg/L NAA와 0.0mg/L BA가 함유된 NLN 배지(Nitsch & Nitsch, 1967)로 소포자 밀도가 5×10<sup>4</sup>/ml가 되도록 현탁하여 35mm × 10mm의 배양접시에 3ml씩 분주하여 32.5°C의 암 상태에서 3일간 배양한 후, 25°C 암상태로 옮겨서 지속 배양하였다.

배양 4주 후 형성된 소포자배를 100ml의 삼각플라스크에 30ml의 NLN 배지에서 100rpm으로 현탁배양을 하였다. 형성된 배는 MS(Murashige & Skoog, 1962) 고체배지에 치상하여 25°C에서 16h/day 광주기로 배양하였다. 새로 형성된 다량의 싹을 4주간격으로 동일한 배지로 계대배양을 하였다.

다. 결과 및 고찰

1) 고탐유 올레인산 육성을 위한 돌연변이체 선발(M<sub>1</sub>세대)

Gamma-ray와 X-ray를 각각 100, 200, 400, 600, 800 및 1,000kr을 처리하여 M<sub>1</sub>세대를 양성하면서 처리별로 생존율을 조사한 결과를 보면 내한유채, 한라유채 및 탐미유채 3품종 공히 Gamma-ray와 X-ray를 처리했을 때 600kr에서 평균생존율이 Gamma-ray는 51.8%, X-ray는 49.3%로 나타났으며 따라서 3품종 간에 생존율이 다소 차이는 있지만 대체적으로 LD<sub>50</sub>은 600kr이 기준이 될 수 있을 것으로 판단되었다.

Table 26(1). Comparison of survival rate by gamma-ray treatment.

Variety	Gamma-ray(kr)								
	100			200			400		
	No. of planted plants	No. of survival plant	Survival rate (%)	No. of planted plants	No. of survival plant	Survival rate (%)	No. of planted plants	No. of survival plant	Survival rate (%)
Nahanyuchae	200	167	83.5	200	157	78.5	200	132	66.0
Hallayuchae	200	158	79.0	200	143	71.5	200	126	63.0
Tammiyuchae	200	176	88.0	200	164	82.0	200	138	69.0
Average	600	501	83.5	600	464	77.3	600	396	66.0

Table 26(2). Comparison of survival rate by gamma-ray treatment.

Variety	Gamma-ray(kr)								
	600			800			1,000		
	No. of planted plants	No. of survival plant	Survival rate (%)	No. of planted plants	No. of survival plant	Survival rate (%)	No. of planted plants	No. of survival plant	Survival rate (%)
Nahanyuchae	200	104	52.0	200	84	42.0	200	36	18.0
Hallayuchae	200	98	49.0	200	73	36.5	200	28	14.0
Tammiyuchae	200	109	54.5	200	91	45.5	200	47	23.5
Average	600	311	51.8	600	248	41.3	600	111	18.5

Table 27(1). Comparison of survival rate by X-ray treatment.

Variety	X-ray(kr)								
	100			200			400		
	No. of planted plants	No. of survival plant	Survival rate (%)	No. of planted plants	No. of survival plant	Survival rate (%)	No. of planted plants	No. of survival plant	Survival rate (%)
Nahanyuchae	200	164	82.0	200	148	74.0	200	116	58.0
Hallayuchae	200	168	84.0	200	152	76.0	200	119	59.5
Tammiyuchae	200	182	91.0	200	173	86.5	200	142	71.0
Average	600	514	85.6	600	473	78.8	600	377	62.8

Table 27(2). Comparison of survival rate by X-ray treatment.

Variety	X-ray(kr)								
	600			800			1,000		
	No. of planted plants	No. of survival plant	Survival rate (%)	No. of planted plants	No. of survival plant	Survival rate (%)	No. of planted plants	No. of survival plant	Survival rate (%)
Nahanyuchae	200	98	49.0	200	68	34.0	200	35	17.5
Hallayuchae	200	94	47.0	200	61	30.5	200	29	14.5
Tammiyuchae	200	104	52.0	200	87	43.5	200	56	28.0
Average	600	296	49.3	600	216	36.0	600	120	20.0

X-ray를 100, 200, 400, 600, 800 및 1,000kr의 6수준으로 하고 품종은 내한유채, 한라유채 및 탐미유채로 하여 M<sub>1</sub>세대에서 집단 양성한 개체들을 M<sub>2</sub>세대에 처리수준별로 2,000개체를 재식하여 숙기가 빠른 계통을 1차 포장선발 한 다음 선발된 계통을 지방산 분석한 결과를 보면 3품종 공히 X-ray를 처리한 것이 처리 전보다 올레인산이 증가하는 경향을 보이고 있었으며, 내한유채는 1,000kr에서 올레인산 함량이 처리 전 58.7% 보다 7%, 한라유채는 800kr에서 처리 전 64.9% 보다 0.9%, 탐미유채는 1,000kr에서 처리 전 62.4% 보다 5% 증가된 개체를 선발할 수 있었다.

Gamma-ray를 100, 200, 400, 600, 800 및 1,000kr의 6수준을 하고 내한유채, 한라유채 및 탐미유채 3품종을 재료로 하여 X-ray를 처리한 것과 동일하게 M<sub>1</sub>세대에서 집단 양성한 개체들을 M<sub>2</sub>세대에 처리수준별로 2,000개체를 재식하여 숙기가 빠른 계통을 1차 포장선발 한 다음 선발된 계통을 지방산 분석한 결과를 보면 내한유채는 1,000kr에서 처리 전 58.7% 보다 9.6%, 한라유채는 800kr에서 처리 전 64.9% 보다 3.3%, 탐미유채는 600~1,000kr에서 처리 전 62.4% 보다 각각 10~11.1% 증가된 개체들을 선발할 수 있었다. 특히 탐미유채의 경우 600kr 수준부터 올레인산 함량이 70%를 상회하는 수준의 개체들이 다수 선발되었는데 이들은 우수한 유전자원으로 활용할 가치가 높은 것으로 판단된다.

Table 28. Number of selected lines by X-ray treatment.

Variety	Level of treatment(kr)					
	100	200	400	600	800	1,000
Nahanyuchae	43	41	45	48	38	35
Hallayuchae	42	40	40	42	41	—
Tammiyuchae	47	48	44	52	41	34
Total	132	129	129	142	120	69

Table 29. Comparison of maximum and minimum about fatty acid by X-ray treatment in Nahanyuchae.

Level of treatment (kr)	Item	Fatty acid composition(%)						
		PAL.	STE.	OLE.	LNL.	LIN.	EIC.	ERU.
100	Max.	4.4	2.5	63.3	17.4	10.8	1.6	0
	Min.	4.3	2.2	58.8	22.1	11.5	1.1	0
200	Max.	4.2	2.4	63.5	17.5	10.3	2.1	0
	Min.	4.3	1.8	58.8	22.2	11.5	1.4	0
400	Max.	4.2	2.7	64.4	18.2	8.3	2.2	0
	Min.	4.3	2.5	60.4	23.5	8.1	1.2	0
600	Max.	4.3	2.3	64.7	19.3	7.6	1.8	0
	Min.	4.3	2.3	60.4	24.1	7.6	1.3	0
800	Max.	4.8	2.2	65.7	18.2	7.2	1.9	0
	Min.	4.4	2.4	62.9	20.6	7.5	2.2	0
1,000	Max.	4.8	2.3	65.8	19.1	6.5	1.5	0
	Min.	4.5	2.5	62.4	22.3	7.4	0.9	0
Before treatment	—	4.6	1.5	58.7	22.7	11.8	0.7	0

Table 30. Comparison of maximum and minimum about fatty acid by X-ray treatment in Hallayuchae.

Level of treatment (kr)	Item	Fatty acid composition(%)						
		PAL.	STE.	OLE.	LNL.	LIN.	EIC.	ERU.
100	Max.	4.6	1.6	65.4	17.9	9.4	1.1	0
	Min.	4.9	2.2	62.2	20.7	8.7	1.3	0
200	Max.	4.1	1.9	65.4	18.3	9.1	1.2	0
	Min.	3.9	2.4	62.7	21.4	8.3	1.3	0
400	Max.	4.3	2.1	65.7	20.2	6.9	0.8	0
	Min.	4.2	2.2	63.5	21.6	7.3	1.2	0
600	Max.	4.5	2.4	65.8	19.6	6.5	1.2	0
	Min.	4.6	2.4	64.1	21.1	6.4	1.4	0
800	Max.	4.7	2.3	65.8	18.9	7.1	1.2	0
	Min.	4.8	2.6	64.4	20.3	6.6	1.3	0
Before treatment	—	4.0	1.7	64.9	18.9	9.7	0.8	0

Table 31. Comparison of maximum and minimum about fatty acid by X-ray treatment in Tammiyuchae.

Level of treatment (kr)	Item	Fatty acid composition(%)						
		PAL.	STE.	OLE.	LNL.	LIN.	EIC.	ERU.
100	Max.	4.2	2.4	64.4	18.9	8.6	1.5	0
	Min.	4.8	2.4	62.7	21.2	7.5	1.4	0
200	Max.	4.3	2.6	64.7	18.1	8.4	1.9	0
	Min.	4.4	2.6	63.2	20.3	7.7	1.8	0
400	Max.	4.4	2.2	65.6	19.7	7.3	0.8	0
	Min.	4.8	2.3	63.8	20.3	7.2	1.6	0
600	Max.	4.5	2.4	65.6	19.6	6.6	1.3	0
	Min.	4.3	2.2	64.2	21.9	6.3	1.1	0
800	Max.	4.4	2.4	66.8	20.2	5.5	0.7	0
	Min.	4.9	2.6	64.3	20.2	7.2	0.8	0
1,000	Max.	4.3	2.2	67.4	18.9	5.9	1.3	0
	Min.	4.7	2.1	64.1	22.2	5.7	1.2	0
Before treatment	—	4.3	2.2	62.4	21.1	8.2	1.8	0

Table 32. Number of selected lines Gamma-ray treatment.

Variety	Level of treatment(kr)					
	100	200	400	600	800	1,000
Nahanyuchae	35	40	45	48	35	35
Hallayuchae	35	40	45	42	35	—
Tammiyuchae	42	43	45	50	40	35
Total	112	123	135	140	110	70

Table 33. Comparison of maximum and minimum about fatty acid by Gamma-ray treatment in Nahanyuchae.

Level of treatment (kr)	Item	Fatty acid composition(%)						
		PAL.	STE.	OLE.	LNL.	LIN.	EIC.	ERU.
100	Max.	4.7	2.3	64.5	15.6	11.7	1.2	0
	Min.	4.2	2.6	58.3	21.6	11.8	1.5	0
200	Max.	4.2	2.2	64.7	15.7	11.5	1.7	0
	Min.	4.4	2.4	58.3	21.8	11.8	1.3	0
400	Max.	4.5	2.4	65.8	18.3	8.1	0.9	0
	Min.	4.6	2.6	61.4	20.9	9.2	1.3	0
600	Max.	4.8	2.5	65.7	17.2	8.4	1.4	0
	Min.	4.3	2.3	63.2	21.5	7.9	0.8	0
800	Max.	4.3	2.5	67.2	16.9	8.4	0.7	0
	Min.	4.7	2.4	64.7	19.2	7.9	1.1	0
1,000	Max.	4.1	2.6	68.3	15.4	8.3	1.3	0
	Min.	4.8	2.2	64.7	19.4	7.7	1.2	0
Before treatment	—	4.6	1.5	58.7	22.7	11.8	0.7	0

Table 34. Comparison of maximum and minimum about fatty acid by Gamma-ray treatment in Hallayuchae.

Level of treatment (kr)	Item	Fatty acid composition(%)						
		4.2	2.3	65.7	18.8	7.8	1.2	0
100	Max.	5.2	2.1	64.1	17.8	9.2	1.6	0
	Min.	4.2	1.8	66.4	21.3	5.5	0.8	0
200	Max.	4.5	1.8	64.1	22.7	5.7	1.2	0
	Min.	4.7	2.5	67.8	19.4	4.9	0.7	0
400	Max.	4.3	2.4	66.1	20.4	5.9	0.9	0
	Min.	5.3	1.8	67.5	19.4	4.8	1.2	0
600	Max.	4.7	1.8	65.8	21.4	5.1	1.2	0
	Min.	4.4	2.2	68.2	19.3	5.2	0.7	0
800	Max.	4.7	2.4	65.7	20.2	5.7	1.3	0
	Min.	4.0	1.7	64.9	18.9	9.7	0.8	0
Before treatment	-	4.0	1.7	64.9	18.9	9.7	0.8	0

Table 35. Comparison of maximum and minimum about fatty acid by Gamma-ray treatment in Tammiyuchae.

Level of treatment (kr)	Item	Fatty acid composition(%)						
		PAL.	STE.	OLE.	LNL.	LIN.	EIC.	ERU.
100	Max.	4.2	2.2	64.7	20.1	7.9	0.9	0
	Min.	4.3	2.2	62.8	21.8	8.2	0.7	0
200	Max.	5.2	2.2	64.8	19.4	7.6	0.8	0
	Min.	4.4	2.4	63.1	21.6	7.7	0.8	0
400	Max.	5.3	2.5	65.9	18.6	6.8	0.9	0
	Min.	5.1	1.8	64.1	21.2	6.9	0.9	0
600	Max.	4.9	1.8	72.4	15.2	4.8	0.9	0
	Min.	4.4	2.6	66.7	20.4	4.7	1.2	0
800	Max.	4.7	2.2	73.5	14.5	4.2	0.9	0
	Min.	4.6	1.9	66.7	20.8	5.2	0.8	0
1,000	Max.	4.3	2.1	73.5	14.5	4.8	0.8	0
	Min.	4.2	1.9	66.7	21.6	4.3	1.3	0
Before treatment	-	4.3	2.2	62.4	21.1	8.2	1.8	0

본 실험에서도 X-ray를 100, 200, 400, 600, 800 및 1,000kr의 6수준, Gamma-ray를 100, 200, 400, 600, 800 및 1,000kr의 6수준으로 처리하여 이미 M<sub>2</sub>세대에서 oleic acid 함량이 70% 이상의 개체들을 선발하였다. 선발된 계통들을 M<sub>3</sub>세대에 전개하여 자식 채종한 계통들 중 70%를 상회하는 계통들을 재차 선발을 하였다.

유체의 high-oleic acid 계통을 선발하는데 본 실험에서는 X-ray보다 Gamma-ray가 더 효과적이었고, 조사된 선량은 600~1,000의 범위에서 oleic acid 함량이 70% 이상인 계통을 다수 선발할 수 있었다. Gamma-ray 600kr의 경우 선발된 60계통의 oleic acid 함량이 70.3~72.8% 범위를 보였고, 평균 71.4%이었다. Gamma-ray 800kr의 경우 선발된 45계통의 oleic acid 함량이 70.4~73.8% 범위를 보였고, 평균 72.2%이었다. Gamma-ray 1,000kr의 경우 선발된 27계통의 oleic acid 함량이 70.2~73.5% 범위를 보였고, 평균 72.0%이었다. 결과적으로 high-oleic acid 계통 선발에 가장 적합한 gamma-ray 처리수준은 800kr이 다소 효과가 있었다는 것을 나타내주고 있다. Gamma-ray 800kr에서 oleic acid 함량 분포를 보면 73.8% 1계통, 73.3~73.5% 6계통, 73.0~73.2% 5계통, 72.7~72.9% 5계통, 72.4~72.6% 11계통, 72.1~72.3% 3계통, 71.8~72.0% 1계통, 71.5~71.7% 2계통, 71.2~71.4% 1계통, 71.0%이하가 10계통을 나타내고

있었고, 73.0% 이상이 12계통이나 되어 high-oleic acid 계통 선발에 가장 효과적이었음을 보여주었다.

Gamma-ray 800kr에서 oleic acid 함량 분포를 보면 73.6% 1계통, 73.2~73.5% 2계통, 72.6~72.8% 6계통, 72.3~72.5% 6계통, 72.0~72.2% 3계통, 71.1~71.9% 2계통, 71.0이하가 7계통을 나타내고 있으며, 73% 이상은 3계통에 불과하였다.

돌연변이 분리세대에서 선발한 후 선발된 개체를 다시 재식하여 계통을 전개하면서 소포자 배양을 통하여 반수체를 유기한 다음 콜히친이나 오리잘린 등의 알킬화합물 처리로 염색체를 배가시켜 doubled-haploid를 작성해서 selfing된 중자를 전개시킨 후 새로이 개체를 선발하는 과정을 거치면 지방산의 조성이 다양하게 표현된다. 특히 유체는 지방산 조성 중에 올레인산 함량을 높이는데 이와 같은 방법이 효과적이다.

Table 36. Oleic acid distribution of selected lines by 800kr level of Gamma-ray treatment in M<sub>3</sub> generation.

Item	Oleic acid										Total
	71.0 less than	71.2-71.4	71.5-71.7	71.8-72.0	72.1-72.3	72.4-72.6	72.7-72.9	73.0-73.2	73.3-73.5	73.6 more than	
Line number	10	1	2	1	3	11	5	5	6	1	45

Table 37. Oleic acid distribution of selected lines by 1,000kr level of Gamma-ray treatment in M<sub>3</sub> generation.

Item	Oleic acid								Total
	71.0 less than	71.1-71.9	72.0-72.2	72.3-72.5	72.6-72.8	72.9-73.1	73.2-73.5	73.6 more than	
Line number	7	2	3	6	6	0	2	1	27

Table 38(1). Fatty acid composition of high oleic acid of selected lines in M<sub>3</sub> generation.

No.	Line name	Mutagen	Oil content (%)	PAL.	STE.	OLE.	LNL.	LIN.	EIC.	ERU
1	TL-MB-1-1	Gamma-ray (600kr)	44.5	4.3	1.9	70.3	18.1	4.5	0.9	0
2	TL-MB-1-2	"	44.3	3.5	1.5	71.4	17.6	5.2	0.8	0
3	TL-MB-1-3	"	44.7	4.2	1.3	70.7	17.4	5.6	0.8	0
4	TL-MB-4-1	"	44.2	4.5	2.5	71.2	15.8	5.1	0.9	0
5	TL-MB-4-2	"	45.1	4.7	1.6	71.5	15.2	5.3	1.7	0
6	TL-MB-4-3	"	44.6	4.2	1.8	70.9	16.8	5.1	1.2	0
7	TL-MB-6-1	"	44.3	4.4	2.3	72.4	15.4	4.6	0.9	0
8	TL-MB-6-2	"	45.2	4.1	1.9	71.9	16.2	5.1	0.8	0
9	TL-MB-6-3	"	44.6	4.3	1.5	72.1	15.9	5.3	0.9	0
10	TL-MB-10-1	"	44.2	5.2	2.3	70.6	16.1	4.9	0.9	0
11	TL-MB-10-2	"	43.9	4.8	1.9	71.2	15.8	5.2	1.1	0



Table 38(2). Fatty acid composition of high oleic acid of selected lines in M<sub>3</sub> generation.

No.	Line name	Mutagen	Oil content (%)	PAL.	STE.	OLE.	LNL.	LIN.	EIC.	ERU
12	TL-MB-10-3	Gamma-ray (600kr)	45.2	4.4	2.1	70.9	16.1	5.6	0.9	0
13	TL-MB-11-1	"	44.8	4.3	2.2	71.3	15.7	5.3	1.2	0
14	TL-MB-11-2	"	44.3	4.1	2.1	71.8	15.5	5.4	1.1	0
15	TL-MB-11-3	"	45.1	3.9	2.3	71.6	15.3	5.6	1.3	0
16	TL-MB-12-1	"	44.9	4.6	2.5	72.4	15.1	4.6	0.8	0
17	TL-MB-12-2	"	44.7	3.8	1.9	72.8	15.4	5.2	0.9	0
18	TL-MB-12-3	"	44.2	4.3	1.8	72.1	15.6	4.9	1.3	0
19	TL-MB-18-1	"	45.1	4.7	2.6	71.2	15.1	5.3	1.1	0
20	TL-MB-18-2	"	44.6	4.3	2.1	71.6	16.4	4.4	1.2	0
21	TL-MB-18-3	"	44.3	4.2	1.9	71.8	15.9	5.3	0.9	0
22	TL-MB-20-1	"	45.2	4.5	1.8	72.4	16.3	4.2	0.8	0
23	TL-MB-20-2	"	44.6	4.2	1.6	72.8	17.4	3.5	0.5	0
24	TL-MB-20-3	"	44.2	3.9	1.5	71.4	16.9	5.1	1.2	0
25	TL-MB-24-1	"	43.9	4.4	1.9	70.6	16.9	4.9	1.3	0
26	TL-MB-24-2	"	44.4	4.2	1.8	71.3	15.8	5.7	1.2	0
27	TL-MB-24-3	"	44.5	4.1	1.6	70.2	16.9	6.3	0.9	0
28	TL-MB-25-1	"	44.3	4.9	2.3	71.3	16.1	4.6	0.8	0
29	TL-MB-25-2	"	44.7	4.4	2.1	71.6	15.6	5.2	1.1	0
30	TL-MB-25-3	"	44.2	4.2	1.9	71.5	16.8	4.9	0.7	0
31	TL-MB-27-1	"	45.1	4.3	2.5	71.2	16.5	4.8	0.7	0
32	TL-MB-27-2	"	44.6	4.7	1.7	70.9	17.4	4.7	0.6	0
33	TL-MB-27-3	"	44.3	4.5	1.8	71.6	16.8	4.8	0.5	0
34	TL-MB-29-1	"	45.2	4.9	1.8	72.4	15.2	4.8	0.9	0
35	TL-MB-29-2	"	44.6	4.3	1.6	72.6	16.1	4.9	0.5	0
36	TL-MB-29-3	"	44.2	4.2	1.7	72.2	16.6	4.6	0.7	0
37	TL-MB-32-1	"	43.9	4.6	2.6	71.2	16.2	4.6	0.8	0
38	TL-MB-32-2	"	45.3	4.4	1.8	71.6	16.8	4.7	0.7	0
39	TL-MB-32-3	"	44.2	4.1	1.9	71.8	16.2	5.1	0.9	0
40	TL-MB-38-1	"	44.2	4.2	2.3	70.6	17.4	4.3	1.2	0
41	TL-MB-38-2	"	44.7	4.1	2.1	71.2	16.6	5.3	0.7	0
42	TL-MB-38-3	"	44.3	4.3	1.8	71.6	15.8	4.9	1.6	0
43	TL-MB-39-1	"	45.1	4.4	2.4	71.3	16.4	4.8	0.7	0
44	TL-MB-39-2	"	44.6	4.5	1.9	70.8	16.7	5.2	0.9	0
45	TL-MB-39-3	"	44.3	4.2	2.2	71.6	16.8	4.6	0.6	0
46	TL-MB-41-1	"	45.2	5.2	1.9	70.6	16.7	4.7	0.9	0
47	TL-MB-41-2	"	44.6	4.3	1.8	70.4	16.9	5.9	0.7	0
48	TL-MB-41-3	"	44.2	4.7	1.7	70.8	16.3	5.3	1.2	0
49	TL-MB-42-1	"	45.1	4.3	2.3	71.3	16.2	4.8	1.1	0
50	TL-MB-42-2	"	44.9	3.8	1.7	71.6	17.3	4.9	0.7	0
51	TL-MB-42-3	"	44.7	3.7	1.9	71.2	17.6	4.7	0.9	0
52	TL-MB-43-1	"	44.2	4.6	2.2	70.8	16.4	5.1	0.9	0
53	TL-MB-43-2	"	45.1	4.2	1.8	70.3	16.6	5.8	1.3	0
54	TL-MB-43-3	"	44.6	4.1	1.9	71.2	16.9	5.2	0.7	0
55	TL-MB-46-1	"	44.3	4.5	2.2	71.2	17.2	4.2	0.7	0
56	TL-MB-46-2	"	45.2	3.4	1.8	71.6	17.2	5.2	0.8	0
57	TL-MB-46-3	"	44.6	3.4	2.1	71.8	16.9	4.9	0.9	0
58	TL-MB-48-1	"	44.2	4.4	1.8	72.4	15.7	4.4	1.3	0
59	TL-MB-48-2	"	43.9	4.3	1.6	72.7	15.6	4.7	1.1	0
60	TL-MB-48-3	"	44.4	4.5	1.8	71.8	16.2	4.8	0.9	0

Table 38(3). Fatty acid composition of high oleic acid of selected lines in M<sub>3</sub> generation.

No.	Line name	Mutagen	Oil content (%)	PAL.	STE.	OLE.	LNL.	LIN.	EIC.	ERU
61	TL-MB-51-1	Gamma-ray (800kr)	44.5	4.7	2.3	71.6	15.7	4.6	1.1	0
62	TL-MB-51-2	"	44.3	4.3	1.9	71.8	15.8	5.3	0.9	0
63	TL-MB-51-3	"	44.7	4.5	2.1	72.1	15.1	5.5	0.7	0
64	TL-MB-52-1	"	44.2	4.4	1.8	73.5	15.2	4.2	0.9	0
65	TL-MB-52-2	"	45.1	4.2	1.9	73.1	15.6	4.4	0.8	0
66	TL-MB-52-3	"	44.6	4.3	1.7	72.8	15.9	4.6	0.7	0
67	TL-MB-56-1	"	44.3	5.2	2.5	72.5	13.8	5.1	0.9	0
68	TL-MB-56-2	"	45.2	4.5	2.1	72.7	13.3	6.2	1.2	0
69	TL-MB-56-3	"	44.6	4.8	2.2	72.4	13.6	5.9	1.1	0
70	TL-MB-58-1	"	44.9	4.6	2.3	70.4	17.3	4.6	0.8	0
71	TL-MB-58-2	"	44.1	4.8	2.2	70.6	16.1	5.4	0.9	0
72	TL-MB-58-3	"	43.8	4.4	2.4	71.5	15.6	5.3	0.8	0
73	TL-MB-63-1	"	44.6	4.4	2.2	72.5	15.7	4.3	0.9	0
74	TL-MB-63-2	"	45.2	4.2	2.1	72.7	15.7	4.6	0.7	0
75	TL-MB-63-3	"	44.8	4.1	1.9	73.1	15.2	4.9	0.8	0
76	TL-MB-64-1	"	44.3	4.7	2.3	73.5	14.2	4.2	1.1	0
77	TL-MB-64-2	"	45.2	4.4	2.1	73.2	15.3	4.3	0.7	0
78	TL-MB-64-3	"	44.6	4.3	2.2	73.3	14.9	4.7	0.6	0
79	TL-MB-68-1	"	44.2	4.3	2.5	72.5	14.7	4.7	1.3	0
80	TL-MB-68-2	"	43.9	4.1	2.2	72.8	14.6	5.6	0.7	0
81	TL-MB-68-3	"	44.4	4.4	2.6	72.6	14.3	5.5	0.6	0
82	TL-MB-70-1	"	44.5	4.4	2.3	70.4	17.2	4.8	0.9	0
83	TL-MB-70-2	"	44.3	4.2	2.1	71.2	17.3	4.4	0.8	0
84	TL-MB-70-3	"	44.7	4.3	1.9	70.8	17.8	4.5	0.7	0
85	TL-MB-75-1	"	44.2	4.3	2.2	72.5	15.1	4.7	1.2	0
86	TL-MB-75-2	"	45.1	4.2	1.8	72.2	16.3	4.7	0.8	0
87	TL-MB-75-3	"	44.6	4.4	1.7	72.6	15.7	4.4	1.2	0
88	TL-MB-76-1	"	44.3	4.6	2.5	73.5	13.9	4.4	1.1	0
89	TL-MB-76-2	"	45.2	4.7	2.1	73.2	12.7	6.4	0.9	0
90	TL-MB-76-3	"	44.6	4.8	1.9	73.8	12.6	5.8	1.1	0
91	TL-MB-80-1	"	44.2	4.2	2.5	72.5	15.4	4.6	0.8	0
92	TL-MB-80-2	"	44.7	4.5	2.1	72.3	14.6	5.4	1.1	0
93	TL-MB-80-3	"	45.2	4.3	1.8	72.6	14.8	5.3	1.2	0
94	TL-MB-82-1	"	44.4	4.7	2.3	70.4	17.2	4.7	0.7	0
95	TL-MB-82-2	"	44.8	4.5	2.1	70.9	16.8	4.9	0.8	0
96	TL-MB-82-3	"	44.6	4.2	2.3	70.8	16.5	5.3	0.9	0
97	TL-MB-84-1	"	44.2	4.3	2.6	72.5	14.3	5.1	1.2	0
98	TL-MB-84-2	"	44.5	4.2	2.2	72.6	14.7	5.2	1.1	0
99	TL-MB-84-3	"	43.9	4.1	2.4	72.8	14.8	4.6	1.3	0
100	TL-MB-86-1	"	44.8	4.5	2.3	70.4	17.3	4.6	0.9	0
101	TL-MB-86-2	"	44.3	4.6	2.2	70.6	16.8	5.1	0.7	0
102	TL-MB-86-3	"	45.2	4.3	2.4	70.7	17.2	4.6	0.8	0
103	TL-MB-87-1	"	44.6	4.7	2.2	73.5	14.5	4.2	0.9	0
104	TL-MB-87-2	"	44.2	4.3	2.1	73.2	14.3	5.4	0.7	0
105	TL-MB-87-3	"	43.9	4.2	1.9	73.3	14.2	5.8	0.6	0
106	TL-MB-91-1	Gamma-ray (1,000kr)	44.4	4.3	2.1	73.5	14.5	4.8	0.8	0
107	TL-MB-91-2	"	44.5	4.1	1.9	73.2	15.2	4.9	0.7	0
108	TL-MB-91-3	"	44.3	4.2	1.8	73.6	14.9	4.7	0.8	0

Table 38(4). Fatty acid composition of high oleic acid of selected lines in M<sub>3</sub> generation.

No.	Line name	Mutagen	Oil content (%)	PAL.	STE.	OLE.	LNL.	LIN.	EIC.	ERU
109	TL-MB-95-1	Gamma-ray (1,000kr)	44.7	4.5	2.4	72.5	14.2	5.5	0.9	0
110	TL-MB-95-2	"	44.2	4.1	2.2	72.3	15.7	4.8	0.9	0
111	TL-MB-95-3	"	45.1	3.9	2.5	72.7	15.2	4.9	0.8	0
112	TL-MB-97-1	"	44.6	5.4	1.9	70.4	16.4	4.6	1.3	0
113	TL-MB-97-2	"	44.3	4.8	2.2	70.2	16.7	5.2	0.9	0
114	TL-MB-97-3	"	45.2	4.6	1.9	71.4	16.2	4.8	1.1	0
115	TL-MB-102-1	"	44.6	4.5	2.3	72.2	15.5	4.1	1.4	0
116	TL-MB-102-2	"	44.2	4.1	2.4	72.5	15.4	4.8	0.8	0
117	TL-MB-102-3	"	44.7	4.2	2.1	72.8	15.7	4.3	0.9	0
118	TL-MB-103-1	"	45.2	5.2	2.4	70.3	16.7	4.6	0.8	0
119	TL-MB-103-2	"	44.4	4.9	2.2	70.8	16.8	4.1	1.2	0
120	TL-MB-103-3	"	44.8	4.5	2.5	70.4	16.2	5.5	0.9	0
121	TL-MB-111-1	"	44.6	5.4	2.6	72.5	13.8	4.6	1.1	0
122	TL-MB-111-2	"	45.2	4.3	2.2	72.8	14.6	5.3	0.8	0
123	TL-MB-111-3	"	44.1	4.5	2.3	72.4	14.4	5.7	0.7	0
124	TL-MB-113-1	"	44.3	4.1	2.3	70.4	17.9	4.4	0.9	0
125	TL-MB-113-2	"	44.8	4.4	2.1	71.5	15.1	5.6	1.3	0
126	TL-MB-113-3	"	44.3	4.2	2.3	70.8	15.4	6.1	1.2	0
127	TL-MB-118-1	"	44.7	4.8	2.3	72.2	15.4	4.4	0.9	0
128	TL-MB-118-2	"	44.5	4.5	2.2	72.6	14.2	5.6	0.9	0
129	TL-MB-118-3	"	44.6	4.3	2.1	72.8	13.7	6.3	0.8	0
130	TL-MB-123-1	"	44.2	4.2	2.4	72.5	15.5	4.1	1.3	0
131	TL-MB-123-2	"	44.3	4.3	2.2	72.8	14.8	4.7	1.2	0
132	TL-MB-123-3	"	45.1	4.5	2.3	72.2	14.9	5.2	0.9	0
계 132계통										

## 2) 소포자 배양을 통한 반수체 배 생산 효율 검토

일반적으로 유체의 소포자 배양은 추과형과 춘과형의 품종 간에 차이를 나타내는데 춘과품종이 추과품종보다 반수체 배 생산 효율이 높으나 추과형 유체의 반수체 발생율은 매우 낮은 실정이다. 춘과형 품종이 추과형에 비해 소포자 유래의 배 생산이 현저하게 많은 것은 생체 내에서 소포자 생육속도가 차이가 있기 때문인데, 춘과형은 3월이나 4월초에 파종하여 개화기에 도달할 때까지 온도가 점진적으로 상승되는 시기이어서 화분발육이 느리게 진전되는 경향이지만, 반대로 추과형은 9월말이나 10월 중에 파종하여 동절기를 거쳐 이듬해 2월말이 되면 이미 화아 분화가 끝나고 3월 중순에 곧바로 추대하여 4월 중순에 개화하는 시기에 도달하기 때문에 온도가 급상승하는 연유로 화분발육의 단계가 상당히 빠르게 진전된다. 이와 같이 화분발육의 진전되는 속도가 다르기 때문에 배 발생에 적기인 1핵기 말기 또는 2핵기 초기의 소포자를 다수 포함하고 있는 화뢰를 채취하는 것이 중요하다.

따라서 본 연구에서는 소포자 배양을 통한 반수체 생산 제고를 위한 기초 자료를 얻고자 형광염색소인 DAPI를 이용하여 화분 핵을 조사하는 방법을 통해 생체(*in vivo*) 상태에서 품종별로 화분크기에 따른 소포자 발육시기를 관찰하였다.

화뢰 크기에 따른 생체 내의 소포자 발육을 목포 68호와 탐미유채 두 품종에 대해서

비교하였다. 화퇴 크기가 2.0mm이하일 때 두 품종 공히 4분자기에 해당되었고, 2.0~2.5mm에서 목포 68호는 1핵기 초기와 중기가 나타나고 있으나 탐미유채는 주로 1핵기 초기의 소포자가 대다수를 차지하고 있었다. 2.5~3.0mm에서 목포 68호는 1핵기 말기가 다수를 점하고 있지만 1핵기 중기와 말기가 비슷한 비율로 분포되었다. 3.0~3.5mm에서 목포 68호는 1핵기 말기와 2핵기 초기 화분이 보이고 있으며 탐라유채는 1핵기 중기, 1핵기 말기 및 2핵기 초기 화분이 골고루 분포되었다. 3.5~4.0mm에서는 목포 68호는 2핵기 화분이 대다수를 점하고 있고, 1핵기 말기 화분이 조금씩 눈에 띄는 정도이었으나 탐미유채는 1핵기 말기 화분이 대다수를 차지하고 2핵기 화분이 간혹 눈에 띄고 있었다. 4.0~4.5mm에서 목포 68호와 탐미유채 2품종 공히 2핵성 화분과 3핵성 화분이 같이 나타나고 있으나 목포 68호가 3핵성 화분의 분포가 더 많았다. 같은 추과형 품종 간에도 화퇴 크기에 따라 화분발육의 진전되는 속도에 다소 차이가 있음을 보여주고 있다. 또한 현미경 관찰 하에서 품종의 화퇴 크기에 따른 소포자 배양에 효율이 높은 1핵기 말기 또는 2핵기 초기 화분이 많이 분포되어 있는 크기를 알았더라도 화퇴 채취 후 소포자 배양을 잘 진행되도록 유도하는 전처리과정을 거치면 반수체 배 생산 효율을 높이기도 하므로 본 실험에서 반수체 배 생산이 아주 적었던 한라유채는 저온에 경과하여 전처리를 하는 것이 좋을 것으로 판단되었다.

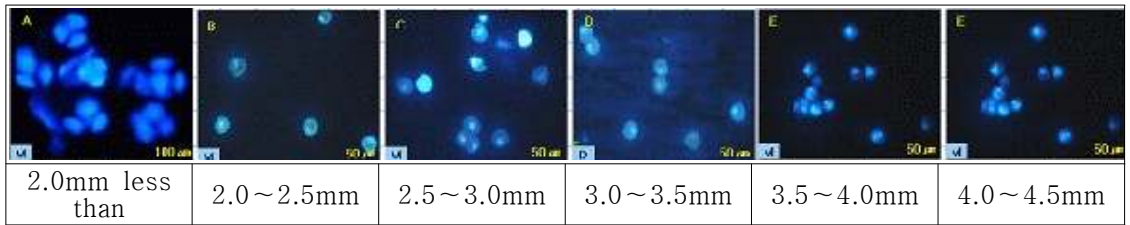


Figure 2. Comparison of microspore development on Mokpo68# *in vivo*.

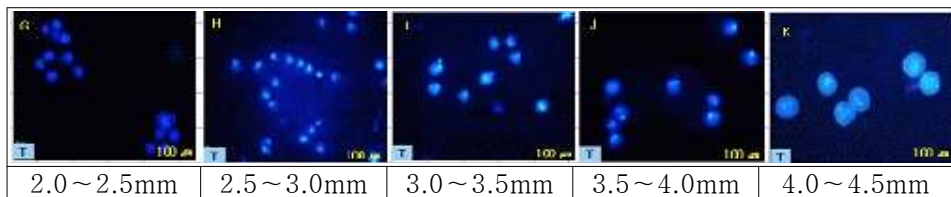


Figure 3. Comparison of microspore development on Tammiyuchae *in vivo*.

추과형 품종인 한라유채, 탐미유채, 내한유채 및 목포68호의 소포자 배양으로부터 배 생산과 화퇴가 신장됨에 따라 소포자의 발육정도를 조사한 결과이다. 한라유채는 화퇴 크기가 3.5~4.0mm에서 배 생산이 이루어졌으며, 이 크기의 화퇴들의 소포자들은 LU(late uninucleate stage) 30.7%, VG(vegetative and generative nuclei present) 63.8%, VSS(vegetative and two nuclei present) 5.5%를 차지하고 있었다. 탐미유채도 화퇴크기가 3.5~4.0mm에서 배 생산이 이루어졌으며, 이 크기의 화퇴들의 소포자들은

LU 5.1%, VG 89.4%, VSS 5.5%를 차지하고 있었다. 내한유채도 화퇴크기가 3.5~4.0mm에서 배 생산이 이루어졌으며, 이 크기의 화퇴들의 소포자들은 LU 14.4%, VG 59.2%, VSS 26.4%를 차지하고 있었다. 목포68호도 화퇴크기가 3.5~4.0mm에서 배 생산이 이루어졌는데, 이 크기의 화퇴들의 소포자들은 LU 22.4%, VG 77.6%를 차지하고 있었으며, 한라유채, 탐미유채, 내한유채보다는 소포자들의 발육이 약간 느리게 진전되는 것을 알 수 있었다. 같은 추파형 품종이라도 소포자 유래의 배 생산 효율을 높이기 위해서는 품종마다 소포자의 발육 속도가 다르기 때문에 화퇴채취 시기가 중요하다는 것을 시사한다.

Table 39. Comparison of genotype, bud-size and microspore nuclear stage on embryo yield from isolated microspore culture in winter-type(*Brassica napus* L.)

Variety	Bud size (mm)	Stage of pollen development(%)						Embryo Number
		TE	EU	MU	LU	VG	VSS	
Hallayuchae	2.0~2.5	10.0	90.0	-	-	-	-	-
	2.5~3.0	-	11.1	24.1	73.8	-	-	-
	3.0~3.5	-	-	25.2	53.6	21.2	-	-
	3.5~4.0	-	-	-	30.7	63.8	5.5	12
Tammiyuchae	4.0~4.5	-	-	-	-	58.8	41.2	-
	2.0~2.5	20.8	79.2	-	-	-	-	-
	2.5~3.0	-	10.0	26.5	63.5	-	-	-
	3.0~3.5	-	-	-	28.4	71.6	-	-
Nahanyuchae	3.5~4.0	-	-	-	5.1	89.4	5.5	92
	4.0~4.5	-	-	-	-	56.8	43.2	-
	2.0~2.5	20.3	79.7	-	-	-	-	-
	2.5~3.0	-	35.0	47.2	17.8	-	-	-
Mokpo68 #	3.0~3.5	-	-	37.8	53.6	8.6	-	-
	3.5~4.0	-	-	-	14.4	59.2	26.4	32
	4.0~4.5	-	-	-	-	20.0	80.0	-
Mokpo68 #	2.0~2.5	72.7	27.3	-	-	-	-	-
	2.5~3.0	-	60.0	40.0	-	-	-	-
	3.0~3.5	-	-	-	80.0	20.0	-	-
	3.5~4.0	-	-	-	22.4	77.6	-	45
Mokpo68 #	4.0~4.5	-	-	-	-	72.3	27.7	-

Note : TE, tetrad stage; EU, early uninucleate stage; MU, mid uninucleate stage; LU, late uninucleate stage; VG, vegetative and generative nuclei present; VSS, vegetative and two nuclei present.

### 3) 유채 M<sub>2</sub>세대의 소포자로부터 반수체 배 발생

농촌진흥청 국립식량과학원 바이오에너지작물센터(전 작물과학원 목포시험장)에서 육성한 추파형의 유채인 내한유채, 한라유채, 탐미유채 등 3품종의 종자를 2006년에 양성자와 감마선을 처리하여 수확한 종자(M<sub>1</sub>)를 2007년에 파종하여 M<sub>2</sub>세대를 전개하는 과정의 식물체 소포자를 배양하여 양성자와 감마선 처리 및 처리 양에 따른 영향, 품종간 차이 그리고 품종별 화퇴 크기에 따른 배발생 반응을 비교 조사하였다.

그림 4은 화퇴로부터 분리한 소포자의 배양과정으로, 분리한 소포자(A)를 32.5℃의 고온에서 3일간 암배양한 후 첫번째 세포분열이 발생한 사진이며(B), 계속하여 온도를 25℃로 낮추어 암배양하면 배양 7~10일경부터 세포가 활발히 분열하여(C) 구형의 초기 구형배가 형성되기 시작하여(D) 육안으로 관찰이 가능하였다. 배양 3~4주 후에는 접차 자엽과 배축 및 뿌리가 형성(E, F)되는 것을 관찰할 수 있었다. 이는 Bang 등(1991)과 Park 등(2006)이 보고한 추과품종인 유채 소포자 배양에서의 배 생육 속도와 거의 일치한 결과를 보였다.

소포자 배양 4주 후에 배상체 발생수를 조사한 결과는 표 40-1. -2, -3과 같다. 한라와 내한유채에서 배상체 발생 빈도가 높았는데, 품종 간 전체적인 배상체 발생은 3품종 중 내한유채가 가장 높았고 탐미유채는 겨우 1~2개의 배상체를 형성하여 배상체 발생 빈도가 가장 저조하였다. 화퇴의 크기에 따른 배발생 반응을 보면 한라유채는 2.5~3.0 mm의 화퇴크기에서 배상체 발생 빈도가 가장 높았지만 내한유채는 3.0~3.5mm의 화퇴 크기에서 배상체 발생 빈도가 가장 높게 나타났다. 따라서 소포자로부터 배상체 발생 효율을 증진하기 위해서는 배상체 발생이 가능한 소포자를 함유하고 있는 화퇴를 정확하고 간편하게 식별할 수 있는 방법이 요구되므로 소포자 배양의 효율이 높은 화퇴를 선택하는 것이 중요하였다.

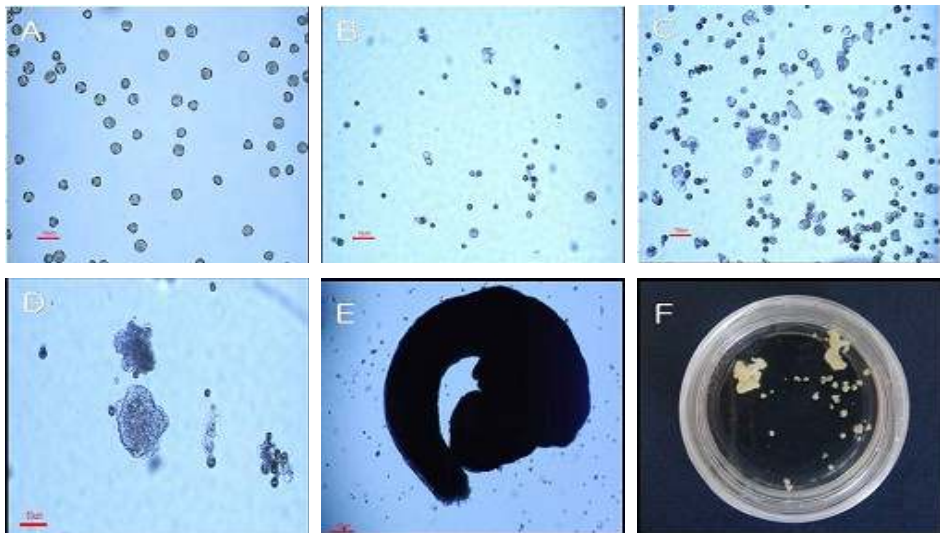


Figure 4. Induction of embryogenesis from isolated microspores culture of *B. napus* L. A: Freshly isolated microspores. Bar=10 $\mu$ m; B: First cell division in microspores after 3 days in cultured at 32.5 $^{\circ}$ C, Bar=10 $\mu$ m; C and D: Cell clusters formation after 7 days in cultured at 25 $^{\circ}$ C, Bar=10 $\mu$ m; E: Torpedo embryos formation after 4 weeks in cultured at 25 $^{\circ}$ C, Bar=10 $\mu$ m; F: Cotyledonary embryo morphology after 4 weeks in cultured at 25 $^{\circ}$ C.

품종별로 보면 한라유채의 경우 양성자 400 Gy 처리구에서 2.5~3.0mm의 화퇴에서 추출한 소포자에서 396개의 배가 형성되어 모든 실험구 중 가장 높은 배발생 빈도를 보였고, 2.0~2.5mm의 화퇴와 3.0~3.5mm의 화퇴에서 추출한 소포자에서는 각각 8개와 5개의 배가 형성되었다. 감마선 처리구에서는 400 Gy 처리구에서 2.0~2.5mm와 2.5~3.0mm에서 각각 7개와 6개의 소수의 배상체가 형성되었고, 600 Gy 처리구에서는 2.5~3.0mm에서만 10개의 배가 형성되었다. 방사선 무 처리구와 양성자 600 Gy 처리구에서는 화퇴크기와 상관없이 배상체 형성이 전혀 일어나지 않았다.

Table 40(1). Influence of genotype, irradiation treatment and bud size on the number of embryo and plant regeneration in winter type of *Brassica napus* L.

Genotype	Pretreatment	Dose(Gy)	Bud-size	Embryos number	Plant regeneration	
					number	%
Hallayuchae	Control	0	2.0-2.5	0	0	0
			2.5-3.0	0	0	0
			3.0-3.5	0	0	0
	P <sup>z</sup>	400	2.0-2.5	8	0	0
			2.5-3.0	396	96	24.1
			3.0-3.5	5	0	0
		600	2.0-2.5	0	0	0
			2.5-3.0	0	0	0
			3.0-3.5	0	0	0
	r	400	2.0-2.5	7	1	14.3
			2.5-3.0	6	0	0
			3.0-3.5	0	0	0
		600	2.0-2.5	0	0	0
			2.5-3.0	10	0	0
			3.0-3.5	0	0	0

내한유채는 감마선 400 Gy를 조사한 처리구의 2.5~3.0mm 크기의 화퇴에서 350개의 배가 형성되어 같은 품종 내에서 배상체 발생 빈도가 가장 높게 나타났으며, 같은 처리구의 2.0~2.5mm와 3.0~3.5mm의 화퇴 크기에서는 각각 4개와 71개의 배가 형성되어, 방사선 무처리구(대조구)의 배상체 발생 수 138, 10 및 180개 보다 더 많은 배를 형성하였다. 감마선 600 Gy 처리에서는 배가 전혀 형성되지 않았다. 양성자 400 Gy 처리구에서는 3.0~3.5mm 크기, 2.5~3.0mm 크기와 2.0~2.5mm 크기에서 각각 204개, 11개와 1개가 형성되어, 600 Gy의 같은 크기 화퇴의 122, 4, 0개 보다 더 많이 형성되었다(표 40-2).

탐미유채의 경우 배양 초기에는 세포팽창과 세포분열이 일어나는 것을 관찰 할 수 있었지만 세포분열이 거듭되면서 세포가 괴사하여 배지의 상층부에 집단을 이루며 떠 있는 것을 관찰할 수 있었는데 모든 처리구에서 겨우 1~2개의 배상체가 형성되거나 혹은 배상체가 전혀 형성되지 않아 아주 저조한 배상체 형성을 보였다(표 40-3).

Table 40(2). Influence of genotype, irradiation treatment and bud size on the number of embryo and plant regeneration in winter type of *Brassica napus* L.

Genotype	Pretreatment	Dose(Gy)	Bud-size	Embryos number	Plant regeneration	
					number	%
Naehanyuchae	Control	0	2.0-2.5	10	0	0
			2.5-3.0	138	0	0
			3.0-3.5	180	18	10.0
	P <sup>z</sup>	400	2.0-2.5	1	0	0
			2.5-3.0	11	8	72.7
			3.0-3.5	204	46	22.5
		600	2.0-2.5	0	0	0
			2.5-3.0	4	0	0
			3.0-3.5	122	0	0
	γ	400	2.0-2.5	4	2	50.0
			2.5-3.0	350	54	15.4
			3.0-3.5	71	10	14.1
		600	2.0-2.5	0	0	0
			2.5-3.0	0	0	0
			3.0-3.5	0	0	0

Table 40(3). Influence of genotype, irradiation treatment and bud size on the number of embryo and plant regeneration in winter type of *Brassica napus* L.

Genotype	Pretreatment	Dose(Gy)	Bud-size	Embryos number	Plant regeneration	
					number	%
Tammiyuchae	Control	0	2.0-2.5	0	0	0
			2.5-3.0	0	0	0
			3.0-3.5	0	0	0
	P <sup>z</sup>	400	2.0-2.5	0	0	0
			2.5-3.0	0	0	0
			3.0-3.5	0	0	0
		600	2.0-2.5	0	0	0
			2.5-3.0	1	0	0
			3.0-3.5	2	1	50.0
	γ	400	2.0-2.5	0	0	0
			2.5-3.0	0	0	0
			3.0-3.5	2	0	0
		600	2.0-2.5	0	0	0
			2.5-3.0	1	0	0
			3.0-3.5	1	0	0

P<sup>z</sup> and γ indicates proton ion and gamma-ray, respectively.

이와 같은 결과는 Dunwell 등(1985), Thurling & Chay(1984), Bang 등(1991), Jang 등(1997)과 Park 등(2006)이 *B. napus*에서 공여식물의 화뢰에 uninucleate stage의 소포자를 포함하는 비율이 유전자형, 화뢰의 크기에 따라 차이가 있음을 보고한 것과 같이 품종과 유전자형에 따라 화분핵의 발달단계가 다르고 이에 따라 배상체의 발생 빈도 또한 다른 게 나타난 것으로 생각되었다. 또한 실험결과, 같은 품종이라 할지라도 방사선 처리종류와 처리 양에 따라서도 소포자로부터 배발생 빈도가 큰 차이가 있었다.



한라유채의 경우 양성자와 감마선 처리에 따른 배상체 발생 반응을 비교해 보면 양성자 처리구가 감마선 처리구보다 배상체 발생 빈도가 높았으며, 감마선 처리구가 방사선을 조사하지 않은 대조구보다 높게 나왔다. 내한유채의 경우, 감마선 400 Gy 처리구가 대조구보다 배발생 빈도가 높았으며, 양성자 400 Gy와 600 Gy 처리구는 대조구보다 배발생 빈도가 낮게 나타났다. 양성자와 감마선 처리구에서 모두 400 Gy에서 더 높은 조사량인 600 Gy에서 보다 높은 배상체 발생 빈도를 보여, 일정 양의 방사선 조사는 배상체 발생을 촉진시키지만 그 이상의 방사선 조사는 배상체 발생을 저해한다는 것을 설명한다.

유기된 배상체의 식물체 재분화율을 조사한 결과, 배발생은 일어나지만 식물체로 분화되지 못한 처리구에서부터 최고 72.7%(내한유채 양성자 400 Gy)까지 완전한 식물체로 분화되는 다양한 양상을 보였다. 소포자 배양을 통해 형성된 배상체를 성장조절제가 첨가되지 않은 NLN 액체배지에서 100 rpm으로 진탕배양을 하여 자엽이 형성되기 시작하면, 성장조절제를 첨가하지 않은 MS 고체배지에 치상하여 25±1℃에서 배양(16h/8h, 명/암)을 하면 아주 드물게 바로 단일 식물체(Fig 5. 2B)를 형성하였으나, 대부분은 비정상적으로 비대된 multilobe(Fig 5. 2C)가 발생하면서 다량의 싹초(Fig 5. 2 D, E)가 형성되었다. 형성된 싹초는 기저부에서 절취하여 4주 간격으로 동일한 고체배지에 계대 배양을 하면 캘러스 형성 없이 뿌리가 형성되었고 뿌리가 유도된 식물체를 플라스틱 포트에 심어 순화(Fig 5. 2F)에 성공할 수 있었다.

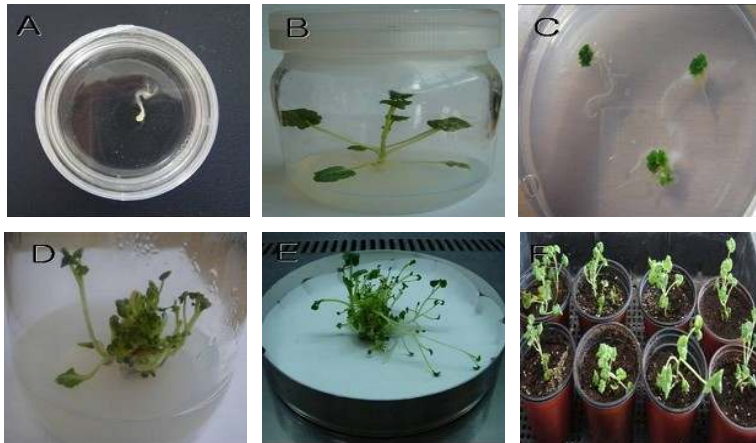


Figure 5. Process of embryo production, shoot regeneration and acclimatization of *B. napus* L. A: Formation of normal embryo; B: Direct development of embryoids into plantlets from normal embryo; C: Formation of multilobe abnormal embryos; D, E: Multiple shoot formation from multilobe abnormal embryos F: Acclimatized plantlets in soil.

본 실험을 통해서 적당한 양의 양성자나 감마선 조사가 소포자로부터 배발생 효율을 촉진하는 것으로 밝혀졌으며 이를 통해 다량의 반수체식물을 생산할 수 있어, 이를 유

체와 같은 기름작물의 육종에 이용하면 큰 의의가 있을 것이라고 사료된다. 앞으로의 연구는 이렇게 얻은 반수체 식물체를 배가시켜 형성된 종자를 계속 조사 연구하여 양성자나 감마선에 의한 유용한 형질의 돌연변이 유도 수준을 평가하고자 한다.

#### 라. 요약 및 결론

유채, 콩 땅콩, 해바라기 등 기름을 목적산물로 재배하는 작물들의 기름함량, 지방산조성 개량에는 방사선(X-ray, Gamma-ray)이나 화학약품(EMS)의 처리에 의한 돌연변이 육종이 효과가 크기 때문에 기름작물을 연구하는 국내외 육종가들이 지방산 조성, 조숙성, 내병성을 갖는 변이계통 선발에 자주 이용하여 왔다.

본 실험에서는 돌연변이원으로 Gamma-ray와 X-ray를 이용하여 한라유채, 내한유채 및 탐미유채의 종자에 처리한 후 조숙이면서 올레인산 함량이 높은 변이계통을 선발하고자 시험하였던바 X-ray보다는 Gamma-ray를 600~800kr로 처리한 것이 올레인산 함량이 높게 발현된 변이계통 선발에 효과가 있었다. 또한 선발된 계통들을 고정시키면서 올레인산 함량이 70%이상 되는 계통을 강선발해 나갈 것이다.

M<sub>2</sub>세대에서 선발된 올레인산 고함유 변이계통을 조기 고정하여 교배모부본으로 활용코자 올레인산 함량이 높은 계통을 소포자배양한 결과 품종별로는 내한유채가 배발생 빈도가 가장 높았고 탐미유채가 가장 낮았다. 드물게 배상체로부터 바로 소식물체가 형성되었고 대부분은 비정상적으로 multilobe가 형성되었다. 재분화된 식물체는 순화도 순조롭게 이루어졌다.

유채는 생육습성에 따라 동일한 크기와 화퇴라 할지라도 소포자의 생육이 이루어지는 정도에 큰 차이가 있고, 특히 소포자배양에 가장 좋은 시기인 LU(late uninucleate stage)와 VG(vegetative and generative nuclei present) 초기 사이의 소포자들이 다수 포함되어있는 시기의 화퇴크기가 좋으나 품종 간에 상당한 차이가 있으며 생육습성, 품종 및 화퇴크기에 대한 품종별 철저한 사전 조사 후 소포자배양을 하는 것이 바람직하다고 사료된다. 또한 추과품종이 춘과품종보다 화퇴가 신장하면서 소포자들이 1핵기에서 2핵기 및 3핵기로 소포자가 발육되는 정도가 빠르기 때문에 약으로부터 배 생산에 효과적인 소포자를 분리하여 확보하는데 어려움이 있었다.

### 제 4절 생력기계화 일관작업재배 기술체계 확립

#### 1. 연구목적

겨울철 유희지를 활용한 논 이모작 재배를 통하여 바이오디젤용 원료를 생산하고자 농림수산식품부에서 전남·북, 제주지역의 1,500ha에 유채생산 시범재배사업을 추진 중에 있다. 본 사업의 목적은 바이오디젤용 원료의 국산화율을 높이고 농가소득 안정화를 도모하는데 있는바 유채재배에 따른 소득보장이 우선적으로 요구됨과 동시에 바이오디젤 생산업체의 경우 원료가 되는 유채씨의 수취가격이 비싸지 않아야한다는 점이다. 이 두 가지 상반된 것을 동시 만족할 수 있는 방법은 유채의 생산성을 높이는 것과 생산비를 저감하는 것이라 할 수 있겠다.

본 실험은 논 이모작 유채시범재배단지의 생력기계화를 통하여 생산비를 줄일 수 있는 방안을 모색하고자 수행하였다.

## 2. 재료 및 방법

WTO체제하에서 늘어가는 유희지에 바이오디젤 원료를 확보하여 에너지 자급율을 높이는데 유채 추파재배가 불가능한 경우 춘파재배를 하여서라도 원료 수급을 원활히 할 목적으로 바이오에너지작물센터에서 육성한 1대잡종의 춘파적응성을 검토코자 유채시범재배에 보급 중인 선망(1대잡종)과 기존의 장려품종인 탐미유채(고정종)을 재료로 하여 파종기를 3월 10일, 15일, 20일 3시기로 두고 파종량은 기계화 세조파 방식에 맞춘 800g/10a로 파종하였다. 춘파재배의 가능성과 적정시기를 구명코자 생육 및 수량특성을 조사하였다. 기타는 유채 춘파재배의 기준을 적용하였다.

바이오에너지작물센터, 전남농업기술원 및 영광군기술센터와 공동으로 이모작 기계화 재배를 체계화 하고자 파종양식을 경운세조파, 부분경운광산파, 전용파종기(독일), 입모중광산파 등 7처리로 하여 시험을 수행하였다. 파종양식별 수량성 및 생육특성을 조사하였다.

10ha 규모의 대규모 유채재배에 투입된 경영비를 분석하고자 ha당 유채재배에 투입된 종자구입비, 비료구입비, 비료살포비, 제초제구입비, 제초제살포비, 파종비, 유채씨수확비, 건조 및 정선비를 조사하여 경영비를 분석하였다.

## 3. 결과 및 고찰

광산파가  $m^2$ 당 주수가 많아 종실중이 높았으나 입모 중에 종자를 파종하는 것은 작업의 난이도가 높아 파종이 숙달된 경우에만 만족도가 높아질 것으로 판단되었다. 파종면적이 늘어날 경우에는 부분 경운 세조파 양식이 효과가 클 것으로 사료된다.



Sowing machine  
private



Scattering of rice  
standing



Rotary drilling

Figure 6. Sight of sowing by sowing method.

Table 41(1). Comparison of characteristic as a sowing method.

Sowing method	Sowing time (month. day)	Flowering time (month. day)	Maturing time (month. day)	No. of standing plant per m <sup>2</sup>	Plant height (cm)
Rotary drilling	10. 18.	4. 19	6. 15	62	103.1
Rotary scattering	10. 18.	4. 19	6. 15	47	105.7
Semi-rotary drilling	10. 18.	4. 19	6. 15	48	105.3
Semi-rotary scattering	10. 18.	4. 19	6. 15	57	107.7
Sowing machine private	10. 18.	4. 19	6. 15	53	102.4
Scattering of rice standing	10. 18.	4. 19	6. 15	84	103.8
Non-treatment of herbicide	10. 18.	4. 19	6. 15	31	93.9

Table 41(2). Comparison of yield potential as a sowing method.

Sowing method	No. of branches	Ear length (cm)	No. of siliqua on the main raceme	Yield (kg/10a)	Lodging degree (0~9)	Disease degree (0~9)
Rotary drilling	4.7	38.5	96.8	215.4	0	1
Rotary scattering	4.2	39.1	98.0	212.2	0	1
Semi-rotary drilling	4.8	40.3	103.6	230.2	0	1
Semi-rotary scattering	4.7	41.4	90.5	220.9	0	3
Sowing machine private	3.6	36.8	87.4	203.0	0	1
Scattering of rice standing	4.3	37.2	98.3	269.3	0	1
Non-treatment of herbicide	4.8	34.3	78.1	117.3	0	1

1대잡종인 '선망'과 고정종인 '탐미유채'를 공시재료로 하여 파종기를 3월 10일, 15일, 20일 3시기로 두고 파종량은 기계화 세조파 방식에 맞춘 800g/10a로 파종하였다. 개화기와 성숙기는 '선망'이 '탐미유채'에 비해 약간 빠른 경향을 나타냈고, 경장은 '선망'이 '탐미유채'보다 20cm 내외 더 컸으며, 수당협수도 3개 더 많았다.

Table 42(1). Comparison characteristic of Sunmang and Tammiyuchae in spring season cultivation.

Variety	Sowing time (month. day)	Flowering time (month. day)	Maturing time (month. day)	No. of standing plant per m <sup>2</sup>	Plant height (cm)	Ear length (cm)	No. of branches	No. of siliqua on the main raceme
Sunmang	3. 10	6. 16	7. 25	57	137	25	5	21
	3. 15	6. 16	7. 25	74	135	25	5	21
	3. 20	6. 18	7. 25	85	132	25	5	21
Tammiyuchae	3. 10	6. 17	7. 26	55	116	21	3	18
	3. 15	6. 17	7. 26	69	114	21	3	18
	3. 20	6. 18	7. 26	81	114	21	3	18

수량구성요소인 협당립수는 '선망'이 13립으로 '탐미유채'에 비해 2립이 더 많았으며, 천립중도 '선망'이 더 무거웠다. 수량은 3월 10일 파종구에서 '선망'이 187kg/10a로 '탐미유채'보다 52kg, 3월 15일 파종구에서 '선망'이 183kg/10a로 '탐미유채'보다 51kg, 3월 20일 파종구에서 '선망'이 182kg/10a로 '탐미유채'보다 50kg, 더 높았다.

추과품종을 추파했을 때는 생육기간이 짧아져서 추파했을 때보다 수량이 감소되는 것을 나타내고 있으나 춘파의 경우에도 1대잡종이 고정종 보다 활력이 높아 수량도 증수되는 경향을 보이고 있었다.

Table 42(2). Comparison of yield potential and oil-content characteristic of Sunmang and Tammiyuchae in spring season cultivation.

Variety	Sowing time (month. day)	Length of silique (cm)	No. of seeds per silique	Weight of 1,000 seeds(g)	Lodging degree (0~9)	Disease degree (0~9)	Yield (kg/10a)	Oil-content (%)
Sunmang	3. 10	4.2	13	3.6	0	0	187	41.5
	3. 15	4.2	13	3.4	0	0	183	41.5
	3. 20	4.2	13	3.4	0	0	182	41.5
Tammiyuchae	3. 10	4.0	11	3.4	0	0	135	42.0
	3. 15	4.0	11	3.3	0	0	132	42.0
	3. 20	4.0	11	3.3	0	0	132	42.0

본 실험은 논 이모작 유채시범재배단지의 생력기계화를 통하여 생산비를 줄일 수 있는 방안을 모색하고자 10ha 규모의 대규모 유채재배에 투입된 경영비를 분석하였다. 그 결과 ha당 유채재배에 투입된 경영비는 1,462천원이었고, 각각의 항목별 비율을 보면 비료구입비 36% > 유채씨수확비 31% > 종자구입비와 제조제살포비 7% > 제조제구입비 4% > 비료살포비 3% > 파종비 2%의 순으로 나타났다.

농자재구입에 따른 비용이 47%이고, 재배비용이 53%를 차지하는 것을 볼 때, 비료나 제조제 등 농자재의 경우는 농자재 생산의 원료를 대부분 외국으로부터 수입에 의존하는 현실에서 비용을 줄이기 어렵다는 것이 현실이다. 종자구입비의 경우도 유채의 수량성을 높이고자 개발된 1대잡종의 종자를 사용하여야함으로 이 또한 종자가격을 낮추기가 어렵다.

결론적으로 재배비용을 줄이는 것은 유채재배의 생력기계화가 이루어지면서 기계화에 타당한 재배의 규모를 도모하는 것이 최선의 선택이 될 수밖에 도리가 없을 것이다. 최근에 농업용 기계의 대형화가 이루어지는 추세를 감안할 때 생산비의 절감을 가져오기 위해서는 유채재배 규모의 확대는 불가피한 상황이나 우리나라 농업 여건상 농가호당 평균경지면적이 1ha를 상회하지 못한 실정에서 농업지대의 대규모 단지화는 특단의 정책적인 조치가 필요하다. 적어도 유채재배에 참여하는 농가 1가구(최소 2인)당 20ha 이상의 규모화가 이루어지면서 4가구 이상의 집단화가 형성되어야만 생력기계화 재배에 따른 재배비용의 절감의 기회를 가져볼 수 있을 것으로 사료된다.

Table 43. Analysis of operating cost of rapeseed cultivation on paddy field per ha.

Item	Cost(won)	Rate (%)	Remarks	
종자구입비	100,000	7	○ 종자소요량 : 10kg ○ 종자가격 : 10,000원/kg(1대잡종)	
비료구입 및 살포	비료구입비	522,500	36	○ 기비 : 30포(20kg) × 8,800 = 264,000 ○ 1차추비 : 20포(20kg) × 10,340 = 206,800 ○ 2차추비 : 5포(20kg) × 10,340 = 51,700 ○ 트랙터부착형 비료살포기 이용
	비료살포비	50,000	3	
	<b>소계</b>	<b>572,500</b>		
제조제구입 및 살포	제조제구입비	60,000	4	○ 10병(300ml) × 6,000 = 60,000 ○ 제조제살포기 이용
	제조제살포비	100,000	7	
	<b>소계</b>	<b>160,000</b>		
파종비	30,000	2	○ 파종기 이용	
수확비	450,000	31	○ 유채전용 콤바인 이용	
건조 및 정선비	150,000	10	○ 곡물건조기 및 정선기 이용	
<b>Total</b>	<b>1,462,500</b>	<b>100</b>		

농림수산식품부에서 바이오디젤 원료용 유채생산시범재배사업을 시작하면서 같은 동작물인 보리와 소득격차를 줄이고자 분석한 자료를 보면 쌀보리와 소득을 맞추기 위해서는 유채의 생산량이 400kg/10a 이 되면서 유채씨 가격은 kg당 760원은 되어야 소득이 보장될 수 있을 것으로 예측하였다. 현재 유채재배시범단지에 보급되고 있는 다수확 품종인 '선망'의 경우 ha당 4톤 정도의 수량성이 가능하나 현재는 이모작 논 재배의 경우 유채재배에 참여하고 있는 개별농가의 연령이 고령화가 심화된 점과 유채재배가 '90년 초반까지 이루어지다 그 이후로 중단되어 '07년부터 다시 재배를 하는 관계로 재배 기술에 상당한 차이를 보이고 있기에 0.8~3톤/ha의 범위로 유채씨를 생산하고 있다는 것도 문제가 되고 있다.

이러한 문제점을 줄이기 위해서는 유채재배 농가의 기술이 보편화가 될 때까지 지속적인 재배기술교육을 실시하면서 일부 선도농가의 양성도 함께 병행해갈 때만이 조기에 대다수 유채재배 농가의 기술을 향상시킬 수 있을 것이다.

Table 44. Assessment of price for barley income when induce new variety of rapeseed.

Item	Barley	Rapeseed	Rapeseed/Barley
Total income	352,468	303,600	86.1
Operating cost	170,113	121,106	71.2
Net income	182,355	182,494	100.0
Yield(kg/10a)	401	400	99.8
Price(won/kg)	879	759	86.4

Data : 미래농정연구원

#### 4. 요약 및 결론

파종기계를 이용하여 유채파종 시 세조파기, 전용파종기 등은 적정 파종량이 준수되어 입모가 골고루 이루어져 광합성에 유리한 방향으로 canopy structure가 이루어지지만 미스트기계를 이용하여 포장전면에 파종할 경우 파종이 고르지 못한 단점이 있어 이 경우에는 증량제(모래, 비료 등)와 혼합하여 파종하는 것이 좋을 것이다.

유채 전용 콤바인을 이용하여 수확할 경우 콤바인 운용상의 부주의로 너무 빠른 속도로 주행을 하면서 수확을 하게 되면 유채씨의 손실이 많이 발생하므로 포장 여건에 따라 속도조절이 필요하다. 유채는 씨가 둥글고 작기 때문에 현재 사용 중에 있는 콤바인의 손실율이 10%내외로 발생하는데 손실율을 10% 이하로 줄이는 방안이 강조된다.

바이오디젤 원료용으로 유채를 생산하기 위해서는 재배농가와 바이오디젤 업체가 모두 만족하는 방안을 모색하기 위해서는 품종개량과 재배기술 개선(파종부터 수확하여 건조, 정선, 조제에 이르기까지)이 수반되어야한다. 15년 전에 유채재배가 중단되었다가 이제 새롭게 시작되는 관계로 유채시범재배에 참여하는 농가가 모두 재배기술이 정립되어 있지 않아서 지속적인 재배교육 및 관리가 요청된다.

또한 유채를 대규모로 재배할 경우 유채수확시기가 6월 중순 장마기와 조우할 확률이 높기 때문에 10일 내외로 수확 및 건조작업이 이루어져야만 이모작 시 유채와 벼 이앙과의 경합을 줄일 수 있기에 금후로도 이모작용으로 최적인 품종의 조기 보급이 있어야 할 것이고 더 나아가 바이오디젤용으로 최적인 올레인산 함량이 75% 이상인 high oleic acid 품종을 개발해야만 대외경쟁력이 갖추어질 수 있을 것으로 본다.

## 제 5절 1대잡종 종자생산 및 보급체계 확립

### 1. 연구목적

유채는 부분타식성작물로 타식율이 25~75% 범위이며 자식도 되지만 타화수분이 잘 이루어지는데 환경조건에 따라 타화수분의 정도에 차이가 있고, 화분오염은 주로 곤충에 의해서 영향을 받지만 바람에 의해서도 화분이 비산되기도 한다. 대규모 F<sub>1</sub> hybrid의 종자생산을 하기 위해서는 야외 포장에서 재배하는 방법 외에는 달리 효율적인 수단이 없다.

타식을 위주로 하는 작물의 受粉은 바람에 의한 풍매와 곤충에 의한 충매의 2가지 형태로 행하여진다.

유채와 같이 타식과 자식을 겸하는 작물도 꿀벌에 의해서 受粉이 이루어지는데 유채는 화분립이 32~33 $\mu$ m 크기로 무겁고 끈적끈적하므로 전형적인 蟲媒受粉이다. 이것은 受粉을 위한 화분비산과 화분비산에 의한 이종의 유전자가 유입되는 화분오염이 상반될 수 있다. 화분비산은 개화하는 식물 내에 유입된 유전자의 상당한 부분이 발현될 수 있고, 어느 한 품종이 다른 품종의 화분에 오염될 수 있는 잠재적인 존재로서 종자생산에 아주 중요한 관심사가 되어왔다. 이것은 보증된 품종에 대하여 최소한의 순도기준을 지키기를 바라는 종자생산자와 다른 품종에 의해 오염이 될 수 있는 특수한 농업적 형질을 지닌 품종의 재배자에게 특별히 관련이 있다.

꿀벌은 유채의 아주 중요한 수분매개충이며, 유채의 수분을 도와주는데 기여하고, 유채는 꿀벌의 중요한 먹이를 제공하는 공생의 관계이며, 꿀벌의 행동영역의 반경은 2km, 최대거리는 4km까지 화분을 옮기는데 경우에 따라서는 5km까지도 날아가기도 한다.

화분비산에 의한 교잡될 가능성은 i) 두 종간의 물리적인 거리, ii) 동시 개화특성, iii) 화분살포의 방법, iv) 사용된 화분친 유전자형의 특수성, v) 교잡 또는 화분경합의 방향, vi) 어느 한親이 MS일 때, vii) 재배 환경조건에 의존한다고 보고들이 있다.

유채는 충매를 기본으로 수분수정이 이루어져 종자를 생산하는 작물이기 때문에 순도 높은 종자를 생산하기 위해서 화분비산에 의한 교잡을 최대한 줄여주는 작업이 뒤따라야만 한다. 따라서 양성불임성(MS)을 이용한 1대잡종의 종자생산 및 보급체계는 훨씬 난이도가 높다.

본 연구는 1대잡종 채종체계를 기본식물, 원원종, 원종 및 보급종의 단계로 나누어서 단계별로 화분오염을 방지하면서 종자를 생산할 수 있는 기술을 체계화하고자 수행하

였다.

## 2. 재료 및 방법

십자화과에 속하는 *Brassica* 종들은 화분의 크기가 32~33 $\mu$ m로 다소 작기 때문에 야외 포장에서 인위적으로 受粉작업을 할 경우에 바람이나 곤충에 의해 화분오염이 많이 일어난다. 본 실험의 목적상 재료로 사용할 유채의 MS계통은 암수가 있는 완전화가 아닌 불임식물체이기 때문에 화분오염은 더욱 심각하다. 따라서 이러한 문제점을 개선하기 위해 추파유채 품종들이 10월상·중순에 파종하면 이듬해 4월중순경에 개화기에 도달하는 것을 감안하여 화분비산에 의한 오염을 방지하고자 동계에 개화가 유도되도록 생육을 촉진시키는 방법을 시도하였다. 즉 실험재료로 사용할 유채를 9월 하순에 묘상에 파종하여 60일 정도 육묘한 후 그 식물체를 비닐하우스 내에 정식한 후 생육기간 중 동절기인 12월부터 3월중까지는 최저온도를 8 $^{\circ}$ C로 유지되게끔 난방을 하였다.

2월 상순에 개화하여 2월 중순이면 개화기가 되고, 이 시기에 교배를 시작하여 3월 상순까지 교배를 종료하고 4월말에 수확하였다.

또한 기본식물로 이용할 목적으로 증식하는 경우에는 동계 비닐하우스 내에 정식하여 추대시기에 재차 비닐커튼으로 격리를 한 후 응성불임(MS) 및 유지계의 종자를 증식하였다. 원원종도 동계비닐하우스를 이용하여 응성불임친을 3휴, 불임유지친을 1휴로 재식하여 개화가 60% 정도 도달했을 때 수분매개충인 꿀벌을 방사하여 수분을 시킨 후 4월말에 수확하는 체계로 증식을 하였다.

보급종인 1대잡종 종자를 증식하기 위해 임성을 회복시켜 주는데 이용하는 임성회복화분친은 9월 하순에 묘상에 종자를 파종하여 60일 정도 육묘한 후 격리망실에 정식한 후 개화되기 직전에 모기장이나 망사로 망실을 덮어 수분매개충인 꿀벌의 접근을 차단하여 화분오염에 의한 품종의 순도가 저하되는 것을 막아 100%의 순도가 유지되도록 관리하여 수확 채종하였는데, 유채는 자식과 타식을 겸하는 작물이기 때문에 격리된 망실에서 종자를 증식하는데 큰 문제가 없었다.

재배 농가에 보급되는 1대잡종 증식은 야외의 타 십자화과와 격리된 장소(타 십자화과와 약 10km 떨어진 곳)를 선정하여 응성불임(MS)친을 3휴, 임성회복화분친을 1휴로 파종하여 유채표준재배법에 준하여 재배를 한 후 수확, 건조, 조제하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 1) 응성불임 및 불임유지계 기본식물 종자 생산

응성불임계와 불임유지계를 동계 비닐하우스에 정식하여 그림7에서 보는바와 같이 비닐하우스 내에 별도로 비닐커튼을 이용하여 재차 격리한 후 응성불임계를 재식한 후 불임유지계 기본식물을 양성하는 개체들을 selfing시켜 유산지안에서 개화된 꽃을 채취하여 응성불임계에 인위적으로 꽃가루를 공급하여 수분·수정시키는 방법으로 응성불임계 기본식물 종자를 획득하였다.

수분을 담당하는 일과 불임유지계의 꽃가루를 채취하여 공급하는 일을 별도로 수행도



록 하였고, 비닐커튼으로 차단된 웅성불임계가 재식된 곳에는 따로 백색작업복을 비치하여 옷을 갈아입고 들어가서 작업이 이루어지도록 하였다. 불임유지계는 유산지를 이용하여 selfing한 후에 웅성불임계에 꽃가루를 제공하고 나머지를 기본식물 종자로 채종하였다.



Production of MS



Production of MS-maintainer

Figure 7. Basic seed production of MS and MS-maintainer by using polyethylene film house at winter season.

## 2) 웅성불임 및 화분친계통 원원종 생산

웅성불임계의 원원종 생산도 기본식물을 생산할 때와 마찬가지로 일반 유채 품종이 개화되는 시기와 조우되어 화분비산에 의한 오염을 차단하고자 동계 하우스에서 격리채종을 실시하였다.

기본식물에서 생산된 웅성불임계와 불임유지계 종자를 3(웅성불임계) : 1(불임유지계)로 재식한 후 수분매개충으로 꿀벌을 이용하여 종자를 채종하였다. 화분친계통은 망실을 설치하여 망실 내에 묘상에서 육묘한 유채를 이식한 후 모기장으로 격리시켜 종자를 채종하였다. 유채는 부분타식성 작물로 자식이 15~30% 정도 일어나므로 수분매개충을 망실 안에 방사를 하지 않더라도 종자를 채종하는데 크게 지장을 초래하지는 않는다.



Isolation cultivation of MS



Isolation cultivation of restore line

Figure 8. Breeder's production of MS and restore line by using polyethylene film house at winter season and net chamber.

### 3) 1대잡종 보급종 격리포장 생산

보급종인 1대잡종 생산은 종자생산량이 많기 때문에 대규모 1대잡종( $F_1$  hybrid)의 종자생산을 하기 위해서는 야외 포장에서 재배하는 방법 외에는 달리 효율적인 수단이 없다. 따라서 순도가 높은 1대잡종 종자를 생산하려면 화분비산에 의한 타 품종과의 교잡될 가능성을 최대한으로 배제하여야 한다.

웅성불임계(목포 CGMS)와 화분친으로 목포111호를 공시재료로 하여 그림 9에서 보는 바와 같이 웅성불임계 2휴(1휴 폭은 2.5m) 화분친 1휴로 교호파종 하였다. 웅성불임계의 개화시는 4월 23일이었고, 화분친의 개화시는 4월 21일로 화분친이 2일 먼저 개화하여 웅성불임계에 꽃가루를 제공할 준비를 함으로써 타 품종의 화분이 웅성불임계에 제공되는 것을 사전에 막아주는데 효과적이었다. 또한 화분친의 경장이 145cm로 웅성불임친의 148cm에 비해 3cm 정도 작아 꿀벌에 의해서 화분이 이동하는데도 크게 지장을 주지 않았다.

1대잡종 종자 채종규모가 커지면 유채를 생산하기 위해 재배하는 것과 동일하게 기계 파종과 기계수확이 수반되어야 하기 때문에 그림 10에서 보는 것과 같이 파종하는 방법이 기계재배에 적합하게 포장설계가 이루어져야 한다. 독일에서도 이미 기계로 1대잡종 종자채종재배가 이루어지고 있었다.

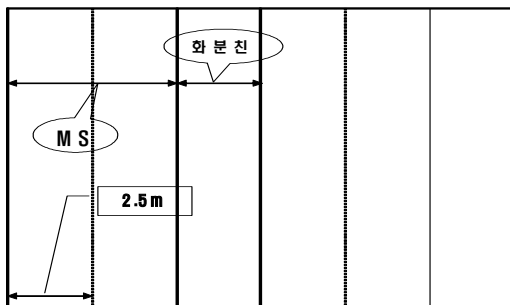


Early season before passing the winter

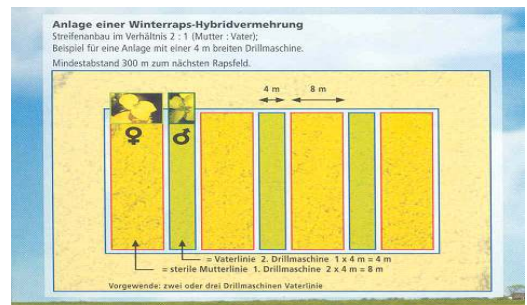


Peak time of flowering

Figure 9. Isolation seed production of  $F_1$  hybrid in farmer's field.



Planting rate of Korea



Planting rate of Germany

Figure 10. Comparison of Planting rate for seed production of  $F_1$  hybrid in Korea and Germany.

유채의 채종 시 종자증식 비율은 보통 150배가 평균이지만, 웅성불임(MS) 채종의 경우는 종자친이 불임인 때문에 채종 상 어려움이 있기에 100배로 산정하는 것이 종자생산 시 적정 파종면적을 산정하는데 바람직할 것으로 사료된다.

Table 45. Amount of seed production of MS, MS-maintainer and restore line as a seed production step.

Seed production step	MS line		MS-maintainer line		Restore line	
	Sowing area (m <sup>2</sup> )	Amount of seed production (kg)	Sowing area (m <sup>2</sup> )	Amount of seed production (kg)	Sowing area (m <sup>2</sup> )	Amount of seed production (kg)
기본식물	30	3	10	1	67	10
원원종	750	75	100	10	400	60

Note) Standard of seed production and sowing amount

- Amount of seed production of MS line : 계통 종자생산량 : 0.1kg per m<sup>2</sup>, 100kg per 10a
- Amount of sowing seeds of MS and MS-maintainer : 0.001kg(1.0g) per m<sup>2</sup>당, 1kg per 10a
- Amount of seed production of restore line : 0.15kg per m<sup>2</sup>, 150kg per 10a
- Amount of sowing seeds of restore line : 0.001kg(1.0g) per m<sup>2</sup>당, 1kg per 10a

#### 4) 유채 채종재배 시 화분오염에 의한 품질변화

유채재배 면적이 늘어나게 되면 1대잡종 보급종의 생산 면적도 따라서 늘어날 수 밖에 없는데, 유채 채종재배가 늘어나면서 격리 채종 재배지역에서 꿀벌에 의하여 타십자화과, 이종(異種), 이품종(異品種)과의 화분오염이 일어나면 양질로 개량된 품종의 지방산조성에 상당한 변화를 초래하여 품질을 저하시킨다.

특히 제주도의 경우는 유채 품종개량이 이루어져 보급되기 아주 오래전부터 품질이 전혀 개량되지 않은 재래종을 오랫동안 재배하여 온 탓에 현재 양질로 개량된 품종의 종자를 보급하여 재배하더라도 같은 지역에 재래종과 혼재되어 재배가 되면 화분오염의 정도가 높아 아주 심각한 품질저하를 초래하게 된다. 따라서 제주도의 경우 품질이 개량된 품종을 재배하여 순도가 떨어지지 않도록 화분오염을 막기 위해서는 빠른 시일 내에 품종갱신이 제주도 전 지역에서 동시에 이루어져야한다. 이와 같은 선행조건을 이루지 않고는 제주도에 재배되는 유채를 식용 또는 바이오디젤용으로 이용할 때 상당히 문제가 될 것으로 사료된다.

Table 46. Change of fatty acid composition as a pollen contamination between different species and varieties.

Item	Palmitic acid (C 16:0)	Stearic acid (C 18:0)	Oleic acid (C 18:1)	Linoleic acid (C 18:2)	Linolenic acid (C 18:3)	Eicosenoic acid (C 20:1)	Erucic acid (C 22:1)
Good variety	4.26	2.51	<b>68.29</b>	18.11	5.67	1.11	<b>0.05</b>
Contaminated variety	4.68	2.63	<b>57.45</b>	17.29	6.55	5.29	<b>6.11</b>

Note: Value of standard internal permission of erucic acid is 2.0% less than.

Table 47. Change of fatty acid composition as a pollen contamination between Tammiyuchae and local variety

Item	Palmitic acid (C 16:0)	Stearic acid (C 18:0)	<b>Oleic acid (C 18:1)</b>	Linoleic acid (C 18:2)	Linolenic acid (C 18:3)	Eicosenoic acid (C 20:1)	<b>Erucic acid (C 22:1)</b>
Tammiyuchae	4.14	2.86	<b>67.30</b>	17.47	6.63	1.50	<b>0.10</b>
Local variety (5years more than cultivation )	2.78	1.22	<b>18.95</b>	14.36	8.77	8.44	<b>45.48</b>

#### 4. 요약 및 결론

화분비산은 개화하는 식물 내에 유입된 유전자의 상당한 부분이 발현될 수 있고, 어느 한 품종이 다른 품종의 화분에 오염될 수 있는 잠재적인 존재로서 농업에 중요한 관심사가 되어왔다(Levin & Kerster 1974). 이것은 보증된 품종에 대하여 최소한의 순도기준을 지키기를 바라는 종자생산자와 다른 품종에 의해 오염이 될 수 있는 특수한 농업적형질을 지닌 품종의 재배자에게 특별히 관련이 있다. 최근에 화분비산의 또 다른 관심사가 이제까지 존재하고 있는 기존작물과 受粉 잠재력을 지닌 GM작물의 출현으로 다시 거론되고 있다. 유채는 부분 타식성작물로 타식율이 25~75%로 주로 타화수분을 하지만 자식도 이루어진다. 유채의 화분오염은 주로 곤충에 의해서 영향을 받지만 바람에 의해서도 화분이 비산되기도 하는데, 대규모 F<sub>1</sub> hybrid의 종자생산을 하기 위해서는 야외 포장에서 재배하는 방법 외에는 달리 효율적인 수단이 없다. 대규모로 채종재배를 수행할 때 곤충에 의한 원거리 화분비산에 의한 異種의 유전자 유입의 가능성을 검토하고자 바람에 의한 화분비산이 차단되도록 산으로 경계를 이루면서 이 품종간의 거리가 8km 떨어진 장소에 F<sub>1</sub> hybrid의 2조합을 종자친과 화분친 교호비율을 2:1로 재식하여 채종재배를 실시하여 종자를 생산하였다.

본 실험에서도 화분오염에 의한 양질(무 에루진산, 저 구루코지노레이트) 품종의 품질 저하가 아주 심각하다는 것을 알 수 있었다. 또한 옹성불임(MS) 및 불임유지계를 이용하여 종자친으로 불임계통을 증식하여 1대잡종 종자를 증식하기 위해 채종재배를 할 경우에도 화분오염으로부터 자유로울 수 있는 방법이 필수적으로 강구되어야만 할 것이다.

#### 제 6절 종합결론

최근에 전 세계적으로 화석연료의 과다 사용에 따른 자원 고갈 및 환경오염에 대한 우려가 증가하면서 자연과 공존하며 안정적으로 발전하자는 “지속 성장(sustainable development)”의 개념이 화두가 되고 있으며, 불안정한 유가에 대응하면서 지구온난화의 주범이 되고 있는 온실효과가스(GHG: Greenhouse effect Gas) 배출량 감소를 위하여 친환경 대체에너지 개발에 박차를 가하고 있다. 특히 석유 대체연료로서 생물자원을 원료로 하는 바이오연료의 생산량이 급증하고 있다.

선진국의 바이오 에너지 정책, 개도국의 높은 경제성장 등에 의해 곡물 수요가 항구적

으로 늘어난 반면, 지구 온난화, 농업 생산성 증대의 한계 등으로 인하여 곡물 공급을 안정화시키기가 어려운 실정이다. 따라서 바이오연료(바이오에탄올 및 바이오디젤 등) 확대 보급에 따라 곡물가격 폭등으로 가축사료 가격 상승 등 시장 왜곡 현상이 야기될 수 있으므로 바이오에너지 보급 확대의 순기능적 측면 이외에 역기능적 측면을 동시에 고려하면서 합리적 보급 방안 마련이 필요하다.

우리나라에서도 저탄소 녹색성장의 정책목표를 두고 바이오에너지 국산화율을 높이고자 이미 바이오디젤의 사용기준을 법제화 하였고, 바이오에탄올의 사용기준도 법제화를 마친 상태이며, 바이오에너지를 생산하는데 필요한 원료의 자급화를 위해 비식량 바이오매스 자원 개발을 강력하게 추진하고 있다.

바이오디젤의 경우는 생산과 보급이 구체화되면 늘어나는 바이오디젤 원료를 확충하기 위해서는 겨울철 유희경작지의 이모작재배를 통한 바이오디젤 원료의 안정적인 생산기반이 갖추어져야한다.

바이오디젤의 생산원가는 원료재배 면적의 확대 및 단위 면적당 생산량 증가, 그리고 원유 가격에 따라 달라진다. 이 같은 가격 경쟁력 비중은 바이오디젤 사용 확대의 중요한 기반을 이룰 수 있기에 바이오디젤 원료의 안정적인 확보 여부가 중요한 경쟁력 요인이 될 가능성이 높다. 유채는 타 유지작물에 비하여 기름함량이 높고 단위 면적당 기름이 되는 종자의 수량성이 높아 바이오디젤 원료수급 상 공급량을 확보하는데 가장 유리하다.

이모작(벼+ 유채)의 경우 유채의 수확기가 벼 재배 이앙시기와 맞물려 벼 이앙이 늦어지는 경우 벼의 수량감소를 초래하므로, 벼의 수량감소를 초래하는 것을 줄이면서 재배농가의 소득보장을 위해서는 유채 수확기를 앞당기면서 수량증대를 꾀할 수 있는 품종 개발과 대규모 면적에 단지화를 위하여 파종부터 수확까지의 전 과정이 생력기계화가 이루어져야하는데, 이러한 문제를 해결할 수 있는 방안으로 유채의 수량이 저하되지 않으면서 숙기가 빠르고 콤팩트 수확에 이로우며 수량이 높은 1대잡종 개발이 그것이다.

본 연구는 바이오디젤용으로 최적이며 이모작재배에 적합하고 수량이 높은 올레인산 고함유, 조숙, 동시성숙성 1대잡종을 개발하여 유채재배 농가에 보급코자 수행하였다.

### 1. 올레인산 고함유, 조숙 1대잡종 선발

올레인산 함량이 높고 숙기가 빠르며 다수성인 1대잡종의 선발은 융성불임계와 임성회복화분친계 간의 교잡에 의한 F<sub>1</sub> hybrids를 양성한 후 양성된 F<sub>1</sub> hybrids들의 조합능력과 임성회복력을 검정하는 과정을 거쳐 선발을 한다. 따라서 본 실험의 목표에 부합하는 우수한 형질을 지닌 임성회복화분친의 확보가 관건이 될 수 있다.

올레인산 고함유 1대잡종을 선발하기에 앞서 과거 유채의 지방산과 박의 성분을 개량하기 위하여 육성했던 유전자원 중에 올레인산 함량이 높았던 우수 계통들 중에서 올레인산 함량이 63% 이상인 계통들을 임성회복화분친으로 이용하고자 선발하였다.

양성한 F<sub>1</sub> hybrids들은 조합능력(수량구성요소, 숙기 등) 및 임성회복력을 검정하였다.

그 결과 기존 유채시범재배 농가에 보급되고 있는 '선망'에 비하여 개화기와 성숙기가 빨라졌고, 수량구성요소(수장, 수당협수, 협당립수 등)도 증가한 우수한 F<sub>1</sub> hybrids의 선발이 가능하였다.

또한 F<sub>1</sub> hybrids들의 경우 높은 수량성을 발현하기 위해 지상부 생육이 왕성하다보면 지하부와의 균형이 조화를 이루지 못해 도복이 더 쉬워지는 경향이 있으므로, 유채의 안정 다수성인 1대잡종을 육성하기 위해서는 도복에도 잘 견디는 품종선발이 필수적이라 할 것이다. 본 실험에 사용된 F<sub>1</sub> hybrids의 경우 도복에도 강한 조합들이 높은 수량성을 유지한 결과라고 사료된다.

유채의 잡종강세(heterosis) 기작에 의한 hybrid vigour 발현에 대한 연구는 여러 연구자들이 수행하여 왔으나, 수량과 관련된 수량구성요소와 형태적인 특성의 발현은 재배 지역의 기후와 토양에 따라 차이를 보일 수 있기 때문에 선발된 우수조합들은 지역적응성 검정을 통해 우량품종으로 등록해서 보급할 예정이다.

## 2. 이모작형 조숙, 동시성숙성 1대잡종 선발

이모작재배의 경우 벼와 유채의 재배적인 경합을 줄이고 생산성 저하를 최소화하기 위해서는 숙기가 빠르면서 기계화에 적합한 동시성숙성을 갖는 다수성 유채 품종개발이 시급하다. 본 실험은 MS를 이용한 F<sub>1</sub> hybrids 조합들을 양성하여 조숙이면서 착생된 협의 canopy structure가 동시성숙에 유리한 방향으로 발현된 조합을 선발하고자 수행하였다.

유채는 협(silique)에서도 광합성이 이루어지는 작물이기에 협의 착생방향이 수평적으로 착생된 조합 보다는 반 수직(45° 각도)으로 착생된 조합들이 canopy structure가 양호하여 다수성과 동시성숙에 다소 유리하였으나, 1차년도에는 반 수직의 협착생 조합들이 도복에 강하였지만, 2차년도에는 협이 수평으로 착생한 조합들이 도복에 다소 강하였던 결과를 보이고 있었다. 이와 같은 결과는 F<sub>1</sub> hybrids의 hybrid vigour가 지상부로 더 일어나 수량구성요소들이 많아진 반면에 뿌리 발육이 상대적으로 다소 저조하게 발현되어 식물체의 전체의 상적발육의 균형에 영향을 미친 것으로 사료되었다.

이모작용으로 최적인 조숙, 동시성숙성 1대잡종을 선발하는데 숙기와 canopy structure가 아주 중요한 요소라고 판단되며, 유채의 경우 유채의 꽃이 지고 결실기에 협(silique)에서 광합성이 이루어지기 때문에, 식물체의 상부와 하부에 착생한 협이 동시에 성숙이 되는 것이 필수적이다. 따라서 동시 성숙에 유리한 canopy structure를 형성하는 조합을 선발하는 지표로 식물체의 분지에 착생하는 협의 각도가 중요하다고 사료된다.

또한 식물체의 경장이 커짐에도 불구하고 도복에 대한 저항성이 강하면 식물체의 수량증대에 바람직한 환경인 광합성능력을 활성화하는데 기여할 수 있음을 지적하였는데 (Busch 1995), 본 실험에서도 지상부의 활력이 높아진 반면에 지하부인 뿌리 발육이 상대적으로 저조하게 되어 다소의 도복이 우려되는 점을 감안하여 우수조합을 선발할 때 협 착생각도와 도복정도를 같이 평가하여 선발해야한다는 것이 필수적이라 하겠다.

### 3. 1대잡종 지역적응성 및 수량성 검증

바이오디젤 및 식용유의 원료로서 유채를 재배할 경우 원료를 생산하는 재배농가와 바이오디젤을 생산하는 업체가 동시에 만족할 수 있는 유채의 품종개발은 다수성 1대잡종 개발에 의한 수량성 증대가 무엇보다 중요하다. 본 실험의 결과로 볼 때 유채 주재배지역인 육지부의 남부지역과 제주도간에는 F<sub>1</sub> hybrid의 수량 증대에 많은 차이가 있음을 알 수 있었다. 이러한 결과는 F<sub>1</sub> hybrid 품종의 수량구성요소에 대한 hybrid vigour가 발현되는데 있어서 기후와 생육조건에 따라 정도의 차이를 보일 수 있으므로 상이한 기후 조건하에서 적응성을 평가하는 것이 필요하고, 次第에 광지역성인 F<sub>1</sub> hybrid를 선발하기 위해서 지역에 따라 적응력이 뛰어난 임성회복화분친의 선발도 중요하다고 생각되었다. 금후에 제주도 지역에 최적의 다수성 1대잡종을 육성 보급하기 위해서는 제주도 현지에서 육종이 필요할 것이다.

### 4. 돌연변이 유기에 의한 올레인산 고함유 계통 조기 선발

방사선 조사가 여러 가지 작물의 품종개량에 활용되어 많은 육종적 성과를 올리고 있으며, 돌연변이육종에 의한 신품종 육성에 관한 일련의 성과에서 유용변이계통을 육종재료로 이용하거나 변이계통을 직접 선발 육성하여 실용화된 육성품종에 대한 결과는 많이 알려져 있다. 변이계통의 대부분이 원래의 품종에 비하여 단간, 조숙, 내병성, 성분변화 등의 특성을 나타내는 것들이 많고 특히 그중에서도 단간 및 조숙 변이계통의 유기 및 선발이 용이하다.

유채의 경우 최종목적 산물인 종자에 함유되어 있는 기름의 질을 개량하기 위하여 올레인산 함량을 높이거나 리놀렌산 함량을 낮추는 등 지방산 조성을 개량하고자할 때 육종방법은 방사선이나 화학약품을 종자에 처리하여 지방산 성분이 개량된 변이계통을 선발하는 방법이 효과적이다.

본 실험에서는 돌연변이원으로 Gamma-ray와 X-ray를 이용하여 한라유채, 내한유채 및 탐미유채의 종자에 처리한 후 조숙이면서 올레인산 함량이 높은 변이계통을 선발하고자 시험하였던바 X-ray보다는 Gamma-ray를 600~800kr로 처리한 것이 올레인산 함량이 높게 발현된 변이계통 선발에 효과가 있었다. 또한 선발된 계통들을 고정시키면서 올레인산 함량이 70%이상 되는 계통을 강 선발해 나갈 것이다.

또한 M<sub>2</sub>세대에서 선발된 올레인산 고함유 변이계통을 조기 고정하여 교배모부본으로 활용코자 올레인산 함량이 높은 계통을 소포자배양을 실시한 결과 품종별로는 내한유채가 배발생 빈도가 가장 높았고 탐미유채가 가장 낮았다. 드물게 배상체로부터 바로 소식물체가 형성되었고 대부분은 비정상적으로 multilobe가 형성되었다. 배상체로부터 식물체가 성공적으로 재분화 되었고 화분에 순화되었다.

유채는 생육습성에 따라 동일한 크기와 화퇴라 할지라도 소포자의 생육이 이루어지는 정도에 큰 차이가 있고, 특히 소포자배양에 가장 좋은 시기인 LU(late uninucleate stage)와 VG(vegetative and generative nuclei present) 초기 사이의 소포자들이 다수 포함되어있는 시기의 화퇴크기가 좋으나 품종 간에 상당한 차이가 있으며 생육습성, 품

종 및 화퇴크기에 대한 품종별 철저한 사전 조사 후 소포자배양을 하는 것이 바람직하다고 사료된다. 또한 추과품종이 춘과품종보다 화퇴가 신장하면서 소포자들이 1핵기에서 2핵기 및 3핵기로 소포자가 발육되는 정도가 빠르기 때문에 약으로부터 배 생산에 효과적인 소포자를 분리하여 확보하기 위해서는 소포자발육의 현미경적 검경이 반드시 수반되어야 할 것으로 사료된다.

#### 5. 생력기계화 일관작업재배 기술체계 확립

과종기계를 이용하여 유채과종 시 세조과기, 전용과종기 등은 적정 과종량이 준수되어 입모가 골고루 이루어져 광합성에 유리한 방향으로 canopy structure가 이루어지지만 미스트기계를 이용하여 포장전면에 과종할 경우 과종이 고르지 못한 단점이 있어 이 경우에는 증량제(모래, 비료 등)와 혼합하여 과종하는 것이 좋을 것이다.

유채 전용 콤바인을 이용하여 수확할 경우 콤바인 운용상의 부주의로 너무 빠른 속도로 주행을 하면서 수확을 하게 되면 유채씨의 손실이 많이 발생하므로 포장 여건에 따라 속도조절이 필요하다.

바이오디젤 원료용으로 유채를 생산하기 위해서는 재배농가와 바이오디젤 업체가 모두 만족하는 방안을 모색하기 위해서는 품종개량과 재배기술 개선(과종부터 수확하여 건조, 정선, 조제에 이르기까지)이 수반되어야 한다. 15년 전에 유채재배가 중단되었다가 이제 새롭게 시작되는 관계로 유채시범재배에 참여하는 농가가 모두 재배기술이 정립되어 있지 않아서 지속적인 재배교육 및 관리가 요청된다.

또한 유채를 대규모로 재배할 경우 유채수확시기가 6월 중순 장마기와 조우할 확률이 높기 때문에 10일 내외로 수확 및 건조작업이 이루어져야만 이모작 시 유채와 벼 이앙과의 경합을 줄일 수 있기에 금후로도 이모작용으로 최적의 품종의 조기 보급이 있어야 할 것이고 더 나아가 바이오디젤용으로도 최적인 올레인산 함량이 75% 이상인 high oleic acid 품종을 개발해야만 대외경쟁력이 갖추어질 수 있을 것으로 본다.

#### 6. 1대잡종 종자생산 및 보급체계 확립

유채는 부분 타식성작물로 타식율이 25~75%로 주로 타화수분을 하지만 자식도 이루어진다. 유채의 화분오염은 주로 곤충에 의해서 영향을 받지만 바람에 의해서도 화분이 비산되기도 하는데, 대규모 F<sub>1</sub> hybrid의 종자생산을 하기 위해서는 야외 포장에서 재배하는 방법 외에는 달리 효율적인 수단이 없다. 대규모로 채종재배를 수행할 때 곤충에 의한 원거리 화분비산에 의한 異種의 유전자 유입의 가능성을 검토하고자 바람에 의한 화분비산이 차단되도록 산으로 경계를 이루면서 이품종간의 거리가 10km 떨어진 장소에 F<sub>1</sub> hybrid의 2조합을 종자친과 화분친 교호비율을 2:1로 재식하여 채종재배를 실시하여 종자를 생산하였다.

본 실험에서도 화분오염에 의한 양질(무 에루진산, 저 구루코지노레이트) 품종의 품질 저하가 아주 심각하다는 것을 알 수 있었다. 또한 옹성불임(MS) 및 불임유지계를 이용하여 종자친으로 불임계통을 증식하여 1대잡종 종자를 증식하기 위해 채종재배를 할



경우에도 화분오염으로부터 자유로울 수 있는 방법이 필수적으로 강구되어야만 할 것이다.

#### <참고문헌>

1. Attia T, Busso C, Röbbelen G. 1987. Digenomic triploids for an assessment of chromosomes relationships in the cultivated diploid *Brassica species*. Genome 29, 326-330.
2. Baetzel R, Friedt W, Voss A, Lühs WW. 1999. Development of yellow-seeded high-erucic acid rapeseed (*Brassica napus* L.). Proc. 10th Int. Rapeseed Congr., Canberra. GCIRC, paris.
3. BAILEY'S INDUSTRIAL OIL AND FAT PRODUCTS(Volume 2, ROBERT R. ALLEN, MARVIN W. FORMO, R. G. KRISHNAMURTHY, G. N. McDERMOTT, FRANK A. NORRIS, NORMAN O. V. SONNTAG, JOHN WILEY & SONS, 175~251.
4. Bang, J. K., J. I. Lee, and L. S. Kott. 1991. Embryogenesis and plant regeneration in rapeseed microspore culture. Korean J. Breed. 23(3) : 257-262.
5. Bender M 1999. Economic feasibility review for community scale farmer cooperatives for biodiesel. Biores. Technol., 70, 81-87.
6. Birrell,S.J., Sudduth, K. A., Borgelt,S.C. 1996. Comparison of sensors and techniques for crop yield mapping. Computers and Electronics in Agriculture 14 : 215 233
7. Borgelt. S. C. and K. A. Sudduth. 1992. Grain flow monitoring for in-field yield mapping. ASAE paper No. 921022
8. Chen BY, Heneen WK 1992. Inheritance of seed colour in *Brassica campestris* L. and breeding for yellow-seeded *B. napus* L. Euphytica 59, 157-163.
9. Chèvere AM, This P, Fber F, Deschamps M, Renard M, Delseny M, Quiros CF 1991. Characterization of disomic addition lines *Brassica napus*-*B. nigra* by isozyme, fatty acid, and RELP markers. Thero. Appl. Genet. 81, 43-49.
10. Choudhary BR, Joshi P, Ramaro S 2000. Interspecific hybridization between *Brassica carinata* and *B. rapa*. Plant Breeding 119, 417-420.
11. Dunwell, J. M., M. Cornish, and de A. G. L. Courcel. 1985. Influence of genotype, plant growth temperature and anther incubation temperature on microspore embryo production in *Brassica napus* ssp. *oleifera*. J. Exp. Bot. 36 : 679-689.
12. Eun, J. S., J. S. Kim, H. S. Lim, S. K. Han, S. R. Choi, and Y. S. Jang. 2007. Effect of Proton Ion and Gamma-Ray Irradiation on Radiosensitivity of M<sub>1</sub> Seedlings in *Brassica napus*. Korean J. Hort. Sci. Technol. 25(1) : 17-23.

13. Freedman B, Pryde EH, Mounts TL 1984. Variables affecting the yields of fatty esters from transesterified vegetable oils. *JAOCS*, 61, 1638–1643.
14. Gamborg, O. L., R. A. Miller, and L. Ojima. 1968. Nutrient requirements of suspension cultures of soybean root cells. *Experimental Cell Research*. 50 : 151–158.
15. Gland A 1981. Doubling Chromosomes in interspecific hybrids by colchicine treatment. *EUCARPIA Cruciferae New*. 6, 20–22.
16. Graboski MS, McCormick RL 1998. Combustion of fat and vegetable oil derived fuels in diesel engines. *Prog. Energy Combust. Sci.*, 24, 125–164.
17. Gryglewicz S 1999. Rapeseed oil methyl esters preparing using heterogeneous catalysts. *Biores. Technol.*, 70, 249–253.
18. Guha, S., and S. C. Maheshwari. 1964. In vitro production of embryos from anthers of *Datura*. *Nature*. 204 : 479.
19. Jang, Y. S., K. S. Min, Y. B. Oh, and D. H. Chung. 1997. Comparisons of developmental stages of microspore by bud size and embryogenesis from its microspore in *Brassica* species. *Korean J. Breed.* 29(4) : 480–485.
20. Jang, Y. S., C. W. Kim, I. H. Choi, and Y. B. Oh. 2002. Methods of seed production of F<sub>1</sub> Hybrids in *Brassica napus* L. *Korean J. Breed.* 34(3) : 158–162.
21. Korbitz W 1998. From the field to the fast lane– Biodiesel, *Renewable Energy*. World, 1(3), 32–37.
22. Korbitz W 1999. Biodiesel production in Europe and North America, an encouraging prosepct. *Renewable Energy*, 16, 1078–1083.
23. Kutzbach, H. D. 1999. Yearbook Agricultural Engineering (Combine harvester). Keller, W. A., T. Rajhathy, and J. Lacapra. 1975. In vitro production of plants from pollen in *Brassica campestris* L. *Can. J. Genet. Cytol.* 17 : 655–666.
24. Kwon, B. S., J. I. Lee, J. I. Lee, and H. J. Park. 1985. Selection of mutants expressed quantitatively in M<sub>2</sub> generation of rapeseed. *Korean J. Breed.* 17(2) : 193–197.
25. Lee CK , 2001. Mapping of Field Information and Development of Yield Sensor for Precision Agriculture in Paddy Field. Ph. D. Thesis
26. Lee, I. S., D. S. Kim, S. J. Lee, H. S. Song, Y. P. Lim, and Y. I. Lee. 2003. Selection and agronomic traits of radiation–induced variants in rice. *Korean J. Plant Biotechnol.* 30(1) : 19–25.
27. Lee, J. I., B. S. Kwon, J. K. Bang, and S. K. Kim. 1984. Breeding for improvement fatty acid composition in rapeseed, *Brassica napus* L.
28. Lee, Y. I., S. B. Lee, Y. K. Cho, G. W. Son, J. S. Eun, C. H. Bae, and T. Abe.

2006. Induction and selection of mutants in hot pepper by irradiation with C-12 ion beam. The 10th International Workshop on Accelerator and Beam Utilization. Epitome, Sep. 21-22, p. BU-20.
29. Liu HL, Han XJ, Hu XJ 1991. Studies on the inheritance of seed coat color and related characters of yellow-seeded *Brassica napus*. Proc. 8th Int. Rapeseed Congr., Saskatoon, 5,1438-1444.
  30. Loh, C. S. and D. S. Ingram. 1983. The response of secondary embryoids and secondary embryogenic tissues of winter oilseed rape to treatment with colchicine. New Phytologist. 95 : 359-366.
  31. Ma F, Hanna MA 1999. Biodiesel production: a review. Biores. Technol., 70, 1-5.
  32. Meng J, Shi S, Gan L, Li Z, Qu X 1998. The production of yellow-seeded *Brassica napus* (AACC) through crossing interspecific hybrids of *B. campestris*(AA) and *B. carinata*(BBCC) with *B. napus*. Euphytica 103, 329-333.
  33. Mittelbach M 1996. Diesel fuel derived from vegetable oils, VI: Specifications and quality of biodiesel", Biores. Technol., 56, 7-11.
  34. Moore, M. 1997. An investigation into the accuracy of yield maps and their subsequent use in crop management. Ph. D. Thesis
  35. Murashige, E. and F. Skoog. 1962. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue culture. Physiol. Plant. 15 : 473-497.
  36. Nitsch. C. and J. P. Nitsch. 1967. The induction of flowering in vitro in stem segments of *Plumbago indicol* L. I. The production of vegetative buds. Planta. 72 : 355-370.
  37. Park, Y. J., K. S. Kim, Y. S. Jang, C. W. Kim, and J. K. Bang. 2006. Comparison of frequency embryogenesis through microspore culture of domestic cultivars in *Brassica napus* L. Korean J. Crop Sci. 51(S) : 237-241.
  38. Peterson, C. L., J. C. Whitcraft, K. N. Hawley, and E. A. Dowding. 1989. Yield mapping winter wheat for improved crop management. Quebec. PQ. Canada. June 25-28, ASAE paper No. 897034
  39. Rahman MH 2001b. Introgression of alleles of the isozymic locus glucose-phosphate isomerase-2 (*GPI-2*) from the CC genome of independent segregation from seed colour. Plant Breeding 120, 363-364.
  40. Rakow G, Raney JP, Relf-Eckstein J 1994. Agronomic performance and quality of a new source of yellow seeded *Brassica napus*. Proc. 10th Int. Rapeseed Congr., Canberra. GCIRC, Paris.
  50. Rashid A, Raney G, Downey 1994. Development of yellow seeded *Brassica napus* through interdepetic crosses. Plant Breeding 112, 127-134.
  51. Sabharwal PS, Dolezel J 1993. Interspecific hybridization in *Brassica*: application

- in hybrid plants. *Biol. Planta.* 35, 169–177.
52. Scharmer K 1993. Umweltaspekte bei Herstellung und Verwendung von RME. In Hearing. Ministry for Agriculture, Vienna, Austria.
  53. Sheehan J, Camobreco V, Duffield J, Graboski M, Shapouri H 1998. Life cycle inventory of biodiesel and petroleum diesel for use in an urban bus". NREL Report NREL/SR-580-24089.
  54. Siebel, J. and K. P. Pauls. 1989. A comparison of anther and microspore culture as a breeding tool in *Brassica napus*. *Theoretical and Applied Genetics.* 78 : 473–479.
  55. Sigurbjornsson B. and A. Micke. 1969. Progress in mutation breeding. Induced Mutations in plants. IAEA. 673–698
  56. Simbaya J, Slominski A, Rakow G, Campbell LD, Downey RK, Bell JM 1995. Quality characteristics of yellow-seeded *Brassica* seed meals: protein, arbohydrates and dietary fiber components. *J. Agri. Food Chem.* 43, 2062–2066.
  57. Struss D, Bellin U, Röbbelen G 1991. Development of B-genome chromosome addition lines of *B. napus* using different interspecific *Brassica* hybrids. *Plant Breeding* 106, 209–214.
  58. Thomas, E. and G. Wenzel. 1975. Embryogenesis from microspores of *Brassica napus*. *Z. Pflanzenzuchtg.* 74 : 78–81.
  59. Thurling, N. and P. M. Chay. 1984. The influence of donor plant genotype and environment on production of multicellular microspores in cultured anthers of *Brassica napus* ssp. *oleifera*. *Annals of Botany.* 54 : 681–693.
  60. Tomohiko ICHIKAWA, Takao SUGIYAMA, Masao MANAKA. 1984. Studies on the Development of a Screw Type Soybean Thresher( I )–Screw Type Threshing Mechanism and Determination of its Specification– : *日本農業機械學會誌* 46(1) : 607~614.
  61. van Deynze A, Pauls KP 1994. The inheritance of seed colour and vernalization rquirement in *Brassica napus* using doubled haploid populations. *Euphytica* 74, 77–83.
  62. Yoshiyuki HARA, Hideyuki TAKENAKA, Kengi SEKIGUCHI, Keisuke HARA and Tetsuo TAMAKI. 2001 Method to Reduce Harvest Losses by Combine and to Clean Soiled Soybean. *北海道立農試集報* 80 : 45~54.
  63. Zaman MW 1988. Limitation for introgression of yellow seed coat colour in *Brassica napus*. *Sveriges Utsadesförenings Tidskrift* 98, 157–161.
  64. 김이식. 2004. 세계 바이오에너지 생산과 시사점. *CEO Focus*, 제146호.
  65. 내일신문. 2002. 11. 브라질에 탄올산업, 대체에너지로 각광.
  66. 농림부 전문가 1차 회의자료

67. 농림부. 2002. 논에 타작물재배 시범사업 평가회 자료.
68. 농림부. 2004. '99 채소생산실적.
69. 농림부 전문가 2차 회의자료
70. 농림수산부. 1995. 농업기계화의 장기전망과 기계화기술개발 전략에 관한 연구. pp.57-75.
71. 농업기계화 연구소. 1997. 원예농업의 기계화기술과제와 발전방향 심포지엄 발표문.
72. 농업기계화연구소. 1992. 보통형 콤바인 실용성검토. 시험연구보고서. 355~364.
73. 농촌진흥청. 1995. 일반채소재배.
74. 농촌진흥청. 2002. 작목별 작업단계별 노동력 투하시간. pp.36.
75. 농촌진흥청. 2003. 자급률 향상을 위한 콩 안전재배기술.
76. 농촌진흥청. 2002. 작목별 작업단계별 노동투하시간.
77. 농촌진흥청. 2001.콩재배. 표준영농교본-116(개정판). 177~184
78. 박돈희 외. 2002.바이오에너지기술개발사업 종합계획수립연구. 산업자원부 보고서.
79. 박순철 외. 2000. 바이오매스에너지 활용기술 개발 기획연구. 과학기술부 보고서, KIER-A06501.
80. 생연기구. 2003. 스크류형 탈곡 선별기구의 개발 및 스크류형 콩 탈곡기의 개발 연구, 생연기구 보고서
81. 생연기구, 2003. 범용콤바인 개발연구 및 고성능화에 관한 연구. 생연기구 보고서
82. 송춘중, 강창호, 조영길. 1993. 채소수확 후 기계화 유형개발. 농촌진흥청 연구보고서.
83. 신승엽, 유병기, 김병갑, 이성현.1998. 양계, 양과 기계화 모델. 농업기계화연구소 시험연구보고서 24-58
84. 이종호, 이증용. 1994. 원예작물 수확기의 개발현황과 문제점. 원예작물의 재배 및 생산의 생력화를 위한 장치개발에 관한 심포지엄자료. pp.57-63.
85. 이진석, 김덕근. 2003. 바이오에너지의 보급 현황과 기술개발 전망. 한국에너지기술
86. 이진석. 2003. 국가과학기술지도상에서의 Biorefinery 기술개발 방안. 생물화공 17(2), 7~14.
87. 유용환, 최경진, 홍은희. 1992. 두류 생력기계화 재배체계 확립시험. 작물시험장 시험연구보고서. 124~135.
88. 유용환, 홍은희, 김석동. 1993. 콩의 생력기계화 재배기술. 한국콩연구회지. 10(2) : 49~58.
89. 유용환, 이석희, 김웅진. 1999. 콩 무경운 기계화 일관체계 현장실증 연구. 작물시험장시험연구보고서.
90. 인터넷 동아일보. 2004. 9.8. 고유가 시대와 한국경제.
91. 인터넷 환경부보도자료. 2005. 교토의정서 발효대비 환경부문 기후변화협약 제3차
92. 정창주. 1988. 농작업 기계학. 서울대학교 출판부.
93. 정창주. 1992. 농작업 기계의 분석과 설계. 서울대학교 출판부.
94. 주경노, 오인식, 이용복. 1998. 원예작물 기계화를 위한 재배양식 표준화연구.

- 농촌진흥청 대형과제 연구보고서.
95. CHEMICAL ANNUAL 2002(2002화학연감) : 5th Edition, 화학경제연구원 화학제품대사전(문성명, 上, 下) : 가나다화학원서부
96. DONG KWANG OIL MACHINE CO.(동광유압) MODEL D-1685 MANUAL
97. 小川茂男. 1996. 省力機器による野菜生産技術. 農耕と園藝編輯部.
35. 日本農業機械學會編. 1996. 生物生産機械ハンドブック. ユロナ社.
98. 市川友彦. 1998. 新しい보통형コンバインの活用. 機械化農業. 9月號. 特集 8~11.

## 제 7절 목표달성도 및 관련분야의 기여도

### 1. 목표달성도

본 연구는 바이오디젤 원료의 안정적인 공급을 위해 유채재배 확산에 대비하고 유채재배 농가의 소득보전을 위한 바이오디젤 원료용으로 유리한 oleic acid 함량이 높고 이모작재배에 적합한 조숙, 동시수확성 1대잡종을 선발하여 조기에 우수 품종을 보급하고자 수행한 결과 바이오디젤용 및 이모작용으로 적합한 1대잡종을 선발하여 적응성을 검정한 후 보급코자 품종등록에 출원하였고, 생력기계화의 적정규모를 산정하는 기초 자료를 얻었으며, 개발된 1대잡종의 종자생산 및 보급체계를 구축코자 1대잡종 안전생산 기술을 확립하여 1대잡종 보급종을 생산하고 있는 업체(영광군농업기술센터 등)에 기술이전을 실시하였다.

또한 유채의 high-oleic acid 계통을 조기 선발하여 바이오디젤용으로 최적인 1대잡종을 선발하는데 임성화복화분친계통으로 이용하고자 돌연변이 및 반수체 육종기술을 적용하여 올레인산 함량이 70% 이상이며, 숙기도 빠른 다수의 계통을 육성하였다.

금후에도 본 연구에서 얻어진 high-oleic acid 계통들을 이용하여 지속적으로 우수한 1대잡종을 선발해 나갈 것이며, 특히 도복에도 강하면서 광 지역에 적응하는 다수성 1대잡종의 개발에 주력하겠다는 것을 밝혀둔다.

### 2. 과제별 연구개발 목표의 달성도

구 분	연구개발 목표	연구개발 내용 및 범위	달성도
1차 년도 (2006)	○올레인산 고함유 1대잡종 선발	-올레인산 함량이 높은 고정종 선발 -용성불임계와 선발 화분친간 교잡 F <sub>1</sub> 양성	100%
	○이모작형 조숙, 동시성숙성 1대잡종 선발	-숙기가 빠르고 동시성숙성인 화분친계통 선발 -용성불임계와 선발 화분친간 교잡 F <sub>1</sub> 양성	100%
	○내병성 개발 및 효과적인 방제기술 확립	-균핵병과 도복에 강한 화분친계통 선발	100%
	○1대잡종 종자 생산 및 보급 체계 확립	-용성불임 및 불임유지계 기본식물 종자 생산 격리채종 재배 -1대잡종 생산의 화분친 계통 망실 격리 재배 · 화분친계통 순도 및 종자증식	100%
	○생력기계화 일관작업재배 기술체계 확립	-파종방법, 파종시기, 파종량, 수확시기 구명 -제조제 적용 유무 및 사용 방법	100%

구 분	연구개발 목표	연구개발 내용 및 범위	달성도
2차 년도 (2007)	○올레인산 고탍유 1대잡종 선발	- 고탍유 올레인산 F <sub>1</sub> 조합의 일반조합 능력검정 - 융성불임계와 선발 화분친간 교잡 F <sub>1</sub> 양성 - 올레인산 고탍유 계통의 돌연변이체 선발	100%
	○이모작형 조숙, 동시성숙성 1대잡종 선발	- 조숙성 F <sub>1</sub> 조합의 일반조합능력 검정 - 융성불임계와 선발 화분친간 교잡 F <sub>1</sub> 양성	100%
	○1대잡종 지역적응성 및 수량성 검정	- 융성불임계와 화분친간 교잡 F <sub>1</sub> 의 지역적응성 검정	100%
	○내병성 개발 및 효과적인 방제기술 확립	- 균핵병 방제법 구명	100%
	○1대잡종 종자 생산 및 보급 체계 확립	- 1대잡종 유채재배 면적의 확산에 대비한 보급 종자 대량생산 체계 구축 - 융성불임 및 불임유지계 기본식물 종자 생산 격리채종 재배 - 1대잡종 생산의 화분친 계통 망실 격리 재배	100%
	○생력기계화 일관작업재배 기술체계 확립	- 파종기 및 수확기 적정 재배 규모 구명 - 1차년도 기계파종과 콤바인 수확에서 오는 문제점 도출 및 해결방안 모색	100%
3차 년도 (2008)	○올레인산 고탍유 1대잡종 선발	- 양성된 고탍유 올레인산 F <sub>1</sub> 조합의 일반조합 능력 및 임성회복능력검정 - 올레인산 고탍유 계통의 돌연변이체 선발	100%
	○이모작형 조숙, 동시성숙성 1대잡종 선발	- 선발된 조숙성 F <sub>1</sub> 조합의 일반조합능력 검정	100%
	○1대잡종 지역적응성 및 수량성 검정	- 융성불임계와 화분친간 교잡 F <sub>1</sub> 의 지역적응성검정	100%
	○1대잡종 종자 생산 및 보급 체계 확립	- 융성불임계통 원원종 증식 - 화분친 계통 원원종 증식	100%
	○생력기계화 일관작업재배 기술체계 확립	- 파종기 및 수확기 운용의 적정 재배규모 구명 - 2차년도 기계파종과 콤바인 수확에서 오는 문제점 도출 및 해결방안 강구	100%

### 3. 관련 분야에의 기여도

국내에서 바이오디젤 원료의 안정적인 공급을 위해 유채 재배면적을 확산하는데 있어 답리작 월동재배가 유리하지만 이모작(벼+ 유채)의 경우 유채의 수확기가 벼 재배 이앙시기와 맞물려 벼 이앙이 늦어지는 경우 벼의 수량감소를 초래한다. 이러한 약점을 줄이기 위해서는 유채 수확시기를 앞당기면서 유채의 수량이 저하되지 않도록 조숙, 동시성숙성 및 다수성 1대잡종 개발로 해결할 수 있다.

본 연구를 통해서 개발된 올레인산 고탍유, 조숙, 동시성숙성 1대잡종(400kg/10a 내외)을 보급하게 되면 유채재배 농가의 소득 보장은 물론이며 바이오디젤 생산업체가 동시에 만족할 수 있고, 특히 농림수산물부에서 바이오디젤용 원료의 국산화율을 높이고자 유채재배면적을 2012년까지 4만5천 ha로 확대하는데 있어서도 기여할 것으로 사료된다.

### 제 8절 연구개발결과의 활용계획

본 연구를 통해 개발된 1대잡종 품종은 생산판매신고에 출원하였으며, 1대잡종 원원종 및 원종 생산체계'기술은 보급종인 '선망'을 생산하는 영광군 농업기술센터와

(주)KCI 측에 기술이전 하였고, 생산된 종자는 농림식품부 주관 바이오디젤 원료용 유채 생산 시범재배 단지 농가에 보급 중에 있다.

오랫동안(10여년) 유채재배가 중단되었다가 이제 새롭게 시작되는 관계로 유채시범재배에 참여하는 농가가 모두 재배기술이 정립되어 있지 않아서 유채시범재배 참여 농가에 지속적인 재배교육(과종부터 수확하여 건조, 정선, 조제에 이르기까지) 및 관리를 분기별로 수행하였다.

바이오매스를 이용한 수송용 바이오디젤 생산을 위한 정책 수립의 겨울철 유희지 활용 원료생산 분야에 적극 참여 하였고, 바이오디젤 생산에 관련된 원료 생산 유채재배 농가, 바이오디젤 생산업체, 소비자 등에게 에너지신문, 인터넷, 신문 및 방송을 통해 적극 홍보하였다.

도출된 결과들은 국제유채학회 및 국내학회에 발표하고 게재하여 학술적 가치를 높였다.

#### **제 9절 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보**

국제학회에 참석하여 수집한 정보는 유채 품종개량의 육종기법에도 활용하였고, 바이오디젤의 국내외 동향 등을 분석하여 한국국제농업개발학회의 학술지에 논문 게재를 통해 공개하였다.



### 제 3장 내한성 및 다수성 바이오디젤용 유채품종 개발

#### SUMMARY

*Brassica* species constitute important crops in many countries. As the oil crop among the *Brassicaceae*, rapeseed (*Brassica napus*) was the most important crop in Korea since 1950. However, since major oil (soybean oil, corn oil, etc.) has been imported with cheap cost from abroad, cultivation of rapeseeds were dramatically reduced up to 1,000 ha, and used only for floricultural purpose. However, Korea started to be interested recently in bio-energy, and rapeseed became a one of the favorite crop for production of bio-diesel. The major goals of rapeseed improvement in this study are development of varieties suitable for cold tolerance, yield, oil contents, oil quality, and others. We tried the introduction of germplasm from abroad, and established the breeding system as with male sterile system.

We developed F<sub>1</sub> cultivar 'Kang Yu' using male sterility system. Kang Yu is the winter type cultivar, and belongs to the double low quality. The yield of this variety shows test results of 6–22% higher yield than that of European cultivar "Talent". In addition, Kang Yu has the cold tolerance trait which can survival at northern area in South Korea. Kang Yu is also being produced the 45.1% of oil content, 71.4 % of oleic acid and 16.1% of linolenic acid. The rapeseed breeding goals of our laboratory are primarily addressed on the high yield and early varieties for double-cropping with rice.

Genetic transformation of rapeseed is stimulated by its high economic value and potential to expand of the crop usefulness. AtGRF proteins play a role in the regulation of cell expansion in leaf and cotyledon tissues. In this study, we transformed *AtGRF1* and *AtGRF2* genes to rapeseed genome using *Agrobacterium*-mediated transformation for increasing crop productivity, furthermore vegetable oil yield which is required to produce bio-diesel from rapeseed. Transgenic rapeseed lines were generated from both cotyledon and hypocotyl explants on 20 mg l<sup>-1</sup> hygromycin-containing medium. All of the transgenic plants were phenotypically normal and produced fertile flowers and viable seeds, thus transformation efficiencies were 5.4% for *AtGRF1* and 4.2% for *AtGRF2*. Among the used two explants of rapeseed, hypocotyl has more ability (1.5–3-fold) to uptake transgene rather than cotyledon. PCR analysis showed that transgene was stably integrated into the genome of each transgenic plant. In previous study on *Arabidopsis*, the increase in size of leaf blades was based on changes in cell size and not on changes in cell number. Therefore we will describe the cell size as well as phenotype of our *AtGRF1* and *AtGRF2* transgenic rapeseed plants and evaluate the relation between phenotypic alternation and oil yield of transgenic rapeseed.

## 제 1절 연구 개발 과제 의 개요

○ 유채를 포함한 모든 작물들은 수량성, 내병성, 내한성 등 여러 경제성 특성들을 높이기 위해 F<sub>1</sub> 품종을 개발하려 노력하고 있다. F<sub>1</sub>은 작물재배에 있어서 지리적 한계나 계절적 한계를 극복시킬 수 있으며, 품질을 개선하고, 재해에 대한 저항성을 강화시켜 작황의 안정성을 증대시키며, 타 작물과의 윤작체계를 합리화시킬 수 있다. 이러한 잇점을 얻기 위해 F<sub>1</sub> 품종을 만들기 위한 여러 육종기술들이 개발되어 왔음

○ 유채는 양배추와 배추의 중간 교잡에 의해서 형성된 이질배수체(2n=38)로써 십자화과에서 나타나는 자가불화합 기작이 없다. 유채는 부분타식성 작물인 관계로 품질 및 수량성을 높이기 위하여 자식을 위주로 하는 작물에서 쓰이고 있는 계통육종법(pedigree method)에 의한 품종개량은 지속적인 자식에 따라 육성당시의 우수한 형질이 퇴화되어 4~5년이 경과되면 수량이 30~40%나 감소된다. 이러한 문제점을 해결할 수 있는 방안으로 잡종강세육종법에 의한 F<sub>1</sub> hybrid 품종의 육성이다. 현재 유채 주요 재배국가에서 육성되고 있는 유채 품종은 대부분 합성 품종이거나 CMS(세포질적 웅성불임) 혹은 GMS(유전자적 웅성불임)와 같은 MS를 이용하여 만든 품종이 대부분이다. MS(웅성불임)에는 GMS(유전자적 웅성불임), CMS(세포질적 웅성불임) 및 CGMS(세포질 유전자적 웅성불임)의 3가지 형태가 있음

○ 이 중 CMS(세포질적 웅성불임)와 GMS(유전자적 웅성불임)는 F<sub>1</sub> 개발 시 여러 가지 문제점이 있다. 이 중 생물학적 특성상 CMS(세포질적 웅성불임)는 F<sub>1</sub> 상태에서 임성의 회복이 불가능하고, GMS(유전자적 웅성불임)는 F<sub>1</sub> 채종 시 모계에서 웅성 가임인 식물체를 제거해야 하는 어려움이 있다. 그러므로 유채 F<sub>1</sub> 품종 개발 시 최적의 기술은 CGMS(세포질 유전자적 웅성불임)를 이용하는 것이다. (주)유진종묘에서는 이러한 CGMS(세포질 유전자적 웅성불임) 기술을 보유하고 있으며 이를 통하여 품종을 육성하고 있음

○ 유채는 기후환경 및 작부체계에 따라 크게 춘과종과 추과종으로 품종이 개발되어 재배되고 있다. 이 중 추과종은 내한성 문제가 있어 캐나다, 호주에서는 재배되지 못하고 전체가 춘과종으로 재배되고 있는 실정이다. 특히 중국의 경우 북쪽지역(신장, 내몽고, 흑룡강성 등)에서 우수한 내한성, 다수성 F<sub>1</sub>이 개발된다면 엄청나게 큰 유채시장으로 부상할 여지가 충분함

○ 따라서 본 연구를 통하여 내한성 다수성 품종을 개발하였을 시 발생할 경제 산업적 잇점은 다음과 같다.

- 작물 재배에 있어서 지리적 한계나 계절적 한계를 극복시킬 수 있으며, 품질을 개선하고, 타 작물과의 윤작체계를 합리화시킬 수 있음
- 국내 중부지역까지 재배면적 확대로 F<sub>1</sub> 품종을 통한 고부가가치를 창출할 수 있음
- 내한성을 갖춘 추과종 F<sub>1</sub> 품종 개발 시 국내에서 유희지나 간척지 등을 활용하여 농가 소득 작물로서 보급할 수 있음

## 제 2절 국내외 기술 개발 현황

### 1. 국내외 기술 현황

국내에서 유채를 연구하고 육성하는 종묘회사는 (주)유진종묘를 제외하고는 전무한 상태이며 국가연구기관으로 목포시험장에서 만이 연구가 이루어지고 있다. 특히 춘파에 적응하는 품종개량은 전무한 상태이다. 유채에서 상업적인 F<sub>1</sub> hybrid 생산을 위한 육종연구는 과거 25년 전부터 수행되어왔으며(Brandle & McVetty 1989, Fan & Stefansson 1986, Fuetal. 1987, Wojciechowski 1993), 여러 가지 수분방지 체계들이 춘파와 추파 유채품종들에서 F<sub>1</sub> hybrid 종자를 생산코자 활용되고 있다.

수분방지 체계에는 GMS(genic male sterility), CMS(cytoplasmic male sterility) 및 SI(self incompatibility) 들이 있는데, 유채에서는 *nap*-CMS(Shiga 1980), *gu*-CMS(Ogura 1968) 및 *pol*-CMS (Fan & Stefansson 1986, Fu et al 1987)가 보고된 바 있다.

웅성불임계통이 육성되거나 자연계에서 발견했을지라도 유채에서 상업적인 F<sub>1</sub> hybrid 종자생산을 성공시키기 위해서는 웅성불임계통, 불임유지계통 및 임성회복계통의 3가지가 구비되어야만 가능하다.

(주)유진종묘는 CGMS(세포질 유전자적 웅성불임)계통과 웅성불임 유지친을 보유하고 있으며, 이를 이용하여 식용 F<sub>1</sub> 품종을 만들고 있다. 웅성불임성을 유지시켜주는 불임유지계통이 없이는 이용이 불가능하므로 종자의 독점권을 가질 수 있다. 현재 (주)유진종묘에서 개발하고 있는 F<sub>1</sub> 품종은 추파품종으로서 유채유 성분 또한 국제규격에 맞는 품질을 가지고 있고 현재 유럽과 중국에서 품종등록 중에 있다.

#### 가. 유럽 및 캐나다의 육종현황

유럽전체의 재배면적은 약 460만ha이며, 독일과 프랑스가 전체면적의 약 50%를 차지하고 있고, 나머지 50%를 20여 개국에서 차지하고 있다. 유럽에서는 대부분 식용을 목적으로 한 추파종이 많이 재배되고 있으며, 성분도 개량된 double zero 품종들인데, 최근에는 biodiesel을 목적으로 한 재배면적이 늘고 있는 실정이다. 캐나다는 재배면적이 약 380만ha이고, 유럽과 달리 재배되는 거의 모든 품종이 춘파종이며, 저온발아성과 내한성에 강한 품종 육성에 주력하고 있다.

현재 유럽 및 캐나다에서 육성되어 보급되고 있는 품종들의 특징은 다음과 같다.

첫째, 약 4가지 제초제에 대한 저항성이 있는 유전자변형 품종들이 발표는 되고 있으나, 유럽에서는 농민들의 거부감으로 인해 확대보급에는 불확실성을 보이고 있으나 캐나다에서는 GMO 유채품종이 70%이상 재배되고 있다.

둘째, hybrid품종들이 있기는 하나 대부분 합성종자이거나, 혹은 유전자조작을 통한 웅성불임을 이용해 만든 품종들이다.

셋째, 유채기름 중 특정 지방산인 에루진산(C 22:1)의 함량을 높인 공업용 품종이 발표는 되었으나, 보급면적은 아직은 많은 것은 아니다.

따라서 현재까지는 CGMS(세포질 유전자적 웅성불임)를 이용하여 발표된 F<sub>1</sub> 품종은

없고, 합성품종과 OP, 유전자조작 hybrid가 주를 이루고 있다.

#### 나. 중국의 육종현황

중국은 주로 식용유를 위주로 재배하며 면적은 7백만ha이고, 소요종자만도 연간 26만 톤을 소모하는 세계 제일의 유채 재배 국가이다. 현재 중국에서 재배되는 품종들은 중국자체내의 연구소에서 육성한 품종들로 재배되어지고 있다. 중국은 재배면적이 넓어 기후 및 작부체계 등에 따라 다양한 품종들이 재배되어지고 있으며, 한 예로 하나의 성에서 80여개의 품종들이 재배될 정도로 품종의 다양성이 고도로 요구되는 시장이다. 중국에서 재배되어지는 유채는 자국내의 소비에만 그치고 있으며, 매년 250만 톤의 유채를 수입하고 있다. 중국 품종들의 특징과 문제점은 다음과 같다.

첫째, 중국 품종들은 웅성불임을 이용하여 F<sub>1</sub>을 만든다. 그러나 이에 사용되는 웅성불임은 GMS(유전자적 웅성불임)로서 F<sub>1</sub>채종 시 많은 문제점이 있으나 현재 풍부한 노동력으로 이를 대체하고 있다.

둘째, 유채유의 성분에 문제점을 가지고 있다. 세계적으로 거래가 이루어지고 있는 유채유에는 Erucic acid와 Glucosinolate 두 가지 독성에 대한 함량 기준이 있으나 중국유채는 이 기준을 초과하고 있다. 중국 내에서도 성분 개량을 위하여 많은 노력을 하고 있으나 아직도 성분이 개량된 품종을 못 만들고 있는 실정이다.

셋째, 추과종 품종은 많으나 춘과종 품종은 F<sub>1</sub> 으로 개발, 보급하고 있는 품종이 없으며 유채를 재배할 수 있는 유희면적은 상당히 많다.

#### 다. 인도의 육종현황

인도는 식용유 급원으로 겨자를 주로 재배하고 있는데 면적은 460만ha이다. 겨자가 수량성이 낮기 때문에 잡종강세를 이용한 수량증대를 피하기 위하여 웅성불임성을 이용한 F<sub>1</sub> 품종에 주력하고 있으나 임성회복체계가 불안정하고 잡종강세가 뚜렷하게 발현되지 않아 상업성 있는 F<sub>1</sub>품종을 개발하는 데는 성공하지 못한 실정이다.

#### 라. 시장현황

현재 세계의 유채 수급현황은 인체에 해로운 성분들이 개량된 양질의 품종이 개발되면서 단위 면적당 수유율이 가장 높아 식물성 기름의 급원으로 세계 각국이 관심을 갖게 됨과 동시에 재배면적이 늘어나기 시작하였다. 1995년 이후부터는 세계 유지작물 중 재배면적과 생산량에서 세계 3위로 부상하게 되었다.

전 세계 재배면적은 22백만ha이고 생산량은 연간 34백만 톤이며 연간 소비되는 종자량은 43만 톤이 사용되는 약 \$40억의 종자시장이다.

중국의 유채생산은 '99/'00년에 10.13백만 톤에서 '00/'01년에 11.0백만 톤으로 8.5%로 증가하였다. 중국은 유채의 가장 많은 수입국 이지만 '99/'00년에 3.68백만 톤을 수입하였으나 '00/'01년에 250만 톤으로 상당량이 줄어들었다.

일본은 매년 canola를 150만 톤을 수입한다. 해에 따라 200,000톤이 줄거나 늘어나는

추세로 지속되고 있다. Jusco는 세계 3대 시장의 하나이다. GMO인지 아닌지를 표기하는 것을 원칙으로 하며 Jusco는 호주로부터 non-GMO 유채기름을 10~20% 들여오고 있으며 30~40%는 국가 상표가 없는 유채로 판매되고 있다.

호주는 유채 생산이 '99/'00년에 2.43백만 톤이었으나 '00/'01년에 1.61백만 톤으로 33%나 줄었다. 호주는 일본과 EU에 non-GMO 유채만을 수출하였다. Aventis와 Monsanto는 2002년부터 호주에 GMO 유채 종자를 공급할 계획을 세우고 있다.

EU 15개국의 유채 생산은 '99/'00년에 11.32백만 톤이었으나 '00/'01년에 920백만 톤으로 17.6% 감소하였다. 캐나다 유채의 유럽 수입이 과거 3년간 프랑스의 거절로 수입이 중단되었으며, 2년 동안 모든 GMO유채를 인정하기 위한 유예기간으로 공표 하였다.

캐나다 유채 생산량은 '00/'01년에 712만 톤으로 '99/'00년의 880만 톤 대비 19% 감소하였다. 캐나다 유채재배 농가는 GMO유채 품종을 재배하는 쪽으로 선회하고 있으며 '97년에 25%, '98년에 50%, '99년과 '00년에 66~75%로 잠정 평가되었다. 캐나다의 유채 수출은 중국에 판매하는 것을 주목적으로 이루어졌다. 지난 3년 동안 중국은 캐나다 유채의 주된 수출 시장이었다. 기름과 박은 미국에 수출이 이루어지고 있으며 수출양도 더 증가될 전망이다.

FAO 통계에 의하면 국내에서 유채 재배면적은 1,400ha이며 년 간 생산량은 2,000톤 정도의 아주 적은 수준이며 주로 제주도 및 남부 일부 지역에서 관광단지 조성, 각 지역 조경용으로 이용되는데 국한되어 있다. 제주도의 경우 농가 자체적으로 유채종자를 구입하거나 재래종을 그대로 사용하고 있기 때문에 품종의 균일화 및 성분개량이 되어 있지 않은 상태이다. 현재 국내에서도 유채유가 소비되고 있으나 전량 수입에 의존하고 있다. 국내에 수입되는 유채는 종실의 양은 미미하고 대부분 기름으로 수입되고 있다. 유채유의 수입은 매년 증가하고 있으며 2002년도의 경우 \$7백2십만의 유채유가 수입되었다.

### 제 3 절. 바이오디젤용 내한성과 다수성을 갖는 1대잡종 개발

#### 1. 연구목적

스칸디나비아 반도와 시베리아 및 코카서스 지방이 원산지인 유채(학명 : *Brassica napus*)는 전 세계적으로 3번째로 많이 재배되는 유지작물이다. 유채 (*Brassica napus* L., AACC,  $n = 19$ )는 oilseed rape, rapa, rapaseed로 알려져 있으며, 유지작물 중 대표적인 작물로서 전 세계적으로 주목을 받고 있다. 유채는 현재 동물의 사료, 식용기름, 바이오디젤로 사용되고 있다. 최근 들어, glucosinolates와 erucic acid 같은 것은 포화 지방산을 낮게 함유하여 건강에 유익하다는 사실이 알려지면서 유채의 소비가 늘어나고 있다(Dupont et al. 1989; McDonald, 1990 Cardoza and Stewart 2004).

유채의 종자에는 35~45%의 기름이 함유되어 있고 에루진산과 구루코지노레이트가 전무한 양질유는 식용, 샐러드용으로, 에루진산의 함량이 높은 것은 공업용으로 이용되고 있다. 나머지 유박은 40%정도의 단백질을 함유하고 있으며 주요 사료원료인 옥수수

종자의 저장 단백질에는 결여되어 있는 필수 아미노산인 lysine이 함유되어 있어 고단백 가축사료나 비료로 이용되고 있다. 유채는 타 유지작물에 비하여 기름함량이 높고 단위 면적 당 기름이 되는 종자의 수량성이 높아 식용, 공업용 및 대체에너지용 등 수급 상 공급량을 확보하는데 가장 유리하다.

세계 유채 재배면적은 약 2,200만 ha이고 소요되는 종자량이 연간 43만 톤이 사용되고 있으며 이러한 종자 시장의 규모는 연간 \$40억에 이른다. 인접국가인 중국이 700만 ha이며, 유럽이 460만 ha, 캐나다는 380만 ha가 재배되고 있다.

유채는 기후환경 및 작부체계에 따라 크게 춘파종과 추파종으로 품종이 개발되어 재배되고 있다. 이 중 추파종은 내한성 문제가 있어 캐나다, 호주에서는 재배되지 못하고 전체가 춘파종으로 재배되고 있는 실정이다. 특히 중국의 경우 북쪽지역(신장, 내몽고, 흑룡강성 등)에서 우수한 내한성, 다수성 F<sub>1</sub>이 개발된다면 엄청나게 큰 유채시장으로 부상할 여지가 충분하다.

본 연구에서는 우리나라 전역에 재배될 수 있는 내한성을 가진 다수성 F<sub>1</sub> 품종개발을 위하여 융성불임성을 이용한 유채 육종시스템을 구축하고 우수 품종을 육성하고자 한다.

한편 이러한 유채의 높은 경제적 가치 때문에 유채의 다양한 조직을 이용한 형질전환 연구가 대단히 많이 이루어지고 있다. 이는 자엽(Ono et al. 1994), 배축(Bade and Damm, 1995 Mia et al. 2000), 원형질체(Hu et al. 1999)등을 포함하고 있으나, 배축의 분화가 가장 잘 이루어지기 때문에 *Brassica*종의 형질전환 연구에서 가장 많이 이용되고 있다 (Cardoza and Stewart 2004). 앞서 행해진 몇몇의 연구들을 살펴보면 체초제와 해충에 대한 저항성과 기름의 질 향상, 생화학적인 요소, 융성불임성, 비생물적인 내성에 대한 연구들이 보고되었다 (reviewed in Poulsen 1996; Cardoza and Stewart 2004). 지금까지 유채의 형질전환의 방법들이 많이 개발되어 왔지만, 중국의 유채 계통 중 하나인 *B. napus* L. cv. WH10에 맞는 효율적인 방법의 개발이 필요하였다. 그 이유는 유채가 재분화 하는 데 있어서 유채 재배종에 따라 높은 변이율과 유전적인 특이성을 가지기 때문이다 (Zhang et al. 1998 Phogat et al. 2000 Raldugina et al. 2000). 이 유전적 특이성은 *Brassica*의 재분화와 형질전환에 있어 제한적인 요소로 작용할 수 있다.

우리는 *Agrobacterium* 형질전환법을 이용하여 *AtGRF1* 과 *AtGRF2*의 형질전환 식물체를 개발하였다. 이전에 *Arabidopsis* 작물의 GROWTH - REGULATING FACTOR (*AtGRF*)는 아홉 가지 요소와 전사 활성인자가 잎과 자엽의 면적을 증가시킬 수 있다고 연구되었다 (Kim et al. 2003; Kim and Kende 2004). 계통발생론적 분석에서는 *AtGRF1* 과 *AtGRF2*가 각각 연관되어있고, 식물체의 잎과 떡잎에서 *AtGRF1* 과 *AtGRF2*이 과다발현 된다면 야생종 *Arabidopsis* 의 palisade세포보다 세포의 크기가 증가하게 된다 (Kim et al. 2003 Kim and Lee 2006). *AtGRF1* 과 *AtGRF2*가 작용하여 잎의 면적을 증가시키는 것은 세포의 수를 증가시키는 것이 아닌 세포의 크기를 증가시키는 것이며, 따라서 두유전자의 과다발현은 잎의 광합성영역을 확대시킬 수 있

다는 것을 뜻한다.

그러나 *Brassica*에서 최종적인 종자생산에 미치는 잎의 역할은 적을 것임이 분명하다. 왜냐하면 꼬투리가 성숙하면서 잎의 노화가 진행되기 때문이다. 사실, 잎과 꼬투리의 광합성은 종자 생산에 상호보완적이다. 이와 관련된 연구로 *Brassica*에서 잎 면적지수와 종자 생산 간의 상호관련을 연구한 논문이 보고되었다(Ramana et al.1997). 본 연구에서는 위와 같은 사실들을 바탕으로 해서 *AtGRF1* 과 *AtGRF2*의 형질전환 식물체의 개발과 바이오 디젤용 기름생산량의 증대를 위한 잎의 광합성면적의 증대를 목적으로 연구를 수행하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 가. 국내외 유채 유전자원 탐색

#### 1) 유전자원 수집

국내의 유전자원은 우편을 통해 분양을 의뢰하여 수집한 것과 종묘상에서 인터넷을 통하여 직접 구매하는 방법을 사용하였다. 국외의 경우도 우편과 인터넷을 통하여 분양을 의뢰하고, 또한 현지 출장 시 직접 채집 또는 구매하는 방법으로 수집하였다.

#### 2) 유전자원 평가

내한성 및 수량성을 평가하기 위해 충남대학교 실험포장에서 2005년 9월 29일 수집유전자원 20개 품종을 1시험구당 400립씩 2반복 난괴법으로 노지 직파하였고, 2006년 9월 20일 11개 품종(목포시험장 품종 3개, 중국품종 6개, 국내 수집종 2개)을 1시험구당 600립씩 2반복 난괴법으로 파종하여 시험하였다. 특성조사는 내한성의 경우는 월동 후 개체수에 월동 전 개체수를 감하여 생존개체수를 조사한 후 약, 중, 강으로 표시하였고, 기타 수량성에 관한 특성은 달관조사와 실측을 병행하였다(그림 1,2).



Figure 1. Field test of collected gerplasm



Figure 2. Yield research of experimental field

### 나. 계통선발 및 종자확보

추파 만생, 조생계통 111개 계통을 2005년 9월 29에 노지 직파로 1시험구당 150립씩 1반복으로 파종하여 내한성을 중심으로 내한성이 중강이상으로 판정된 것을 선발하였고, 동시에 이들 계통을 2005년 12월 8일(추파만생계), 12월 20일(추파조생계)에 각

각 50공 tray pot에 각 계통 당 20립씩 파종한 후 유리온실에서 가온 육묘하여 2006년 3월 3일(추파조생계), 3월 7일(추파만생계)에 각각 비닐하우스에 각 계통 당 2주씩 정식하였다. 각 계통별 개화기에 맞추어 유산지 봉투를 이용 격리한 후, 인공수분에 의해 채종하였다(그림 3,4).



Figure 3. Parent lines in glass house.



Figure 4. Parent lines in crossing house.

세대단축을 하기 위하여 2006년 6월 30일 50개 계통을 50구 tray pot에 점파한 후 8월 1일~9월 10일 까지 4℃ growth chamber에서 저온처리를 하고 20x30cm의 pot에 정식한 후 육묘하여 개화기에 유산지봉투를 이용한 인공교배를 실시하였다(그림 5).



Figure 5. Lines in vernalization.

내한성과 수량성이 우수하여 선발된 교배조합 BN922에 대해 종자확보를 위한 채종시험을 실시하였다. BN922의 모본과 부본을 2005년 10월 6일 충남 태안지역에 1:1로 노지 직파하였다(약 330m<sup>2</sup>). 2006년 6월 1일 개화가 종료된 시점에 부본을 제거하고 6월 27일 성숙기에 모본을 예취한 후, 태양열에 의해 자연건조 시키고 탈곡, 조제하였다(그림 6).



Figure 6. Production test(ChungNam Tae An, 2006.5.5).



#### 다. 탐색 유전자원 인자분석

만생 웅성불임 1계통과 탐색 유전자원과의 인공교배를 통하여 얻어진 20조합을 2006년 9월 20일 충남대학교 실험포장에 조건 30cm 주간 2cm로 직파하였다. 1개 시험구의 크기는 1.2m x 3m였으며, 1시험구당 파종립수는 300립이었다.

탐색 유전자원의 웅성불임 인자분석은 웅성불임과의 각 조합에서 100개체씩을 선발하여 수술의 유무를 관찰함으로써 가임과 불임성을 판단하였다. 도입유전자원 자체에 대하여는 균일성, 숙기, 내한성 등을 조사하였다.

#### 라. 예비조합 작성 및 생산

2005~2006season 차검을 통하여 선발된 추파조생 3계통(183, CZ, L61)과 추파만생 4계통(AR1, AR2, LA1, SA1)을 2006년 11월 30일 50공 tray pot에 파종한 후 유리온실에서 가온 육묘하여 2007년 3월 15일 망실(망실1개규격: 3m x 6m)에 정식하고, 벌을 이용하여 웅성불임계통과의 조합을 생산하였다(그림7). 또한, 추파 만생, 중생, 조생 계통을 2006년 11월 30일 50공 tray pot에 파종하고 2007년 2월 27일 비닐하우스에 정식하였다. 이후 각 계통의 개화기에 맞추어 추파만생 11조합, 추파중생 23조합, 추파조생 36조합, 총 70개의 F1조합을 유산지를 이용하여 격리한 후, 인공교배를 통하여 생산하였다(그림8).



Figure 7. F1 hybrid production in net house by insect crossing.

Figure 8. F1 hybrid production in vinyl house by hand crossing.

#### 마. 예비조합 차검 및 선발

2006~2007season 및 2007~2008season의 지역별 시험내역은 표1과 같다. 망실에서 생산한 7개 조합, 인공교배로 생산한 70개 조합, 그리고 2006년 태안에서 생산된 BN922를 2007년 10월 9일 충남대학교 실험포장에 조건 30cm로 조파하였으며, 1개 시험구의 크기는 1.2m x 3m, 1개 시험구당 파종립수는 300립으로 하였다. 각 조합의 특성조사는 유전자원의 특성조사와 같은 방법으로 달관조사와 실측을 병행하여 실시하였다. 또한, BN922를 충남 농업기술원에 시험의뢰 하였는데 대비품종은 '선망'을 사용하였으며 파종은 2007년 10월 6일 충남 농업기술원 시험포장에 파종비율은 0.8kg/10a, 조건 40cm, 1시험구당 면적은 5.4m<sup>2</sup>로 하였다. 충북 옥천 지역에 BN922를 지역농민과 연

계하여 시험하였다. 재배면적은 약 10a정도였으며 2006년 9월 20일 파종하였고, 파종비율은 0.6kg/10a이었다. 전남 무안 지역에 BN922 및 추파조생종 3조합을 시험하였다. 파종은 2006년 10월 10일 실시하였다. 파종비율은 0.5kg/10a 이고, 1개 시험구의 크기는 1.2m x 25m 이었다.

Table 1. Summary of local trials in 2006~2008season.

시험지역	시험내역	파종일자	파종비율	1개시험구크기
충남대학교	77개 조합	2007.10.9	300립/3.6m <sup>2</sup>	3.6m <sup>2</sup>
충남농업기술원	BN922	2007.10.6	0.8kg/10a	5.4m <sup>2</sup>
충북옥천	BN922	2006.9.20	0.6kg/10a	10a
전남무안	BN922 및 추파조생종 3조합	2006.10.10	0.5kg/10a	30m <sup>2</sup>

#### 바. 시교 생산용 원종증식

BN922의 웅성불임계통의 증식을 위하여 웅성불임계통과 유지계통을 2007년 12월 3일, 50공 tray pot에 파종하여 유리온실에서 육묘하였다. 육묘조건은 일일 최고 10°C, 최저 2°C 의 조건으로 저온처리한 후 2008년 3월 10일 비닐하우스에 재식거리 40cm x 40cm 로하고 불임계통:유지계통을 1:1로 정식하였다. BN922의 부계증식은 위의 웅성불임계통과 같은 방법으로 육묘한 후 2008년 3월 10일 망실(규격 3m x 18m)에 재식거리 40cm x 40cm 로 정식하였다.

#### 사. 다수성 관련 유전자 삽입

##### 1) 재료의 준비

종피 소독을 위해 유채 종자(*Barassica napus* L. cv. WH10)를 70% 에탄올에 1분 간 처리하고, sodium hypochlorite(3.5% active chloride) 용액에 20분 동안 침지한 후, 새 용액으로 바꾸어 다시 15분 간 침지 처리한다. 멸균증류수에 종자를 씻어낸 후, 30 g l<sup>-1</sup> sucrose와 6 g l<sup>-1</sup> phytoagar가 포함된 MS 배지(Murashige and Skoog 1962)에 치상한다. 45 μmol m<sup>-2</sup>s<sup>-1</sup>의 백색 형광등을 사용하여 16/8h 밤/낮의 광주기로 빛을 공급하고, 25 ± 1°C 하에서 배양하였다. 4일간 배양한 식물체에서 자엽과 자엽축을 분리해내면서 실험을 진행하였다. 이러한 co-cultivation을 제외한 모든 배양은 같은 조건의 *in vitro*의 상태로 유지하였다.

##### 2) Bacterial strain and plasmid

유채의 형질전환에는 *Arabidopsis*에서 성장조절 요인 유전자 1 또는 2로 작용하는 목적 유전자(*AtGRF1* 또는 *AtGRF2*)가 포함된 binary vector pCAMBIA1300 (CAMBIA, Australia)를 이용하였다. β-glucuronidase (*gus*)와, hygromycin 저항성을 이용한 hygromycin phosphotransferase II (*hptII*) 유전자를 선별 마커로 사용하였다(그림 9). 전기천공법 (Gene Pulser II Electroporator, Bio-Rad, Hercules, CA, USA)을 이용하여 binary vector를 *Agrobacterium tumefaciens* LBA4404 내에 도입하였다. 균주의 형질전환을 위해 YEP 배지에 overnight 배양하였다.



Figure 9. Schematic diagram of T-DNA region of binary vector pCAMBIA 1300. *AtGRF1* and *AtGRF2*: Arabidopsis growth regulating factor1 and 2 genes, *gus*: gene for  $\beta$ -glucuronidase from *E. coli*, *hptII*: gene for hygromycin phosphotransferase from *E. coli*, 35S: promoters, NOS3: terminators.

### 3) Agrobacterium을 이용한 형질전환

100  $\mu$ l의 *A. tumefaciens* stock을 100 mg  $l^{-1}$  kanamycin이 포함된 20ml YEP 배지에 28°C에서 OD<sub>600</sub> 0.6값을 가질 때 까지 배양한다. 3500rpm에 15분간 원심분리하여 bacteria만 분리한 후, 20ml의 부유용액(50 mg  $l^{-1}$  acetosyringone이 포함된 MS)를 넣고 다시 bacteria를 부유시킨다. 자엽과 엽병(0.3 x 0.3 cm<sup>2</sup>의 면적) 그리고 배축(0.5cm 길이)을 전-배양배지(1 mg  $l^{-1}$  2,4-D and 40 mg  $l^{-1}$  acetosyringone, 8 g  $l^{-1}$  phytoagar 이 포함된 MS, pH 5.8)에서 광 조건에서 4일간 배양한다. 공동배양을 위해 전-배양된 식물체를 박테리아 부유액에 10분간 침지한 후, 공동배양 배지(4 mg  $l^{-1}$  BA, 0.5 mg  $l^{-1}$  NAA, 3 mg  $l^{-1}$  AgNO<sub>3</sub>, 8 g  $l^{-1}$  phytoagar, pH 5.8 (MSRM)과 50 mg  $l^{-1}$  acetosyringone이 포함된 MS)에 옮겨 암조건에서 3일간 배양한다. 그 후 식물체를 3차례 증류수에서 수세한 후, 500 mg  $l^{-1}$  carbenicillin이 포함된 증류수에 10분간 처리한 후, 멸균된 거름종이에서 표면을 건조시킨다. 박테리아의 제거를 위해 식물체를 박테리아 제거 배지 (MSRM with 500 mg  $l^{-1}$  carbenicillin)에 21일간 배양한다. 앞의 선발과정에서 hygromycin의 농도(MSRM with 0, 10, 15, 20, 30, 40, or 50 mg  $l^{-1}$  hygromycin)는 유채(*B. napus* L. cv. WH10)의 자엽과 배축 조직에 최소의 치사성을 띄는 농도로 결정하였다. 조직체의 선발을 위해 유조직의 재분화/선발 배지(MSRM with 250 mg  $l^{-1}$  carbenicillin and 20 mg  $l^{-1}$  hygromycin)에 조직을 옮겼다. 선발 5주 후, hygromycin 저항성을 띄는 모든 유조직을 shoot 재분화/선발 배지(MS with 2 mg  $l^{-1}$  BA, 0.5 mg  $l^{-1}$  NAA, 5 mg  $l^{-1}$  AgNO<sub>3</sub>, 250 mg  $l^{-1}$  carbenicillin, 20 mg  $l^{-1}$  hygromycin, 8 g  $l^{-1}$  phytoagar, pH 5.8)로 옮겼다.

배양 6주 후, Hygromycin 저항성을 띄는 multiple shoot로 분화가 된 것을 부정근의 생성을 위해 배지(MS with 250 mg  $l^{-1}$  carbenicillin, 20 mg  $l^{-1}$  hygromycin, 8 g  $l^{-1}$  phytoagar)로 옮겼다. 배양 2주 후, shoot가 생성된 조직을 root 유도 배지(1/2 MS with 250 mg  $l^{-1}$  carbenicillin, 20 mg  $l^{-1}$  hygromycin, 8 g  $l^{-1}$  phytoagar)로 옮겼다. 3주 후, 발근된 식물체를 토양에 옮겨 심었다. 2주 후, hygromycin 저항성 식물체를 4°C에 30일간 옮겨 춘화 처리하였다. 그 후 식물체를 온실로 옮겼다.

### 4) PCR 확인

Genomic DNA는 어린 잎 조직에서 Cetyl trimethylammonium bromide (CTAB)

법으로 추출하였다 (Saghai-Marroof et al. 1984). 형질전환유전자의 확인을 위해 hygromycin 저항성 식물체에서 형질전환식물체의 coding region을 증폭하는 primer sets : *AtGRF1* 5'-GGGGATCCAAAATGGCCACAATACT-3' (forward) 와 5'-GGGCTGCAGTTTCACAGAGAAGGA-3' (reverse); *AtGRF2* 5'-GGGAATTCCTGTGGAAGTCCAATCT-3' (forward) 와 5'-GGGGATCCTCAGTTGTGTAATGAAA-3' (reverse)를 이용하여 PCR을 수행하였고, PCR product의 길이는 1000bp 정도로 확인되었다. PCR 조건은 94 °C 에서 5 min, 94 °C 에서 1 min, 58 °C 에서 1 min, 72 °C 에서 2 min, 72 °C 에서 7 min (33 cycles)와 같다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 가. 국내외 유채 유전자원 탐색

2005년과 2006년 2년간 수집한 유전자원은 총 248개였으며, 그 내역을 표2에 나타내었다.

Table 2(1). Collection of germplasm (2005. 9~2006. 10).

No.	품종명 및 계통명	수집지	비고
1	NS 1202-S1	독일	품종
2	NS 1202-S5	독일	품종
3	NS 1204-S3	독일	품종
4	NS 1205-S3	독일	품종
5	AVISO	프랑스	품종
6	ABILENE	미국(Univ. of Missouri)	품종
7	BANJO	미국(Univ. of Missouri)	품종
8	CASINO	미국(Univ. of Missouri)	품종
9	CERES	미국(Univ. of Missouri)	품종
10	JETTON	미국(Univ. of Missouri)	품종
11	KRONOS	미국(Univ. of Missouri)	품종
12	MAESTRO	미국(Univ. of Missouri)	품종
13	PLAINSMAN	미국(Univ. of Missouri)	품종
14	RASMUS	미국(Univ. of Missouri)	품종
15	SUMNER	미국(Univ. of Missouri)	품종
16	TALENT	미국(Univ. of Missouri)	품종
17	TITAN	미국(Univ. of Missouri)	품종
18	VIKING	미국(Univ. of Missouri)	품종
19	WICHITA	미국(Univ. of Missouri)	품종
20	WOTAN	미국(Univ. of Missouri)	품종
21	Tapidor	중국(Hwa Zhong Agriculture University)	품종
22	NingYou 7	중국(Hwa Zhong Agriculture University)	품종
23	Fengyu 701	중국(Hwa Zhong Agriculture University)	품종
24	WH3	중국(Hwa Zhong Agriculture University)	품종
25	WH10	중국(Hwa Zhong Agriculture University)	품종
26	HZau1	중국(Hwa Zhong Agriculture University)	품종
27	HZau2	중국(Hwa Zhong Agriculture University)	품종
28	HZau3	중국(Hwa Zhong Agriculture University)	품종
29	HZau4	중국(Hwa Zhong Agriculture University)	품종
30	HZau5	중국(Hwa Zhong Agriculture University)	품종

Table 2(2). Collection of germplasm (2005. 9~2006. 10).

No.	품종명 및 계통명	수집지	비고
31	HZau6	중국(Hwa Zhong Agriculture University)	품종
32	05-JM-1-2	중국(Hwa Zhong Agriculture University)	품종
33	05-JM-1-3	중국(Hwa Zhong Agriculture University)	품종
34	Susanna	중국(Hwa Zhong Agriculture University)	품종
35	Maja	중국(Hwa Zhong Agriculture University)	품종
36	Kasimir	중국(Hwa Zhong Agriculture University)	품종
37	Banjo	중국(Hwa Zhong Agriculture University)	품종
38-239	TN001~TN202	중국(Hwa Zhong Agriculture University)	계통
240	Var. Binararisha-3 (B. napus L) Inbred	BINA(Bangladesh Institute of Nuclear Agriculture.) Bangladesh	계통
241	Var. Binararisha-4 (B. napus L) Inbred	BINA(Bangladesh Institute of Nuclear Agriculture.) Bangladesh	계통
242	Youngsan-Yuchae	목포시험장	품종
243	Naehan-Yuchae	목포시험장	품종
244	Hanllayuchae	목포시험장	품종
245	Tammiyuchae	목포시험장	품종
246	Tamlayuchae	목포시험장	품종
247	품종명미상	국내종묘상	-
248	타이나	국내종묘상	-

내한성 및 수량성 평가를 위하여 수집된 유전자원 중 2005~2006season에 파종 가능한 20개 품종을 충남대학교 실험포장에 2005년 9월 29일 직파하여 2006년 6월 28일까지 특성을 조사한 결과는 표3와 같다. 20개 품종 모두 내한성이 중강이상으로 월동이 가능한 것으로 판단되었다. 2006년 수집된 유전자원 중 종자량이 충분한 11개 품종은 2006년 9월 20일 파종하여 시험하였으며, 그 결과는 표4에 표시하였다. 11개 품종 중 중국품종들은 내한성이 중강이상으로 월동에 지장이 없었으나, 나머지 품종들은 수량성에 영향을 줄 정도로 내한성이 약하였다.

Table 3. Characteristics of germplasm (2005~2006season).

품종명	개화시 (월일)	성숙기 (월일)	초장 (cm)	협장 (cm)	1수협수 (개)	협당립수 (개)	1차분지수 (개)	1000립중 (g)	내한성	내도 복성	수집지
NS 1202-S1	4.23	6.15	155	5.3	55	17	11	3.4	중강	강	독일
NS 1202-S5	4.24	6.17	166	5.8	56	20	10	3.2	중강	강	독일
NS 1204-S3	4.23	6.15	154	5.3	52	25	12	3.5	중강	강	독일
NS 1205-S3	4.23	6.15	154	5.5	52	23	12	3.7	중강	강	독일
AVISO	4.23	6.20	173	7.0	60	32	12	3.7	중강	강	프랑스
ABILENE	4.28	6.20	177	7.8	53	22	13	3.9	강	강	미국
BANJO	4.24	6.20	185	6.5	51	20	11	3.6	강	강	미국
CASINO	4.30	6.20	187	8.1	61	22	9	3.8	강	강	미국
CERES	4.29	6.20	175	7.3	55	24	14	4.1	강	강	미국
JETTON	4.26	6.20	168	7.0	48	21	10	3.7	강	강	미국
KRONOS	4.26	6.20	189	7.3	59	22	7	3.3	강	강	미국
MAESTRO	4.26	6.20	177	7.3	59	28	7	4.0	강	약	미국
PLAINSMAN	5.1	6.24	186	6.4	71	20	7	3.4	강	강	미국
RASMUS	4.28	6.20	164	7.0	57	28	10	3.9	강	강	미국
SUMNER	4.24	6.20	175	6.0	62	22	10	4.0	강	강	미국
TALENT	4.26	6.20	178	7.6	67	25	9	3.7	강	중	미국
TITAN	4.27	6.20	182	7.2	55	22	9	3.8	강	중	미국
VIKING	4.24	6.20	164	6.6	51	22	7	3.6	강	강	미국
WICHITA	4.23	6.20	170	6.4	48	29	8	3.6	강	강	미국
WOTAN	4.30	6.20	184	6.9	54	23	7	3.6	강	중	미국

Table 4. Characteristics of germplasm (2006~2007season).

품종명	수집지	발아	균일도	개화시 월.일	개화중 월.일	초장 cm	내한성
F1	목포시험장	강	중	3.13	5.7	130	중
탐라	목포시험장	중	상	4.17	5.15	150	약
한라	목포시험장	중	중	4.2	5.7	120	약
05-JM-1-3	중국	강	상	4.1	5.3	140	중강
05-JM-1-2	중국	강	상	4.1	5.3	150	중강
Susanna	중국	강	상	4.16	5.11	160	강
Maja	중국	강	상	4.16	5.12	180	강
Kasimir	중국	강	상	4.17	5.15	185	강
Banjo	중국	강	상	4.16	5.13	180	강
품종명미상	국내시판종	강	하	3.31	5.1	115	약
탐이나	국내시판종	약	하	4.9	5.1	120	약

나. 계통선발 및 종자확보

추과만생계통(91계통)과 조생계통(20계통)에 대한 2005년 포장시험결과를 표5에 정리하였으며, 시험계통 중에서 내한성이 중강이상이며 수량특성이 우수한 것으로 판단되는 추과만생 4계통, 추과조생 3계통을 선발하였다. 선발된 이들 7계통은 차후에 정밀시험을 통하여 교배 모본으로 사용되어 질 수 있을 것으로 생각된다.

Table 5(1). Trials of early-type and late-type lines (2005~2006season).

BN	구분	계통명	개화시 (월일)	초장 (cm)	협장 (cm)	1수협수 (개)	협당립수 (개)	1차분지수 (개)	내한성	내도복성
1	조생계	96m	4.12	137.2	6.1	76.5	23.9	6.5	약	강
2	조생계	TY	-	-	-	-	-	-	약	-
3	조생계	TO1	-	-	-	-	-	-	약	-
4	조생계	TO2	-	-	-	-	-	-	약	-
5	조생계	TO3	-	-	-	-	-	-	약	-
6	조생계	TO4	-	-	-	-	-	-	약	-
7	조생계	183 <sup>s)</sup>	4.12	128.2	4.5	50.0	15.6	8.2	중강	강
8	조생계	4U	4.14	136.4	5.5	61.8	7.8	10.4	약	강
9	조생계	A9	4.12	118.8	6.5	40.0	21.8	7.0	약	약
10	조생계	BE	4.12	121.8	5.4	66.6	18.3	11.6	약	강
11	조생계	CZ <sup>s)</sup>	4.12	135.6	5.6	61.0	22.1	7.6	중	강
12	조생계	D51	4.11	121.8	5.2	55.6	18.4	15.8	약	강
13	조생계	D52	-	-	-	-	-	-	약	-
14	조생계	GH1	-	-	-	-	-	-	약	-
15	조생계	GH2	4.8	107.0	5.3	69.8	20.3	10.8	약	약
16	조생계	GH3	-	-	-	-	-	-	약	-
17	조생계	GH4	-	-	-	-	-	-	약	-
18	조생계	GH5	-	-	-	-	-	-	약	-
19	조생계	L61 <sup>s)</sup>	4.10	138.4	5.4	39.0	16.9	8.0	중강	약
20	조생계	MK	4.12	135.2	5.5	68.6	21.3	7.6	약	강
21	만생계	133	4.24	185.2	8.0	60.4	35.8	10.4	약	강
22	만생계	508	4.24	177.0	6.4	52.8	20.3	9.2	약	강
23	만생계	5141	4.21	170.8	6.8	49.0	25.8	9.4	약	강
24	만생계	5142	4.16	90.0	4.7	48.7	11.3	10.7	약	강
25	만생계	851	4.27	166.2	5.5	64.4	23.9	12.6	약	강

Table 5(2). Trials of early-type and late-type lines (2005~2006season).

BN	구분	계통명	개화시 (월일)	초장 (cm)	협장 (cm)	1수협수 (개)	협당립수 (개)	1차분지수 (개)	내한성	내도복성
26	만생계	852	4.27	186.0	6.9	76.8	33.8	9.8	약	약
27	만생계	891	4.23	159.6	4.6	69.8	9.0	9.0	약	강
28	만생계	892	4.27	174.0	6.4	70.2	19.5	9.2	약	강
29	만생계	AM	4.14	151.6	5.6	58.2	26.3	11.4	약	강
30	만생계	AP	4.24	177.8	6.5	55.0	31.0	9.8	중	강
31	만생계	AR1 <sup>s)</sup>	4.23	151.0	6.7	50.0	29.1	14.8	강	강
32	만생계	AR2 <sup>s)</sup>	5.3	174.8	5.7	75.2	23.9	9.2	강	약
33	만생계	AR3	5.1	146.2	7.6	46.8	22.9	8.8	강	약
34	만생계	AR4	4.28	176.6	6.4	58.8	20.1	10.4	중	강
35	만생계	AR5	4.30	174.0	6.4	45.2	28.2	9.0	강	강
36	만생계	AR6	4.30	163.4	6.3	49.2	27.1	8.6	강	강
37	만생계	AR7	4.29	168.2	7.9	51.4	34.0	9.2	중	강
38	만생계	AN1	5.2	198.2	7.0	63.2	20.6	9.0	약	강
39	만생계	AN2	5.2	191.2	6.1	36.2	15.6	6.0	약	강
40	만생계	AL1	4.25	189.4	8.0	38.6	25.7	6.4	중	강
41	만생계	AT	4.27	188.6	6.3	54.6	27.7	7.8	중강	강
42	만생계	AS1	4.27	172.6	7.0	61.2	31.5	11.6	약	강
43	만생계	AS2	4.30	176.6	7.0	67.6	29.9	10.0	중	중
44	만생계	B2	4.15	136.4	5.2	62.2	14.9	7.4	중	강
45	만생계	BN	4.20	108.3	6.1	54.2	18.3	12.6	약	강
46	만생계	BL	4.20	140.8	5.6	50.8	21.3	16.0	약	강
47	만생계	CD	4.25	193.0	6.1	63.8	24.5	13.6	강	강
48	만생계	CS1	4.19	164.2	7.3	56.0	29.5	14.6	중강	중
49	만생계	CS2	4.20	156.0	7.3	56.8	29.7	12.2	중강	중
50	만생계	CF1	4.27	178.8	6.9	64.0	28.5	10.4	약	강
52	만생계	CF3	4.23	175.8	6.9	51.8	30.9	11.0	중	강
53	만생계	CR1	4.25	195.8	5.6	70.8	27.3	12.0	약	약
54	만생계	CR2	4.25	182.0	5.5	84.8	31.1	15.4	약	강
55	만생계	CR4	4.25	183.8	5.8	77.2	31.1	11.2	약	강
56	만생계	CR7	4.29	164.0	6.1	91.4	33.0	10.2	중강	약
57	만생계	CB1	4.29	174.6	6.6	74.0	31.8	8.8	중강	약
58	만생계	CB2	5.1	195.2	6.9	75.8	29.9	8.2	중	강
59	만생계	CB3	4.30	182.4	6.4	74.4	27.3	7.8	중	중
60	만생계	CX	4.29	178.2	7.6	80.0	29.0	10.2	약	약
61	만생계	CN1	4.27	177.4	7.1	49.8	27.8	9.8	중	강
62	만생계	CN2	4.25	175.8	7.1	57.4	31.0	10.4	중	강
63	만생계	CU	4.17	127.4	6.4	63.6	22.1	12.4	중강	강
64	만생계	DA	4.15	121.2	5.4	64.2	23.5	14.0	약	강
65	만생계	DY	4.14	135.6	6.1	72.0	23.3	13.8	약	강
66	만생계	DN	4.17	116.0	5.5	56.4	21.8	8.8	약	약
67	만생계	ER1	4.25	154.0	6.2	49.2	28.5	13.2	중	약
68	만생계	ER2	4.15	154.8	6.6	57.4	24.4	13.8	약	강
69	만생계	EX	4.24	166.4	7.1	58.4	30.1	11.2	약	강
70	만생계	GG	4.15	159.0	6.0	49.8	24.2	11.0	약	강
71	만생계	HO	4.15	108.0	5.5	54.2	17.3	12.0	약	약
72	만생계	LT	5.1	175.6	4.9	63.4	12.2	11.0	강	약
73	만생계	L62	4.15	141.8	5.8	62.6	22.4	10.8	강	약
74	만생계	L63	4.15	148.0	5.3	65.4	21.0	12.0	중강	약
75	만생계	LS	4.25	180.6	6.3	64.6	29.5	11.8	중강	강
76	만생계	LA1 <sup>s)</sup>	5.1	182.2	8.5	62.0	32.7	10.0	강	중

Table 5(3). Trials of early-type and late-type lines (2005~2006season).

BN	구분	계통명	개화시 (월일)	초장 (cm)	협장 (cm)	1수협수 (개)	협당립수 (개)	1차분지수 (개)	내한성	내도복성
77	만생계	LA2	5.1	186.0	8.1	53.4	30.7	7.8	강	약
78	만생계	LR	4.23	182.8	6.3	71.0	29.4	11.8	중강	강
79	만생계	LO	4.28	182.4	7.4	54.4	31.7	11.0	중강	강
80	만생계	LD1	4.28	182.2	6.5	52.8	27.9	10.8	중강	강
81	만생계	LD2	4.27	176.4	6.8	58.0	31.2	9.4	중	강
82	만생계	LN	4.29	175.6	8.2	67.6	25.7	8.6	중	강
83	만생계	LB	4.28	176.4	6.7	62.2	28.7	11.6	중	강
84	만생계	LS1	4.30	184.4	7.1	69.4	29.2	8.0	중강	강
85	만생계	MA	4.18	155.0	5.4	50.2	25.8	13.0	약	중
86	만생계	MH	4.25	181.2	7.2	63.8	30.1	6.6	중	강
87	만생계	OL	4.21	125.0	7.3	35.8	27.0	11.4	약	강
88	만생계	ON	4.23	189.2	7.4	69.2	33.8	9.2	중	약
89	만생계	OS1	4.18	111.0	5.2	15.6	25.9	5.4	약	중
90	만생계	OS2	4.18	128.0	5.4	18.6	26.3	5.8	약	강
91	만생계	PT	4.24	182.0	7.3	79.0	33.3	9.6	중	강
92	만생계	PR	4.23	177.6	7.3	48.8	32.3	11.0	중강	강
93	만생계	PO	4.28	177.4	6.9	64.8	36.9	8.0	중강	약
94	만생계	RN1	5.2	183.2	7.2	63.0	30.6	6.6	강	강
95	만생계	RN2	5.2	186.2	7.4	59.8	29.7	7.4	강	강
96	만생계	RY	5.1	196.4	7.6	78.6	33.3	7.4	중	강
97	만생계	SA1 <sup>s)</sup>	4.30	172.0	8.1	65.2	32.0	12.2	중	중
98	만생계	SA2	4.30	170.8	8.4	60.2	34.3	10.0	중	약
99	만생계	ST	4.24	178.2	5.9	56.2	36.1	9.4	중	강
100	만생계	SF1	4.27	182.4	6.6	76.2	30.6	10.4	중	강
101	만생계	SF2	4.27	181.4	6.9	73.0	33.5	11.6	중	강
102	만생계	SF3	4.27	182.2	7.0	80.0	33.1	13.8	중	강
103	만생계	S8	4.27	168.2	5.5	80.6	31.2	15.4	약	강
104	만생계	SR	4.15	126.6	6.2	48.4	25.3	8.2	중	강
105	만생계	TT	4.25	172.4	7.6	61.2	35.4	11.4	중	강
106	만생계	TR1	5.1	187.0	5.3	66.4	15.6	12.0	중	강
107	만생계	TR2	5.1	187.0	5.3	71.2	15.4	6.8	약	강
108	만생계	TN	4.14	125.2	7.7	65.4	32.0	9.6	약	강
109	만생계	UG	4.28	210.2	7.5	59.4	32.7	9.8	중강	약
110	만생계	VA	4.30	207.4	7.7	62.2	31.1	7.0	중강	약
111	만생계	W4	4.17	139.2	6.5	68.0	26.4	16.5	약	강

Note; s:선발된 계통

기 보유하고 있는 융성불임 2계통, 유지계 2계통에 대한 내한성과 순도검정을 실시한 결과 모두 양호한 것으로 판단되어 각 교배조합의 모본으로 사용하는데 이상이 없는 것으로 생각되며, 그 결과는 표6에 나타내었다.

Table 6. Trials of male sterility lines and maintainers.

계통명	개화시	내한성	순도	구분
MS1	4.30	강	good	융성불임계통
MS2	4.27	중	good	융성불임계통
MT1	4.28	강	good	융성불임유지계통
MT2	4.24	중강	good	융성불임유지계통



계통을 증식을 위하여 2005~2006season 시험한 모든 계통에 대하여 인공수분으로 증식한 조제성적 과 수집유전자원의 인자분석을 위하여 생산한 불임계통 과 수집유전자원의 교배 조제성적은 표7에 정리하였다.

BN922에 대한 향후 대면적 재배를 위한 채종시험결과 30kg/330m<sup>2</sup>를 채종 하였다. 정선 전 종자량은 약 60kg 이었으나, 수확기에 강우로 인하여 종자가 충실하지 못하였고 건조과정중에도 비오는 날이 많아 충분히 건조되지 못한 관계로 설립이 많이 발생하였다. 그 결과 정선 후 약 30kg의 종자만 얻을 수 있었다.

Table 7(1). Production of lines by hand crossing.

계통명	종자량(ml)	계통명	종자량(ml)	계통명	종자량(ml)
96m	20	AR6	0.3	HO	16
TY	-	AR7	17	LT	-
TO1	0.3	AN1	5	L62	5
TO2	1	AN2	7	L63	40
TO3	1	AL1	9	LS	5.5
TO4	1.5	AT	5	LA1	5.5
183	15	AS1	10	LA2	5
4U	25	AS2	10	LR	3
A9	7	B2	21	LO	-
BE	17	BN	27	LD1	14
CZ	15	BL	33	LD2	13
D51	5	CD	8	LN	7
D52	19	CS1	20	LB	8
GH1	15	CS2	17	LS1	16
GH2	25	CF1	-	MA	30
GH3	20	CF2	-	MH	0.1
GH4	5	CF3	15	OL	10
GH5	2	CR1	7.5	ON	12
L61	13	CR2	5	OS1	15
MK	35	CR4	7	OS2	19
133	15	CR7	17	PT	5
508	7	CB1	4.5	PR	27
5141	6	CB2	-	PO	20
5142	9	CB3	-	RN1	-
851	40	CX	5	RN2	5
852	13	CN1	7.5	RY	5
891	5	CN2	-	SA1	0.4
892	25	CU	11	SA2	-
AM	20	DA	28	ST	20
AP	14	DY	20	SF1	12
AR1	5	DN	35	SF2	-
AR2	-	ER1	14	SF3	-
AR3	6	ER2	13	S8	4.5
AR4	7	EX	3	SR	20
AR5	0.2	GG	12	TT	9
TR1	2	MSxAVISO	10	MSxSUMNER	5
TR2	1	MSxABILENE	6	MSxTALENT	4
TN	25	MSxBANJO	5	MSxTITAN	6
UG	5	MSxCASINO	6	MSxVIKING	5

Table 7(2). Production of lines by hand crossing.

계통명	종자량(ml)	계통명	종자량(ml)	계통명	종자량(ml)
VA	8	MSxCERES	7	MSxWICHITA	5
W4	16	MSxJETTON	3	MSxWOTAN	4
MSxNS 1202-S1	4	MSxKRONOS	2	MS1	10
MSxNS 1202-S5	3	MSxMAESTRO	4	MS2	20
MSxNS 1204-S3	5.5	MSxPLAINSMAN	3	MT1	20
MSxNS 1205-S3	5	MSxRASMUS	3	MT2	12

다. 탐색 유전자원 인자 분석

웅성불임계통과 유전자원간의 교배조합 20조합에 대한 웅성불임성을 조사한 결과는 표8에 나타내었다.

Table 8. Number of male fertile and male sterile of the combination between male sterile and germplasm.

조합명	조사 개체수	MF	MS
MS x NS 1202-S1	100	100	0
MS x NS 1202-S5	100	100	0
MS x NS 1204-S3	100	100	0
MS x NS 1205-S3	100	100	0
MS x AVISO	100	100	0
MS x ABILENE	100	100	0
MS x BANJO	100	100	0
MS x CASINO	100	100	0
MS x CERES	100	100	0
MS x JETTON	100	100	0
MS x KRONOS	100	91	9
MS x MAESTRO	100	100	0
MS x PLAINSMAN	100	100	0
MS x RASMUS	100	100	0
MS x SUMNER	100	100	0
MS x TALENT	100	100	0
MS x TITAN	100	100	0
MS x VIKING	100	100	0
MS x WICHITA	100	100	0
MS x WOTAN	100	100	0

표7에서 MSxKRONOS 조합을 제외한 모든 조합에서 각 개체는 모두 웅성가임인 것으로 조사되었다. 따라서 이들 조합의 웅성불임에 대한 핵내 인자에는 웅성불임인자가 없고 가임인자가 homo상태로 되어있는 것으로 판단된다. 즉, 웅성불임계통의 인자는 msms/S이고 유전자원의 인자는 MSMS/\_이므로 두 계통간의 F<sub>1</sub>은 MSms/S로서 모두 가임으로 나타난 것이다. MSxKRONOS의 경우는 불임인 개체가 9개체 관찰되었는데, 이로써 KRONOS의 핵내인자에는 적어도 1개의 불임인자가 존재하는 것이 확실하다. 발현되는 불임개체수는 불임 유전자의 갯수에 따라서 달라지는데, 불임유전자가 1쌍인

경우는 가임과 불임이 1:1로 나타날 것이고, 2쌍일 경우는 12:4로 나타날 것이다. 본 실험에서 발현된 불임개체수는 불임유전자가 1쌍 혹은 2쌍의 어느 경우와도 발현 비율이 일치하지는 않아 차후 좀 더 많은 개체수를 시험할 필요가 있으나, 적어도 1쌍보다는 많은 것으로 추정된다.

따라서 실험에 사용된 유전자원 중 KRONOS를 제외한 19개의 유전자원은 선발과 고정과정을 거쳐 F<sub>1</sub>을 생산하는데 있어서 임성회복친으로써의 사용이 가능한 것으로 판단되었고, KRONOS의 경우는 hybrid로서 차후 실험을 거쳐 임성회복친으로 사용하지 혹은 옹성불임개체를 분리육성하는데 사용 할 지를 판단하여야 할 것이다.

#### 라. 예비조합 작성 및 생산

##### 1) 망실을 이용한 예비조합 생산

내한성 및 생육특성이 우수하여 선발한 7개 계통과 옹성불임계통과의 조합을 만들어 망실에서 생산한 7개조합의 내역을 표9에 나타내었다. No.1~No.3은 개화기가 4월 중순경인 조생종으로 내한성이 다소 약하여 차후에 대전 이남의 남부지방에 적합한 조합으로 예상된다. No.4~No.7은 만생종으로 내한성이 강한 조합으로 북부지방에 적합한 조합으로 예상된다. 따라서 No.1~No.3은 전남지역에서, No.4~No.7은 충남대학교 실험포장 및 충남지역에서 시험을 실시하였다.

Table 9. Production of F<sub>1</sub> hybrid in net house(2006~2007season).

No.	조합명	구분	생산량 (g)
1	MS20 x 183	조생종	950
2	MS20 x CZ	조생종	500
3	MS20 x L61	조생종	1560
4	MS60 x AR1	만생종	700
5	MS60 x AR2	만생종	400
6	MS60 x LA1	만생종	390
7	MS60 x SA1	만생종	184

세대단축을 하기위하여 2006년 6월에 50계통을 과중 저온처리한 후 육묘하여 2007년 1월 15개 계통에서 종자를 얻었다(표10).

비닐하우스에서 인공교배로 생산한 예비조합의 내역은 표11에 나타내었다. 조생종 36조합, 중생종 23조합, 만생종 11조합 총 70조합을 생산하였다.

Table 10. Production of Lines by generation shorting.

교배번호	종자량(립)	교배번호	종자량(립)
5001-1	119	5018-2	488
5002-4	284	5019-2	325
5006-5	148	5020-1	365
5008-3	18	5025-3	429
5009-2	414	5026-1	615
5010-3	250	5028-4	31
5011-3	361	5032-1	43
5016-2	514		

Table 11. Production of F1 hybrids by hand crossing (2006~2007season).

No.	조합명	구분	생산량(립)	No.	조합명	구분	생산량(립)
1	MS20 x 96	조생종	1,200	36	MS20 x 92-3	조생종	151
2	MS20 x 1B	조생종	755	37	MS30 x 49	중생종	185
3	MS20 x 98	조생종	421	38	MS30 x EX	중생종	309
4	MS20 x 17B	조생종	461	39	MS30 x SO	중생종	475
5	MS20 x 9	조생종	726	40	MS30 x 96	중생종	542
6	MS20 x 93-1	조생종	1,000	41	MS30 x 7B	중생종	382
7	MS20 x 15	조생종	1,200	42	MS30 x 91	중생종	355
8	MS20 x 33	조생종	1,200	43	MS30 x DE	중생종	387
9	MS20 x DE	조생종	1,000	44	MS30 x ORF	중생종	473
10	MS20 x OR	조생종	1,400	45	MS30 x TAG	중생종	135
11	MS20 x TA	조생종	1,400	46	MS30 x 05-5	중생종	387
12	MS20 x 36	조생종	2,000	47	MS30 x 12-1	중생종	468
13	MS20 x 05-1	조생종	1,000	48	MS30 x FR	중생종	600
14	MS20 x 05-2	조생종	1,000	49	MS30 x 855	중생종	500
15	MS20 x RO	조생종	1,000	50	MS30 x KA	중생종	406
16	MS20 x CO	조생종	1,000	51	MS30 x RA-A	중생종	134
17	MS20 x 1	조생종	800	52	MS30 x 92-6	중생종	353
18	MS20 x 5-1	조생종	900	53	MS30 x OG	중생종	544
19	MS20 x 5-2	조생종	578	54	MS30 x 93-1	중생종	345
20	MS20 x 8	조생종	444	55	MS30 x RF-2	중생종	439
21	MS20 x ER	조생종	1,000	56	MS30 x 85-1	중생종	443
22	MS20 x 85	조생종	1,000	57	MS30 x AR	중생종	378
23	MS20 x 12	조생종	900	58	MS30 x 97-2	중생종	521
24	MS20 x OT	조생종	1,600	59	MS30 x 02	중생종	323
25	MS20 x RA-1	조생종	243	60	MS60 x US	만생종	124
26	MS20 x 92-1	조생종	486	61	MS60 x SO	만생종	408
27	MS20 x ON	조생종	182	62	MS60 x OL	만생종	393
28	MS20 x AR-1	조생종	304	63	MS60 x ES-1	만생종	247
29	MS20 x 93-2	조생종	1,200	64	MS60 x ES-2	만생종	338
30	MS20 x RA-2	조생종	308	65	MS60 x CT	만생종	306
31	MS20 x 2	조생종	405	66	MS60 x SS	만생종	359
32	MS20 x K4	조생종	1,000	67	MS60 x TH	만생종	160
33	MS20 x AR-2	조생종	354	68	MS60 x NA	만생종	370
34	MS20 x AR-3	조생종	1,500	69	MS60 x CA	만생종	305
35	MS20 x 92-2	조생종	223	70	MS60 x 17D	만생종	364

마. 예비조합 차검 및 선발

BN922 와 77개 예비조합을 2007~2008season 충남대학교 실험포장에서 시험한 결과를 표12에 나타내었다. 조생종 조합들은 대체로 4월 중순에 개화가 시작되었으며, 그 중 11개 조합은 일동이 불가능하였다. 중생종 조합과 만생종 조합은 개화기 차이가 3~4일로 크지 않았다.

Table 12(1). 2007~2008season Winter trials in ChungNam University field.

조합명	초장 (cm)	수장 (cm)	협수 (개)	협장 (cm)	1차분지수 (개)	협당립수 (개)	개화시 (월.일)
BN922	181	45	58	8	10	27	4.28
MS20 x 183	128	47	50	5	8	16	4.12
MS20 x CZ	136	43	61	6	8	22	4.12
MS20 x L61	139	50	39	5	8	17	4.10
MS60 x AR1	151	25	50	7	15	29	4.23
MS60 x AR2	175	55	75	6	9	24	5.3
MS60 x LA1	182	42	62	9	10	33	5.1
MS60 x SA1	172	46	65	8	12	32	4.30
MS20 x 96	137	63	77	6	7	24	4.12
MS20 x 1B	-	-	-	-	-	-	-
MS20 x 98	-	-	-	-	-	-	-
MS20 x 17B	-	-	-	-	-	-	-
MS20 x 9	-	-	-	-	-	-	-
MS20 x 93-1	-	-	-	-	-	-	-
MS20 x 15	150	54	60	8	10	23	4.24
MS20 x 33	136	50	61	6	10	8	4.14
MS20 x DE	160	46	53	6	9	20	4.24
MS20 x OR	160	48	49	7	9	21	4.21
MS20 x TA	90	33	49	5	11	11	4.16
MS20 x 36	160	51	64	6	13	20	4.27
MS20 x 05-1	-	-	-	-	-	-	-
MS20 x 05-2	152	50	58	6	11	22	4.14
MS20 x RO	119	48	40	7	7	22	4.12
MS20 x CO	136	58	62	5	7	15	4.12
MS20 x 1	122	64	67	5	12	18	4.12
MS20 x 5-1	136	43	61	6	8	22	4.12
MS20 x 5-2	127	46	64	6	12	22	4.17
MS20 x 8	121	53	64	5	14	24	4.11
MS20 x ER	136	49	72	6	14	23	4.14
MS20 x 85	116	46	56	6	9	22	4.17
MS20 x 12	122	47	56	5	16	18	4.11
MS20 x OT	-	-	-	-	-	-	-
MS20 x RA-1	155	47	57	7	14	24	4.13
MS20 x 92-1	159	56	50	6	11	24	4.13
MS20 x ON	-	-	-	-	-	-	-
MS20 x AR-1	107	47	70	5	11	20	4.8
MS20 x 93-2	-	-	-	-	-	-	-
MS20 x RA-2	-	-	-	-	-	-	-
MS20 x 2	-	-	-	-	-	-	-
MS20 x K4	108	43	54	6	12	17	4.8
MS20 x AR-2	141	49	63	6	11	22	4.13
MS20 x AR-3	148	50	65	5	12	21	4.13
MS20 x 92-2	155	49	50	5	13	15	4.18
MS20 x 92-3	135	58	69	6	8	21	4.12
MS30 x 49	108	59	54	6	13	18	4.20
MS30 x EX	141	57	51	6	16	21	4.20
MS30 x SO	193	48	64	6	14	25	4.25
MS30 x 96	164	53	56	7	15	30	4.19
MS30 x 7B	156	49	57	7	12	30	4.20
MS30 x 91	179	50	64	7	10	29	4.27

Table 12(2). 2007~2008season Winter trials in ChungNam University field.

조합명	초장 (cm)	수장 (cm)	협수 (개)	협장 (cm)	1차분지수 (개)	협당립수 (개)	개화시 (월.일)
MS30 x DE	176	46	52	7	11	31	4.23
MS30 x ORF	196	53	71	6	12	27	4.25
MS30 x TAG	182	59	85	6	15	31	4.25
MS30 x 05-5	196	68	92	7	13	31	4.27
MS30 x 12-1	184	67	77	6	11	31	4.25
MS30 x FR	196	62	98	7	11	33	4.27
MS30 x 855	181	63	95	7	12	35	4.24
MS30 x KA	164	48	91	6	10	33	4.29
MS30 x RA-A	177	40	50	7	10	29	4.27
MS30 x 92-6	176	44	57	7	10	31	4.25
MS30 x OG	154	44	49	6	13	29	4.25
MS30 x 93-1	166	44	58	7	11	30	4.24
MS30 x RF-2	183	61	71	6	12	29	4.23
MS30 x 85-1	181	39	65	6	12	30	4.25
MS30 x AR	182	40	53	7	11	28	4.28
MS30 x 97-2	176	43	58	7	9	31	4.27
MS30 x 02	176	61	68	8	9	26	4.29
MS60 x US	186	59	77	7	10	34	4.27
MS60 x SO	160	67	70	5	9	9	4.23
MS60 x OL	174	64	70	6	9	20	4.27
MS60 x ES-1	146	35	47	8	9	23	5.1
MS60 x ES-2	177	49	59	6	10	20	4.28
MS60 x CT	174	47	45	6	9	28	4.30
MS60 x SS	163	51	49	6	9	27	4.30
MS60 x TH	168	49	51	8	9	34	4.29
MS60 x NA	198	63	63	7	9	21	5.2
MS60 x CA	191	51	36	6	6	16	5.2
MS60 x 17D	189	49	55	6	8	28	4.27

본 연구기관에서 보유하고 있는 F<sub>1</sub>조합 중 특성이 우수하다고 판정되는 BN922와 유럽에서 재배되어지는 품종 중 'Talent'와의 비교시험을 2005~2006season 실시한 결과, BN922가 내한성과 수량성이 우수하여 선발하였으며, 시험결과는 표13, 14와 사진으로 나타내었다.

Table 13. Some characteristics of BN922.

	개화기 (월일)	협장 (cm)	1수협수 (개)	협당립수 (개)	초장 (cm)	성숙기 (월일)	천립중(g)	함유율 (%)
BN922	5.7	7.8	59	27	180	6.28	4.31	45.1
Talent	5.2	7.6	57	25	178	6.20	3.67	43.0

Table 14. Fatty acid composition of BN922.

	Palmitic acid (C 16:0)	Oleic acid (C 18:1)	Linoleic acid (C 18:2)	Linolenic acid (C 18:3)	Arachidic acid (C 20:0)	Behenic acid (C 22:0)	Erucic acid (C 22:1)	Other
BN922	4.3	71.4	16:1	1.3	4.9	-	-	2.0



Figure 10. BN922 in wintering.



Figure 11. BN922 in flowering.



Figure 12. Maturity stage of BN922(left), Talent(right).

2006~2007season 전남 무안지방과 충북 옥천지방에서 시험한 BN922의 시험결과는 표15와 그림 13에 나타내었다.

Table 15. 2006~2007season local trials.

지역	파종 (월.일)	개화 (월.일)	초장 (cm)	수량 (kg/10a)	재배면적 (a)
전라남도 무안	10.10	4.16	170	550	0.3
충청북도 옥천	9.20	4.20	175	500	10.0

2007~2008season에 충남농업기술원에 시험의뢰한 성적은 표16과 같다. 대비품종 ‘선망’에 비하여 만생종이며, 내한성이 강하여 월동 후 입모주수가 많았으며, 수량이 10% 증수되었다.

Table 16(1). 2007~2008season trials in ChungNam Agricultural Research and Extension Service.

계통명	개화기 (월일)	성숙기 (월일)	월동율 (%)	입모 주수 (m <sup>2</sup> )	경장 (cm)	수장 (cm)	분지수 (개)	수당 협수 (개)	협장 (cm)
선망(표준, F <sub>1</sub> )	4.15	6.09	70.9	83	120	42	5	43	6.5
강유	4.22	6.18	93.1	80	132	35	4	38	8.7

Table 16(2). 2007~2008season trials in ChungNam Agricultural Research and Extension Service.

계통명	1협 결실수 (개)	1협 배주수 (개)	결실 비율 (%)	천립 중 (g)	균핵병 (0~9)	도복 정도 (0~9)	10a당 수량 (kg)	
							종실중	지수
선망(표준, F <sub>1</sub> )	23	32	72	4.3	0	0	324	100
강유	28	41	68	4.8	0	0	357	110



Figure 13. 2006~2007season local trials(left:Jeon-Nam Muan, right:Chung-Buk Okcheon).

#### 바. 시교 생산용 원종 증식

2008년 6월, BN922의 모계와 부계를 각각 5kg 채종하였는데, 이는 모, 부계를 1:1로하고 파종량을 3kg/ha로 할 경우 약 1.7ha의 면적에서 채종이 가능한 종자량이다. 유채 만생종의 경우 권장 파종량은 품종에 따라 차이는 있으나, 일반적으로 5kg/ha 내외이다. 채종포의 경우 정밀파종 할 수 있으므로 그 보다 적은 3kg/ha가 적절할 것으로 생각된다.

#### 사. 다수성 관련 유전자 삽입

형질전환체 재분화 단계에서의 유전인자의 작용으로 낮은 형질전환율에 대한 부분적인 설명이 가능할 것이다. 이전 연구의 재분화 실험 결과에 따르면, 유채의 경우 100가지 종류의 품종을 이용한 재분화실험에서 0%에서 91%까지 큰 변화폭을 나타내었다(Zhang et al. 1998). 따라서 형질전환 연구를 수행하기 이전에 먼저 *B. napus* L. cv. WH10의 최적의 shoot 재분화 체계를 확립하였다. BA(0, 0.25, 0.5, 1, 2, and 4 mg/L)와 NAA(0, 0.5, 1, 2, 4, and 8 mg/L)의 조합이 자엽체 내에서 shoot 유도 능력을 결정한다는 것을 알아내었다. 조직체 당 재분화된 shoots의 갯수(12.8 shoots)와 형태를 기반으로 하여, *B. napus* L. cv. WH10 자엽체의 shoot 재분화에 있어서 최적의 조건을 4 mg/L BA 와 0.5 mg/L NAA의 조합으로 선택하였다(그림 14). 대조적으로 NAA 농도가 증가함에 따라 식물체 당 재분화된 shoots의 개수는 감소하였으며, BA는 소수의 shoots만을 유도한다는 것을 알 수 있었다. 이러한 결과는 BA와 NAA의 적절한 조합이 근본적으로 유채 자엽체의 shoot 재분화에 필수적이라는 것을 시사한다.



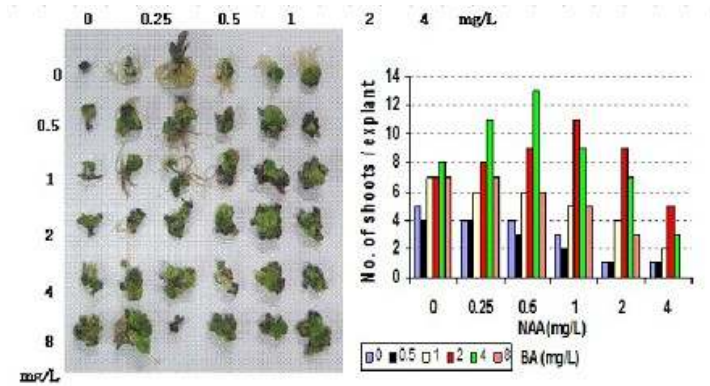


Figure 14. Effect of hormone combination on shoot regeneration from cotyledon explants on MS medium containing various combinations of BA with NAA. Columns indicate the number of regenerated shoots per explant.

*AtGRF1* 또는 *AtGRF2*, *gus*, *hptII* 유전자가 포함된 binary vector pCAMBIA1300을 사용하여 *A. tumefaciens*의 감염을 통해 유체를 형질전환 하였다. 선발에 앞서서, WH10의 두 조직에서 hygromycin의 최소 치사 농도를 결정하였다. 15 mg l<sup>-1</sup> 또는 그 보다 더 높은 농도의 hygromycin을 투여하였을 때 조직생장이 완전히 억제되며, 결국 배양 4주 내에 죽는 것을 확인하였다(그림 15-16). 따라서 본 연구에서는 20 mg l<sup>-1</sup>의 hygromycin을 유체 선발에 이용하였다. 유체의 자엽과 배측은 배추에 비해서 높은 hygromycin 저항성을 나타내는 것을 알 수 있었다.

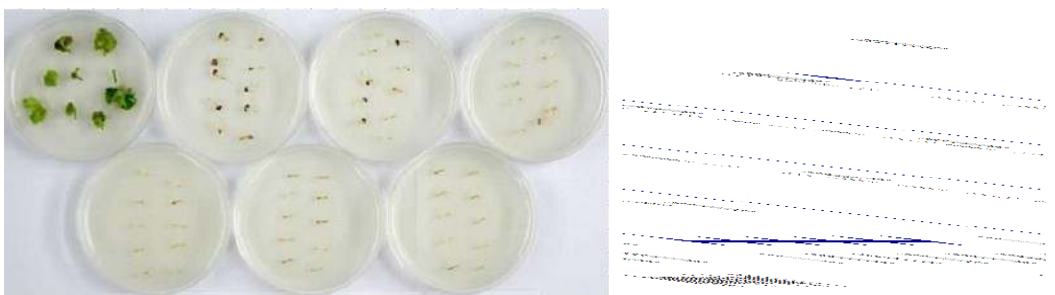


Figure 15. Effect of hygromycin concentrations on shoot regeneration from 4-day-old cotyledon explants of rapeseed (*Brassica napus* L. cv. WH10). Data was collected after 4 weeks of cotyledon culture on medium comprising MS supplemented with 2 mg/L BA, 0.5 mg/L NAA, 5 mg/L AgNO<sub>3</sub> and various concentrations (0, 10, 15, 20, 30, 40, and 50 mg/L) of hygromycin.

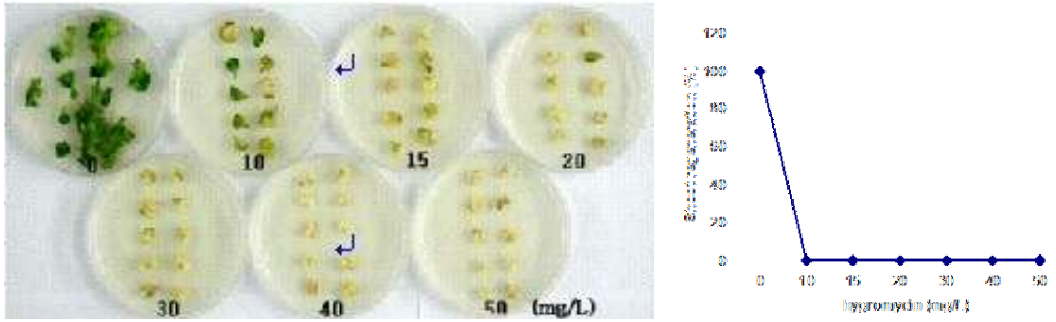


Figure 16. Effect of hygromycin concentrations on shoot regeneration from 4-day-old hypocotyl explants of rapeseed (*Brassica napus* L. cv. WH10). Data was collected after 4 weeks of hypocotyl culture on medium comprising MS supplemented with 2 mg/L BA, 0.5 mg/L NAA, 5 mg/L AgNO<sub>3</sub> and various concentrations (0, 10, 15, 20, 30, 40, and 50 mg/L) of hygromycin.

선발 5주 내에 *AtGRF1* 에서 총 592개 중 32개, *AtGRF2*에서 643개 중 27개의 hygromycin 저항성 유조직이 생산되었다. 형질전환율은 5.4%, 4.2%로 나타났다 (표 16, Fig. 17a). Callus 배양 6주 후, 각각 *AtGRF1*, *AtGRF2*에서 6, 4개의 계통이 분화되었으며, hygromycin이 포함된 배지에서 정상적인 진초록색을 띠는 multiple shoots가 생성되었다 (표 16, Fig. 17b). 배양 14일 내에 6개 중 2개의 계통, 4개 중 1개의 계통에서 부정지가 생성되었고, 동시에 multiple shoots의 생장은 완전히 멈추었다(표 16, Fig. 17c). 발근을 유도하기 위해 multiple shoots와 유조직을 완전히 제거하고, 부정지만을 hygromycin이 포함된 1/2 MS 배지에 배양하였다. 배양 3주 내에 뿌리가 성공적으로 분화되었다(표 17d). 성장 촉진을 위해, 1주에 1 번씩 선발 배지와 발근 유도 배지를 새 것으로 교체하였다. 모든 *AtGRF1*와 *AtGRF2* 형질전환체는 정상적인 표현형이었으며, 임성을 띄는 꽃을 가졌으며 종자를 생산하였다(표 17e-g).

Table 17. Transformation efficiency (T.E) of rapeseed (*Brassica napus* L. cv. WH10).

Transgenes	Explants	No. of infected explants (A)	Regenerated HygR calli (B)	HygR plants with multiple shoots	HygR plants with adventitious shoots	Transformation efficiency (B/A*100%)
<i>AtGRF1</i>	Cotyledon	200	5	2	1	2.5
	Hypocotyl	392	27	4	1	6.9
	Total	592	32	6	2	5.4
<i>AtGRF2</i>	Cotyledon	215	7	0	0	3.3
	Hypocotyl	428	21	4	1	4.9
	Total	643	27	4	1	4.2



Figure 17. Regeneration of transgenic rapeseed plants via *Agrobacterium*-mediated transformation. a Hygromycin-resistant calli derived on the edges of cotyledon explants after five weeks of selection. b Hygromycin-resistant multiple shoots regenerated after six weeks of culture. c Hygromycin-resistant adventitious shoots regenerated within 14 days. d Root regenerated within three weeks. e Transgenic plants growing in the greenhouse. f Transgenic plants at the flowering stage. g Transgenic seed ripening.

Hygromycin 저항성 식물체의 DNA로 PCR 분석을 수행한 결과 *AtGRF1*과 *AtGRF2* 유전자가 genome 내에 잘 삽입되어있는 것을 알 수 있었다. 각각의 형질전환 계통에서 약 1000bp의 단편이 검출되었지만 대조군식물에서는 검출되지 않았다(그림 18).

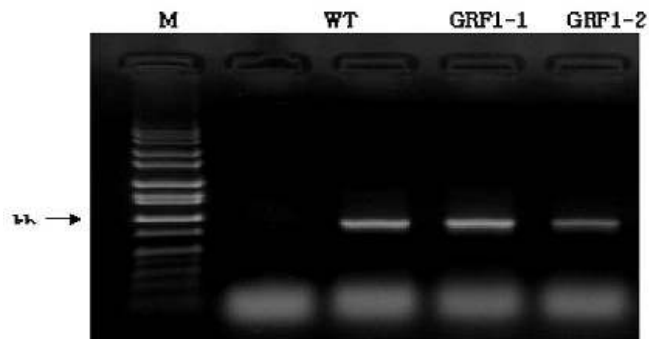


Figure 18. PCR product amplified with *AtGRF1* and *AtGRF2* gene primers. M: DNA marker. WT: wild-type rapeseed plant. Lanes GRF1-1, GRF1-2 are *AtGRF1* and *GRF2-1* is *ATGRF2* transgenic rapeseed plants, respectively.

균주의 접종에 앞서서 2.4-D 전처리를 하는 것은 각각의 식물체의 말단부위에서 많은 callus를 유도하였다. 형질전환체는 이러한 callus로부터만 분화되었는데, 이는 새로운 세포는 얇은 세포벽을 가지므로 두꺼운 세포벽을 가지는 늙은 세포에 비해 형질전환 유전자를 더 잘 수용할 수 있기 때문이다. 또한 acetosyringone을 공동배양 이전에 사용하여 유체의 형질전환의 증대 효과를 얻었다. Acetosyringone이 없는 배지에 조직을 배양하는 동안, 4주 이내에 모든 조직은 완전히 사멸되어, 결국 hygromycin 저항성 callus는 만들 수 없었다. 이 결과를 통해 유체의 형질전환에 있어서 acetosyringone이 필수적이라는 것을 알 수 있다. 유체 조직은 *Agrobacterium*에 매우 민감하다. 공동배양 시 3일 이상의 기간에서 조직의 사멸을 유도하였다. *Agrobacterium* 제거 과정 (free of selection agent e.g. hygromycin)은 *Agrobacterium*감염 이후 세포의 스트레스를 줄여주므로 형질전환율을 높이는 데 중요한 작용을 한다. 본 연구 결과에 의하면, 유체의 형질전환은 배추에 비해서 더 빠르고 효과적이다. 유체의 두 조직을 사용했을 때, 배축이 자엽에 비해 형질전환 유전자를 더 잘 수용하는 것으로 확인되었다. 이전의 연구에서, *B. napus*의 배축 조직이 유전적 형질전환이 더 쉬운 것으로 나타났다 (Jonoubi et al. 2005). 그러나 배축에서 유도된 calli의 shoot 재분화 빈도는 높지 않았다. 본 연구 결과에 따르면, 배축에서 유도된 calli의 shoot 재분화 빈도는 15%(4/27)와 19%(4/21)로 나타났다. 앞으로 다수의 shoot가 분화되는 최적의 조건을 찾기 위한 연구가 수행되어야 할 것이다.

곡물가격 증가의 가장 중요한 요인을 꼽자면 세계적인 바이오 연료 생산의 증가를 들 수 있다. 바이오 연료는 세계적으로 사용되지만, 그 천연자원은 매우 제한적이므로 식물과 같은 자원 즉, 유채, 옥수수, 콩, 해바라기, 당료작물 등에서 바이오 연료를 생산하는 것이 바람직하다. 그 중에서 가장 대두되고 있는 바이오 디젤이 유채 종자에서 기름을 추출해 내는 것이다. 바이오 연료의 생산과정은 종자로부터 추출한 작물의 기름을 필요로 한다. 그러므로 이 연구의 목표가 한 식물체당 종자의 수를 증가시켜 결과적으로 추출할 수 있는 기름의 양을 증가 시키는 것이었다. 현재 이 연구는 잎 확대 유전자인 *AtGRF1*과 *AtGRF2*를 유채종자에 성공적으로 형질전환 시켰다. 여기서 우리는 유전자의 기능을 통해 식물체의 발달을 조절하여 자원으로 이용되는 바이오매스를 양을 증가시킬 수 있을 것으로 기대하고 있다. 표현형에 대한 관찰과 종자와 마찬가지로 작물의 기름 생산량에 대한 평가에 대한 연구 결과가 조만간 보고될 것이다.

#### 4. 요약 및 결론

##### 가. 국내외 유채 유전자원 탐색

내한, 다수성의 유채품종육성을 위한 유전자원확보차원에서 2005년 9월부터 2006년 10월까지 중국의 화중농업대학으로부터 16품종과 202계통을 수집하였고, Bangladesh의 BINA(Bangladesh Institute of Nuclear Agriculture)로부터 2계통, 미국 Missouri대학에서 15품종, 국내종묘상으로부터 2품종, 중국출장 시 중국현지판매 품종 1개를 수집하였고, 독일 품종 4개, 프랑스 품종 1개, 작물과학원 목포시험장으로부터 5

개 품종 등 총 44품종, 204계통을 수집하였다.

수집된 유전자원 중 2005년 파종기에 파종이 가능한 미국, 독일, 프랑스 수집종 20개 품종을 2005년 9월에 충남대학교 실험포장에 파종하고 2006년 6월에 수확하여 그 결과를 판독하였다. 또한 2006년 파종기에 파종이 가능한 목포시험장에서 도입한 3품종, 중국수집 6품종, 국내 수집종 2품종은 2006년 9월에 파종하였으며 시험하였으며, 종자량이 적어 포장시험에 적합하지 않은 것들은 2006년 미숙모본으로 파종하여 차후 시험에 필요한 종자량을 확보하였다.

#### 나. 계통선발 및 종자확보

추파만생계 91계통을 2005년 9월 노지에 파종하여 내한성에 중점을 두고 2006년 6월에 4개 계통을 선발하였으며, 동시에 이들 계통에 대하여 인공수분을 실시하여 종자를 확보하였다. 추파조생계 20계통을 역시 2005년 9월 노지에 파종하여 내한성에 중점을 두고 3개 계통을 선발하고 종자를 확보하였다.

세대단축을 위하여 기 보유하고 있던 계통 중 50개 계통을 2006년 6월 30일 파종하여 4℃의 조건으로 30일간 저온처리를 한 후 12월에 인공교배를 통해 15개 계통의 종자를 확보하였다. 대면적 시험을 위한 종자확보차원에서 채종시험을 하여 330m<sup>2</sup>에서 30kg의 F<sub>1</sub>종자를 채종하였다.

#### 다. 탐색 유전자원 인자 분석

2006년 9월부터 2007년 6월까지 20개의 유전자원에 대하여 웅성불임계통과 이들 유전자원간의 교배조합 20조합에 대한 웅성불임성 인자분석을 완료하여, 20개 중 19개 계통은 핵내 웅성불임인자가 MSMS이거나 혹은 MSMSMSMS로서 추정 할 수 있었다. 20개 계통 중 1개 계통의 핵내 웅성불임인자는 MSms이거나 혹은 MSmsMSms로서 추정 할 수 있었다.

#### 라. 예비조합 작성 및 생산

2005~2006년도에 선발한 추파만생계 4계통, 추파조생계 3계통에 대하여 총 7개 F<sub>1</sub>조합의 생산을 완료하였으며, 동시에 추파만생 11조합, 추파중생 23조합, 추파조생 36조합, 총 70개의 F<sub>1</sub>조합을 생산하였다.

#### 마. 예비조합 차검 및 선발

2005년 9월 본 연구기관이 육성한 교배조합 중 내한성과 수량성이 우수하다고 판단된 2개 조합과 외국 도입품종 20개를 노지에 파종하여 시험을 실시하고 그 결과를 판독하였으며, 이 중 1개 조합(BN922)에 대한 농가실증시험용 종자를 확보하여 2006~2007season에 충북 옥천 및 전남 무안지역에서 지역적응시험을 실시하였고, 충남대학교 실험포장에도 파종하여 2차 시험을 실시하였다. 2007~2008season에는 충남농업기술원에서 BN922를, 충남대학교에서 BN922 외 77개 조합을 시험하였다. 위 결과를 검토하여 초다수 내한성 특성을 가지는 BN922는 '강유'로 명명하여 품종보호출원을 신청

한 상태이다.

바. 시교 생산용 원종증식

2008년 6월, BN922의 모계와 부계를 각각 5kg 채종하였다.

사. 다수성관련 유전자의 형질전환

유체의 형질전환은 작물에 실용적으로 적용할 수 있고, 경제적으로 가치가 높아 활발히 연구되고 있다. *AtGRF* 단백질은 잎과 자엽 조직에서 세포 팽창의 조절에 관여한다. 본 연구에서는 유체를 이용한 바이오디젤의 생산성 향상을 위해 *AtGRF1*과 *AtGRF2* 유전자를 유체에 *Agrobacterium*을 이용하여 형질전환 하였다. 유체 형질전환체는 자엽과 배축을 이용하여  $20\text{mg l}^{-1}$  hygromycin을 포함하는 배지에서 선발되었다. 모든 형질전환체는 형태적으로 정상이었으며, 꽃은 임성을 띄고 종자도 생성되었으며, 형질전환율은 *AtGRF1*에서 5.4%, *AtGRF2*에서 4.2%였다. 유체의 두 조직 중, 배축이 자엽에 비해 높은 형질전환율(1.5–3배)을 나타내었다. PCR 분석 결과를 통해 형질전환된 유전자가 각각의 형질전환체 내에서 안정적으로 삽입되어있음을 확인할 수 있었다. 이전의 *Arabidopsis* 연구에 의하면, 세포의 수적 증대가 아닌 크기의 증대로 잎의 크기가 커지는 것이 확인된 바 있다. 앞으로 *AtGRF1*과 *AtGRF2* 유전자를 도입하한 형질전환 유체의 후대검정을 통하여 세포의 표현형으로서 세포의 크기를 검토할 것이며, 이러한 표현형적 변화와 형질전환 유체의 기름 산출량의 관계를 검토할 것이다.

### <참고문헌>

- Bade JB, Damm B (1995) *Agrobacterium*-mediated transformation of rapeseed (*Brassica napus*) In: Potrykus I and Spangenberg G (eds), pp 30–38, Springer Lab Manual, Springer Verlag, Berlin
- Cardoza V, Stewart, JR. N (2004) Invited review: *Brassica* biotechnology: Progress in cellular and molecular biology. *In vitro Cell Dev Biol - Plant* 40:542–551
- Dupont J, White PJ, Johnson KM, Heggtveit HA, McDonald BE, Grundy SM, Bonanome A (1989) Food safety and health effects of canola oil. *J Am Coll Nutr* 8:360–375
- Hu Q, Anderson SB, Hansen LN (1999) Plant regeneration capacity of mesophyll protoplast from *Brassica napus* and related species. *Plant Cell Tiss Organ Cult* 59:189–196
- Jonoubi P, Mousavi A, Majd A, Salmanian AH, Jalali Javaran M, Daneshian J (2005) Efficient regeneration of *Brassica napus*L. hypocotyls and genetic transformation by *Agrobacterium tumefaciens*. *Biologia Plantarum* 49(2):175–180
- Kim JH, Choi D, Kende H (2003) The AtGRF family of putative transcription factors is involved in leaf and cotyledon growth in *Arabidopsis*. *The Plant J* 36:94–104
- Kim JH, Kende H (2004) A transcriptional coactivator, AtGRF1, is involved in regulating leaf growth and morphology in *Arabidopsis*. *PNAS* 101:13374–13379

- Kim JH, Lee BH (2006) *Growth-regulating factor4* of *Arabidopsis thaliana* is required for development of leaves, cotyledons, and shoot apical meristem. *J Plant Biol* 49(6):463-468
- McDonald BE (1990) Canola oil nutritional properties. Winnipeg: Canola council of Canada
- Ono Y, Takahata Y, Kaizuma N (1994) Effect of genotype on shoot regeneration from cotyledonary explants of rapeseed (*Brassica napus* L.). *Plant Cell Rep* 14:13-17
- Phogat SK, Burma PK, Pental D (2000) High frequency regeneration of *Brassica napus* varieties and genetic transformation of stocks containing fertility restorer genes for two cytoplasmic male sterility systems. *J Plant Biochem Biotech* 9:73-79
- Poulsen GB (1996) Genetic transformation of *Brassica*. *Plant Breeding* 115:209-225
- Raldugina GN, Gorelova SV, Kozhemavakin AV (2000) Stability and inheritance of inserted genes in rapeseed plants. *Russian J Plant Physiol* 47:386-393
- Ramana S, Ghildiyal MC (1997) Contribution of leaf photosynthesis towards seed yield in *Brassica* species. *J Agron Crop Sci* 178:185-187
- Saghai-Maroo MA, Soliman K, Jorgensen RA, Allard RW (1984) Ribosomal DNA spacer-length polymorphism in barley: mendelian inheritance, chromosomal location, and population dynamics. *PNAS* 81:8014-1018
- Zhang FL, Takahata Y, Xu JB (1998) Medium and genotype factors influencing shoot regeneration from cotyledonary explants of Chinese cabbage (*Brassica campestris* L. ssp. *pekinensis*). *Plant Cell Rep* 17:780-786

#### 제 4 절. 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

##### 1. 목표달성도

##### 가. 국내외 유채 유전자원 탐색(달성도 100%)

내한, 다수성의 유채품종육성을 위한 유전자원 확보차원에서 2005년 9월부터 2006년 10월까지 중국의 화중농업대학으로부터 16품종과 202계통을 수집하였고, Bangladesh 의 BINA(Bangladesh Institute of Nuclear Agriculture)로부터 2계통, 미국 Missouri대학에서 15품종, 국내종묘상으로부터 2품종, 중국 출장 시 중국현지판매 품종 1개를 수집하였고, 독일 품종 4개, 프랑스 품종 1개, 작물과학원 목포시험장으로부터 5개 품종 등 총 44품종, 204계통을 수집하였다. 수집된 유전자원 중 중국에서 수집한 품종은 모두 추파종으로 내한성이 어느 정도 강한 것이고, 계통은 이미 순도가 고정된 inbred line으로 내한성 및 기타 재배특성은 시험을 통하여 확인해야할 필요가 있다. 미국에서 수집한 것은 고정종 및 합성품종으로 이미 외국회사에서 자체 검증이 끝나, 현재 유럽과 미주에서 판매가 되고 있는 우수품종으로 이로부터 유용한 계통을 분리해 낼 수 있을 것이다. 장기적으로 이러한 품종들은 약배양을 통해 내한계를 확보할 예정이다. 국내종묘상으로부터 구입한 종자에 대한 정보는 전무하나, 추측컨대, 일반농가에서 소규모로 재배되어지는 것을 자가 채종한 것으로 여겨지며, 본 연구기관이 보유한 계통과의 비교를 위하여 수집하였다.

수집된 유전자원 중 2005년 파종기에 파종이 가능한 미국, 독일, 프랑스 수집종 20개 품종을 2005년 9월에 충남대학교 실험포장에 파종하고 2006년 6월에 수확하여 그

결과를 판독하였다. 또한 2006년 파종기에 파종이 가능한 목포시험장에서 도입한 3품종, 중국수집 6품종, 국내 수집종 2품종은 2006년 9월에 파종하였으며 시험하였으며, 종자량이 적어 포장시험에 적합하지 않은 것들은 2006년 미숙모본으로 파종하여 차후 시험에 필요한 종자량을 확보하였다.

나. 계통선발 및 종자확보(달성도 100%)

추파만생계 91계통을 2005년 9월 노지에 파종하여 내한성에 중점을 두고 2006년 6월에 4개 계통을 선발하였으며, 동시에 이들 계통에 대하여 인공수분을 실시하여 종자를 확보하였다. 추파조생계 20계통을 역시 2005년 9월 노지에 파종하여 내한성에 중점을 두고 3개 계통을 선발하고 종자를 확보하였다.

세대단축을 위하여 기 보유하고 있던 계통 중 50개 계통을 2006년 6월 30일 파종하여 4°C의 조건으로 30일간 저온처리를 한 후 12월에 인공교배를 통해 15개 계통의 종자를 확보하였다.

대 면적 시험을 위한 종자확보차원에서 채종시험을 하여 330m<sup>2</sup>에서 30kg의 F<sub>1</sub> 종자를 채종하였다.

다. 탐색 유전자원 인자 분석(달성도 100%)

2006년 9월부터 2007년 6월까지 20개의 유전자원에 대하여 응성불임계통과 이들 유전자원간의 교배조합 20조합에 대한 응성불임성 인자분석을 완료하여, 20개 중 19개 계통은 핵내 응성불임인자가 MSMS이거나 혹은 MSMSMSMS로서 추정 할 수 있었다. 20개 계통 중 1개 계통의 핵내 응성불임인자는 MSms이거나 혹은 MSmsMSms로서 추정 할 수 있었다.

라. 예비조합 작성 및 생산(달성도 100%)

2005~2006season에 선발한 추파만생계 4계통, 추파조생계 3계통에 대하여 총 7개 F<sub>1</sub>조합의 생산을 완료하였으며, 동시에 추파만생 11조합, 추파중생 23조합, 추파조생 36조합, 총 70개의 F<sub>1</sub>조합을 생산하였다.

마. 예비조합 차검 및 선발(달성도 100%)

2005년 9월 본 연구기관이 육성한 교배조합 중 내한성과 수량성이 우수하다고 판단된 2개 조합과 외국 도입품종 20개를 노지에 파종하여 시험을 실시하고 그 결과를 판독하였으며, 이 중 1개 조합(BN922)에 대한 농가실증시험용 종자를 확보하여 2006~2007season에 충북 옥천 1개 지역, 전남 무안지역에서 지역적응시험을 실시하였고, 충남대학교 실험포장에도 파종하여 2차 시험을 실시하였다. 2007~2008season에는 충남 농업기술원에서 BN922를, 충남대학교에서 BN922 외 77개 조합을 시험하였다. 위 결과를 검토하여 초다수 내한성 특성을 가지는 BN922는 “강유”로 명명하여 품종보호출원을 신청한 상태이다.



바. 시고 생산용 원종증식(달성도 100%)

2008년 6월, BN922의 모계와 부계를 각각 5kg 채종하였다.

사. 다수성 관련 유전자 삽입(달성도 100%)

GRF1 및 GRF2 유전자를 성공적으로 유체에 형질전환하여 이 유전자가 현재 안정적으로 계놈 내 삽입되었음을 확인하였다.

## 2. 관련분야에의 기여도

1. 유체의 내한성 및 수량성을 획기적으로 증가시키는데 있어 1대잡종의 효과는 이미 많은 연구에서 증명된 바 있으며 본 연구를 통하여 이를 증명하였다.

2. 우리나라에서는 최근 농가의 유채재배가 활성화되어 있지 않아 국내기후에 적합한 품종이 보급되지 않았다. 따라서 내한성 및 다수성을 갖춘 품종을 육성, 보급함으로써 유채를 포함한 새로운 작부체계를 창출할 수 있게 되었다.

3. 내한성 품종을 보급함으로써 우리나라 중, 북부지역까지 유채재배면적을 확대할 수 있게 되어 국내 유채 생산량이 증대됨으로, 바이오 디젤용 원료의 국내자급화에 기여할 수 있게 되었다.

4. 내한성이 강한 품종을 보급함으로써 벼와의 이모작을 통하여, 쌀 재배면적 축소에 따른 논토양의 이용을 증대시킬 수 있는 가능성을 보여주었다.

5. 유용 유전자의 형질전환을 통하여 다수성 품종 개발 가능성을 보여주었다.

## 제 5절 연구개발결과의 활용계획

- 개발된 유채 품종의 경우 이미 (주)유진종묘에 기술이전을 완료한 상태로 상용화 계획
- 개발된 유채 품종의 경우 우리나라 중북부지역까지 재배 가능하므로 유희지, 수변구역, 새만금지역과 같은 지역에 재배가 가능할 것임.
- 개발된 유채품종 강유의 경우 내한 다수성이기는 하나 만생종으로 이모작용으로는 부적적해 추후 이모작용인 조생종으로 내한 다수성인 유채의 품종육성이 필요함
- 유채의 형질전환시스템이 완벽하게 구축됨에 따라 추후 지속적인 유용유전자를 이용한 유채 형질전환 및 GMO개발 연구가 지속되어야 할 것임

## 제 6절 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보

국제학회에 참석하여 수집한 정보는 유채 품종개량의 육종기법 및 형질전환 기법 확립에 활용하였다.

## 제 4장 유체의 부가가치 향상을 위한 바이오디젤 생산에 관한 연구

### SUMMARY

Now which the necessity of an alternate energy development have been risen to the rise of an international valuableness. The biodiesel was raised to an alternate raw material of the diesel which is a transportation fuel. The home production of a biodiesel synthesis raw material which is next generation substitute energy. The cultivation of the rapeseed is activated for the stability of the supply and demand and farmhouse income enhance. The development of a domestic rapeseed oil expression. It was processed so that a manufacture technique development of a rapeseed biodiesel was active.

The enhance to the performance improvement of a domestic rapeseed oil expression of an oil express ability and We present an expression condition which the property of matter of the hold fit for the raw material of the biodiesel. We look into Apply possibility as the biodiesel through this and present the practical use plan of an oil cake.

We completed a consecutive oil expression system which the oil expression the rapeseed. The cultivation area widens and needs an area unit supply in the view which the rapeseed of many quantity is gathered a harvest.

## 제 1절 연구 개발 과제의 개요

### 1. 유채와 바이오디젤의 보급

올해 7월부터 정부의 시책에 따라 우리나라도 바이오디젤의 보급이 정유사를 통해 활성화 되어지고 있다. 바이오디젤의 생산과 보급을 통해 CO<sub>2</sub> 저감과 석유대체연료를 확보하려는 정부의 움직임이 본격적으로 시작된 것이다.

대기환경에 가장 큰 영향을 미치는 에너지 분야는 교토의성서 합의와 맞물려 CO<sub>2</sub> 저감이라는 커다란 짐으로 전 세계에 부과되었다. CO<sub>2</sub> 저감방안으로 탄력을 받고 있는 대체에너지 개발은 1973년 배럴당 3달러 2센트였던 원유가격이 두 차례의 석유과동을 거쳐 1978년 12월에는 20달러 선을 돌파하고 전체 에너지 소비의 37%를 차지하는 상황이 오면서 새로운 에너지 위기 시 수급할 수 있는 에너지를 찾기 위한 선진국의 개발이 매우 심도 깊게 추진되고 있다. 이러한 여러 가지 필연성으로 인하여 1980년대 유럽 특히 프랑스에서 다시 식물성유지를 사용하려는 노력이 시작되었으나 식물성유지가 갖는 높은 밀도와 점성 등 여러 가지 단점으로 인해 사용에 많은 문제를 야기하였다. 이는 1990년 초 식물성유지를 지방산메틸에스테르로 합성한 바이오디젤이 발명되면서 급물살을 타고 화석연료의 대체에너지로써 바이오디젤이 판매되게 되었다. 이렇게 유럽에서 시작된 바이오디젤의 급물결은 2000년 처음 우리나라의 독자적인 기술로 개발되었고 정부는 이러한 바이오디젤의 가능성을 보고 국가적인 대체에너지 개발의 일환으로 바이오디젤의 보급에 나서게 된 것이다.

정부의 시책에 맞도록 바이오디젤의 공급이 원활하게 이루어지기 위해서는 원료의 안정적인 공급이 중요하다. 국내에선 대두유를 바이오디젤의 원료로 사용하지만 바이오디젤의 원료로 사용될 만큼 많은 양의 대두가 국내에서 재배될 수 없기 때문에 현재 바이오디젤의 원료를 현재는 100% 수입에 의존하고 있다. 대두는 식용으로 사용되기 때문에 국제적인 공급량이 제한적이어서 가격이 안정적이지 못한 문제점이 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위한 방안으로 이미 유럽에서 오랫동안 사용되어온 유채 바이오디젤의 개발이 대두 되었다.

유채 바이오디젤은 기존의 대두 바이오디젤의 단점을 보완 할 수 있는 장점을 갖고 있다. 유채는 2모작이 가능한 작물이고 관광자원이 될 수 있어 농가의 수입 향상에 도움이 되며, 유채에는 약한 독성물질이 포함되어 있어 식용으로는 사용이 불가능하기 때문에 바이오디젤의 원료로서 안정적인 공급을 할 수 있어 더욱더 에너지작물로서의 재배 가능성이 높다고 판단되고 있다. 또한 유채 바이오디젤은 뛰어난 저온특성을 갖고 있어 CFPP(필터막힘점)온도가 첨가제 첨가 시 -20℃로 동절기에 문제가 되는 대두 바이오디젤의 큰 단점을 보완 할 수 있는 장점을 지녔다. 이렇듯 장점을 지닌 유채작물을 농가의 소득 증대 및 에너지원으로서 이용될 수 있게 하기위해서는 기름을 고함유한 품종개발과 생력화 연구와 착유관련 연구가 수행되어야 하는 것이 국내 현실이다.

### 2. 유채씨앗의 구조와 성분

유채씨앗은 쌍떡잎식물 양귀비목 겨자과의 두해살이풀로서 추운 겨울에 싹을 내

고 봄에 꽃을 피우는 종이다. 학명은 *Brassica campestris*과 *B. napus*라고 하며 각각을 서양종과 보통종으로 구분한다. 보통종의 주요원산지는 지중해 연안과 중앙아시아 고원지대이며 서양종은 스칸디나비아반도와 시베리아, 카프카스지역이다 우리나라에 주로 서식하는 종은 서양종(*Brassica campestris*)으로 크기는 80~130cm이다. 일반적인 유채 유지 함량은 대두, 옥수수 등의 유지작물보다 높은 38~45%정도 함유하고 있으나, 캐나다에서 개발된 유채 품종인 카놀라의 경우 60~65%까지 함유된 유채의 유종도 개발 되어진 상태이다.

이러한 유채씨앗의 구조는 그림 1에서 보는 바와 같이 Globoid, Protein, nucleus, Oil droplet이 세포벽으로 둘러싸고 있는 구조로 구성 되어 있으며, 이러한 구성성분 각각의 portion은 아래 표 1과 같이 나타난다. 표 1에서 나타낸 결과를 보면 oil의 함량은 41~45%, 단백질이 약 40~44%로 나타나 있으며 cellulose가 2~4%로 구성 되어 있다. 이러한 구조 및 성분으로 구성된 유채의 경우 씨껍질 및 세포막을 파괴하고 단백질을 응고시키기 위하여 유채씨 내에 열을 가한 후 압착하여 세포벽을 파괴함으로써 유지를 착유해야 하는 system으로 구성되기 때문에 높은 착유율을 얻기 위해서는 심도 깊은 연구와 착유설비의 개발이 이루어져야 한다.

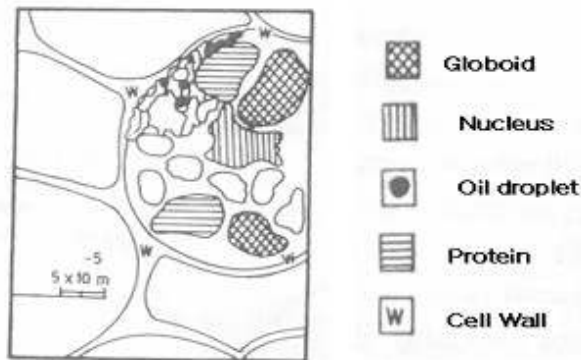


Figure 1. Structure of rapeseed's seed(Singh, Singh, Bargale & Shukla, 1990).

Table 1. Composition component of rapeseed's seed(Oil&Fat Manual, J. Morice, 1996).

Components	Spring napus rapeseed	Spring campestris rapeseed	Winter napus rapeseed
Oil	41.5	40.0	45.7
Proteins	44.7	44.2	40.0
Cellulose	11.8	11.7	11.5
etc.	2	4.1	2.8

유체의 유종은 크게 erucic acid가 높은 품종과 낮은 품종으로 나누어지며, 전 세계적으로 요구하는 품종은 low erucic acid 및 high oleic acid를 요구하고 있는 추세이다.

표 2는 high erucic acid의 carbon distribution을 나타낸 것이며, 표 3은 low erucic acid의 carbon distribution을 나타낸 것이다. 표 2, 표 3에서와 같이 유체의 카본 분포는 high erucic acid에서 low erucic acid로 품종이 개량되고 있으며, 이러한 품종개량이 이루어진 동기는 유체의 공업적 이용에 있어서 에너지원으로 전환 즉 바이오디젤로 합성 시 이용되어 질수 있는지의 여부에 연계된 것으로서 현재 바이오디젤이 이용되어 질수 있는 carbon 분포는 C<sub>4~20</sub>으로 규정되어 있어 세계적으로도 low erucic acid 이면서 high oleic acid의 carbon 분포를 갖는 품종의 개발이 앞 다투어 개발 되고 있는 실정이다. 또한 표 3은 이러한 연구결과로써 획득된 유체의 품종의 carbon 분포를 나타낸 것으로서 high oleic acid함량으로 바이오디젤의 가장 큰 문제로 대두된 저온특성의 향상을 가져올 수 있는 연료로 자리 잡을 수 있게 되었다. 식용으로서의 high erucic acid의 경우 조리 시에 독성물질을 생성하여 인체에 유해한 면을 갖고 있으며, 유체 착유 후 생성된 유박의 이용에도 영향을 끼치는 결과를 초래하게 된다.

Table 2. Carbon distribution of high erucic acid rapeseed's seed(Oil&Fat Manual, J. Morice, 1996).

Nature	%total FA	
	<i>Campestris</i>	<i>Napus</i>
C16:0	2-4	3-4
C18:0	1-2	1-2
C18:1	12-18	9-16
C18:2	13-18	11-16
C18:3	8-12	7-12
C20:1	8-12	7-13
C22:1	38-47	41-52

Table 3. Carbon distribution of high erucic acid rapeseed's seed in Canada(Low erucic acid) (Oil&Fat Manual, J. Morice, 1996).

Nature	%total FA	
	Westar	Stellar
C16:0	3.9	4.2
C16:1	0.2	0.2
C18:0	1.6	2.1
C18:1	59.1	59.5
C18:2	18.8	26.3
C18:3	8.8	2.4
C20:1	1.4	1.3
C:22:1	0.5	0.4

유체의 품종과 연계된 물성은 아래 표 4와같이 나타난다. high erucic acid와 low erucic acid 두 품종 모두 다 밀도와 굴절률 및 점도에서는 큰 차이점을 보이지 않으나, 바이오디젤 합성 시 바이오디젤 수율과 연계가 있는 Saponification value의 경우 low

erucic acid의 경우 high erucic acid 20~23까지 차이가 남을 알 수 있다. 이러한 이유로 인해 선진국인 유럽 및 캐나다등 바이오디젤의 보급이 활성화된 나라에서는 low erucic acid 이면서 high oleic acid의 품종을 선호하고 있으며, 품종 개발의 연구가 활발히 진행되고 있다. 유채의 품종 개량과 더불어 유채의 유지 함량과 수확량을 증대하려는 생력화 연구도 활발히 진행되고 있으며, 그 대표적인 나라로는 독일을 들 수 있다. 독일에서는 추파형 유채(winter type rapeseed)의 high oleic acid계통 [oleic acid (C18:1)가 75% 이상 함유하는 것] 을 육성하고자 연구를 진행하여 왔고, 현재 표준화된 60% oleic acid (C18:1), 20% linoleic acid (C18:2), 10% linolenic acid (C18:3)를 포함한 유채의 재배를 성공적으로 마친 상태이다. 우리나라도 금번 과제를 통한 High oleic acid의 새로운 품종 개발 및 생력화 연구를 통해 국내 유채를 국가 제1의 에너지 작물화 하면서 국내산 바이오디젤 원료 확보라는 기틀을 마련해야 하겠다.

Table 4. Basis property of matter of rapeseed oil (#1:Kores rapeseed, #2:EU•Canada•China rapeseed), (Oil&Fat Manual, J. Morice, 1996).

Characteristics	With erucic acid(#1)	Without erucic acid(#2)
D <sub>20</sub>	0.914-0.916	0.914-0.917
n <sub>d</sub> <sup>20</sup>	1.472-1.473	1.472-1.473
V <sub>20</sub> (c.p.)	86-97	72-82
Iodine value	100-175	112-117
Saponification value	170-175	190-193

## 제 2절 국내의 기술개발 현황

### 1. 국내의 착유기술

Oil seed에서의 착유는 여러 단계를 거쳐서 이루어진다. 특히 유채의 경우 유채 유를 식용 및 공업적으로 이용하기 위해서는 비슷한 공정을 통하여 공통적으로 이루어지고 있다. 그러나 각 공정들을 구성하는 설비의 구조나 공정조건은 그 특성에 알맞게 조정을 해야 한다.

원료 → 선별 → 탈각 → 파쇄 → 열처리 → 압착 → 여과기 → 원유

착유설비에 포함되는 설비는 위에서 보는 바와 같은 단계로 진행된다. 전처리로서 이용되는 정선 공정은 원료에 포함된 흙, 모래, 나무조각, 쇠조각, 잡곡 등의 여러 가지 협잡물을 제거해야 하는데 이는 이미 개발된 기계를 사용하면 쉽게 해결할 수 있다. 현재 국내에서 사용되는 대부분의 장치는 탈각, 파쇄, 가열, 압착 등의 여러 공정을 각각 설치하여 사용하고 있는데 피마나, 먼실 등 껍데기가 단단한 물질은 탈각과 파쇄를 별도로 운영하고 콩, 유채, 쌀겨 등은 이를 한 설비에서 사용하고 있다. 착유에서 가장 중

요한 부분은 가열과 압착 공정이다. 가열의 목적은 세포막을 파괴하고 단백질을 응고시켜서 유지가 세포에서 쉽게 유출되어 흘러나오게 하는 것으로서 착유율을 높이는데 효과가 있으나, 냉압법에 비하여 품질이 떨어지는 단점이 있다. 냉압법에서는 원료 중의 색소, 냄새 및 불쾌한 맛 등이 섞이지 않아 비교적 품질이 좋은 것을 얻을 수 있으나 착유율이 떨어짐과 동시에 박의 품질이 떨어지는 단점을 갖고 있다. 그러나 금번 연구는 공업적 유채유를 착유하는 것으로 높은 착유 수율 및 바이오디젤 원료로서의 적합한 유채유를 착유하는데 그 목적이 있기 때문에 가온법을 이용한 착유를 진행해야 한다. 이렇게 가열된 씨앗은 물리적 추출과 화학적 추출로 씨앗 내에 존재하는 기름을 착유한다. 그중 물리적 추출은 일반적으로 이용되는 압착기를 통한 방식이며, 화학적 추출은 용매를 이용한 추출 방식으로 현재 국내의 대부분의 큰 유지회사에서는 이 두 가지 방법을 모두 이용하여 착유를 하고 있는 실정이다. 이러한 추출방식(물리적 추출과 화학적 추출)의 기술 현황을 본다면,

#### 가. 물리적 추출(압착기)

압착기는 압착기를 조작하는 동력원에 따라 켄기압착기(초소형), 나사압착기(소형), 수압기(소형)등이 있는데, 켄기압착기는 원시적인 형식으로 현재 쓰이지 않으며, 나사압착기도 공업적으로 별로 쓰이지 않고, 자가용 또는 농촌의 작은 공장에서 사용하고 있을 정도이다. 근래에 와서는 수압기가 널리 쓰이고 있으며, 수압기 대신에 기름을 사용한 유압기도 있다.

일반적으로 중소형으로 가장 많이 사용하는 type은 Expeller로써, screw press 또는 연속식 press라고도 부른다. 구멍이 뚫린 옆으로 된 원통 속을 screw가 회전하여, 이것으로 원료가 이송되고 이 원통과 screw간의 간격이 점차 좁아지면 원료에 압력이 걸려서 기름이 원통의 틈사이로 추출되는 원리로 되어 있다. Expeller는 구조상 Anderson expeller와 French screw press의 2가지로 나눌 수 있고, 여기서 발전한 type인 Dual screw가 선진국에서 개발되어 상용화 되어 사용되고 있다.

1) Anderson expeller는 수평원통 내에 동심축으로 된 screw의 두 종류가 일직선상에 있다. 즉 원료를 보내는 screw인 feed worm과 압착하는 screw인 press worm이 있어 전자는 후자의 2배의 회전수로서 회전하는 바, hopper에서 들어간 원료가 feed worm에 의하여 press worm에 보내지면 press worm은 배출부 쪽으로 보내는데 여기에 있는 cone point에 의하여 압착된다.

2) French screw press는 screw는 같은 회전수로서 회전하는데 screw의 지름 및 그 screw의 산이 여러 단으로 되어 이것으로 압착하는 것으로서 cone point는 달려 있기는 하나 이것이 없어도 어느 정도 착유할 수 있다. expeller는 동력이 많이 드는 것과 작업에 숙련이 필요한 것 등의 불리한 점이 있지만 작용이 연속적인 까닭에 노동력이 적게 들 뿐 아니라 압착포를 필요로 하지 않고, 설비에 큰 장소가 필요하지 않으며 착유율도 수압 press보다 높다.

### 3) Dual type expeller

현재 선진국에서는 기존의 expeller의 screw각도 조절과 착유 단수의 변화로 고착유 시스템이 개발되었다. 두개의 구동하는 screw(그림 2)가 서로 맞물려 압착하는 방법으로 이송과 압착을 반복하여 착유한다. dual type의 expeller의 가장 큰 장점은 expeller와 expeller의 clearance를 조정함에 따라 유체씨가 받는 압력이 달라짐으로써 착유율을 높일 수 있는 장점을 가지고 있으며, 각각의 expeller를 구성하고 있는 screw 또한 개별 분리 및 조립이 용이하게 되어 있고 한 system내에 다단 screw 압착이 가능하다는 장점을 가지고 있다. 기존의 착유는 3~5회까지 물리적으로 착유하고 마지막으로 화학적 추출까지 하였지만, 이러한 dual type 착유기의 개발로 한번의 착유로 고 착유율을 획득함에 따라 물리적 추출과 화학적 추출을 구분하는 개념이 없어지고 있는 추세이다.

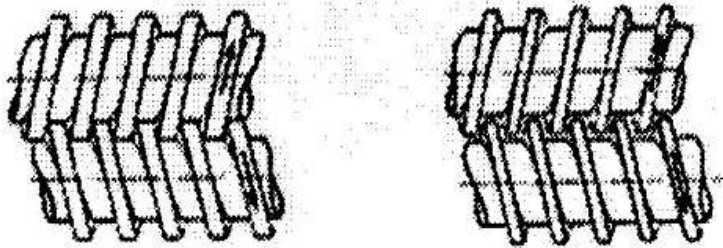


Figure 2. Dual type screw.

#### 나. 화학적인 추출

추출법은 유지원료 중의 유지를 용제로 녹여서 추출하는 방법으로서 추출박에 남는 유지함량은 1%이하로 되어 채취효율이 높은 방법이다. 추출장치에는 작업의 성질상으로 보아 회분식, 충전식 및 연속 추출식의 3가지로 나눌 수 있다.

1) 회분식은 침출관이 1개로 되어 있어 추출원료를 용제로 추출한 후 그 잔사를 새로운 용제로 추출하도록 되어 있다.

2) 충전식은 반교류추출형 이라고도 부르며, 원료는 고정되어 있으나 용제가 원료 속을 흘러서 점차로 침출되어 진한 miscella를 얻는 것으로서 여러 개의 침출관으로 되어 있다.

3) 연속 추출식은 원통형 추출관 속을 원료가 screw에 의하여 연속적으로 운반되고, 용제는 이것과 반대방향으로 흐름으로써 유지가 추출되어 원료의 공급 및 miscella의 배출이 연속적으로 이루어지게 된 것이다. 연속 추출기는 원료와 용제의 이동방식에 따라 여러 가지로 나눌 수 있다. 이러한 추출 방식에 따른 국외 추출 기술현황을 본다면 아래와 같이 요약할 수 있다.

#### 가) De Smet 연속추출기

이 연속추출기는 유럽에서 널리 쓰인다. 추출기 외각 case 속에 연속적인 쇠



망 belt가 화살쪽으로 이동한다. 원료는 hopper로 들어가서 이 belt에 의하여 왼쪽에서 오른쪽으로 이송되어 배출 hopper에 떨어진다. 용제는 원료층에 분무되어 기름을 추출하여 밑의 miscella hopper에 모인다. miscella는 hopper로 오른쪽에서 왼쪽으로 over flow하여 이동되고 이 사이에 각 단계에서 순환 pump에 의하여 계속 원료 층에 분무되어 추출이 반복되며 마지막 miscella로서 배출된다.

#### 나) Rotocel 연속추출기

이 추출기는 미국에서 많이 쓰이는 이 장치는 추출기 case의 상반부에 회전체가 있고 하반부는 8구획이 되어 있어 회전체는 보통 18개의 cell로 나뉘어져 있고 각 cell의 밑바닥에는 쇠팅이 장치되어 있다. 원료는 구획 1로 먼저 들어가 회전체의 각 cell에 순차적으로 옮겨가서 시계바늘과 같은 방향으로 회전한다. 용제는 10에서 회전체의 cell 위에 분무되어 밑의 구획 7에 떨어진다. 이 miscella는 pump로 다음의 구획 6위에 분무되어 기름을 추출하게 된다. 이와 같이 기름을 추출하면서 원료의 회전방향과 반대로 이송되어 마지막 miscella로서 11에서 배출된다. 추출된 박은 구획 8로 cell에서 떨어져서 screw conveyer로 배출된다. cell이 1회전할 때 소요되는 시간은 1시간 전후이다.

이밖에 Lurgi 추출기, Allis-Chalmer 추출기, Hidebrandt 추출기, Kennedy 추출기 등 여러 형태의 추출기가 있으나 추출에 사용되는 용제가 주로 핵산 등 유독성으로서 미국의 캘리포니아 등에서는 법적으로 추출이 금지되어 있고 이러한 경향은 계속 확대되고 있어 대체용제나 대체기술개발이 절실한 실정이다. 이러한 이유로 당 연구 과제 내에서도 추출법을 적용하되, 기존 독성 용매인 핵산을 친환경 용제로 대체 하는 방안을 검토하여 적용가능성여부를 보고자 한다.

## 2. 국내 착유기술

### 가. 착유기 세부 설명

아직 국내에 유체씨 착유를 위한 착유기의 개발이 이루어지지 않은 상황에서 이러한 과제를 수행해야 하는 어려움이 있었으나, 국내외 착유 기술현황을 조사 한 결과 중소형 착유system 구성 시 가장 효율이 높다고 보고되어진 Expeller type을 선정하였다. Expeller type은 screw press로 회전하는 압력과 밀어내는 압력으로 유체를 잘게 으깨며 압착하는 기계이다. 다음의 그림 3은 동광유압에 의뢰해 제작한 Expeller type의 착유기로 24시간 가동하였을 때 최대 월 40ton 이상의 착유가 가능한 소형 착유기이다.

착유기의 구성은 간단하게 Roaster, Expeller, filtration으로 나눌 수 있으며, 이는 유체씨에 일정한 열을 부과하여 가열할 수 있는 Roaster와 가열된 씨앗을 배출하고 이송하는 자동이송장치, 고 압력을 가해 유체씨 내의 유지를 착유할 수 있는 착유기 (expeller), 착유 후 부가 생성물을 제거 할 수 있는 유박 배출용 자동이송장치, 착유된 유체유의 고체상물질을 제거하기 위한 여과기로 구성되어 있다.



Figure 3. Expeller type Oil Expressions-DONG KWANG OIL MACHINE.

전기는 3상 380볼트를 사용하며 크기는 가로 2.7m, 세로 3.5m, 높이 2.4m로 월 40ton 이상의 착유를 할 수 있는 착유기로 본다면 상당히 규모가 작게 구성되어 있다는 것을 알 수 있다. 또한 유채를 착유시 가운을 하는 와중에 생성되는 연기와 같은 것이 있어 실내에 설치할 때는 덕트와 같은 환기 시설이 별도로 필요로 되어 있다.

#### 1)Roaster

Roaster는(그림 4) 곡물에 열을 공급하여주는 기계이며 착유기의 전처리로서 수분을 제거해 주는 2가지 목적을 갖는 착유기의 구성품이다. 온도는 회전날개의 고속과 저속의 회전이 시작될 수 있는 작동온도, Roaster 온도, 실제 곡물의 온도를 setting 할 수 있게 구성되어 있으며, Roaster 온도라는 것은 곡물에 열을 공급해주는 실질적인 온도로 곡물이 Roasting되는 온도를 의미하며, 0~400℃까지 온도 조절이 가능하며, 곡물에 열을 가하는 시간(이하 roasting time 이라 칭함) 및 곡물에 열이 미치는 영향을 확인 할 수 있게 제작 되어 있으며, 곡물의 온도 또한 Roaster의 동일한 온도 변화 범위를 가지고 있어, 곡물온도에 따른 착유기의 착유효율 및 유지의 물성변화를 확인할 수 있게 제작 되었다.

Roaster 내부(그림 5)에는 고온에서 탄화 방지를 위해 3개의 날개가 설치되어 있으며, 그림 5에서 보는 바와 같이 처음 저속 회전으로 유채씨에 온도를 가하다 setting 된 온도에 맞추어 저속 과 고속의 반복 회전을 통한 씨앗내의 균일한 열이 공급할 수 있게끔 설계 및 제작 되었다.



Figure 4. Roaster.



Figure 5. Rotation win.

배출은 자동이송장치를 통해 이루어지며, 배출 후 에어노즐을 사용하여 배출구 쪽에 유채씨앗을 남김없이 이송장치로 전달 될 수 있게끔 제작되었다. Roaster에서 배출된 씨앗은 Expeller의 hopper로 공급되어 본격적인 착유에 들어간다.

#### 나. Expeller

Expeller(그림 7)는 착유기의 핵심적인 부분으로 실질적으로 유채씨앗에 압착을 가해 유지를 추출해내는 구성품이다. 이러한 Expeller는 Cylinder, Screw로 구성되어 있으며 당 연구에서 제작된 Screw와 Cylinder의 의 특성은 다음과 같다.

1) Screw는 Expeller의 내부에서 유채의 이송과 압력을 가해주는 역할을 하여 실제 착유 시 이 Screw에서 압착이 되어 착유가 이루어진다. 이러한 역할을 하는 screw는 그림 7에서 보는 바와 같이 transfer screw, compression screw로 구성되어 있으며, transfer screw는 회전하며 내부 물질을 앞으로 전진시키며 압력을 가하고 compression screw는 screw의 넓이가 점점 넓어지고 배출되는 입구가 좁아져 압력을 받는 이중압착구조로 구성 되어있다.

이러한 screw를 구성하고 있는 pitch의 경우에는 그림 6에서 보는 바와 같이 pitch의 간격은 일정하게 유지되며, compression screw 부분에서의 pitch에서는 간격은 일정 하되 나사선의 너비가 넓어짐으로써 보다 높은 압력으로 유채의 착유효율을 높일 수 있는 구조로 설계 및 제작 되었었고 제작된 screw에 걸리는 압력은 약 800~1000kgf 정도의 압력으로 착유 되어진다. 또한 2차년도 연구 내용 중 착유기내의 효율 증대를 위한 구조 개선을 위해 compression screw 과 transfer screw부분의 분리가 용이한 구조로 screw의 구조개선 및 보수가 간편한 장점을 가지고 있다.



Figure 6. inside Expeller - screw.

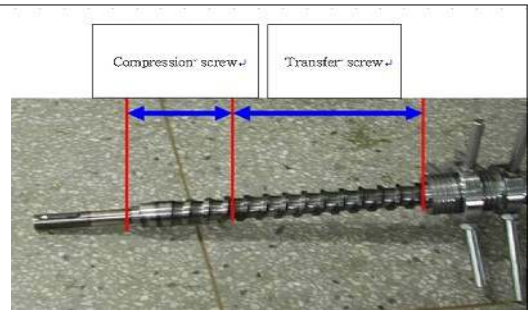


Figure 7. Structure of the screw.

2) Cylinder는 공급되어진 씨앗이 Expeller에서 열원을 가해 가온 상태를 유지 시켜 screw내에서 유채의 이송 및 유채씨의 착유를 원활히 하는데 그 목적이 있다. 당 해연도 연구에 제작된 착유기내의 cylinder의 구조는 그림 8과 같은 구조로 설계 및 제작 되었다. 그림 8에서 보면 Expeller주변을 가열하는 고압과 저압 Cylinder로 구성되어 있으며, 저압 실린더 앞쪽에는 low-compress lattice bar가 구성되어 그 내부로 transfer screw가 회전하며 compression screw에서 압력을 효율적으로 받을 수 있게끔 구성되어 있으며, 고압 실린더 앞쪽에는 HI-compress lattice bars가 존재하며, 그 내부

로는 compression screw가 회전하여 고효율의 착유를 도와줄 수 있도록 구성되어 있다.

#### 다. 착유 원리

유채씨앗에 열을 공급(Roaster)하는 이유는 씨앗 주변의 수분을 제거하고 껍질과 세포벽을 약화시켜 세포내에 결합되어있는 유분이 쉽게 유출 될 수 있도록 하기 위해서이다.

기존의 착유기는 3~5회까지 반복착유를 하여 80%의 착유율을 얻었지만 꾸준한 Expeller의 개발로 화학적인 착유 없이 물리적인 착유 2회 정도에 80%이상의 착유율을 얻을 수 있는 것이 일반적인 압착법을 통한 결과이나 선진국에서는 기술현황에서 보고한 바와 같이 dual type의 expeller의 개발로 고 착유율을 얻을 수 있는 착유개발이 진행 중이다.

이러한 oil seed에서의 유지를 착유하는 일반적인 원리는 그림 10에서 나타낸 것과 같이 유체는 회전하면서 받는 압력과 밖으로 밀려나는 압력을 받아 이중 압착을 통해 씨앗내의 기름이 착유가 되어지는 압착원리로 기름이 짜여진다.

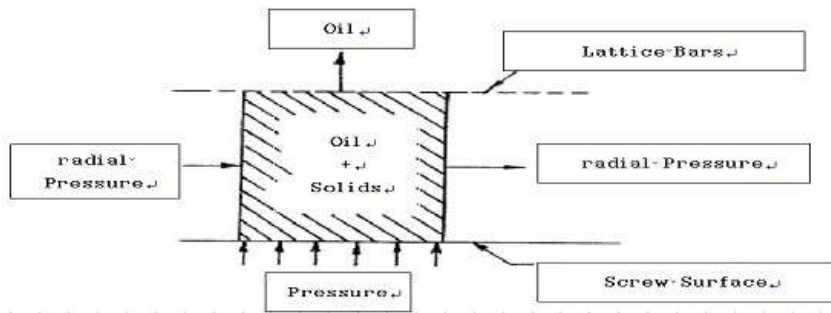


Figure 10. Principle of pressure (Vadke, Soulski&Shook, 1988).

위의 가장 기본적인 원리를 바탕으로 Expeller내의 유채씨가 갖는 부피대비 압력에 따른 section을 분류해 보면 다음과 같다.

- Feed section: 원료의 공급
- Ram section: 원료를 잘게 으갠
- Plug section: 부서진 원료를 압착해 착유

이러한 section의 분류에 있어 일반적 이론에 따른 결과 그래프는 그림 11과 같이 나타낼 수 있으며 이러한 착유는 2단에 걸쳐 이루어지는 원리를 갖고 있다. 이러한 원리를 간략히 표현하면 다음과 같다.

Feed section -> Ram section -> Plug section -> Ram section -> Plug section  
 이런 착유 이론과 기술은 선진국에서 많은 연구와 노력 끝에 개발되어진 것으로 앞으로 국내 유채 착유기의 개발과 제작 과정의 방향을 제시하여 줄 것으로 사려 된다.

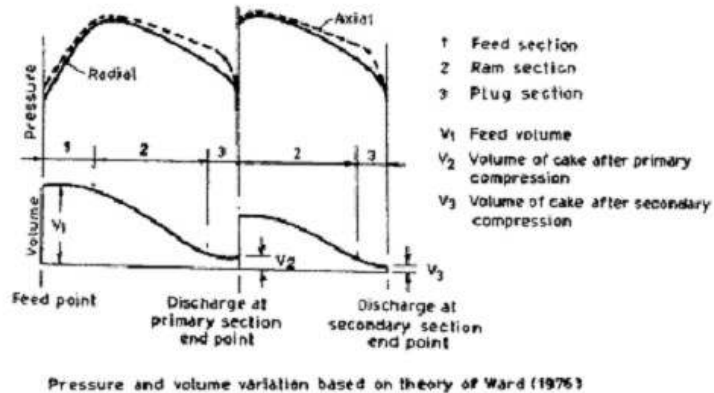


Figure 11. Bulk change with the pressure according to the Oil Expression (Journal of food Eng, Jaswant Singh, P.C. Bargale, 1999).

### 제 3절 연구 개발 수행 내용 및 결과

#### 1. 국내 착유기의 평가 및 착유실험

본 연구에 있어 가장 중요한 것은 고효율의 착유기개발과 관련 초기 운전조건 확보로서 착유실험에 있어서는 Roaster의 온도 즉 고온과 저온으로 분류하여 온도를 setting하고 곡물의 온도를 변화 시키면서 착유율과 수분 그 기름의 물성 중 바이오디젤 합성 시 가장 중요한 요소로 작용할 수 있는 산가의 영향성을 보고자 한다.

#### 가. 착유 method

본 실험에서는 유체의 특성을 고려하여 Roaster의 Setting 온도를 고온과 저온으로 나누어서 실험에 임했으며 그러한 이유는 다음과 같다.

유체는 고온과 저온에서 착유하는 이 두 가지에 따른 물질의 특성 및 유지의 품질에도 차이가 나타나는 이유로 인해 roaster의 온도는 고온과 저온으로 setting하여 실험했다.

고 온 - Roaster의 온도를 250℃로 고정

저 온 - Roaster의 온도를 150℃로 고정

(실험은 각 곡물의 온도마다 3회 실시하여 평균을 내고 3회중 오차가 많이 나는 결과는 무시한다.)

이러한 roaster온도를 고정하여(고온, 저온) 유체씨를 10kg을 roaster에 두고 roaster의 온도가 고온일 때는 유체씨의 온도를 100~180℃로 변화시켜 실험 하였고 저온일 때는 60~140℃로 변화시켜 실험했다. 보통 제작된 roaster의 유체씨를 가열할 수 있는 정량은 20kg이나 금번연구에서는 10kg정량으로 실험 했으며, 이렇게 Roaster내의 곡물온도가 setting한 온도까지 오르면 자동이송장치를 통해 자동으로 Expeller의 hopper로 공급된다. 이렇게 공급된 가열되어진 유체씨는 착유기를 통해 착유되어지며 이때 착유되

어지는 착유압은 유박의 두께를 확인함으로써 적정 압력을 통한 착유를 할 수 있게 되었다(착유가 잘되고 있는지는 유박의 두께로 알 수 있는데 보통 1mm이내의 두께로 유박이 생성 시 최적의 상태라 판단함).

1차 유박이 다 배출되면 1차 유박이 온도를 빼앗기기 전에 hopper로 주입하여 2차 착유에 들어간다. 1차 유박이 공급되면 Expeller adjust handle을 나오는 유박의 두께와 깃목의 양을 보고 판단해 조절한 후 여과기에 모인 유채유를 filtration하여 유채유와 이물질을 분리한다. 이렇게 각 조건에 따라 착유된 유채유는 산가, 수분, 착유율을 측정 하였으며 측정원리는 다음과 같은 방식으로 측정 하였다.

### 1) 산가측정

산가 측정은 규정 조건하에서 적정할 때에 시료 1g 중에 함유되어 있는 산성 성분을 적정하는데 소요되는 염기의 수량으로서 시료 g당 수산화칼륨의 mg단위로 표시된다.

$$\frac{(V_1 - V_0) \times C_{KOH} \times 56.1}{m} = AV$$

AV : 산가

V<sub>1</sub> : 시료적정에 소요된 수산화칼륨액의 양(ml)

V<sub>0</sub> : 바탕 시험 적정에 소요된 수산화칼륨의 양(ml)

C<sub>KOH</sub> : 표준부피의 수산화칼륨의 농도(mol/L)

산가 적정의 method는 아래와 같다.

- 1) 250ml의 삼각 플라스크에 시료 10g을 취한다.
- 2) 100ml의 적정용제와 지시약인 p-나프톨벤젠을 0.5ml를 가하여 완전히 용해시킨다.
- 3) 0.1N 수산화칼륨용액으로 적정한다. 종말점은 30초 동안 색이 유지되어야한다.
- 4) 바탕시험 값은 적정용제 100ml에 지시약 0.5ml를 가하고 0.1N 수산화칼륨용액을 적정해 구한다.

관련규격은 KS M 2004 : 2000석유 제품 및 윤활유 -산/염기가 시험방법-색상지시약 적정법이다.

### 2) 수분함량측정

수분함량은 칼피셔법을 사용하며 기기는 Metrohm-836 Titrando를 사용하였다. 여기에 사용되는 적정용액은 Karl Fischer로 I<sub>2</sub>, SO<sub>3</sub>, CH<sub>3</sub>OH, RNH등으로 이루어진 혼합물로서 물과 반응한다. 기기에 입력되어있는 계산법은 다음과 같다.

$$\frac{F - W}{G} \times 100 (\%) = R$$

R : 수분함량ppm

F : 시약의 Titer(mg/ml)

W : 적정에 소모된 Karl Fischer 시약(ml)

G : 실제시료의 무게(mg)

### 3) 착유율 측정

착유율은 유체에 함유된 전체 기름함량을 soxhlet으로 구한다(영광 유채 기름 함량 : 36%<sup>w/w</sup>). 착유된 기름의 무게를 측정해 전체 무게에 함유된 기름의 양의 %를 곱해 착유율을 구한다.

$$\frac{\text{착유된 기름의 양}}{\text{유체의 무게 대비 총 기름 함량 36\%}} \times 100\% = \text{착유율 (w/w)}$$

Soxhlet장치를 water-bath위에 설치하고 유채씨앗(영광군)을 잘게 으깨어 20g를 종이 여과지에 담아 장치 안에 삽입한다. 추출용제는 85% n-Hexane(DUKSAN PURE CHEMICAL) 250ml를 사용하였고 추출온도는 85°C(water-bath온도)로 하였다. 추출되는 동안에 유채유가 추출되는 것을 육안으로 확인할 수 있으며, 1시간 30정도 후에 추출용액에 유채유의 색깔이 더 이상 나타나지 않는 것을 확인 후 실험을 종료한다.



Figure 12. Soxhlet.

#### 나. 초기 착유실험 결과

착유실험은 roaster의 온도를 고온(250°C)과 저온(150°C)으로 나누어 setting 후 곡물의 온도를 일정하게 변화 시키면서 그에 따른 착유율과 산가와 수분의 영향성을 보고자 하였다.

또한 각 조건별 착유율 및 산가와 수분의 경우 그래프 화하여 나타낼 때 점의 부분은 수치를 나타낸 것이며, 곡선의 경우 추세선을 나타낸 것으로 그 경향성을 보고자 하였다.

1) Roaster의 온도를 고온(250°C)으로 setting후 곡물의 온도변화에 따른 실험 아래 표 5는 Roaster의 온도가 250°C로 setting하고 곡물의 온도를 100~180°C로 변화 시키면서 착유한 유지의 착유율 및 산가, 수분의 결과를 나타낸 표이다. 각 조건별 착유 시 착유율은 77~84%, 산가는 2.8~4.03, 수분은 413~795로 그 결과를 얻을 수 있었다.

Cylinder의 온도는 180°C로 setting하여 착유를 실험에 임했다. 각 곡물 온도 변화 조건에 따른 착유율과 산가와 수분의 영향성은 각각을 그래프 화하여 나타내었으며 그 결과를 본다면 다음과 같다.

Table 5. Roaster temperature result to the by 250°C of the property of matter of the rapeseed oil to Oil Expression high temperature and characteristic.

시료 번호	주입량 (kg)	Roaster temperature(°C)			Cylinder (°C)	착유율 (%)	산가	Roasting time(min)	수분 (ppm)
		곡물	회전	Roaster					
1	10	180	110	250	180	87	4.03	20	413
2		170				86	3.81	16	369
3		160				88	3.03	10	377
4		150				84	3.24	9	497
5		140				85	2.82	8	632
6		130				84	2.8	6	586
7		120	80			87	2.76	4	602
8		110				80	2.69	3	718
9		100				77	2.91	2	795

고온 착유 결과는 그림 13과 같은 결과를 나타냈으며, 착유율은 75~87%까지 나타났고, 전체적으로 곡물의 온도가 내려감에 따라 착유율은 감소하는 것을 알 수 있다.

착유율은 곡물의 온도가 높아짐에 따라 증가하지만 85%정도에서 그래프의 기울기가 완만해짐을 알 수 있다. 이러한 이유는 고온착유 시 유채씨의 껍질 및 세포벽의 파괴가 잘 이루어짐에 따라 나타난 결과로 판단된다.

착유된 기름의 성상은 고온(곡물의 온도) 착유 시 색상이 더욱 검은색을 띄며, 많은 검질의 성분이 여과를 거쳐 확인되었다. 이 검질 성분은 바이오디젤의 합성실험에서 합성을 방해 하는 요인 및 수득율에서 많은 영향을 끼친 것으로 확인되었다.

곡물의 온도와 착유율

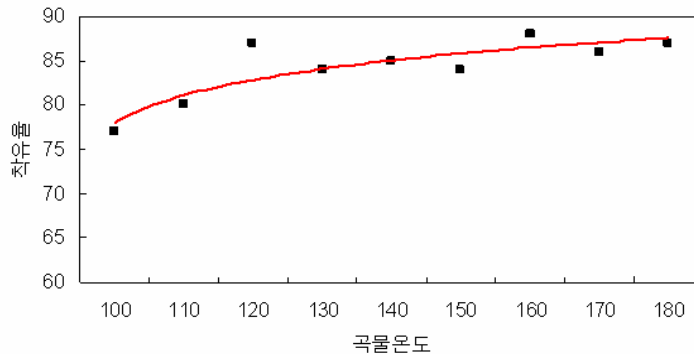


Figure 13. Oil Expression rate with the temperature of the corn-high temperature.

산가의 경우에는 아래 그림 14와 같은 결과를 나타내었다. 각 조건별로 산가는 2.7~4.1까지의 값을 나타냈으며 곡물의 온도가 높을수록 높은 산가를 나타냈다. 이러한 원인은 유채씨앗내의 효소의 영향성과 함께 씨앗 내에 열원을 공급할 때 가수분해를 통한 씨앗내의 유지의 산가의 증가에 영향을 끼친 것으로 사려 된다. 하지만 그래프내의 점의 결과로 본다면 140°C이하에서는 2대의 산가가 일정하게 유지됨을 확인 할 수 있었다. 현재 이용되고 있는 바이오디젤 원료용 유지의 산가는 2이하로써 착유된 유채유



의 산가를 확인해 본 결과 바이오디젤 합성 반응에도 많은 영향을 끼칠 것으로 사려 된다.

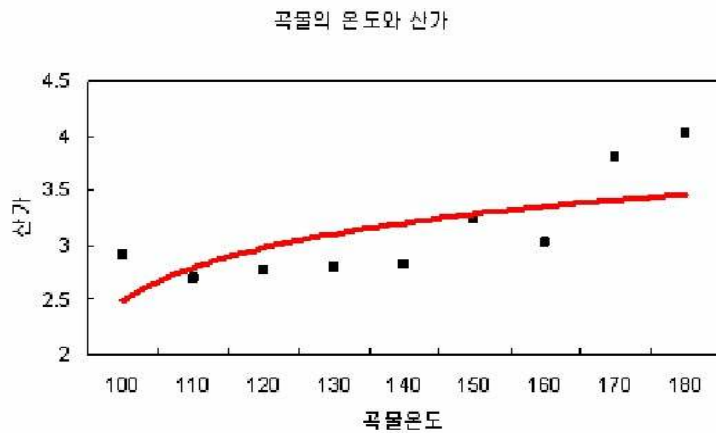


Figure 14. Acid value with the of the corn-high temperature.

그림 15와 같이 각 조건에 따라 수분의 함량에 따른 결과는 450~800ppm으로 곡물의 온도가 내려감에 따라 Roasting time이 짧아지고 유채씨 내의 기름의 가수분해 정도 또한 증가하여 수분의 함량도 줄어드는 결과를 가져왔다.

수분함량은 곡물온도에 따른 Roasting time의 변화에 절대적인 영향을 받는다. 더불어 Roasting time의 영향을 받은 수분이 산가에 영향을 미칠 수 있다고 판단된다.

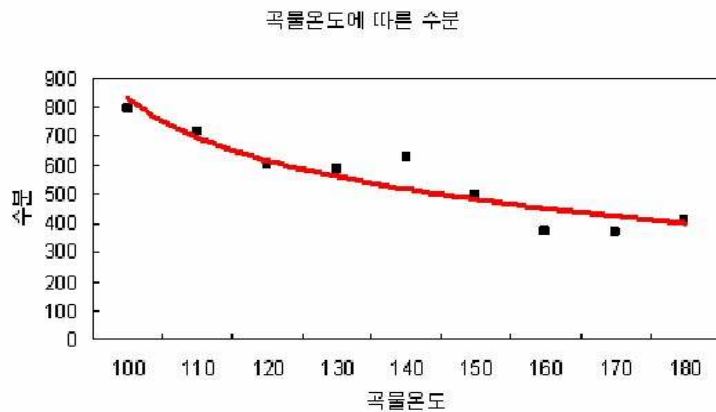


Figure 15. Moisture with the temperature of the corn-high temperature.

2) Roaster의 온도를 저온(150°C)으로 setting 후 곡물의 온도변화에 따른 실험 아래 표 6은 Roaster의 온도가 150°C로 setting하고 곡물의 온도를 60~140°C로 변화 시키면서 착유한 유지의 착유율 및 산가, 수분의 결과를 나타낸 표이다.

각 조건별 착유 시 착유율은 75~83%, 산가는 2.6~3.3, 수분은 278~722ppm로 그 결과를 얻을 수 있었다.

Cylinder의 온도는 150°C로 setting하여 착유를 실험에 임했다. 각 곡물 온도 변화 조건에 따른 착유율과 산가와 수분의 영향성은 각각을 그래프 화하여 나타내었으며 그 결과를 본다면 다음과 같다.

Table 6. Roaster temperature result to the by 250°C of the property of matter of the rapeseed oil to Oil Expression low temperature and characteristic.

시료 번호	주입량 (kg)	Roaster temperature (°C)			Cylinder (°C)	착유율 (%)	산가	Roasting time (min)	수분 (ppm)
		곡물	회전	Roaster					
1	10	140	110	150	150	83	3.34	30	278
2		130				82	3.22	20	344
3		120				83	2.60	12	490
4		110	80			81	2.94	10	538
5		100				81	2.87	8	563
6		90				79	2.91	7	625
7		80	60			75	2.89	5	706
8		70				77	2.75	3	718
9		60				76	2.60	1	722

그림 16은 곡물온도 변화에 따른 착유율을 나타낸 것으로서 착유율은 75~83%까지 나타났으며, 고온착유와 유사한 결과로써 곡물의 온도가 올라갈수록 착유율은 증가하는 결과를 가져왔다. 그러나 저온 착유 시 고온착유와의 차이는 곡물의 온도가 낮아질수록 1차 착유에서는 거의 착유가 되지 않고 2차 착유에서 거의 모든 기름이 추출되었으며, 또한 착유 과정에서 기름이 밖으로 튀는 것을 확인했다. 이런 현상으로 보아 저온착유는 유채씨앗내의 껍질과 세포벽의 파괴하기에는 열원이 부족한 것으로 사려 되며, 그러한 이유로 1차 착유보다는 곡물이 잘게 쪼개진 2차 착유에서 거의 모든 기름이 추출된 것으로 판단된다.

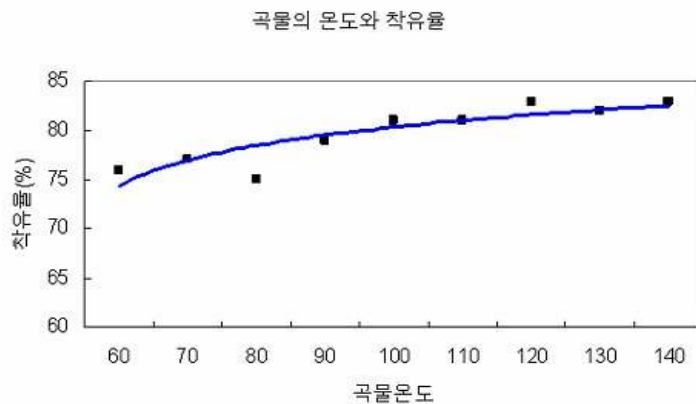


Figure 16. Oil Expression rate with the temperature of the corn—low temperature.

유채씨앗내의 유지의 착유율 만을 고려한 결과를 본다면, 고온착유의 온도에 따른 착유율의 증가가 저온착유의 증가율보다 크다는 결론을 얻을 수 있으며, 이는 Roaster의 온도가 착유율에 가장 큰 영향을 미친다는 사실을 알게 해준다.

그러나 저온착유는 고온착유보다 착유율은 떨어지지만 착유된 기름의 물성 및 특성을 본다면, 아래 그림 17과 같이 나타남을 알 수 있다.

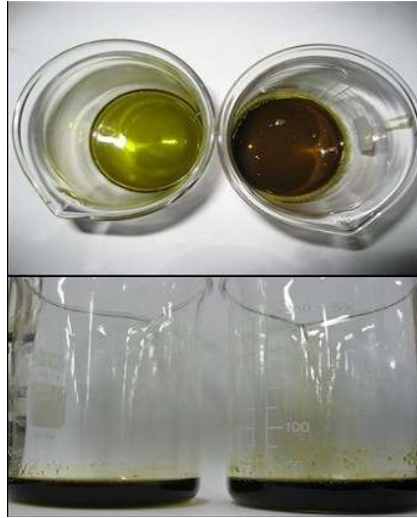


Figure 17. low temperature, high temperature(left).

우선 착유된 유지내의 검질이 고온 착유되어 나온 유지보다 현격히 감소함을 알 수 있었으며, 기름의 색깔 또한 고온 착유보다 색상 또한 연한녹색의 색상을 나타내는 것으로 보아 기름의 상태가 양호하다는 판단을 할 수 있었다. 두 착유된 기름의 색깔 또한 확연히 차이가 났다. 고온 착유된 유채유는 어두운 갈색을 띄며 기름의 탄화 된 냄새가 나지만 저온 착유한 유채유는 유채유의 원래 색상인 어두운 녹색(영광유채)을 나타내어 고온착유 시 유채씨의 착유에 있어서 착유된 기름이 탄화 되어진 것 같은 형상을 보였으며, 저온착유 시 120℃이하 착유된 유지 같은 경우에는 육안상으로 확인 시 검질성 물질이 나타나지 않은 것으로 확인되었다.

산가의 경우에는 다음 그림 18과 같은 결과를 나타내었다. 각 조건별 산가는 2.6~3.34로 고온착유 시 착유된 유지보다 그 범위가 상당히 좁혀진 결과를 가져왔으며, 각 조건별로 그 결과를 본다면 120℃이하에서는 3이하의 산가 값을 갖는 유채유를 확인할 수 있었다. 또한 특이사항으로는 고온착유 시 140℃에서의 착유된 유지의 산가가 2.8로 측정되었으나, 저온착유 시 140℃에서의 유지의 산가는 3.34로 나타났다. 이러한 결과의 원인은 Roasting time로 고온일 때는 단시간 내의 곡물의 온도가 적정온도까지 올라감으로써 가수분해 및 수분제거율이 낮아져 저산가를 나타내었으나, 저온일 때는 곡물의 온도를 적정온도까지 올리는데 소요시간이 길어짐에 따라 수분제거 및 가수 분해율이 높아져 고산가를 나타내는 결과를 초래하게 되었다.

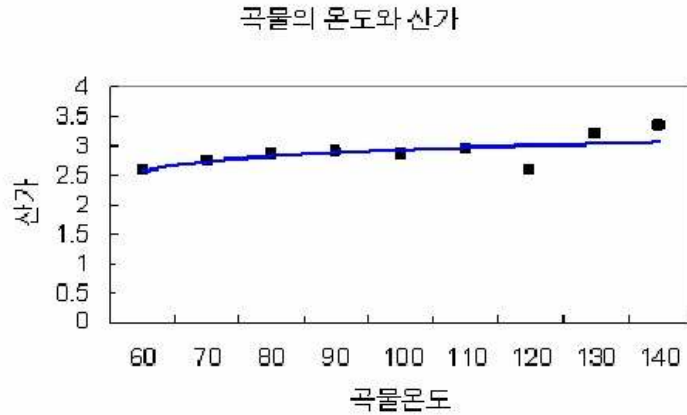


Figure 18. Acid value with the temperature of the corn—low temperature.

수분의 영향성은 그림 19와 같이 나타났다. 수분함량의 영역은 250~730ppm으로 고온 착유 시와 유사한 결과를 가져 왔으나, roaster의 온도가 고온일 때 수분의 함량이 확연히 줄어들 것이라는 예상 결과와는 다르게 저온인 150°C에서도 수분의 함량은 기대 이상으로 감소를 가져오는 결과를 확인할 수 있었다. 즉 수분의 함량은 Roaster의 온도도 영향을 끼치지만 Roasting time에도 영향을 끼친다는 결과를 알 수 있었다. 이러한 이유로 Roasting time과 연계한 수분과 산가의 영향성을 대표적인 예로 들어 보고자 한다.

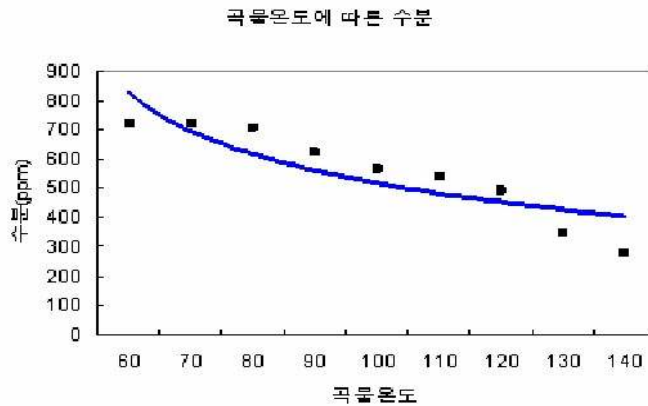


Figure 19. Moisture with the temperature of the corn—high temperature.

표 7과 표 8를 비교해 보면 산가에 영향을 미치는 요인은 곡물의 온도가 가장 주요한 원인이지만 수분도 일정부분 영향을 미친다는 사실을 알 수 있다. 산가가 0.5의 차이를 보이는 표 7에서 저온착유가 Roasting time은 3배 길었고 수분은 350ppm이 적었다. 다음 표 8에서 저온착유가 Roasting time이 역시 3배 길고 수분은 100ppm의 차이를 보일 때 산가의 차이는 거의 없는 것으로 보아 산가는 수분의 영향을 일정부분 받는다는 사실을 알았다.

Table 7. Influence which a moisture and Roasting time High, low temperature oil Expressing.

곡물 (°C)	회전 (°C)	Roaster (°C)	Cylinder (°C)	착유율 (%)	산가	Roasting time	수분 (ppm)
140	110	250	180	85	2.82	8	632
		150	150	83	3.34	30	278

Table 8. Influence which a moisture and Roasting time High, low temperature oil Expressing.

곡물 (°C)	회전 (°C)	Roaster (°C)	Cylinder (°C)	착유율 (%)	산가	Roasting time	수분 (ppm)
120	80	250	180	87	2.76	4	602
		150	150	83	2.6	12	490

이번 실험의 저온과 고온 착유의 결과로 보아 최적의 조건은 고온착유 시 곡물온도 120°C, Roasting time 4min, 산가 2.76, 착유율 87%라고 판단된다. 이것은 Roaster의 온도를 고온으로 setting하고 곡물의 온도는 낮춰서 Roasting time이 4분 안팎일 때 최고의 착유율과 낮은 산가의 유채유를 획득할 수 있다고 판단된다.

## 2. 착유기의 개선 및 착유실험

### 가. 초기 착유 System의 문제점

Expeller type은 screw press로 회전하는 압력과 밀어내는 압력으로 유채를 잘게 으깨며 압착하는 기계이다. 위의 그림 3은 동광유압에 의뢰해 제작한 Expeller type의 착유기로 24시간 가동하였을 때 최대 월 40ton 이상의 착유가 가능한 중소형 착유기이다.

착유기의 구성은 간단하게 Roaster, Expeller, filtration으로 나눌 수 있으며, 이는 유채씨에 일정한 열을 부과하여 가열할 수 있는 Roaster와 가열된 씨앗을 배출하고 이송하는 자동이송장치, 고압력을 가해 유채씨 내의 유지를 착유할 수 있는 착유기 (expeller), 착유 후 부가 생성물을 제거 할 수 있는 유박 배출용 자동이송장치, 착유된 유채유의 고체상물질을 제거하기 위한 여과기로 구성되어 있다.

착유 system에서 가장 중요한 부분인 Expeller는 그림 7과 같은 내부 구조를 갖으며 씨앗의 이송과 분쇄를 주목적으로 하는 Transfer screw와 실질적으로 압력을 가해 주며 으깨주는 부분인 Compression screw로 나누어진다.

유채씨앗에 열을 가하는 Roaster는 Expeller를 이용한 착유 중에 유지의 추출이 원활하게 일어나고 씨앗의 세포내에 함유된 유지까지 모두 착유해내기 위함에 그 목적이 있다. 초기 착유실험 결과를 확인하여 보면 곡물의 온도가 증가할수록 착유율이 증가함과 동시에 산가도 비례하여 높아짐을 알 수 있다. 산가는 바이오디젤 원료의 필수 조건 중 하나로 spec은 2 이하를 요구한다. 초기 착유실험 결과 착유율은 80~88%(W/W)의

로 이때 산가는 약 3~4 정도로 바이오디젤 원료유 spec을 훨씬 웃도는 것으로 실제 합성 시에 많은 문제점이 예견된다. 높은 산가는 높은 가열 온도를 뜻하며 결과적으로 1차 개선사항으로는 곡물의 Roasting온도는 낮아져야하며 곡물의 온도가 낮아진 만큼 착유율도 떨어지게 되는 것을 보완해야 한다는 것이다.

초기 착유system의 문제점인 산가와 착유율의 비례관계를 반비례 관계로 개선하기 위한 방법으로 세 가지 방법을 모색할 수 있었다.

첫째, 착유시 압력을 높여줄 수 있는 착유 system으로 개선하는 방안으로 초기 착유 system에서 배출되는 유박의 두께가 0.8~1.0mm로 씨앗의 평균 굵기가 2.0~3.0mm인 것에 비하면 두껍다는 것을 알 수 있다. 이러한 유박의 두께는 expeller내의 유체씨가 받는 압력을 알 수 있는 것으로써 expeller의 구조개선을 통해 씨앗에 압력이 더 가해 줌으로써 같은 온도 상에서 유체의 착유율을 높일 수 있다는 결론을 도출하였으며, 이러한 부분을 감안하여 expeller의 구조를 개선하게 되었다.

둘째 유박 내에 잔여 존재하는 기름의 양을 줄여야 한다는 결론을 얻을 수 있었다. 이러한 부분은 실제 expeller와의 영향성과 lattice bar와 연계된 문제로 판단된다. lattice bar의 홈의 경우 압착을 받고 있는 유체씨의 기름이 착유되어 나오는 곳으로써 아무리 expeller내의 압력을 고압으로 증대시키더라도 lattice bar 부분의 홈의 길이가 적정하지 못하면 유박내의 기름함량이 증대되고 착유 시 생성되는 유박의 깃묵내의 기름함량이 높아져 착유율을 저하하는 원인을 인지하여 lattice bar의 홈의 길이를 개선하게 되었다.

마지막으로 씨앗의 상태에 따른 착유율의 변화를 알 수 있다. 초기착유실험에 이용된 씨앗은 일반 씨앗으로 장기 보관되었으며, 씨앗의 정선 및 수분함량이 높은 씨앗이었고 2차년도 씨앗의 경우 씨앗의 정선 상태, 보관 상태로 인한 수분함유량이 양호한 씨앗을 이용하여 착유를 해본 결과 그에 따른 착유율의 차이 및 착유된 기름의 질이 차이가 남을 알 수 있었다.

초기 착유 결과를 보면 유체 씨앗내의 수분 함량이 높을 경우 산가도 높게 나타남을 확인 할 수 있고 금년 착유실험에 사용된 씨앗을 취득 직후에 착유한 유체유와 실외 보관상태로 2개월 후 착유 한 유체유의 산가 비교해 보면 처음 착유한 유체유보다 2개월 보관 후 착유한 유체유의 산가가 0.2~0.3정도 증가하는 것으로 보아 씨앗의 보관과 수분의 함유량은 밀접할 관련이 있고 이부분이 착유 중에 산가의 증가를 줄일 수 있는 요인이라는 것이다. 또한 정선상태는 헝잡물이 많을 경우 이 물질이 유박으로 배출되어 질 때 착유되어 나오는 기름을 흡수하게 되어 착유율 증가에 마이너스요인이 되며, 씨앗의 가열 중에 쉽게 탄화되어 산가증가에도 일부분을 담당하게 될 것이기 때문에 제거가 필요하다.

#### 나. 착유 System 개선사항

앞에서 서술한 것과 같이 착유System의 개선사항은 착유율을 증가 시키는 방법에는 expeller 구조의 개선을 통해 압력을 증가 시키는 방법과 lattice bar의 홈의 적

정 흡의 길이를 통한 착유 시 원활한 기름의 유출을 유도하는 이 두 가지 방법이 있다. 이러한 착유기내의 개선 사항 중에 우선 expeller의 구조는 아래와 같이 개선하였다.

Compression screw는 앞에서 언급한 것과 같이 실질적인 압착이 이루어지는 부분이다. 그림 20을 보면 두개의 screw가 눈에 뵈는 만큼의 차이는 보이지 않는다. 하지만 부분부분 나누어 보면 나선선의 두께가 기존보다 두꺼워진 것을 확인 할 수 있다. 그림 20은 기존 compression screw와 개존 된 compression screw의 구조의 변화를 보여주는 것으로 기존 Compression screw부분은 나선선과 나선선 사이의 간격인 pitch의 간격이 서서히 줄어들고 반대로 나선선은 두꺼워져가다가 최종적으로 유박이 배출시킨다. 하지만 기존의 screw보다 금년에 개선된 screw는 나선선의 두께의 증가율이 7~8%증가하여 최종 두께가 60% 두꺼워 졌으며 pitch는 11~12%증가되어 구조가 개선됨을 나타내었다.

이렇게 나선선과 pitch가 증가 시키고 또 하나 expeller의 착유 시 주요 변수가 될 수 있는 배출되는 유박의 두께 조절을 위해 expeller의 두께를 아래 그림 20과 같이 개선하였다. 배출되는 유박의 두께를 줄여주지 않는다면 유박의 배출만 빨라지고 착유율은 늘어나지 않는 결과를 초래한다. 이러한 이유로 Compression screw를 지나 유박이 배출되는 부분의 직경을 약 3%증가 시켰으며 결론적으로 기존의 0.8~1.0mm의 배출유박이 0.25~0.6mm로 개선되었다.

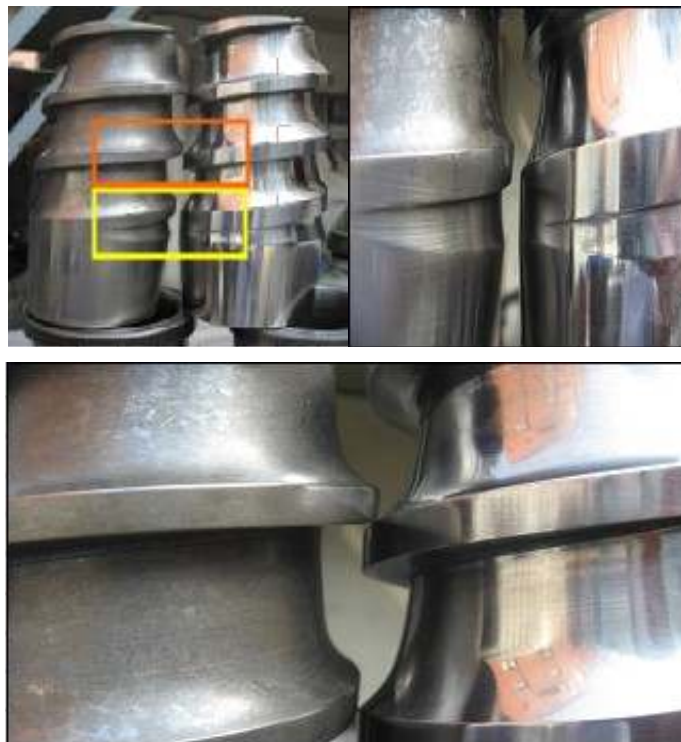


Figure 20. Compression screw of preexistence left and 1st improved right.

이렇게 expeller의 구조를 개선하여 착유 시 배출되는 유박의 두께가 줄어들고 유채씨 내의 착유 압력이 높아지면 한번에 많은 유지가 배출되어 지게 되며 이때 기존과 같은 lattice bars를 사용한다면 유지는 배출되지 않고 유박과 함께 잔류된 양이 많아 착유율을 저하하는 원이 될 것이다. 이것을 개선하기 위해서 HI-compress lattice bars의 홈의 길이를 늘려야한다. 이러한 이유로 아래 그림 21과 같이 HI-compress lattice bars의 홈의 길이가 120%증가되었다.

기존의 유지의 배출은 주로 HI-compress lattice bars에서 이루어졌었는데 개선 후 Compression screw의 압력증가로 인해 low-compress lattice bars에서도 착유가 이루어지게 되었다.

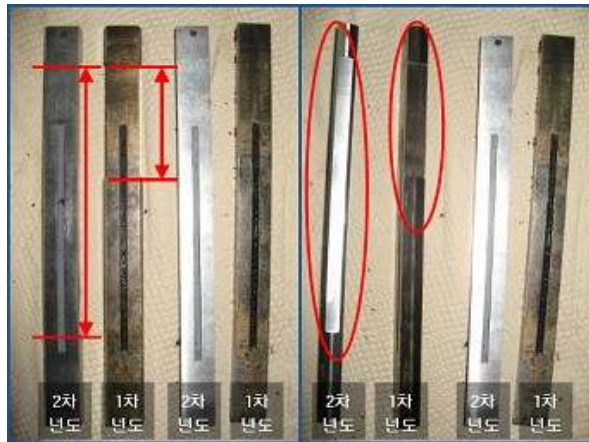


Figure 21. HI-compress lattice bars.

#### 다. 착유실험

금번 착유실험에 사용된 유채씨앗은 바이오디젤 원료용 유채 시범사업에 이용되는 F<sub>1</sub>품종(영광군 : 이하 F<sub>1</sub>)이다. F<sub>1</sub>품종의 유지 함량은 무게비로 약 41%로 soxhlet 실험을 통해 측정하였다.

착유실험 조건은 1차년도와의 비교를 위해 동일한 조건을 아래와 같이 적용하였다. 착유과정을 간단하게 요약하면 착유기의 온도를 착유하고자 하는 온도에 맞도록 Roaster와 Expeller를 Setting한 후 1시간 정도 예열을 한다. 예열이 되고 나면 Expeller를 회전 시켜 착유기 내부의 탄화된 유박을 밀어내고 회전되고 있는 상태를 유지한다. 10kg의 유채 씨앗을 Roaster에 주입한 후에 Setting을 자동으로 전환한다. 가열은 고온과 저온을 반복하는 회전을 하며 곡물이 설정온도까지 상승하면 Roaster의 배출구 Open되며 자동으로 유채 씨앗 이송 컨베이어가 가동된다. 유채씨앗은 착유기의 Hopper로 이송됨과 동시에 Expeller로의 주입이 시작되며 이때 운전자가 착유기 Adjust handle의 조작을 시작한다. 배출되는 유박의 적정 두께와 유지의 함유정도를 눈으로 판단하여 Handle 조작을 멈춘다. 착유 후 배출되어지는 유박은 유박 컨베이어로 자동 배출되어 한곳으로 모이게 된다.

1차 착유가 모두 끝나게 되면 모여진 유박을 가능한 빠르게 착유기의 Hopper로 주입



한다. 1차 착유와 마찬가지로 Handle을 조절하여 1차 유박의 착유를 마친다. 2차 착유를 마친 후 착유된 유지를 여과포를 이용한 감압 Filtering을 하여 깻묵과 유지를 분리한다.

2차 착유와 Filtering을 마친 후 각각의 곡물 온도 조건에서 착유된 유채유의 착유율, 수분, 산가로 물성 평가를 실시한다. 착유율, 수분, 산가의 측정방법 및 계산과정은 1차년도 '유채의 부가가치 향상을 위한 바이오디젤 기술 개발'에 소개되어져 있으므로 이번 보고서에서는 생략한다.

Table 9. Oil Expression experiment condition.

	Roaster 온도(℃)	Expeller 온도(℃)	곡물온도(℃)	Batch 착유량 (kg)
고온 착유	250	180	100~180	10
저온 착유	150	150	60~140	

#### 라. 착유실험 결과

##### 1) 착유 System의 구조개선 전 착유율

표 10과 표11의 결과는 착유실험 시 같은 종류의 씨앗을 착유 하였을 때 착유율의 개선이 어느 정도 되었는지 확인하기 위한 실험 data로 2007년 시험재배 되어진 유채씨앗을 이용하였다(이하 F<sub>1</sub>). F<sub>1</sub> 착유율은 저온 조건에서 68~86%를 나타내었다. 이것을 개선 전 저온 착유결과인 75~83%와 비교하면 착유율이 최고 3%증가 한 것을 알 수 있다. 하지만 고온조건에서는 개선 전 사용된 씨앗은 77~88%, F<sub>1</sub>은 80~87%로 큰 차이가 없음을 알 수 있다. 고온 조건에서 착유율의 변화가 없어진 것은 착유기가 착유 할 수 있는 최대한의 착유이기 때문에 더 이상 증가하지 못한 것이고 고온 착유 중 낮은 착유율이 저온 착유와 마찬가지로 3%정도 증가한 것을 확인 할 수 있다. 저온 조건에서 약간의 증가 추세를 나타낸 것은 개선 전 사용된 씨앗은 씨앗의 정선과 건조 상태가 불량한 것에 비한다면 이 부분에서의 차이인 것으로도 볼 수 있다.

Table 10. Result of high temperature Oil Expression of F1 Rapeseed Before improvement.

시료	주입량 (Kg)	Roaster temperature(℃)		Cylinder (℃)	착유율 (%)	산가	Roaster 대기시간 (min)	수분 (ppm)
		곡물	Roaster					
1	10	100	250	180	81	1.7	2	875
2		110			80	1.6	4	1079
3		120			84	1.8	5	999
4		130			86	1.6	6	1110
5		140			87	1.9	9	1124
6		150			87	1.8	10	851
7		160			86	1.8	10	1178
8		170			87	1.9	12	664
9		180			85	2.1	13	652

Table 11. Result of low temperature Oil Expression of F1 Rapeseed Before improvement.

시료	주입량(Kg)	Roaster temperature (°C)		Cylinder(°C)	착유율(%)	산가	Roastr대기 시간(min)	수분 (ppm)
		곡물	Roaster					
1	10	60	150	150	68	1.4	1	772
2		70			79	1.6	3	949
3		80			79	1.5	4	1285
4		90			78	1.5	6	737
5		100			85	1.6	7	819
6		110			80	1.6	11	1134
7		120			82	1.3	17	719
8		130			86	1.4	22	663
9		140			86	1.5	32	526

정선과 건조가 잘 되어진 씨앗을 착유하였는데 개선전의 결과보다 전체적으로 수분이 높고 곡물의 온도가 올라 갈수록 감소하는 것이 아니라 중간 중간 높은 결과를 나타내는 것을 확인할 수 있는데 이것을 착유율, 산가와 비교하여 보면 수분이 높은 착유결과에서 착유율이 주변 결과보다 조금 떨어지고 산가는 소폭 낮아짐을 알 수 있다. 그 이유는 Roasting 과정에서 수분이 날아가게 되고 동시에 열로 인한 가수분해 작용도 일어나게 되어 수분이 감소하지만 가수분해로 인해 수분이 다시 증가하는 이런 결과가 나타나는 것으로 보인다.

그리고 착유 시에도 수분이 많을 경우에는 Lattice bar의 온도가 높아 Lattice bar 사이에서 유지가 튀어 나가는 것을 볼 수 있다. 실제로 착유 후에 유지가 밖으로 많이 튀어 바닥을 여러 번 닦게 되었는데 많은 양을 착유하게 될 경우 이렇게 밖으로 튀어나오는 유지도 loss로 작용 할 수 있다고 생각된다.

만약 가수분해를 일으키지 않는 Roasting을 개발하거나 가수분해가 일어나기 전에 수분을 제거 할 수 있는 Roasting이 개발 되어진다면 착유율을 더욱 상승 할 수 있을 것으로 판단된다.

## 2) 개선 후 착유 System의 저온, 고온 착유 비교

표 12는 개선 후 착유기 개선사항을 적용한 System을 이용한 저온 착유 결과이다.

이 결과를 보면 착유율은 최저 76%에서 최고 93%까지 착유가 되었고 산가는 최저 1.48에서 최고 1.9, 수분은 357~1414ppm까지 측정되었다.

특이 사항으로는 압력이 높아졌기 때문인지 유지와 분리된 깻묵의 양이 많이 늘어났다는 것이다. 깻묵의 배출은 곡물의 온도 120도를 기준으로 줄어들었으며 배출된 저온 착유 깻묵의 전체 평균량은 0.34kg으로 Soxhlet결과 전체 깻묵 무게 대비 유지의 함량이 약 50%인 것으로 나타났다.

깻묵이 함유하고 있는 50%의 유지 약 0.17kg의 유지는 전체 착유량을 4.1%증가 시킬 수 있는 양이다. 실제 착유(연속착유)에서는 배출되어진 깻묵을 착유한다고 한다.

또한 깻묵은 adjust handle을 조작하는 동안 많이 배출되게 되며 연속 착유를 하게 된다면 이부분의 loss가 줄어들고 착유량은 늘어날 수 있을 것이라고 판단된다.

착유 System을 이용한 고온 착유 결과이다. 결과는 착유율 81~92%, 산가는 1.8~2.6, 수분은 330~816ppm을 나타내었다.

고온착유에서 깻묵의 배출량은 평균 0.35kg으로 전체 착유율을 4.9% 증가 시킬 수 있는 결과이다. 고온 착유 깻묵도 곡물온도 120~130에서 깻묵이 줄어들게 되는데 이 곡물의 온도에서 유채 씨앗의 세포내에 함유된 유지의 배출이 일어나기 시작하는 것이 아닐까라는 판단을 내려본다.

Table 12. Result of low temperature Oil Expression of F<sub>1</sub> Rapeseed after improvement.

시료	주입량 (Kg)	Roaster temperature(°C)		Cylinder (°C)	착유율 (%)	산가	Roaster 대기시간 (min)	수분 (ppm)
		곡물	Roaster					
1	10	60	150	150	76	1.6	2	696
2		70			86	1.9	3	852
3		80			83	1.7	4	1414
4		90			83	1.7	5	1277
5		100			88	1.8	8	1040
6		110			83	1.7	9	765
7		120			93	1.6	13	584
8		130			87	1.48	21	518
9		140			85	1.78	29	357

Table 13. Result of high temperature Oil Expression of F<sub>1</sub> Rapeseed after improvement.

시료	주입량 (Kg)	Roaster temperature(°C)		Cylinder (°C)	착유율 (%)	산가	Roaster 대기시간 (min)	수분 (ppm)
		곡물	Roaster					
1	10	100	250	180	88	1.8	3	695
2		110			89	1.9	4	783
3		120			83	1.9	5	816
4		130			81	2.0	6	769
5		140			83	2.1	8	679
6		150			89	2.1	9	615
7		160			90	2.1	11	517
8		170			92	2.1	12	330
9		180			90	2.6	13	474

저온착유와 고온착유의 최고 착유율은 큰 차이를 보이지 않는다. 하지만 산가에서 고온착유가 저온착유보다 0.5정도 높고 수분이 500ppm정도 낮은 차이점을 보여준다. 또한 Roasting time을 비교하였을 때 저온착유는 곡물온도 120°C보다 높은 온도에서는 20min이 초과하는 결과를 가져와 실제 연속 착유공정에서는 시간당 100kg의 착유에 적용될 수 없고 고온착유는 전체적으로 모두 적용 가능하다는 것을 알 수 있다. 착유기의 구조 개선으로 인해 유박의 두께가 얇아져 유박의 배출시간 즉 착유가 완료되는 시간이 길어져 이부분도 문제가 될 수 있다. 저온 착유는 1차 착유 시간이 곡물온도 120 이하에서 15분 이상으로 연속착유에 적용이 어려울 것이라 생각되며 고온 착유는 1차의 시간이 곡물온도 100°C만을 제외하고 모두 10분 이하로 연속공정의 적용에 고온 착

유만이 가능할 것이라고 판단된다.

착유기 개선 후 착유기 adjust handle의 미세한 조절 차이로 착유율의 차이가 커지게 되었다. 이것은 미숙한 운전자의 경우 착유 시 많은 loss를 발생 시킬 수 있기 때문에 이것에 대한 대안이 필요하다. 예를 들면 adjust handle을 전기 모터를 이용해 전기적인 조절을 할 수 있게 한다거나, handle에 압력 게이지나 일정한 간격의 표시를 두어 조절 할 수 있게 하는 방법 등을 이용하는 것이 필요하다고 생각된다.

### 3) 개선 후 착유 System의 착유율, 산가, 수분 비교

개선 전 착유 System에 비하여 개선 후 착유 System의 착유율이 5~10% 향상된 것을 그림 22를 통하여 확인 할 수 있다. 착유 성능의 향상은 곡물온도 100,110℃에서 두드러지게 나타났다. 개선 전 착유기의 구조상 개선 후 보다 expeller내의 착유 압력과 lattice bar의 홈의 길이가 부족하여 착유율이 떨어졌던 조건에서 착유율이 10% 향상되어 90%에 가까운 결과를 나타냈다.

착유율의 향상은 또 다른 결과를 초래하였다. 개선 전 최적의 조건이라고 생각했던 곡물온도 120℃에서의 조건이 개선 후에 적용되어지지 않았기 때문이다. 오히려 개선후의 착유 결과 중 최적의 조건이라고 판단 할 수 있는 곡물의 온도는 110℃이하가 될 것이라고 판단된다. 착유 시 곡물이 받는 압력이 증가한 만큼 착유되어지는 온도의 조건이 낮아진 것으로 보여 진다.

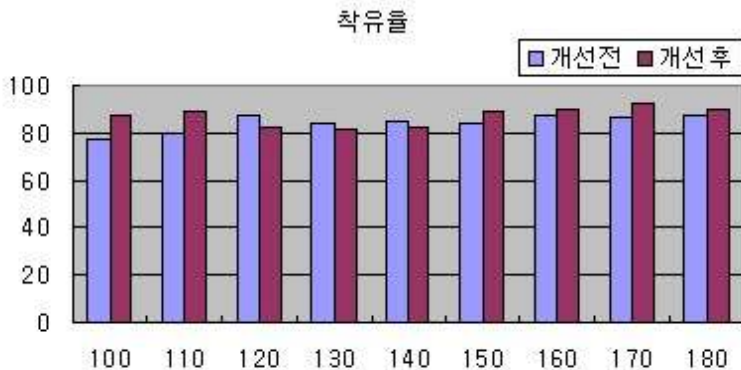


Figure 22. Result of high temperature Oil Expression rate before improvement and after.

개선후의 착유 결과 중 120~140℃에서 착유율이 다른 주변 보다 떨어지는 것이 그림 22에 나타나있다. 이것은 앞에서 언급 하였던 것과 같이 산가와 수분과 연관이 있다고 판단된다. 아래 그림 23의 고온착유 수분 그래프에서 곡물온도 120~140℃를 살펴보면 수분은 최고 높은 값에서 점점 낮아지는 것을 확인 할 수 있다.

정리하자면 곡물의 수분 증가는 착유율을 떨어뜨리게 되고 Roasting을 하면서 수분이 제거되지만 이 온도의 영향으로 가수분해가 일어나게 된다. 가수분해가 일어나면서 수분은 증가하게 되지만 곧 온도의 영향으로 감소하게 된다는 결론을 도출 할 수 있다.

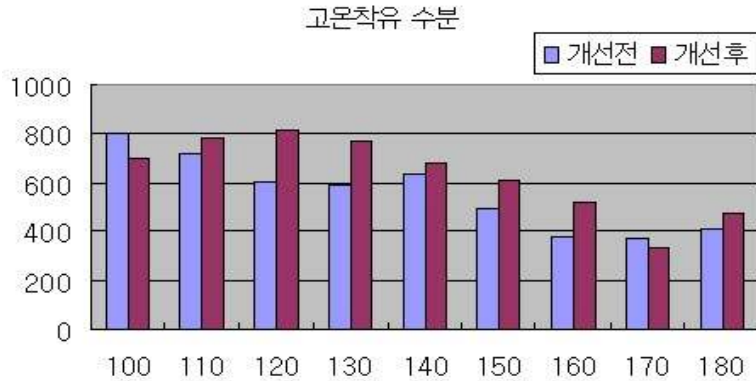


Figure 23. Result of high temperature Oil Expression moisture before improvement and after.

개선 후 착유 System에서 고온착유의 수분은 최저 330ppm에서 최고 816ppm이며 곡물의 온도에 따라 많은 변화를 나타내었다. 그림 24를 보면 곡물의 온도에 따라 증가하던 수분은 120°C에서 감소하는 추세로 돌아섰고 다시 170°C에서 증가 추세로 돌아선 것을 알 수 있다. 그리고 수분이 최고 낮은 170°C에서 착유율은 최고치인 92%를 보였다.



Figure 24. Result of high temperature Oil Expression AV before improvement and after.

개선 후 고온착유의 산가는 1.8~2.6으로 1차년도 고온착유 유채유의 산가인 2.7~4.0보다 2배정도 낮아진 것을 그림 24를 통해 알 수 있다. 개선 전 착유 system에서 가장 문제가 되었던 것은 착유율과 산가였다. 하지만 착유에 이용되는 씨앗이 바뀌고 정선과 건조가 잘되어진 씨앗으로 착유를 하게 되자 이 부분의 문제가 해결되었다. 바이오디젤의 원료유 산가는 2이하를 이용하고 있는데 곡물온도 130°C이하로는 고온착유 유채유가 이용이 가능함을 알 수 있다.

고온착유의 산가 그래프와 고온착유의 수분 그래프를 비교해보면 수분이 증가하는 곡물온도 100~120°C에서는 산가가 증가하고 수분이 감소하는 곡물온도 130~170°C중에서도 급격하게 수분이 감소하는 부분인 곡물온도 150~170°C에서 산가가 증가하지 않음을 알 수 있다.

그림 25는 저온착유의 착유율 결과이다. 개선 전에 비하여 개선후의 착유율은 76~93%로 10%정도 감소되어 착유된 유채유의 품질이 향상되었으며 곡물온도 60℃를 제외한 곡물의 온도에서 80%이상의 높은 착유율을 나타내었다. 곡물의 온도 60℃는 Roasting이 전혀 이루어지지 않았다고 볼 수 있으며 이것은 착유에서 Roasting의 중요성을 다시 한번 상기시켜 주는 결과이기도 하다. 개선후의 저온 착유에서 고온착유만큼의 착유율인 93%의 착유율을 보였는데 이것은 그만큼 착유기의 압착력이 높아졌다는 것을 보여주는 결과이다.

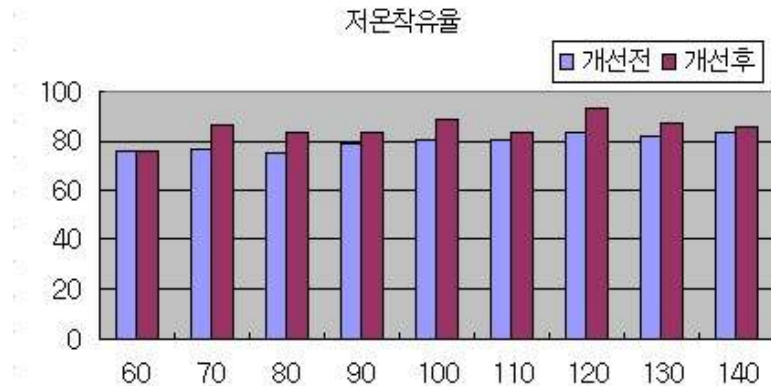


Figure 25. Result of low temperature Oil Expression rate before improvement and after.

개선 후 저온착유의 수분 그래프는 그림 26이며 수분은 최저 357~1414 ppm으로 많은 차이를 보인다. 고온착유와 마찬가지로 곡물온도 80, 90℃에서 최고 수분을 나타낼 때 착유율이 주변보다 떨어짐을 볼 수 있으며 이부분에서 산가가 주변보다 조금 줄어든 것도 그림 27을 통해 확인 할 수 있다.

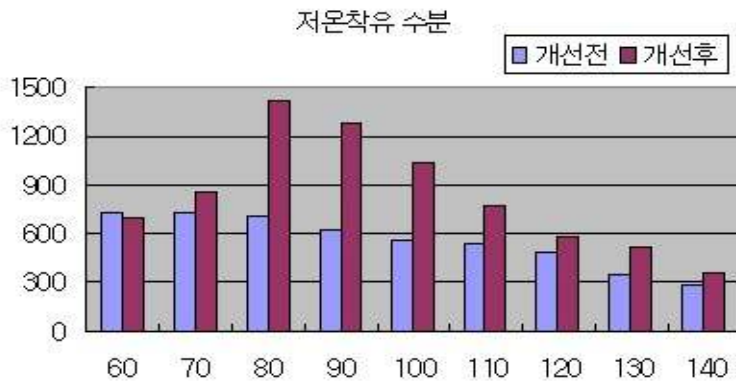


Figure 26. Result of low temperature Oil Expression moisture before improvement and after.

그림 27을 보면 오히려 산가는 60, 70℃에서 수분이 증가하기 시작하면서 증가하는 것

을 볼 수 있다. 이것은 저온착유 시 Roaster의 온도가 낮기 때문에 Roasting중 가수분해가 일어난 후 수분이 증발되지 못하고 남게 되면서 산가를 증가시키기 때문이라고 생각되어진다.

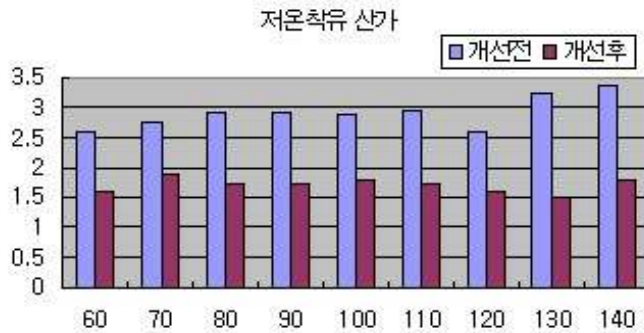


Figure 27. Result of high temperature Oil Expression AV before improvement and after.

저온착유 산가 그래프를 보면 개선 전에 2.6~3.3이였지만 개선 후에는 1.5~1.9로 고온착유와 마찬가지로 2배정도 낮아졌음을 알 수 있다. 하지만 산가는 최초 씨앗을 받아서 시험 착유 하였을 때가 1.3정도로 낮게 나왔는데 2~3개월 보관하는 사이에 0.2이상 높아지게 되었다. 이러한 부분을 종합해보면 산가는 유채씨의 수분함량 및 보관 또한 중요한 변수가 될 수 있다는 것을 알 수 있다. 본 연구의 목적은 산가가 낮으면서 착유율이 높은 착유 System을 개발하는 것이다. 그래서 이번에 온도를 높이지 않고 압착력만을 높여 착유하는 방법으로 착유 System을 개선하였는데 개선 후 압력이 높아져 착유율은 증가하고 산가는 낮아졌으나 압력이 높아진 만큼 유박의 배출시간이 길어지게 되어 저온착유는 실제 연속착유에 적용하려면 Roaster를 2대 이상 갖추어야하는 문제가 발생하였다. 만약 씨앗의 수분을 완전히 제거한 후 Roasting하여 착유를 한다면 보다 효과적인 착유system이 이루어질 수 있으리라 판단한다.

연속 착유공정을 준비하면서 이번 착유 실험을 평가하자면 개선전과는 다르게 저온착유에 Roasting time이 문제가 되어 고온 착유가 적용가능성이 있다고 생각된다. 그래서 아래에는 고온 연속 착유공정에 필요한 부분과 기대되는 성과에 대하여 정리해보았다. 먼저 연속공정 시에 추가되는 설비는 2차 착유기, 유박 운반 Screw, 유박 분쇄기 & 자동공급기 등으로 1차 착유 후에 2차착유기의 Hopper로 유박을 이송 시켜줄 Screw와 1차착유기에서 2차 착유기로 이송되어지는 유박을 잘게 부수어 Hopper에서의 공급을 원활하게 할 수 있도록 도와주는 유박 분쇄기와 유박 자동공급기가 필요할 것이다. 여기까지 설치해도 유채씨앗만 공급해주면 자동화 공정을 이루어지게 할 수 있으며 유채씨앗을 10분마다 공급해주기 위해서 사람이 계속 있을 수 없으므로 추가로 유채씨앗 공급기를 편의 시설로 설치한다면 자동화 착유system을 구축할 수 있으리라 판단된다. 이렇게 연속 착유 System을 구성하게 되면 착유율이 향상될 것이라고 생각된다. 그래서 연속착유 시 착유율 증가 예상요인을 4가지 정도로 요약해보았다. 첫 번째, 1차 착유 후 유박이 2차 착유기로 바로 이송되기 때문에 1차 유박이 온도를 적게 잃게 된다.

1차년도와 2차년도는 실험을 위해 1차 착유 후 유박을 모두 모아서 한꺼번에 Hopper로 넣어 2차 착유를 실시하는 방법을 사용하였는데 이때 1차 유박이 식어서 2차 착유 중에 착유율이 떨어지는 것을 막게 되어 착유율이 향상되리라 판단된다. 두 번째로 1차, 2차 착유 후에 착유기의 Screw내부에 남아 있는 유지가 계속 나오게 되는데 다음 착유를 위해서 adjust handle을 풀었다가 조이면 이 유지가 그냥 배출되어 이부분이 loss로 작용하였다. 이렇게 10kg씩 착유하여 생기던 loss가 연속착유를 시행 시 계속해서 착유가 진행 되어 착유율이 향상될 것으로 판단된다. 세 번째로 1차 착유 후에 유박이 대패에 밀려 나오는 것처럼 딱딱하고 덩어리로 배출되어 2차 착유의 주입에 어려움이 있었다. 이러한 문제가 유박 분쇄와 공급기로 해결된다면 2차 착유율이 증가할 것이라고 판단된다. 네 번째로 adjust handle조작 중에 유지가 착유되지 않고 배출되는 부분이 있었는데 이런 부분이 연속 착유로 넘어가게 되면 없어지므로 조절 중에 생기는 loss가 없어져 착유율이 향상되리라 판단된다.

### 3. 연속 착유 system의 구성 및 착유실험

2차년도의 개선으로 착유율은 향상되었지만 단단계 착유의 문제점이 발견되었다. 첫 번째는 1차 착유 후 2차 착유에 주입되는 유박이 얇은 판이 말려 있는 형태로 배출되어 2차 착유 시 항상 잘게 부셔 주거나 착유기 안으로 인위적으로 밀어 넣어야 한다는 것이다. 이러한 문제는 착유기의 연속착유 시 개선되어야 하는 필수 사항이다. 두 번째는 1차 착유 후 유박이 열을 많이 빼앗긴 상태로 2차 착유에 주입되다 보니 2차 착유 시에 HI-compress lattice bars를 통해 배출되는 깻묵의 발생량이 많아지는 것이다. 깻묵의 발생량이 많아지면 착유율이 줄어들게 되고 깻묵을 자주 제거해 주어야 하는 문제도 발생하게 된다. 세 번째는 유채씨앗의 주입문제이다. 유채씨앗을 착유하는 시간에 맞추어 주입하여 주지 않으면 착유기 expeller의 내부 screw에 빈틈이 생겨 다음 씨앗이 주입되어 착유가 시작될 때 adjust handle을 재조정하여야 하는 문제가 발생하여 손이 자주가게 되며 꾸준하게 한사람이 지켜보고 씨앗을 넣어주어야 하므로 비효율적인 문제가 발생하게 된다.

#### 가. 연속착유 system의 개선사항

개선후의 착유기는 착유율 향상이라는 목표를 이루었지만 연속착유를 위해선 추가적인 설비가 필요함을 알게 해주었다. 앞에서 간단하게 이야기하였던 3가지 문제점을 해결하기 위해 국내 착유 업체인 동광유압과의 회의 결과 볶음기와 1차 착유기와 동일하게 개선된 2차 착유기, 1차 유박 분쇄기, 2개의 볶음기에 자동으로 씨앗을 공급해주는 자동 공급기 등을 설치하기로 하였다.

다음 그림 28의 연속 착유 system module화 설치는 2단계 연속착유 system을 module화 한 모습이다. 현재 가야에너지 평택공장 내에 설치되어 있으며 시간당 100kg을 착유 할 수 있는 설비로써 총 높이는 3.3m로 높이는  $\pm 20\text{cm}$ 정도를 조절할 수 있으며 면적은 약  $4 \times 4\text{m}$  정도로 설치 공간을 많이 차지하지 않는다.





Figure 28. Module of continuous Oil expression system.

앞의 2단계 연속착유 system의 flow sheet는 다음 그림 29와 같다. 그림29의 연속착유 system의 flow sheet 2단계를 보면 자동씨앗 공급기를 통해 볶음기(RoasterA, B)에 씨앗이 주입되며 볶음기는 A, B로 나누어져 각각의 Roaster가 1차 착유기로 주입시킨다. Roaster가 2개 존재하는 이유는 곡물의 Roasting time이 길어질 경우를 대비하여 Roaster A가 1차착유기로 주입되는 동안에 Roaster B는 Roasting되어 착유가 연속으로 이어지도록 하기 위함이다. 1차 착유 후 유박은 1차 이송 컨베이어를 통해 유박분쇄기 상부로 공급되어 분쇄되어진다. 분쇄되어진 유박은 2차 착유기로 곧바로 주입되어 최종적인 유박을 2차 이송 컨베이어로 배출시킨다. 1차, 2차 착유기에서 착유된 유지는 감압 여과되어 유채유를 얻게 되는 system으로 구성되었다.

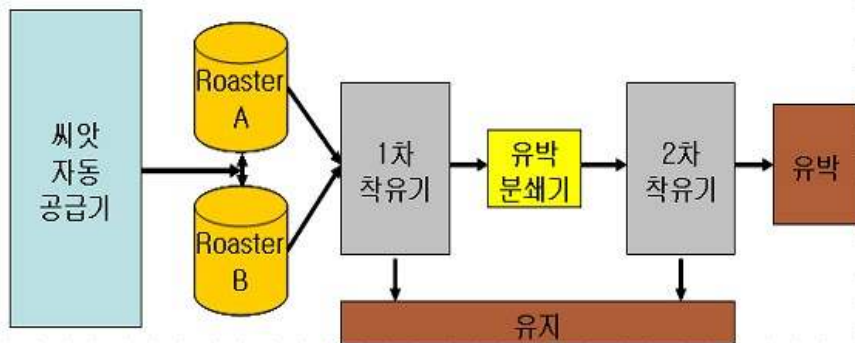


Figure 29. Flow sheet of continuous oil expression system.

개선후의 착유기 설비에서 추가 설치된 설비는 씨앗 자동공급기와 유박분쇄기로 각각 볶음기와 2차 착유기 전 단계에 설치되었다. 우선 씨앗 자동공급기는 아래 그림 30( 자동 주입기)와 같이 설치되었으며 호퍼 부분에 씨앗을 넣으면 컨베이어를 통해 양쪽의 볶음기 A, B의 상단에 설치된 씨앗 주입통에 저장된다. 씨앗 주입통은 그림 31(자동주

입기의 주입통과 주입밸브)와 같으며 퍼 올려진 씨앗이 씨앗 주입통 중간까지 차게 되면 씨앗 주입통 중간에 설치된 센서에 닿아 씨앗주입기로 씨앗을 퍼 올리는 벨트가 자동으로 멈추어 주입통 내부의 씨앗량을 일정하게 조절해 준다.



Figure 30. auto-injection(left-front, right-side).

씨앗 주입통에서 볍음기로 주입되는 씨앗은 볍음기 A, B와 연동되어 볍음기에서 1차 착유기로 배출이 끝나게 되면 자동으로 씨앗주입통의 씨앗이 볍음기로 주입되게 된다. 볍음기로 주입되는 씨앗의 양은 그림 31(자동주입기의 주입통과 주입밸브)의 오른쪽사진의 자동주입밸브가 열려있는 시간으로 조절되어 정확한 부피나 무게를 알기 어렵다. 씨앗의 주입량이 많을 경우 1차 착유기로 주입되는 시간이 늦어지면서 착유기 expeller의 내부 screw에 빈틈으로 인해 착유에 문제가 발생하고 반대로 적을 경우 너무 빨리 1차 착유기로 주입되어 Hopper가 넘쳐 연속착유에 문제가 발생하므로 볍음기 A와 B에서 균일하게 주입이 되도록 씨앗의 주입량을 확인해야 한다.



Figure 31. Barrel of auto-injection(left)and auto-injection valve(right).

실제 볍음기에 주입되는 씨앗의 양을 알기 어려워 실제 씨앗의 주입량을 알기 위해 간단하게 test한 결과를 상단에 나타내었다. 착유기 개선전과 후에는 10kg씩 주입하여 착유 하였고, 10kg에 근접한 4초의 주입시간으로 setting을 하였으며 실제 착유실험에선 유체씨앗의 수분과 상태에 따라 달라질 수 있는 변동적인 요인이므로 착유실험을

하면서 씨앗의 상태에 따라 조금씩 주입시간을 조절하기로 결정하였다. 씨앗을 볶음기로 공급하여 주는 밸브는 아래 그림 31(자동주입기의 주입통과 주입밸브)와 같이 위치하였으며 compressor의 압력으로 자동으로 열리고 닫히도록 설치 되어있다. 밸브의 고장에 대비하여 수동 밸브도 자동 밸브의 상부에 위치하고 있어 수동주입도 가능하도록 하였다. 유박 분쇄기는 착유 system상 1차 착유기와 2차 착유기의 사이에 위치하며 공정에서 실제 위치는 2차 착유기의 호퍼 상단에 설치되어 1차 착유 후 배출된 유박이 1차 컨베이어를 통해 유박분쇄기의 상부에 공급되어지도록 되어있다. 유박 분쇄기의 작동은 1차 착유기의 유박 이송 컨베이어와 연동되어 동시에 작동하며 단순하게 on/off 작동만을 한다.

Table 14. Injection amount by injection time.

주입시간(초)	1	2	3	4	5
주입량(kg)	5.3	6.9	8.5	10.4	13.7

그림 32(유박분쇄기의 위치와 분쇄기 내부)는 2차 착유기 상단에 설치된 유박분쇄기의 위치와 내부 구조를 나타낸 그림이다. 유박 분쇄기 내부는 톱니와 같은 모양의 회전하는 날과 고정된 날이 5mm의 간격으로 회전하며 분쇄하도록 설치되었다. 회전날은 1마력의 모터와 감속기에 직렬로 연결되어 있어 강한 힘으로 단단하게 뭉쳐진 유박도 분쇄가 가능할 수 있도록 되어있다.

분쇄된 유박은 2차 착유기의 hopper로 공급되어 2차 착유가 이루어진다. 이렇게 1차 착유 후 곧바로 분쇄되어 2차 착유로 이어지면 유박의 열손실을 줄어들게 되고 잘게 분쇄된 유박은 2차 착유 중에 expeller 내부 screw의 공극을 줄여 2차 착유율이 향상된다고 판단된다.



Figure 32. Location of Oil cake grinder 위치(left) and grinder inside(right).

나. 착유실험

1) 연속착유실험 조건

연속착유실험을 진행하기 전에 착유기 개선전과 후의 착유실험 조건을 살펴 보도록 하겠다. 개선전과 후의 착유실험 조건은 아래 표 15(개선전과 후의 고온 착유조건), 표 16(개선전과 후의 저온 착유조건)에 각각 고온 착유실험 조건과 저온 착유실험 조건을 정리하였다.

표 15(개선전과 개선 후 고온착유 조건)는 개선전과 개선 후 고온착유 실험조건을 정리하여 놓은 것이다. 착유 곡물의 온도는 100~180℃까지 10℃단위별 10kg씩 착유 실험을 실시하였으며 Expeller온도 180℃, Roaster온도 250℃로 실시하였다.

개선전과 개선 후 착유실험의 최적 조건은 곡물온도 100~120℃로 나타났으며 이때의 착유율은 1차년도 80~87%, 2차년도 88~89%이다. 개선 후 보다 개선전의 최적조건 착유율의 편차가 큰 이유는 착유 압력이 개선 후에 비해 높지 않아 약간의 수분이나 이물질 등의 영향을 많이 받아 편차가 커진 것과 씨앗의 볶아진 정도의 차이로 판단된다. 최적조건의 산가는 개선 후에 비해 개선전이 높게 나타나 있는데 그 이유는 씨앗의 보관 상태나 재배 시기 등 많은 영향이 유채씨앗의 수분함량, 산가, 지방산 조성을 다르게 할 수 있기 때문이다. 최적의 수분은 곡물의 온도에 의한 영향을 주로 받게 되며 유종의 산가가 높을 경우나 가수분해 조건에 적합할 경우에도 볶아진 유종의 수분함량이 높아질 수 있다. 따라서 수분함량은 씨앗이 볶아지기 전에 낮추어야하며 보관 중에도 수분을 제거한 상태로 보관한다면 착유율 향상에 큰 도움이 될 것이다.

아래 표 16(개선전과 개선 후 저온착유 조건)은 개선전과 개선 후 고온착유 실험조건을 정리하여 놓은 것이다. 착유 곡물의 온도는 60~140℃까지 10℃단위별 10kg씩 착유 실험을 실시하였으며 Expeller온도 150℃, Roaster온도 150℃로 실시하였다.

Table 15. Condition of high temperature Oil Expression before improvement and after.

	고온 착유 (°C)	최적조건 (°C)	최적조건 착유율(%)		최적조건 산가(mgKOH/g)		최적조건 수분(ppm)	
			개선 전	개선 후	개선 전	개선 후	개선 전	개선 후
Roaster 온도	250	150~250						
Expeller 온도	180	100~120	80~87	88~89	2.6~2.9	1.8~1.9	600~800	700~820
곡물 온도	100~180	100~120						

Table 16. Condition of low temperature Oil Expression before improvement and after.

	저온 착유 (°C)	최적조건 (°C)	최적조건 착유율(%)		최적조건 산가(mgKOH/g)		최적조건 수분(ppm)	
			개선 전	개선 후	개선 전	개선 후	개선 전	개선 후
Roaster 온도	150	150~250						
Expeller 온도	150	100~120	81~83	88~93	2.6~2.9	1.6~1.8	490~560	580~1040
곡물 온도	60~140	100~120						

개선전과 개선 후 저온착유 실험의 최적조건은 곡물온도 100~120℃로 나타났으며 이

때의 착유율은 개선 전 81~83%, 개선 후 88~93%이다. 저온착유는 고온착유와 다르게 개선전도 보다 개선후의 최적조건 착유율의 편차가 나타났다. 그 이유는 개선전의 착유율이 높지 않기 때문에 압력의 영향을 적게 받은 것으로 판단되며 개선후의 착유율은 개선전과 마찬가지로 씨앗의 볶아진 정도의 차이로 판단된다. 최적조건인 산가는 개선 후에 비해 개선전과 높게 나타난 앞의 고온착유 경우와 동일하게 나타났다. 수분의 함량은 개선 후 최적조건인 결과가 편차가 높게 나타나는데 이것을 유채씨앗의 가수분해 조건에 적합한 조건에서 착유가 이루어졌기 때문에 발생한 결과로 판단되며 개선전과 다른 이유는 씨앗의 재배 기후나 수확 전후의 날씨, 습도 보관 상태 등등의 영향에 의한 것으로 다르게 나타날 수 있다. 이러한 점은 씨앗의 재배, 수확, 보관하는 방법을 최적화 하여 보급하지 않는다면 수확된 씨앗이 지역마다 차이가 커져 결국엔 수매되지 못하는 지역의 씨앗이 발생할 수도 있다.

연속착유 system의 실험조건은 개선전과 개선후의 착유실험을 기준으로 연속착유 실험조건을 설정하였다. 1회 실험에 투입되는 시료의 양은 전체 system에 씨앗이 채워져 연속운전이 2시간이상 유지되도록 200kg으로 정하였으며, 곡물의 온도는 개선전과 개선후의 최적의 곡물온도인 100~120℃에서 ±20℃범위인 80~140℃로 정하였다. 곡물의 온도 60℃에서도 착유실험을 진행하려고 하였으나 60℃에서 볶아지는 시간이 개선전과 개선 후 저온 착유실험 중 30분정도로 나타나 연속착유가 불가능하며, 고온 착유실험에서는 Roaster의 온도가 250℃로 높게 setting되어 과열된 센서와 Roaster가 60℃의 곡물온도에서는 볶아지는 시간 없이 바로 착유기로 투입시키는 기기의 오류현상으로 인하여 연속주입이 이루어지지 않기 때문이다. 따라서 연속적인 착유를 하려면 착유하고자 하는 곡물의 온도에 따라 Roaster온도를 변동하여 적용해야하거나 Roaster로 투입되는 씨앗의 양을 조절하여 결국에는 Roaster A, B에서 나오는 양이 연속착유로 이어지도록 Roasting time을 조절해야만 한다. 이때의 Roasting time은 Roaster의 온도로 조절된다. Roaster의 온도는 곡물의 수분이 많을 경우, 곡물양이 많을 경우, 곡물의 온도가 높을 경우에 개선전과 개선후의 최적온도보다 높게 setting 되며 반대의 수분이 적고, 곡물양이 저고, 곡물을 온도가 낮을 경우에는 낮게 조절하게 된다. 연속착유실험 조건을 정리하면 다음과 같다. △ 1회 착유실험량 : 200kg, △ 곡물온도 범위 : 80~140℃, △ Expeller 온도 : 180℃, △ Roster 온도 : 연속착유가 가능하도록 곡물의 온도에 따라 변화

### 1) 착유실험 결과

착유실험 결과 착유기의 운전이 개선전과 개선 후에 비해 많이 자동화되면서 손이 많이 가지는 않았다. 하지만 곡물의 온도에 맞추어 착유를 시작하는 부분에서 Roaster의 Roasting time이 맞지 않아 연속착유를 시작하기가 어려웠다. Roasting time과 Roasting time을 연속적으로 하기 위한 것을 시행 착오법을 통해 system setting을 완료 하였으며, 그에 따른 연속system으로 원활하게 운전되기까지 손을 많이 필요로 하는 단점이 있었다. 연속착유 system의 착유실험 결과는 아래 표 17(연속착유 system

착유결과)에 정리하였으며 곡물온도는 10℃단위로 80~140℃에서 실시하였으며 Roaster의 온도는 140℃~280℃까지 각각 Roaster를 setting하여 운전하였다. 착유에 사용된 씨앗은 금년에 재배 수매된 것을 사용하였다. 씨앗의 유지 함량은 soxhlet 결과 38.4%(w/w)로 나타났으며 씨앗의 수분은 10.1%로 측정되었다. 이물질의 함량은 수작업으로 분리하여 대략적으로 측정하였으며 결과는 약 3.2%(W/W)의 이물질이 함유되어 있음을 확인하였다. 착유실험 결과 착유율은 89.7~90.8%로 개선전과 개선후의 착유율에 비해 편차가 적은 값을 나타냈다. 산가는 3.57~4.22로 개선전과 개선후와 동일하게 곡물의 온도가 높아질수록 높아지는 추세를 확인하였다. 수분함량도 개선전과 개선후와 동일하게 곡물의 온도가 낮을수록 낮아 졌다. 표 16(연속착유 system 착유결과)를 보면 곡물온도 140℃에서 Roaster온도 280℃로 setting이 되었는데 Roaster의 최고 온도인 400℃에 미치지 못하는 온도이지만 상당히 높은 온도로 곡물의 투입과 동시에 하얀 연기가 솟아올라 수분양이 높다는 것과 그에 못지않게 Roaster의 온도가 높은 것을 알 수 있었다. 개선전과 개선 후에 비해 연속착유 system의 산가가 전체적으로 높은 결과가 나왔는데 이것은 수분에 의한 영향으로 판단되며 이는 표 17(연속착유 system 착유결과)에서 곡물의 온도가 올라갈수록 산가는 높아지고 반대로 수분이 낮아지는 것으로 확인할 수 있다. 수분양이 많아서 인지 Roasting time는 상대적으로 길어져 대략적으로 1회의 곡물이 볶아지는 시간이 10~12분정도로 측정되었다. 이것은 아직 환기시설이나 hood설비가 설치되지 않아 Roaster에서 수분으로 발생하는 하얀 연기가 잘 빠져나가지 못했기 때문에 개선전과 개선후의 착유실험에 비해 Roasting time이 길어지고 산가가 높게 나타난 것으로 판단이 된다.

Table 17. Oil Expression result of continuous Oil expression system.

곡물온도(℃)	Roaster온도(℃)	Expeller온도(℃)	착유율(%)	산가(mgKOH/g)	수분(ppm)
80	140	180	89.7	3.57	2860
90	180		90.1	3.76	2100
100	200		90.6	3.86	1510
110	220		90.9	3.85	1060
120	250		90.8	3.88	940
130	260		90.6	4.05	880
140	280		90.3	4.22	860

연속착유 실험에서는 발생하는 껍묵을 모두 착유기에 재투입하였다. 이로 인해 착유율이 증가할 것으로 예상하였으나 착유율이 크게 증가하지는 못했다. 연속 착유 운전이 개선후의 최고 착유율인 93%에 미치지 못한 것은 씨앗의 이물질 함량이 3.2%로 높은 이유와 수분의 영향으로 판단된다.

연속착유의 전체적인 착유시간은 곡물온도 120℃에서 Roaster온도 250℃일때 가장 착유시간이 적게 소요되었으며 곡물온도 140℃에서도 적은 시간이 소요되었지만 높은 온도로 인해 껍묵이 많이 발생하여 연속착유 중 잔손질을 많이 필요로 하게 되며 산가가 높아져 적합한 착유온도는 곡물온도 100~120℃에서 Roaster온도 200~250℃로 판단된

다. 위의 그림 33(곡물의 온도에 따른 착유율)의 곡물의 온도에 따른 착유율 그래프를 보면 네모난 점이 착유율 결과이고 네모난 점들을 지나치는 호를 그리는 선분은 곡물의 온도에 따른 착유율의 추세선이다. 추세선을 보면 기울기가 점점 감소하다 최고치의 착유율인 110℃에서 기울기가 다시 감소하는 것을 확인할 수 있다. 곡물온도 80℃보다 낮은 온도의 착유율은 80℃보다 착유율이 낮고 140℃보다 높은 온도의 착유율은 140℃보다 낮아지는 추세를 보여 착유율 최적의 곡물온도조건이 100~120℃임을 확인시켜줬다. 그림 34(곡물의 온도에 따른 산가)는 곡물의 온도에 따른 산가의 그래프로 세모난 점이 각각의 곡물온도에 따른 산가이고 세모난 점들을 지나치는 3차함수 곡선을 그리는 선분은 곡물의 온도에 따른 산가의 추세선이다.

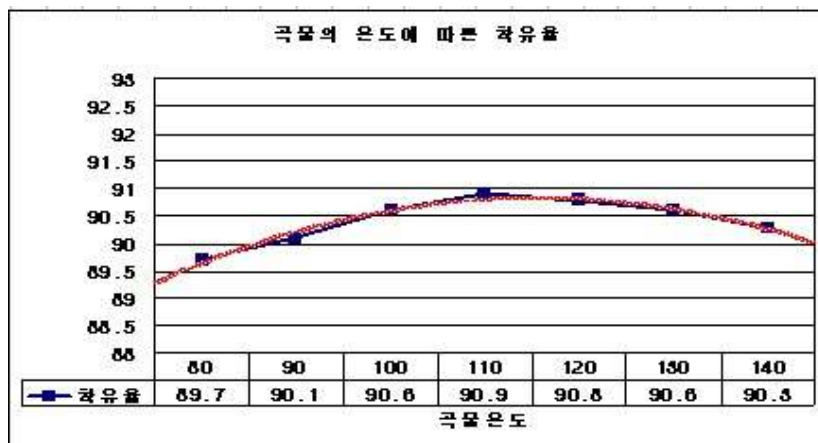


Figure 33. Oil expression rate according to the temperature of the rapeseed.

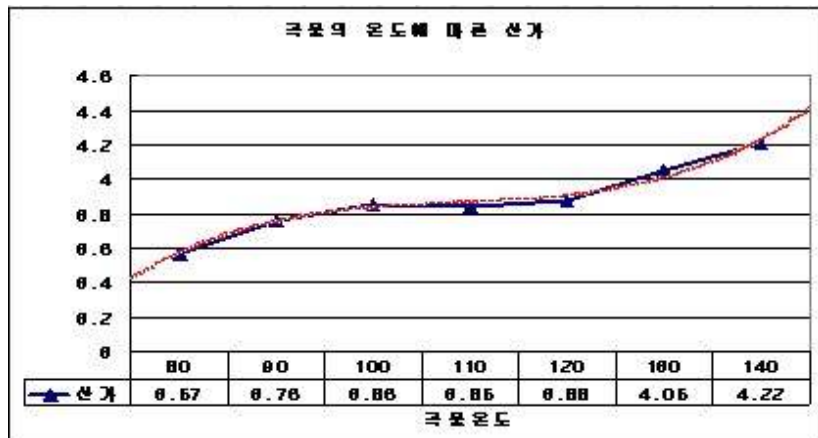


Figure 34. acid value according to the temperature of the rapeseed.

전체적인 추세는 곡물온도가 증가할수록 산가는 증가한다. 하지만 위의 그림 34(곡물의 온도에 따른 산가)의 곡물온도에 따른 산가의 추세선은 100℃와 120℃사이에서 변

곡점을 이루어 이부분이 곡물온도와 최대의 착유율 대비 가장 적합한 산가로 나타남을 알 수 있다. 곡물의 온도 80℃이하에서 곡물의 수분에 의한 영향으로 추세선과는 다른 기울기로 산가가 감소하거나 일정 산가 이하로 떨어지지 않을 수 있으며 마찬가지로 140℃이상에서는 곡물의 수분에 의한 영향으로 추세선과는 다른 기울기로 증가하거나 산가의 증가가 멈출 수도 있다.

그림 35(곡물의 온도에 따른 수분)은 곡물의 온도에 따른 수분 그래프로 동그란 점이 수분의 측정 결과이고 동그란 점들을 지나치는 호를 그리는 선분은 곡물의 온도에 따른 수분함량의 추세선이다. 곡물의 온도가 증가함에 따라 곡물의 수분함량은 점점 줄어들며 일정수분이하로는 줄어들지 않고 점점 직선이 되는 추세의 그래프로 나타날 것이다. 이처럼 수분의 함량이 계속 줄지 않는 것은 곡물온도 120℃이상의 산가 그래프와 비교해 보면 알 수 있다. 산가는 곡물온도가 증가할 수록 증가하며 수분은 감소하나 140℃에서 일정량을 유지하는 추세를 나타낸다. 이는 고열로 인한 가수분해 현상으로 수분이 계속 생성되어지고 산가가 증가함을 알 수 있게 해주는 결과이며 곡물온도 120℃이상에서의 착유는 산가의 증가와 착유율 저하로 인한 생산성 저하로 결론을 내릴 수 있겠다.

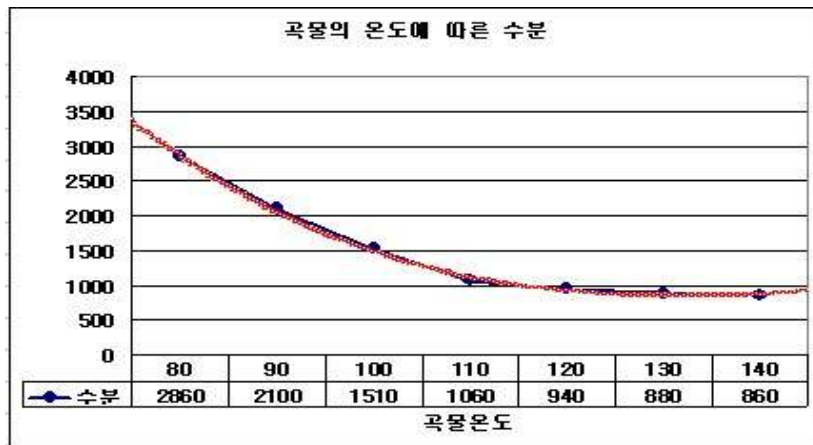


Figure 35. Moisture according to the temperature of the rapeseed.

#### 4. 유박의 활용

##### 가. 유박의 사료

국제 유가의 상승과 더불어 2007년 하반기부터 국제 사료곡물가격이 상승하기 시작하였으며 미국산 쇠고기의 수입으로 인해 국내 곡물의 자급도가 28%에 불과한 우리나라의 축산업이 큰 피해를 보고 있다. 국내 축산업의 한육우의 경우 생산비에서의 사료비 비중은 27%로 다른 양돈업에 비해 작고 또한 조사료 급여비율이 35% 그중 국내산 조사료 자급률이 83%로 국제곡물가격 급등에 따른 배합사료 가격 상승의 여파가 다른 단위동물에 비해 다소 작은 것이 사실이다. 하지만 한우농가의 영세성을 고려해 볼 때 사료가격의 상승은 축산경영에 있어 심각한 영향을 끼치고 있다고 볼 수 있다.




사료비가 2006년 말 대비 2008년 4월 현재 47.3% 상승하여 생산비가 약 12.9% 상승한 구조에서 산지 소값이 현 수준(2007년 기준 4,751천원, 수소 600kg 기준)보다 낮아질 경우 적자경영이 불가피한 것으로 파악된다.(출처: 한국사료협회) 일반사료의 조단백 함량을 높이기 위해 대두박을 사용하여 조단백 함유량을 20~30%으로 맞춰준다고 한다. 하지만 여기에 사용되는 대두박이 모자라 국내에선 중국이나 다른 나라에서 수입해 사용하고 있다. 국내 사료업체는 결국 대두, 대두박을 수입해 국제 사료곡물가의 상승에 큰 영향을 받을 수밖에 없는 큰 위험 부담을 안고 있다. 이러한 국내 축산업의 짐을 덜어주기 위해서는 국내산사료를 생산을 증대해야만 한다. 2007년부터 국제 시장의 곡물가 폭등으로 곡물의 자급도가 떨어지는 나라는 많은 어려움을 겪었다고 한다. 하지만 국내의 쌀 자급도가 높은 우리나라는 다른 곡물은 영향을 많이 받았지만 주식인 쌀은 안정화되어 큰 파동을 격지 않았다. 이와 같이 국내 곡물사료의 가격의 안정화와 가격이 낮아지게 하려면 사료의 국내 자급도를 높이는 방향으로 나아가야한다. 그림 36(유채박의 사료물성 성적서)은 국내산 유채를 착유하고 난 유채박(채종박)을 CJ사료/축산연구소에 의뢰해 분석한 시험성적서이다. 시험결과 조단백 함량은 31.46%로 나타나 일반적인 사료의 조단백 함량보다 높은 고급사료로의 활용 가능성을 알게 되었다. 금년 시범 생산된 국내산 유채씨앗은 총 400ton으로 당사에서 구매하여 모두 호남유지에서 착유를 하였다. 착유된 유지를 제외한 유채박의 양은 약 250ton으로 전량 호남유지에서 구매하여 사료화 하였다. 국내산 유채박의 구매의사를 적극적으로 나타내었던 CJ, 대농 등 국내의 대형 사료업체에서는 일정량이 계속 공급되지 않으며, 많지 않은 양의 유채박이라 자사의 사료비율을 맞추기 어렵다며 포기하였다. 국내 생산 유채박의 생산량이 늘어나 고정적으로 공급이 가능하다면 유채박은 전량 사료화가 가능할 것으로 할 수 있다. 유채씨앗의 생산량이 늘고 추파 유채만이 아니라 춘파 유채까지 재배가 활성화 되어 전국에서 유채를 볼 수 있다면 국내산 유채 바이오디젤로 달리는 자동차로 국내산 유채박 사료를 전국에 판매 할 수 있는 날이 올 것이라 기대한다.

#### 나. 유채의 비료

유채박은 부산물비료퇴비로 원예작물이나 가정용 식물에 사용되는 고가비료의 주요성분이다. 부산물비료퇴비는 가격이 8kg에 20,000원 정도이고, 다른 비료의 가격이 6,000원에서 8,000원선인 것에 비하면 고가의 비료로 판매되며 주요성분은 유채박(중국산) 70%, 아마박 20%, 미강유박 10%로 이루어져있다. 유채유박의 국내생산량이 거의 없기에 중국산 유채박이 수입되어 사용되어지고 있다. 국내산 유채의 재배가 활성화 되어지고 유채유박이 대량으로 유통된다면 유채박의 수입대체 효과와 유채박의 활용도가 높아지는 결과를 가져올 것으로 판단된다.

# 시험 성적서

<b>씨제이제일제당(주) 사료/축산 연구소</b> 400-300 영문리 중구 신동동 3가 차 TEL: 020-341-2972 / Fax: 021-821-2980	依頼번호 : AF080708 依頼사번호 : CJ0800257 依頼日 : 08.07.16	
1. 試 験 : □ 配合飼料(試料)成分分析 ○ 配合飼料 ● 試 料 : 0218003경남 김해시 영병읍 온산리 ● 依頼日次 : 2008. 07. 16 2. 試験成績서의 용도 : 配合飼料 분석	3. 試 料 名 :  국내산 제분백(, 국산, ) 4. 試験기간 : 2008. 07. 16 - 2008. 07. 16 5. 試験방법 :  시료분출(2007) 6. 試験과정 :  ●순도 ( 25.00%) ●순도 ( 25.00%)	

- 시험 결과 -

표수번호	시료명	분석항목	단위	결과	당량치	비고
AF080708	국내산 제분백(, 국산, )	수분	%	13.28	배기량	77%
		조지방	%	23.45	배기량	80%
		조지방(에테르불용성)	%	5.53	배기량	80%
		조지방	%	6.75	배기량	80%

- 의견 -

담당자	기술책임자 
-----	---

비고 : 1. 이 성적서는依頼자가 제시한 시료 및 시료명으로 시험한 결과로서, 본래에 대한 품질을 보증하지는 않습니다.  
 2. 이 성적서는 본 연구소의 시험 방법상의 결함, 불순, 성장, 장모 및 수분 등으로 사육될 수 있으며, 모든 종류의 사육을 권장하지 않습니다.

2008. 07. 16

씨제이제일제당(주) 사료/축산 연구



씨제이제일제당(주) 사료/축산 연구소

Figure 36. Report of feed property of matter of rapeseed oil cake.

## 제 4절 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

### 1. 목표달성도

연속착유 system은 유채, 자트로파 등의 껍질이 단단한 유종들 모두 착유가 가능하며, 바이오디젤의 원료로 사용가능한 유지를 시간당 100kg씩 생산해내는 착유기로 운전조건을 도출하였다. 운전조건은 곡물온도 100~120℃로 Roasting하는 것이 가장 좋은 착유율과 산가를 나타내었다. 1, 2차년도의 batch방식의 착유에서도 가장 좋은 결과는 100~120℃로 나타났었는데 이는 유채씨앗의 착유에 가장 적합하게 Roasting되는 온도가 100~120℃임을 다시 한번 확인하게 하였다.

3차년도의 연속착유 system의 착유결과는 90%정도로 측정되었으며 이는 2차년도의 최적의 착유율인 93%에 미치지 못하는 수치이다. 90%의 착유율이 적은 수치는 아니지만 과제의 목표치에 도달하지 못하는 수치로서 2차년도 보다 착유율이 2~3%적어졌다. 착유율이 적어진 이유는 착유기의 문제가 아닌 다른 주변의 요인으로 생각되어지며 그 요인들은 씨앗의 보관과 씨앗의 이물질제거이며 이러한 요인들이 차후에 개선되어진다면 착유율은 95%이상으로 향상될 것이라 판단된다.

이렇게 착유된 유채유는 산가만 낮아진다면 생산에 곧바로 투입이 가능하며 탈검대두 바이오디젤과 비교하였을 경우 품질적인 측면에서 모든 규격을 만족하였다. 산가가 높을 경우에도 생산loss를 계산하여 다른 산가가 낮은 정제 유지와 혼합하여 사용하는 방안으로 해결할 수 있으며 혼합하여 사용할 경우에도 유채 바이오디젤의 저온특성을 살려 최고의 바이오디젤을 생산할 수 있으리라 생각되어진다.

유채의 박은 사료와 비료로 모두 이용가능하면 향후 재배면적이 넓어지고 생산량이 늘어나 유박이 많이 배출된다면 고가의 사료원료로 사용이 가능하다. 일반적인 사료는 20~30%의 조단백을 함유하지만 유채박은 30%가 넘는 조단백을 함유하여 사료원료로 활용되기에 충분하다. 비료로의 활용도도 높아 고가의 원예, 가정용식물에 이용되는 부산물 비료로 현재는 중국산 유채박이 70%정도 혼합되어 이용되며 이를 대체할 만큼의 양의 유채박이 생산된다면 수입대체효과도 볼 수 있겠다.

Table 18. Goal achievement of of continuous Oil expression system.

목 표	연구개발 수행내용	달성도 (%)
Pilot 시운전을 통한 최적화 운전 조건 도출	연속착유 system의 최적 운전조건 도출	90%
Scale-up Pilot 공정 기본조건 도출	월 500톤 규모의 Pilot 제작을 위한 기본 운전조건 도출	70%
현장 적용을 위한 Pilot 연속 생산 및 품질특성 확인	공정성능 파악을 위한 연속운전으로 유채유의 대량 시범생산	90%
부산물 특성 평가	유박의 활용처 모색	80%

## 2. 유체착유기술과 유체바이오디젤생산의 기여도

### 가. 유체 바이오디젤

표 19(유체유를 이용한 바이오디젤의 물성 분석)는 곡물온도 120°C에서 착유한 유체유를 이용해 바이오디젤을 합성한 결과이다. 각각 분석항목의 규격은 당사의 원료유 및 바이오디젤의 제품 규격이며 원료유 산가와 요오드가, 세정 바이오디젤의 FAME함량을 제외한 모든 항목이 규격에 만족하였다.

원료유의 산가와 요오드가 규격은 대두유 기준으로 작성된 것으로 요오드가는 국내 규격에선 큰 문제가 되지 않는 규격이다. 원료유의 산가는 생산 제품의 Loss량과 직접적인 영향을 주는 spec.으로 좀더 낮아져야하는 필요성이 있다. FAME함량은 세정 바이오디젤이 96.49로 규격에서 약간 적게 측정되었는데 이는 증류 시 발생하는 Loss량을 증가시키게 된다. 바이오디젤의 금속이온 농도인 K<sup>+</sup>와 Na<sup>+</sup>는 4.31ppm으로 규격인 5ppm이하로 규격을 만족하기는 하지만 기기의 측정오차나 금속이온 측정 전처리 방법의 차이로 인해 규격에서 벗어날 수 있는 위험한 수치이다.

Table 19. Property of matter analysis of Biodiesel used to rapeseed oil.

분석항목		규격	분석결과	비고	
원료유	산가(mgKOH/g)	2.0이하	3.88	곡물온도 120°C 착유 원료유	
	수분함량(ppm)	2000이하	940		
	요오드가	125~140	110	대두기준	
바이오디젤	FAME함량(wt%)	세정 증류	96.5 이상	96.49	
				99.68	
	Total Glycerine 함량(%)	세정 증류	0.24 이하	0.112	
				0.014	
	산화안정도(hr)	증류	6 이상	7.4	
	CFPP(°C)	증류	0 이하	-11	
	산가(mgKOH/g)	세정 증류	0.3 이하	0.17	
				0.13	
	Ca <sup>2+</sup> 농도(ppm)	세정	5ppm 이하	N.D.	
	Mg <sup>2+</sup> 농도(ppm)			0.26	
	K <sup>+</sup> 농도(ppm)			1.32	
	Na <sup>+</sup> 농도(ppm)			2.99	
	증류 후 색도		+20 이상	+24.7	
증류 Loss량(wt%)		-	3.5		

Crude 상태의 유체유와 탈검대두유 GUM성분의 제거 유무의 바이오디젤 합성시의 차이를 비교해보고자 표 20(대두유를 이용한 바이오디젤의 물성 분석)으로 탈검대두유를 이용한 바이오디젤의 합성결과를 나타내었다. 탈검대두란 유지의 정제 공정인 탈검, 탈산, 탈색, 탈취 중 첫 단계인 탈검과정만을 마친 유지로 유지내의 수용성 GUM성분만을 제거한 것이다. 탈검대두유 바이오디젤은 모든 규격에 적합한 것으로 측정되었으며

증류 loss량이 유채바이오디젤의 합성결과에 비해 약 1%가 줄었음을 알 수 있다. 유채 바이오디젤의 합성 결과와 비교해 본다면 1%차이가 크다고 생각 안 될 수도 있겠지만 위의 실험결과는 실험실규모로 약 300ml의 합성결과이다. 현장 생산에서 1%의 loss는 한달 생산량에 비교한다면 아주 많은 양이며, 산가에 의한 loss량은 정확하게 계산되기 어렵지만 증류와 산가에 의한 loss량은 5%정도가 될 것으로 추산된다.

Table 20. Property of matter analysis of Biodiesel used to soybean oil.

분석항목		규격	분석결과	비고
원료	원료산가(mgKOH/g)	2.0이하	0.75	탈검대두
	수분함량(ppm)	2000이하	720	
	요오드가	125~140	127	
바이오디젤	FAME 함량 (wt%)	세정	96.5 이상	98.72
		증류		99.70
	Total Glycerine 함량 (%)	세정	0.24 이하	0.110
		증류		0.015
	산화안정도(hr)	증류	6 이상	6.8
	CFPP(°C)	증류	0 이하	-3
	산가 (mgKOH/g)	세정	0.3 이하	0.15
		증류		0.11
	Ca <sup>2+</sup> 농도(ppm)	세정	5ppm 이하	N.D.
	Mg <sup>2+</sup> 농도(ppm)			0.14
	K <sup>2+</sup> 농도(ppm)		5ppm 이하	0.12
	Na <sup>2+</sup> 농도(ppm)			0.28
	증류 후 색도		+20 이상	+23.6
증류 Loss량(wt%)		-	2.3	

#### 나. 유채 바이오디젤의 저온특성

유채 바이오디젤은 저온특성이 뛰어나 이미 유럽에서 많이 이용되어지고 있다. 아래 표 21(국내산 유채 바이오디젤과 대두 바이오디젤의 지방산 조성비교)는 금년 유채 바이오디젤의 지방산 조성으로 탈검대두 바이오디젤과 비교한 결과이다. 국내산 유채유 바이오디젤은 전체중 포화 지방산은 8.7%, 탈검대두 바이오디젤의 포화 지방산은 17.5%로 계산되어지며 전년 대비 유채 바이오디젤의 포화지방산은 약간 증가한 것으로 보인다. 저온특성이 뛰어난 C18:1(oleic)은 유채바이오디젤이 탈검대두 바이오디젤보다 약 20%높고, 저온특성이 낮은 C16:0(palmitic)은 탈검대두 바이오디젤이 유채 바이오디젤보다 7%가량 높게 나타나 유채바이오디젤의 CFPP값이 탈검대두 바이오디젤보다 -8°C낮게 측정되었다. 현재 국내의 바이오디젤 유통은 BD100(biodiesel 100%)과 BD20이 이루어지고 있다. BD100은 정유사로 납품되어 BD5로 제조 판매가 이루어진다. BD5는 경유 95% + 바이오디젤 5%라는 명확한 비율이라기보다는 5%이하의 바이오디젤이 혼합된 것을 의미한다. BD20은 하절기에는 20±3%, 동절기에는 10±3%로 일반 버스나 중장비, 운송업체의 대형트럭에 소비가 이루어지고 있다. BD100은 정유사로 납품될 때

아무런 첨가제를 넣지 않고 산화안정도를 향상시키는 산화안정제만을 일정한 투입하여 판매할 수 있게 되어있다. BD20 또한 동절기에 10±3%의 바이오디젤이 혼합되기 때문에 저온특성에 우수한 유채 바이오디젤은 많은 필요성이 없다.

Table 21. Fatty acid furtherance comparison of home production rapeseed Biodiesel and soybean Biodiesel.

지방산조성	국내산 유채 바이오디젤	탈검대두 바이오디젤
14:0	0.0	0.2
14:1	0.0	0.0
16:0	4.4	11.9
16:1	0.1	0.7
18:0	2.4	4.7
18:1	49.1	28.5
18:2	18.5	46.0
18:3	8.3	7.0
20:0	0.9	0.4
20:1	4.1	0.4
22:0	0.5	0.3
22:1	11.3	0.0
24:0	0.5	0.0

하지만 정유사의 BD5는 꾸준히 그 비율을 증가시킬 예정으로 많은 바이오디젤사의 품질규격을 강화 하고 있으며 정부 또한 BD20 주유소인 애코스테이션을 각 지방자치단체에 설치하여 사용하고 있어 앞으로의 사용 확대를 예견시키고 있다. 현재 BD20의 시장 판매 및 소비망의 형성이 이루어지지 않아 아직 미비하지만 계속되어질 석유자원의 고갈과 이에 반한 바이오디젤의 활성화되어 BD20의 사용이 가능하여질 날이 올 것이라 생각한다면 유채바이오디젤의 품질을 더욱더 개선하며 재배를 활성화시키고 4계절이 뚜렷해 일반 유지로는 견디기 어려운 우리나라의 동절기를 이겨낼 유채 바이오디젤이 국내의 시장 상황에 적합하도록 유채를 재배하고 바이오디젤로 전환할 수 있는 기술개발에 더욱 박차를 가해야한다.

#### 다. 바이오디젤 저온특성 차량 Test(한국석유품질관리원 2008년)

##### 1)유종별 저온특성비교

한국석유품질관리원에서 2008년 신재생에너지학회 포스터로 제작한 자료에 유채유, 대두유, 재생유(폐식용유), 면실유, 팜유, 자트로파유를 이용한 바이오디젤 5%, 10%, 20%, 100%의 저온특성 및 저온시동성 Test를 실시하였고, 특히 유채유와 팜유 등 몇 가지 유종은 가야에너지에서 합성하여 제공한 바이오디젤을 이용하여 연구했으며 그 자료를 아래에 첨부하였다.

우선 저온특성 실험의 base 원료로 사용된 경유의 CFPP는 -33℃로 측정되었으며 이 경유를 이용하여 각각의 시료 BD5, BD10, BD20를 제조하였다. 이렇게 제조된 시료의

CFPP(필터막힘점), Pour Point(유동점), Cloud Point(구름점)을 측정한 결과가 위의 그림 37(각 유종별 바이오디젤의 BLENDS 농도에 따른 저온특성 TEST)이다. Pour Point는 연료로 이용되는 유체의 움직임 없어지는 시점 즉 완전히 굳어버리는 시점을 나타내는 결과이며, 구름점은 유체의 온도가 떨어지면서 투명하던 유체의 내부에 미세한 입자들이 구름처럼 생기는 시점을 나타낸다.

**Cold Properties of Biodiesel Blends<sup>a</sup> for Test**

Biodiesel	Blends	CFPP (°C)	Pour Point (°C)	Cloud Point (°C)
Soybean	B5	-32.0	-32.5	-8.0
	B10	-29.0	-30.0	-9.0
	B20	-20.0	-22.5	-8.0
	B100	-3.0	-2.5	0.0
Waste cooking	B5	-27.0	-30.0	-8.0
	B10	-25.0	-25.0	-8.0
	B20	-18.0	-17.0	-8.0
	B100	-2.0	0.0	3.0
Rapeseed	B5	-32.0	-32.5	-8.0
	B10	-31.0	-32.5	-8.0
	B20	-27.0	-30.0	-8.0
	B100	-11.0	-10.0	-3.0
Cottonseed	B5	-28.0	-30.0	-8.0
	B10	-24.0	-22.5	-9.0
	B20	-13.0	-15.0	-9.0
	B100	7.0	7.5	9.0
Palm	B5	-24.0	-22.5	-8.0
	B10	-16.0	-12.5	-9.0
	B20	7.0	-10.0	-5.0
	B100	10.0 up	15.0	16.0
Jatropha	B5	-29.0	-32.5	-9.0
	B10	-23.0	-27.5	-9.0
	B20	-13.0	-17.5	-9.0
	B100	1.0	2.5	2.0

<sup>a</sup>Base diesel for winter : CFPP (-33.0 °C); pour point (-40 °C); cloud point (-9.0 °C)

Figure 37. Cold properties of Biodiesel Blends for Test.

BD5중 가장 저온특성(CFPP)가 우수한 연료는 대두와 유채가 동일한 결과인  $-32^{\circ}\text{C}$ 로 나타났다. 하지만 대두와 유채는 BD10으로 바이오디젤의 함량이 높아지자 조금의 차이를 보이기 시작했다. 타유종의 바이오디젤보다 유채 바이오디젤 BD10의 CFPP는  $-2\sim-15^{\circ}\text{C}$ 까지 더 낮게 측정되어 유채 바이오디젤의 저온특성을 나타내었다. 저온특성이 가장 떨어지는 유종은 Palm 바이오디젤로 BD20일 경우에 CFPP가  $+10^{\circ}\text{C}$ 를 나타내 저온특성을 강화시키는 첨가제를 투입하지 않는 이상 우리나라에서 겨울에 이용되어지는 힘들 것으로 판단된다. Waste cooking(재생유, 폐식용유) 바이오디젤은 대두유가 base가 되며 나머지는 국내에서 식용으로 이용되고 버려지는 여러 유종의 식용유들이 혼합되어진 유지로 대두 바이오디젤과 비슷한 결과를 나타내지만 타 유종의 영향 또는 유지의 열적 변화로 인해 대두 바이오디젤에 비해 저온특성이 다소 떨어짐을 알 수 있다. 유종별 바이오디젤이 저온특성을 그림 38(각 유종별 바이오디젤의 BLENDS 농도에 따른 저온특성 TEST)의 그래프를 참고하여 보면 좀더 명확하게 알 수 있겠다. 유종별 바이오디젤의 함량에 따른 CFPP의 변화를 위의 그림을 참고하여 보면 가장 큰

기울기를 가진 그래프는 역시 Palm 바이오디젤이며, 다음으로 자트로파, 면실유, 재생유, 대두, 유채 바이오디젤순서대로 그래프의 기울기가 작아짐을 알 수 있다. 이런 상태 기울기의 그래프라면 유채 바이오디젤은 겨울철에 BD30, BD40, BD50(바이오디젤 50% 함유)까지도 특별한 첨가제의 추가 없이 사용할 수 있지 않을까 생각된다. 결론적으로 위의 그림 38(각 유종별 바이오디젤의 BLENDS 농도에 따른 CFPP 비교)을 통해 다시 한번 유채유가 가장 적합한 바이오디젤 원료임을 알 수 있게 되었다.

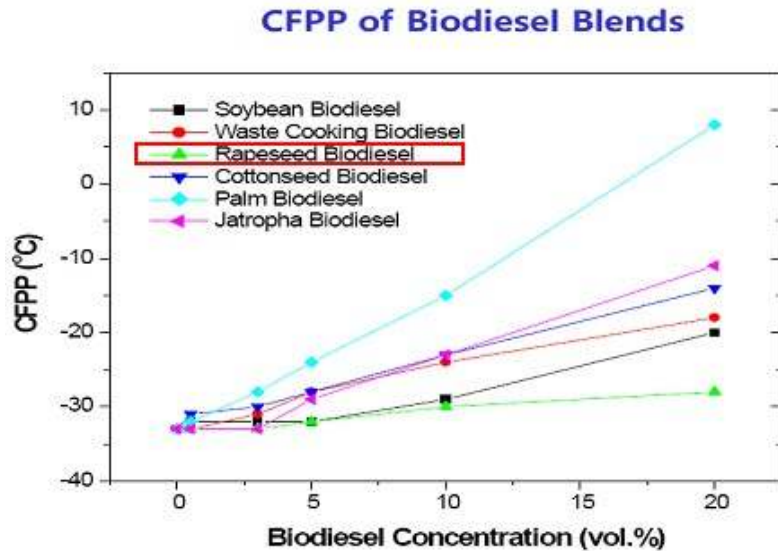


Figure 38. CFPP of Biodiesel Blends.

이러한 실험결과를 바탕으로 차량의 Cold Chamber test (저온시동성 test)를 다음과 같이 실시하였다. Cold Chamber test의 경우 목표 온도 (-16, -20°C)에서 24시간 이상 차량을 cold chamber에 보관 후 시동을 걸어 보는 방법으로 보통 5회 안에 시동이 걸려야 정상적으로 판단하는 방법이다.

## 2) 차량 Test 결과

이용된 차량은 승용 디젤차량과 소형화물차이며, 화물차, 승합차등의 수송용 차량만이 BD20을 법적으로 허용하기 때문에 승용 디젤차량은 BD10, BD20의 test가 실시되지 않았다.

다음의 그림 39(유종별 BLENDS 바이오디젤의 차량 시동성 TEST)의 표를 보면 알겠지만 승용 디젤 차량은 앞선 그림 39(유종별 BLENDS 바이오디젤의 차량 시동성 TEST)의 CFPP결과대로 모두 BD5의 -16°C, -20°C의 저온 시동성 test를 통과하였다. 하지만 소형화물차는 BD10, BD20에 대한 저온 시동성 test를 실시하였다. 결과는 위에서 나타내는 결과와 같이 Palm은 문제를 일으켜 -16°C, -20°C에서 BD10, BD20은 시동이 걸리지 않았다. 면실유 바이오디젤은 -20°C에서 BD10, BD20의 시동이 걸리기는



하지만 차량에 문제가 생긴 것으로 나타나있다. -20°C에서의 test까지 모두 통과한 유종은 대두, 재생유, 유채, 자트로파이다. 그러나 기본적으로 이용된 동절기 경유는 CFPP가 -33°C의 품질을 갖고 있는 것으로 이는 기본적으로 국내 동절기 경유보다는 더욱 좋은 품질의 경유를 이용한 것이다. 하지만 이 DATA를 보았을 때 4개의 유종(대두, 재생유, 유채, 자트로파) 모두 PASS를 했지만, BD 20의 경우 전문가들은 국내 동절기 경유를 이용 시 유채만이 BD20 TEST가 통과 될 수 있을 수 있다고 언급하고 있다. 또한 BD10의 경우에는 유채와 대두 그리고 재생유까지는 가능성이 있다고 언급되어졌다. 이러한 결과를 감안하여 볼 때 유채 바이오디젤은 이미 앞에서 여러 번 언급 하였던 것처럼 바이오디젤의 원료로 이용하기에는 최고의 조건을 갖추고 있다. 이러한 유채는 우리나라에 기반이 조성되어지고 본 연구와 함께 현재 개발이 진행 중인 상태이다. 유채 개발은 걸음마 단계로 해결해야할 숙제들이 아직 많이 있다.

**The Result of Cold Performance of Biodiesel Fuel Blends**

Biodiesel	Blends	Passenger Car		Light Duty Truck	
		-16 °C	-20 °C	-16 °C	-20 °C
Soybean	B5	○	○	○	○
	B10			○	○
	B20			○	○
Waste cooking	B5	○	○	○	○
	B10			○	○
	B20			○	○
Rapeseed	B5	○	○	○	○
	B10			○	○
	B20			○	○
Cottonseed	B5	○	○	○	○
	B10			○	○ <sup>a</sup>
	B20			○	△ <sup>b</sup>
Palm	B5	○	○	○	○
	B10			X	X <sup>c</sup>
	B20			X	X
Jatropha	B5	○	○	○	○
	B10			○	○
	B20			○	○

<sup>a</sup>○ : succeed engine operation, <sup>b</sup>△ : stop engine operation after 8 minutes, <sup>c</sup>X : no engine operation.

Figure 39. The Result of cold performance of Biodiesel Fuel Blends.

하지만 유럽의 유채 재배 및 유채바이오디젤이 기반을 잡고 활성화 되어가고 있는 상황을 본다면 우리의 유채 바이오디젤 개발은 지금은 어려워도 언젠가 우리나라의 청정 에너지 자원으로써 큰 도움이 되지 않을까 생각한다. 이와 같이 유채 바이오디젤은 바이오디젤의 최대 단점을 보완해주어 완벽한 석유 대체연료로 자리 잡는데 큰 도움이 된다. 본 연구가 바이오디젤의 발전과 유채재배의 활성화로 농민들에게 도움이 되고 정부의 이산화탄소 감축과 석유 에너지의 대체에너지로써 국내에 자리를 잡으리라 생각한다.

## 제 5절 연구개발결과의 활용계획

### 1. 유채유, 유박

연구의 진행 중 가장 어려웠던 부분은 역시나 초기 Roaster로 공급되는 씨앗의 양 조절과 Roaster A, B의 착유기로의 공급 조절이었다. 씨앗이 공급량이 시간으로 조절되고 씨앗의 Roasting time은 씨앗의 수분함량과 관련이 있어 초기 Roaster의 공급량과 Roasting time이 맞아야 연속착유 system이 멈추지 않고 이어질 수 있기 때문이다. 씨앗의 공급량 조절로 일정 부분의 연속착유 운전을 유지 하게 할 수 있지만 만약 높은 수분이나 많은 이물질이 함유된 씨앗이 공급된다면 Roasting time의 조절은 어려워지게 될 것이다. Roaster의 수분 제거량도 한계가 있고 이물질이 제거되는 장치는 Roaster에 설치 되어있지 않아 연속착유의 어려움과 착유율 저하, 산가를 상승시키기에 충분하므로 이에 대한 기기의 보완이 필요하다고 생각된다.

높은 수분이 함유된 유채씨앗의 높을 경우에 대비해 수분을 효과적으로 제거 할 수 있는 방안으로 Roaster의 hood설치 및 씨앗의 보관시설, 씨앗의 이물질을 걸러서 Roaster에 투입시켜 수분의 제거에 도움을 주는 mesh설치가 있다. Roster의 hood는 냄새만 배출 시키는 것이 아니라 좀더 강력하게 배출시켜 Roasting에서 발생하는 수증기를 확실하게 밖으로 배출시키는 것이다. 씨앗의 보관시설은 씨앗의 양에 비해 착유기의 착유량이 적을 경우 필요하다고 생각되는 설비로 씨앗이 톤백으로 쌓여져 있는 동안의 산패를 줄이고, 조금씩이라도 수분이 제거 되도록 하는 햇빛이 잘 비치고 바람이 통하는 건조장 정도로 생각하였다. 이물질 제거를 위한 mesh는 간단한 철망으로 씨앗의 크기에 따라 mesh가 교체 가능하도록 설치 할 수 있다면 다른 유종의 씨앗의 착유시에 많은 도움이 될 것이다.

연속착유 system의 최종적인 운전 조건은 곡물온도 100~120℃, Roaster온도 250℃, Expeller온도 180℃로 이때의 착유율은 90%이상으로 도출하였다. 최적운전 조건일 때의 착유율과 산가, 수분은 씨앗의 상태에 따라서 다르고 아직 Roaster의 hood부분의 시설이 완벽하지 않기 때문에 최적의 운전 결과물이라고 표현하기는 어렵다.

유채 연속착유 system의 문제점은 수분에 의한 착유율 저하, 산가 상승, 생산성 저하의 흐름으로 요약되는데 이러한 부분들은 씨앗의 보관방법이 중요함을 다시 한번 일깨워준다. 씨앗의 보관방법의 개선이 어렵다면 산가를 낮게 착유 할 수 있는 저온-고착유율 기법을 개발해야한다. 하지만 1, 2차년도에서 언급한바 씨앗의 세포내에 함유된 유지를 열에 의해서만 밖으로 배출이 가능함을 기술한바 있다. 95%이상의 착유율이 필요하다면 반드시 본 연구에서 도출한 100~120℃정도의 열과 높은 착유 압력이 필요하다.

합성된 유채 바이오디젤은 일반적인 탈검대두 바이오디젤과 최종 제품의 규격은 큰 차이가 나타나지 않음을 알 수 있었으며 최종 제품을 생산하는 과정에서 발생하는 Loss의 비율이 많아 생산비용의 증가가 예상되는 부분이 차이점으로 판단되었다. 또한 원료의 산가가 높아 반응 중 발생하는 중간제품의 Loss 부분도 앞선 내용에서 언급하였다.

유채박의 사료와 비료화 방안은 적용 가능한 방안이며, 국제 곡물사료가격의 변동에 영향 받지 않고 국내 가축의 사료를 저렴하게 공급하기 위해선 좀더 많은 량의 유채박이 필요하다. 유박의 부산물비료는 고가의 원예작물 비료로 국내에 사용되어지고 있어 이 또한 유채박의 생산량이 늘어날수록 수입되는 중국산 유채박의 대체효과를 가져올 것이라 판단된다.

### 제 6절 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보

프랑스 국립연구원에는 서론 부분에서 한번 언급하였던 dual type screw의 착유기가 존재하며 이는 screw의 pitch사이를 part화 시켜 조립할 수 있는 다기능형이다. 곡물의 크기에 따라 screw의 간격을 넓게 조립하여 다양한 크기의 씨앗을 착유할 수 있으며 씨앗의 착유 전처리 과정인 Roasting과정이 없어 착유된 유지의 산가가 낮게 착유되어 바이오디젤 원료로의 이용이 용이한 것으로 알려져 있다. 또한 소형으로 제작이 가능하여 소규모의 착유에도 이용이 가능하고 다른 용도로도 활용이 가능하여 작은 농가에도 비치하였을 경우 활용도가 높다.

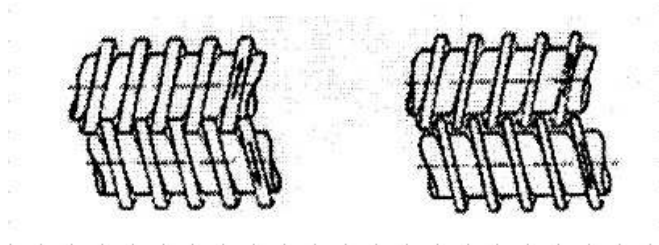


Figure 40. Dual type screw.

### 참고문헌

1. Jaswant Singh, P.C. Bargale, 2000, "Journal of food engineering 43" ELSEVIER, pp. 75-82
2. J. Morice, 1996, "Oil & Fats Manual" pp125-133
3. Vivek S. Vadke and F.W. Sosulski 1988, "JAOCS" VOL 65, NO7
4. 이진석, 김덕근. 2003. 바이오에너지의 보급 현황과 기술개발 전망. 한국에너지기술
5. DONG KWANG OIL MACHINE CO.(동광유압) MODEL D-1685 MANUAL
6. Gryglewicz S 1999. Rapeseed oil methyl esters preparing using heterogeneous catalysts. Biores. Technol., 70, 249-253.
7. 김이식. 2004. 세계 바이오에너지 생산과 시사점. CEO Focus, 제146호.
8. 이진석. 2003. 국가과학기술지도상에서의 Biorefinery 기술개발 방안. 생물화공 17(2), 7~14.
9. 박돈희 외. 2002. 바이오에너지기술개발사업 종합계획수립연구. 산업자원부 보고서
10. 석유품질관리원. 2008. 신재생에너지학회. 포스터발표

## 제 5장 우리나라 경작규모에 적합한 농가보급형 유채 생력 기계화 기술 개발

### SUMMARY

Bio-diesel applications seem to be extended due to the bio-diesel policies and the changes of agricultural environment. This study was carried out to adapt a usual granule fertilizer applicator and usual combine harvester for rapeseed seeding and harvesting.

Suitable rapeseed cultivation techniques of domestic agriculture are essential for stable security, supply and demand of rapeseed. The first topic is the development of seeder for rapeseed seeding, the second topic is the development of combine harvester for rapeseed harvesting.

In development of rapeseed seeder, the seeding plate of an usual the applicator was reformed to adapt for rapeseed seeding in which the plate has a new three seeding halls. The relational expression of metering groove size and discharge rate per time displayed high correlation of coefficient of determination 0.988. Also, the scattering types were analyzed by the forwarding speed and discharge rates. Validity application width was decided 7.0m by analyzing application uniformity about application width 7.6m, 6.6m, 5.6m. All average coefficient of variation values showed less than 20%. It was the best application uniformity in the condition of work speed 1.3m/s and sowing rate 19.0g/s. It was better average coefficient of variation values under 10% at superposition application of rapeseed seeder. Also, Scattering amount rate of right and left was within 0.89~1.0. In field test, the working performance of the prototype was 0.3hr/ha resulting in 89% of the labor saving compared with the usual method. The cost was cut down to 37% of the usual method.

In development of rapeseed harvester, a rapeseed reaping equipment to be attachable to the conventional combine was developed in order to harvest a crop of rapeseed for bio-diesel materials. This study was carried out to measure the harvest feasibility of a prototype combine in rapeseed field. Grain, stem and pod flow rate, grain qualities(whole kernel, damaged kernel, unhulled kernel, material-other-than-grain) and grain loss rates(header, threshing, separation) were investigated in each field test.

As the result of the field test, the average grain flow rates of SUNMANG and MS varieties showed 1,430kg/h and 2,038kg/h, respectively. The average stem and pod flow rates showed 3,443kg/h and 6,596kg/h, respectively. In each working speed, the average whole kernel rate and the material-other-than-grain showed

99.9% and 0.08%, respectively. In the average grain loss, the rates showed 5.66% in case of SUNMANG and 5.94% in MS. Header loss was higher than other parts in SUNMANG. However, the threshing loss was relatively higher than other parts in MS. Header loss rate due to side cutter knives, however, was not so high when compared with a grain loss due to the cutter bar. Effective field capacity and field efficiency of the prototype combine was showed 0.389 ha/h and 44%, respectively. The result to compare the customary combine with the prototype combine in field test demonstrated that the header loss was reduced by 69.3% as the prototype combine for rapeseed harvest was used. The working performance of the prototype was 2.5hr/ha resulting in 89% of the labor saving compared with the usual method. The cost was cut down to 55% of the usual method.

### **제 1절 연구 개발 과제의 개요**

우리 농업은 WTO체제하의 신속한 대응, 농업활동에 의한 환경오염 문제의 해결, 쌀의 안정적 공급을 위한 논에서 재배할 수 있는 벼 대체작목의 개발이 사회적으로 요구되고 있다. 겨울철 유휴지에 바이오디젤 원료로 사용이 가능한 유채를 재배하여 농가소득 향상에 기여할 수 있도록 관련 기술을 개발할 필요가 있다. 그러나 농촌현장에서는 유채재배가 농민들로부터 외면을 당해왔다. 왜냐하면, 유채재배와 관련된 일관기 계화시스템이 구축되어 있지 않기 때문에 경지규모를 확대할 수 없어 국제경쟁력을 확보할 수 없었고, 벼 수확후 신속한 파종과 벼 이앙시기 전에 수확작업을 완료해야 함에도 불구하고 파종기 및 수확기계가 없어 영농적기를 맞출 수 없었다. 특히, 수확작업에 있어서는 예취작업에 6~8시간/10a, 탈곡작업에 4시간/10a, 정선·선별작업에 1시간/10a이 걸려 총 11~13시간/10a이 소요되고 있다. 따라서 절대적으로 노동력이 부족하여 유채재배를 회피하는 가장 큰 이유이다. 이러한 문제점을 해결할 수 있는 유채 파종기 및 콤바인 개발이 절실한 실정이다. 그러나 유채 파종기와 콤바인의 개발에는 장시간이 소요되는 연구과제이기 때문에 우선적으로 국내외에 시판되고 있는 일반 파종기 및 범용콤바인을 유채재배에 활용가능한가에 대한 기초조사를 통하여 일부 개량하거나 보완하여 적응성시험을 통하여 유채 생력 기계화 기술을 개발하고자 한다.

### **제 2절 국내의 기술개발 현황**

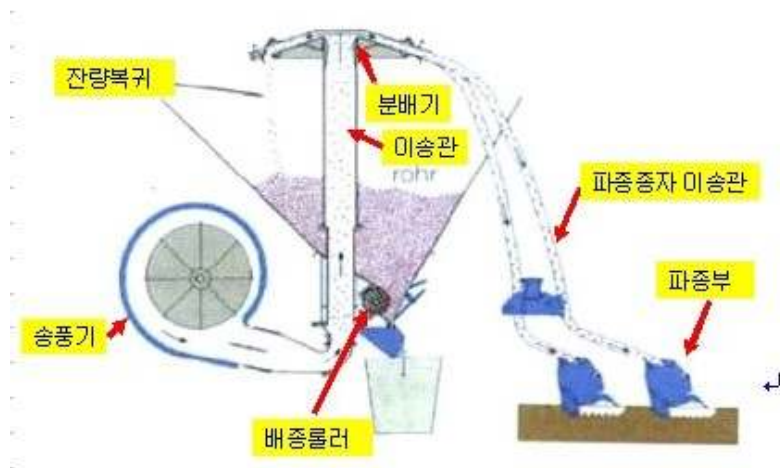
#### **1. 국내 기술 현황**

우리나라에서는 유채파종과 수확작업은 주로 인력에 의해 이루어지고 있기 때문에 우리 실정에 적합한 유채파종기 및 수확기계의 개발이 절실하며 현재까지는 독자적인 파종기 및 수확기계 개발을 수행한 예는 없다.

#### **2. 국외 기술 현황**

구미에서 개발되어 사용되고 있는 유채파종기는 송풍기의 흡인공기를 이용하여 배종관에 종자를 흡인하고 지면 가까이에서 종자를 배출하는 방식의 대형파종기로서 우리나라의 포장구획의 크기, 토성 등을 고려할 때 이 방법을 그대로 적용하기에는 적합하지 않은 것으로 판단된다.

일본에서 개발된 파종기의 배종방식은 주로 구멍롤러, 홈롤러 등을 이용하여 파종하는 방식이 주류를 이루고 있으며, 일부 기종은 송풍장치를 이용한 공기흡입식 배종장치를 이용한 파종기가 이용되고 있다. 파종기는 일정한 깊이로 골을 내어 정밀하게 파종하는 것이 중요한 기능이라서 일본 기종은 일본의 부드러운 토성에 알맞도록 파종기가 개발되어 경운정지 작업상태가 양호하여 파종상태가 매우 정밀하게 된다. 그러나 우리나라 토성은 점질성이 높아 쇄토상태가 좋지 않을 뿐만 아니라 일부는 돌이 섞여 있고 물기가 많으면 기계에 흡이 붙어 우리나라에서 이용하기에는 쉽지 않다.



[진공흡입식 파종기 파종원리, 독일]



[독일식 유채 파종기]

미국과 유럽에서는 유채수확작업에 있어서 주로 범용형 콤바인을 개량하여 개발한 콤바인을 이용하여 수확작업을 수행하고 있다. 수확작업은 크게 2가지 방식으로서 한 가지는 미리 예취작업만 수행한 후 건조를 하여 탈곡하는 방법과 예취와 탈곡을 동시에 수행하는 방법 등 2가지가 이용되고 있다. 예취와 탈곡을 동시에 수행하는 콤바인의 성능은 7~10분/10a이다.

일본은 유채수확작업에 있어서 주로 자탈형 콤바인의 예취부와 선별부를 개량하여 개발한 범용 콤바인을 이용하여 수확작업을 수행하고 있다. 콤바인의 성능은 15~20분/10a이다.



[유럽의 범용 콤바인]



[일본의 범용 콤바인]

### 제 3절 유채 파종기 개발

#### 1. 바이오디젤 생산을 위한 관행 파종기 이용 논 유채 파종 적응성 분석

##### 가. 연구목적

유채 파종작업은 재배면적 확대를 위해서 기계 파종 기술 도입이 필수적이다. 바이오디젤용 유채를 전 세계에서 가장 많이 재배하고 있는 독일에서의 유채 파종은 주로 공기식 대형 파종기를 이용하여 기계파종 작업을 하고 있으며, 파종 시스템 구성은 강력한 공기를 발생하는 송풍기, 일정한 종자를 연속적으로 공급하는 배종장치, 흙을 일정한 깊이로 갈라주고 덮어주는 작조, 복토, 진압장치 등으로 구성되어 있다. 파종 원리는 흡인공기를 이용하여 배종관에 종자를 흡인하고 지면 가까이에 종자를 배출하는 방식이다(Stephan, 2006 ; AMAZON, 2006). 그러나 이러한 기계들은 밭 포장을 대상으로 조방농업에 맞도록 대형으로 개발되어 이용되고 있어 우리나라의 논 포장의 구획 크기 및 토성 등을 고려할 때 논 유채 재배에 그대로 적용하기에는 적합하지 않다.

우리나라와 농업환경이 비슷한 일본에서의 유채 파종은 주로 구멍롤러 및 흙 롤러를 이용하여 배종하는 방식의 파종기를 이용한 기계파종 작업을 실시하고 있다. 이러한 파

중방법은 일정한 깊이로 골을 내어 정밀하게 파종하는 것을 특징으로 하고 있기 때문에 부드러운 토성에 적합하다. 그러나 우리나라 토성은 점질성이 높아 쇠토상태가 좋지 않을 뿐만 아니라 일부는 돌이 섞여 있고 토양 수분이 높으면 파종장치에 흙이 붙어 파종작업이 양호하게 이루어지지 않는다(Ken, 2006 ; 시부야, 2006). 주 (1986) 등은 논 뒷그루 유채 파종작업의 기계화를 위하여 경운기 후방 부착용 6조 맥류파종 겸용기로 경운, 파종, 배수구 설치, 휴립 그리고 배토 작업을 동시에 수행할 수 있는 유채 파종기를 개발한 적이 있다. 이 파종기를 이용할 경우 관행작업보다 66%의 생력화가 가능하였다고 보고 하였다.

그러나, 이 방법은 노력이 많이 소요되며, 바이오디젤 생산을 위한 유채 재배는 대규모 단지화가 추진되고 있어 그 목적에 부합된 새로운 방법의 검토가 필요하다.

즉, 논 포장간의 이동성이 양호해야 하며 짚이나 자갈 등의 이물질이 있는 상황에서도 파종될 수 있는 시스템 개발이 필요하다. 또한 이(2005) 등에 의하면 유채는 쌀보리 수준에도 미치지 못하는 낮은 경제성을 지닌 작물이기 때문에 가능한 한 유채 재배에 소요되는 기계비용을 최소로 하기 위해서는 관행의 벼, 보리, 콩 등의 파종기를 유채에 응용할 수 있는 기술 개발이 요구되고 있다.

따라서 본 연구의 목적은 현재 보급되고 있는 관행 파종기를 이용하여 유채 파종 적용성 시험을 실시하여 유채 파종 가능성, 문제점 및 해결 방안을 도출하여 유채 파종 적응성 향상 기술 개발에 필요한 기초 자료를 제공함에 있다.

## 나. 재료 및 방법

### 1) 시험포장 및 품종특성

유채 파종 시험을 위한 시험포장은 전라남도 영광군 농업기술센터가 주관으로 조성하고 있는 유채 재배 단지(영광군 불갑면 금계리 일대) 내 조생종 벼 품종인 운광벼를 수확한 논 포장을 선정하였다. 토성은 식양토이며, 파종 시 토양수분은 토양수분계(Hydrosense, Spectrum technologies Inc.)로 측정된 결과 평균 23.7%를 보였으며, 깊이별 토양경도를 토양경도계(Soil compaction meter, Spectrum technologies Inc.)로 측정해 보았을 때 5cm 깊이에서 898kPa, 10cm 깊이에서 1,313kPa 그리고 15cm 깊이에서 2,624kPa을 보였다. 그림 5-1은 포장전경을 나타내고 있다.

파종에 이용된 품종은 1대 잡종 육성 품종인 선망이며, 발아율을 조사해 본 결과 그림 5-2와 같이 발아율은 평균 99%를 보였다. 파종 시 종자의 함수율은 9.8%였다. 그림 5-3은 종자입경의 크기별 분류를 나타낸 것으로서 1~2mm 사이가 전체의 83.6%를 차지하고 있었으며, 최소입경은 0.99mm, 최대입경은 2.64mm이었다. 천립중은 4.164g이었으며, 외관비중은 620kg/m<sup>3</sup>이었다.



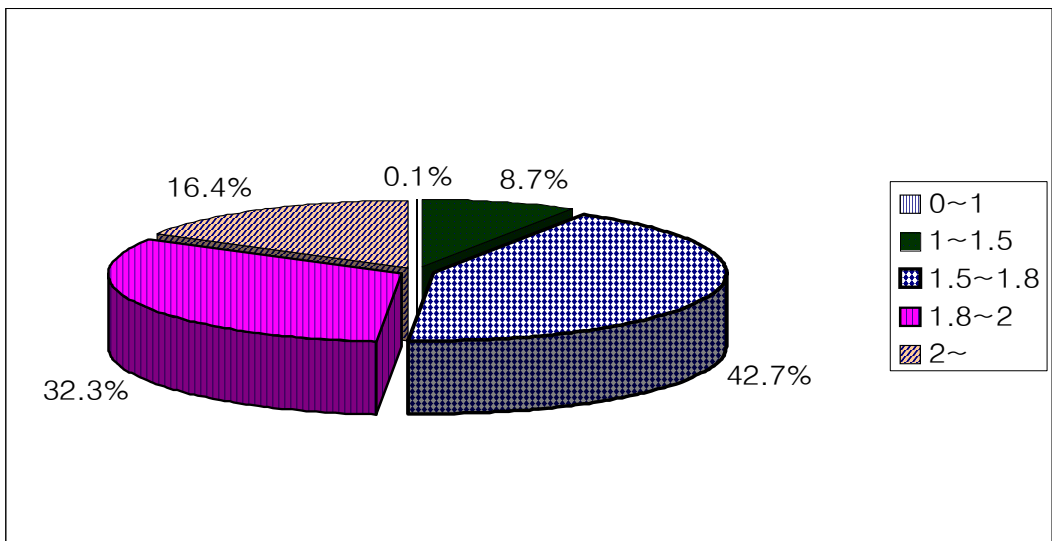


Fig. 5-3 Geometric diameter distribution of rape seed.

## 2) 파종기 및 파종

관행적으로 사용되고 있는 파종기를 이용하여 유채 파종작업의 가능성을 검토하기 위해 유채 파종에 적합할 것으로 생각되는 산파형식의 파종기 2형식과 점파형식의 파종기 1형식을 선발하였다. 그리고 파종 후 복토작업과 배수로 작업을 하기 위해 1련 복토기를 선발하였다.

### 가) 배부식 동력 입제 산파기

산파형식의 첫 번째 파종기는 배부식 동력 입제 산파기(KPB-6030DM)로서 현재 보리파종작업과 비료살포작업에 일반 농가가 보편적으로 활용하고 있는 산파기이다.

주요사양으로는 엔진 마력이 3.2ps로서 공랭식 2행정 단기통 가솔린 엔진이며 유효살포폭은 유채를 대상으로 기초시험을 한 결과 약 12.5m정도였다. 유채 파종작업은 '06년

10월 10일 실시하였으며, 파종방법은 대상 포장을 폭 방향으로 12.5m의 살포폭으로 나눈 후에 목표 파종량을 전작과 답리작에서 추천되고 있는 파종량을 근거로 600g/10a, 800g/10a 그리고 1,000g/10a로 3단계로 나누어 파종하였으며, 전체 파종면적은 0.56ha였다(방, 1983; 김, 1984). 파종량 변화는 조속레버와 배종롤러 조절 레버의 단수를 조절하여 실시하였다. 작업 시 보행속도는 1m/s 전후로 유지하였다. 그림 5-4의 왼쪽은 배부식 동력 입제산파기를 나타내고 있으며, 오른쪽에 실제 파종작업광경을 나타내고 있다.



Fig. 5-4 A broad-caster(left) and scene of broad-casting in paddy field(right).

#### 나) 승용관리기 부착 산파기

승용관리기(CFM-1200, 아세아종합기계(주)) 부착형 산파기(아세아종합기계(주))로서 주로 비료살포, 석회살포, 펠릿 살포 등 친환경 농업단지 등에 주로 이용되고 있는 살포기로서 주요사양으로는 호퍼용량이 200리터이며, 유효 살포폭은 유체를 대상으로 기초시험을 한 결과 약 8m정도였다. 유체 파종작업은 '06년 10월 10일 실시하였으며, 파종방법은 대상 포장을 8m의 살포폭으로 나눈 후에 목표 파종량을 600g/10a, 800g/10a 그리고 1,000g/10a로 3단계로 나누어 파종하였으며, 전체 파종면적은 0.45ha였다. 파종량 변화는 배종관 열림 정도 조절을 통해 실시하였다. 파종 시 승용관리기 변속기어는 저속 3단으로 설정을 하였으며 작업속도는 0.66m/s로 고정하였다. 그림 5-5의 왼쪽은 파종기의 배종롤러와 교반기 등 주변 장치를 나타내고 있으며, 오른쪽은 포장작업 광경을 나타내고 있다.



Fig. 5-5 A seed metering device(left) and scene of broad-casting in paddy field(right).

#### 다) 트랙터 부착형 점파기

점파형식의 파종기(황금파종기)는 콩, 무우, 당근, 배추 등 다양한 채소류의 파종에 널리 이용되고 있는 파종기이다. 적응성 시험을 위해 1조식 파종기 12조를 통합 연결하여 12조로 구성하였다. 파종간격은 주간 10cm, 조간 17cm, 파종폭 2m로 설정을 하였으며 파종 깊이를 2~3cm로 유지하기 위해 배출구 둘레에 1cm 두께의 스펀지 밴드를 설치하여 '06년 10월 10일에 파종작업을 실시하였다. 목표 파종량을 600g/10a, 800g/10a, 1,000g/10a으로 3단계로 설정하였으며, 종자 개수 조절기 조절을 통해서 파종량을 조절하였으며, 전체 파종면적은 0.036ha이었다.

그림 5-6은 트랙터(5320, John Deere 사) 부착형 점파기와 실제 파종작업광경을 나타내고 있다.



Fig. 5-6 A planting seeder and scene of planting in paddy field.

#### 3) 복토 및 배수로 작업

유채는 습해를 입기 싫기 때문에 논 재배의 경우 배수로 작업을 해야 하며, 무경운 산과의 경우 반드시 복토작업을 해야 하기 때문에 배수로 작업 당시 복토작업을 할 수 있는 휴립 복토기(웅진 WJG-300)를 이용하여 '06년 10월 11일에 실시하였다. 작업방법은 트랙터(5320, John Deere 사) 후미에 1련 휴립 복토기를 장착하여 산과한 포장을 대상으로 복토작업과 배수로 작업을 동시에 실시하였다. 그림 5-7은 트랙터 후미에 부착한 복토기를 이용한 복토 및 배수로 작업광경을 나타내고 있다.



Fig. 5-7 A covering device, soil covering and draining ditch work in paddy field.

#### 4) 작업정도 및 능률

작업정도는 목표 파종량 대비 실 파종량을 기준으로 평가하였으며, 조사방법 으로서는 파종 전 유체 종자 투입량과 파종 후의 종자 잔량을 측정하는 방식으로 실시 하였다. 작업능률은 초시계를 이용하여 파종작업을 시작하면서 종료될 때까지의 총 시 간을 측정하여 단위 작업면적으로 환산하여 계산하였다.

#### 5) 살포균등도

살포 균등도 조사를 위해 '06년 12월 13일에 그림 5-8과 같이 50×50cm의 틀을 만들어 틀 속에 포함된 입모수를 계산하여 단위 면적으로 환산하여 입모수를 조 사하였다. 파종방법별 변이계수 산출을 위해 각 구획 내에서 대각선 방향과 직선방향별 로 15곳을 선정하여 입모수를 조사하여 변이계수를 산출하였다.



Fig. 5-8 A investigation of seedling stand rate.

### 다. 결과 및 고찰

#### 1) 작업정도 및 능률

##### 가) 배부식 동력 입제 산파기

배부식 동력 입제 산파기를 이용하여 파종작업을 실시한 결과, 파종정밀 도에 있어서는 목표 파종량 대비 실 파종량이 표 5-1과 같이 단계별로 580, 853 그리고 973g/10a을 보여 파종오차는 -3.3~+6.6%를 보여 비교적 정밀하게 파종할 수 있을 것으로 판단되었다. 파종 작업능률은 평균 1.2분/10a을 보여 타 방식보다 능률이 좋았다. 작업성에 있어서는 소면적의 파종작업에 있어서는 문제가 없을 것으로 판단되었으나, 대규모 면적일 경우에는 장시간 동안 포장 내에서 파종장치를 깊어지고 일정한 작업속도를 유지하면서 파종작업을 해야 하는 것이 곤란할 것으로 판단되었다.

##### 나) 승용관리기 부착 산파기

승용관리기 부착 산파기를 이용하여 파종작업을 실시한 결과, 파종정밀도 에 있어서는 목표 파종량 대비 실 파종량이 표 5-1과 같이 단계별로 558, 725 그리고

1,319g/10a을 보여 파종오차는 -9.4~+31.9%를 보여 목표 파종량에 따라 큰 차이를 보였다. 파종 작업능률은 평균 3.03분/10a을 보였다. 작업성에 있어서는 작업속도와 살포 폭을 균일하게 유지할 수 있어 안정적이고 균일하게 살포할 수 있을 것으로 판단되었다. 그러나 목표 파종량 별로 파종 정밀도가 큰 차이를 보였기 때문에 이를 개선할 필요가 있을 것으로 판단되었다. 즉, 배종관의 배종홈 크기를 소립종자의 파종량 조절에 유연하게 대처할 수 있도록 기구학적인 구조변경이 필요할 것으로 판단되었다.

다) 트랙터 부착형 점파기

트랙터 부착형 점파기를 이용하여 파종작업을 실시한 결과, 파종정밀도에 있어서는 목표 파종량 대비 실 파종량이 표 5-1과 같이 목표 파종량이 1,000g/a일 때 1,983g/10a를 보여 파종오차는 +98.3%로 크게 나타났다. 이는 파종장치가 지면과 접촉하면서 파종작업이 이루어지기 때문에 포장면의 요철과 로터리 경운에 의한 기계적 진동에 의해 종자 배출량이 증가한 것으로 판단되었다. 그래서 종자 개수 조절기를 조절하여 다시 파종작업을 하려고 하였으나, 배출홈이 너무 적어져 종자배출이 용이하지 못해 이외의 목표 파종량 단계에서의 파종작업은 할 수 없었다. 1,000g/10a을 설정하여 파종작업을 했을 경우 작업능률은 14.9분/10a였으며, 타 작업방법에 비해 작업능률이 떨어졌다. 작업성에 있어서는 앞에서도 언급하였듯이 작업자가 원하는 파종량을 살포하기 위해서는 배종홈의 구조를 소립종자에 적합하도록 개량할 필요가 있을 것으로 판단되었다.

Table 5-1 Target and real seeding rate, error, capacity for each seeder.

Seeder	Target seeding rate (g/10a)	Real seeding rate (g/10a)	Error (%)	Capacity (min/10a)
Broad-caster	600	580	-3.3	1.25
	800	853	6.6	1.19
	1,000	973	-2.7	1.15
Broad-caster (Tractor attachable)	600	558	-7.0	2.98
	800	725	-9.4	2.92
	1,000	1,319	+31.9	3.20
Planter	600	-	-	-
	800	-	-	-
	1,000	1,983	98.3	14.9

2) 살포 균등도

가) 배부식 동력 입제 산파기

배부식 동력 입제 산파기를 이용하여 파종작업을 실시한 결과 살포 파종량 별로 단위면적당의 종자 입수를 천립중을 고려하여 계산한 결과, 표 5-2와 같이

140~234립/m<sup>2</sup>의 범위를 나타냈다. 그리고 실제 포장에서 입모수를 조사한 결과 80~116주/m<sup>2</sup>를 보여 입모율은 50~57%로서 낮게 나타났다. 살포 균등도를 파악하기 위해 과종량 별로 변이계수를 조사한 결과 14.0~25.3 %를 보여 비교적 균등한 결과를 보였다.

나) 승용관리기 부착 산파기

승용관리기 부착 산파기를 이용하여 과종작업을 실시한 결과 살포 과종량 별로 단위면적당의 종자 입수를 천립중을 고려하여 계산한 결과, 표 5-2와 같이 134~317립/m<sup>2</sup>의 범위를 나타냈다. 그리고 실제 포장에서 입모수를 조사한 결과 72~140주/m<sup>2</sup>를 보여 입모율은 44~66%로서 배부식 동력 입제 산파기와 비슷한 결과를 보였다. 살포 균등도를 파악하기 위해 과종량 별로 변이계수를 조사한 결과 22.3~27.7%를 보여 배부식과 비슷한 살포 균등도를 보였다.

다) 트랙터 부착형 점파기

트랙터 부착형 점파기를 이용한 과종작업을 일부 실시한 결과 단위면적당의 종자 입수를 천립중을 고려하여 계산한 결과, 표 5-2와 같이 477립/m<sup>2</sup>을 보였다. 그리고 실제 포장에서 입모수를 조사한 결과 228주/m<sup>2</sup>를 보여 입모율은 48%를 보였다. 살포 균등도를 파악하기 위해 과종량 별로 변이계수를 조사한 결과 26.7%를 보였다.

Table 5-2 Investigation result for seedling stand rate

Seeder	Real seeding rate (g/10a)	Number of seed (ea/m <sup>2</sup> )	Number of seedling stand (stock/m <sup>2</sup> )	Seedling stand rate (%)	C. V.* (%)
Broad-caster	580	140	80	57	25.3
	853	205	104	51	14.0
	973	234	116	50	25.2
Broad-caster (Tractor attachable)	558	134	72	54	22.3
	725	174	116	66	25.5
	1,319	317	140	44	27.7
Planter	1,983	477	228	48	26.7

\* C.V. : Coefficient of variation

이상과 같이 과종기계, 과종방법, 과종량 등을 변경하여 살포시험을 한 결과, 입모율은 44~66%, 변이계수는 14.0~27.7%를 보여 과종기계, 과종방법, 과종량에 따른 큰 차이를 보이지 않았다. 그러나 실내 시험에서의 유채종자 발아율이 99%인 점과 비교하면 입모율이 상대적으로 낮게 나타났다. 이 원인은 과종 시 포장 조건의 영향에 따른 것으로

로 판단되며, 무경운 산파의 경우 이러한 점을 고려하여 실 파종작업에서는 입모율 향상을 도모할 수 있는 파종상을 만드는 것이 좋을 것으로 판단되었다.

### 3) 복토기 작업정도 및 능률

트랙터 부착형 복토기를 이용하여 복토와 동시에 배수로 작업을 한 결과, 복토 작업 정도는 복토 깊이가 두둑의 좌우위치에 따라 미소한 차이가 있었으나 평균적으로 2~2.5cm를 보였으며, 복토된 흙의 쇠퇴율도 직경 2cm 이하의 흙덩이가 85%로서 일반적인 벼, 보리 등의 직파시 기준이 되는 60%보다 높아 쇠퇴상태가 매우 양호하게 나타났다. 작업능률에 있어서는 배수로 간격을 2m, 배수로 깊이 15cm, 폭 23cm로 하였을 때 작업능률은 평균 11.9분/10a을 보였다. 작업성에 있어서는 문제점이 발견되지 않았으며, 작업자가 파종된 논 토양수분과 종류에 따라 트랙터 엔진회전수 및 작업속도 등을 조절해 최적의 복토깊이와 쇠퇴율을 확보하는 것이 중요할 것으로 판단되었다.

### 라. 요약 및 결론

바이오디젤용 유채 논 재배를 위해 관행 파종기를 이용하여 유채 파종 적응성 시험을 실시한 결과 아래와 같은 결과를 얻었다.

- 파종기별 파종오차는 -9.4~+98.3%, 작업능률은 평균 1.2~14.9분/10a을 보여 기종별로 큰 차이를 보였다. 승용 관리기 부착 산파기의 배종판 홈 크기와 트랙터 부착 점파기의 배종판 홈 크기가 소립종자에 적합하지 않아 기구학적인 개량이 필요하였다.
- 파종기계, 파종방법, 파종량 등을 변경하여 포장 살포시험을 한 결과, 입모율은 44~66%, 변이계수는 14.0~27.7%를 보여 파종기계, 파종방법, 파종량에 따른 큰 차이를 보이지 않았다. 그러나 입모율이 낮아 이를 향상시킬 수 있는 파종상을 만드는 것이 중요할 것으로 판단되었다.
- 트랙터 부착형 복토기를 이용하여 복토와 동시에 배수로 작업을 한 결과, 복토 깊이는 평균 2~2.5cm를 보였으며, 복토된 흙의 쇠퇴율도 직경 2cm 이하의 흙덩이가 85% 이상으로서 양호하였다. 배수로 간격을 2m, 배수로 깊이 15cm, 폭 23cm로 하였을 때 작업능률은 평균 11.9분/10a을 보였다.

## 2. 입제 비료살포기의 유채 파종 적응성 분석

### 가. 연구목적

이(2005) 등에 의하면 유채는 쌀보리 수준에도 미치지 못하는 낮은 경제성을 지닌 작물이기 때문에 가능한 한 유채 재배에 소요되는 기계비용을 최소로 하기 위해서는 관행의 파종기를 유채에 응용할 수 있는 기술 개발이 필요하다. 따라서, 이러한 요건을 충족시킴과 동시에 유채 재배 단지는 소면적 다포장 체제이기 때문에 포장 간 이동성이 양호해야 하며, 벼 수확 후에 파종을 해야 하기 때문에 쪼이나 자갈 등의 이

물질이 있는 상황에서도 과종될 수 있어야 하며, 과종적기가 비교적 짧기 때문에 작업 능률이 좋아야 한다. 또한, 유채를 수확한 후에는 벼를 재배하는 이모작 작업체계가기 때문에 벼 이앙작업에 지장을 초래하지 않게 하기 위해 독일이나 일본과 비교하여 단위면적당 과종량을 800~1,000g/10a으로 증가시켜 밀과재배를 권장하고 있으며, 배수성을 양호하게 해 주기 위해 배수로 작업을 해야 하는 특징을 지니고 있다. 따라서 본 연구의 목적은 유채 재배의 단지화 및 생력화를 위해서는 트랙터 부착형 과종기의 도입이 필요하다고 판단되어 현재 보급되고 있는 입제 비료, 펠렛, 유기질 비료 등을 살포할 수 있는 입제 살포기를 이용한 유채 과종 가능성을 검토하고 일부 배종장치를 개량 설계·제작하여 유채 과종 성능을 분석함에 있다.

## 나. 재료 및 방법

### 1) 공시 입제 비료살포기

일반 농가에서 유채를 재배할 경우 선호하는 유채 과종장치는 보리 과종장치와 같이 쉽고 단순하게 과종할 수 있는 장치, 유채·보리 등의 작물을 복합적으로 과종할 수 있는 장치, 기존의 과종장치를 개량 활용할 수 있는 장치, 그리고 재배 면적의 집단화에 대비한 트랙터 중심의 작업체계에 부합하는 과종장치이다(Lee, 2007). 본 연구에서는 재배 면적의 집단화 작업에 적합한 트랙터 부착형 비료살포기(PS-400, ASIA Technology Co. Ltd., Korea)를 선정하였다. 선정된 비료살포기의 호퍼용량은 200L이며, 비료 유효 살포폭은 7m, 배종량은 16단계로 조절이 가능하다. 그림 5-9는 선정된 비료살포기로서 트랙터 후방에 장착된 모습이다.



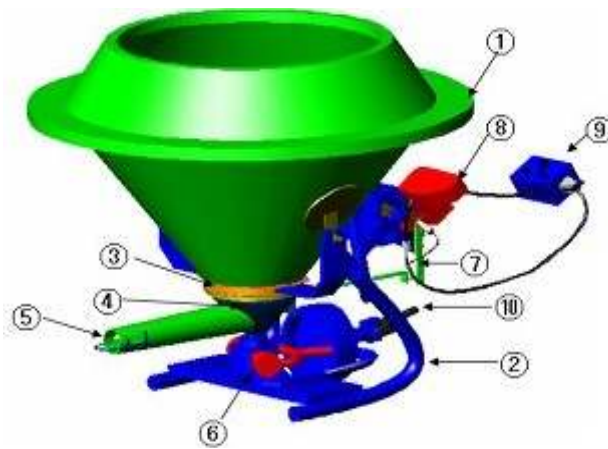
Fig. 5-9 View of a granule fertilizer applicator.

### 2) 장치구성 및 살포원리

그림 5-10은 입제 비료를 살포 할 수 있는 비료살포기로서 비료를 담을 수 있는 호퍼(1), 호퍼를 전체적으로 고정하면서 살포기를 트랙터에 탈·부착이 가능하도록 제작된 프레임 착탈부(2), 비료를 균일하게 일정량 배출해 주는 상부 배종판과 하부 배종판(3), 배종판을 통과한 비료가 외부로 낙립되지 않고 비료를 균일하게 포장에 살



포해 주는 왕복동 봄까지 유도하는 요동통(4), 살포분두(5), PTO 동력을 받아 좌·우 왕복운동하며 살포봄을 좌측으로 45°, 우측으로 45° 움직여 주게 하는 동력전달부(6), 비료 살포량을 작업자의 요구량에 맞게 조절하여 배종판을 자유자재로 조절이 가능한 작동레버(7), 작동레버를 동작시켜주는 직류모터(8), 직류모터를 제어해 주는 제어부(9) 등으로 구성되어 있다. 비료 살포 원리는 작업자가 제어부의 배종량 조절단수를 목표량에 설정하면 직류모터의 신호로 작동레버를 작동시켜 배종판을 열리게 하여 목표 배종률이 열리도록 설정한다. 설정된 배종률을 통해 비료는 자유낙하하게 되며, 자유낙하된 비료는 트랙터 PTO축으로부터 동력을 전달받은 요동통이 좌우측으로 회전하는 원심력을 받게 되어 살포분두를 통해 외부로 살포된다.



- ① : Hopper      ② : Frame      ③ : Seeding plate  
 ④ : Spout   ⑤ : Blow head   ⑥ : Power transmission equipments  
 ⑦ : Driving lever   ⑧ : DC motor   ⑨ : Controller   ⑩ : PTO

Fig. 5-10 The schematic of a granule fertilizer.

### 3) 배종판의 개량 설계 및 제작

Lee 등(2007)은 기존의 비료살포기를 승용관리기(CFM-1200, ASIA Technology Co., Korea)에 부착하여 유채 파종 적응성 시험을 실시하였다. 그러나 유채 종자의 입경이 작아 그림 5-11과 같은 입체 비료용인 기존의 배종판을 사용했을 경우 유채 재배의 권장 배종량보다 많이 배종되어 배종률의 크기를 개량해야 할 것으로 판단되었다.

유채 재배의 경우 일반적으로 파종량이 800~1,000g/10a를 권장하고 있으며 지역이나 포장상태 조건에 따라 600~1,200g/10a로 파종량을 조절하는 경우도 있다(농촌진흥청, 1999). 표 4-3과 같이 작업속도를 1.5, 2.0, 2.5m/s, 유효 살포폭을 7m, 목표 파종량 범위를 600~1,200g/10a로 했을 경우 시간당 배종량은 6.3~21g/s 범위였다. 유채 종자를 파종함에 있어서 이 범위의 배종량을 얻기 위해서는 그림 5-12와 같은 기존 입체 비료살포기 배종률 하나의 크기가 3,587mm<sup>2</sup>로 단위면적당 살포량이 많은 입체 비료를

대상으로 제작되어져 있어 배종량이 적고 입경이 작은 유채 종자에 적용하기에는 부적합하다고 판단하였다. 따라서 그림 5-13과 같이 유채 종자의 파종을 위해 소형의 직사각형 배종홈을 추가하였다. 배종홈 하나의 크기를 114mm<sup>2</sup>로 120° 간격으로 3곳에 배치하여 총 배종홈 면적을 342mm<sup>2</sup>로 제작하여 입경이 작은 유채 종자 파종기로 사용하는 데 적합하도록 하였다. 유채 파종량 조절 단수는 완전 닫힘에서 완전 열림까지 4단계로 구성하였다. 상부 배종관은 고정된 상태에서 하부 배종관 열림량을 조절하여 유채의 배종량을 조절하였다. 배종단수 1단일 때 배종홈 면적은 86mm<sup>2</sup>, 2단일 때 177mm<sup>2</sup>, 3단일 때 243mm<sup>2</sup>, 4단일 때 342mm<sup>2</sup>였다.

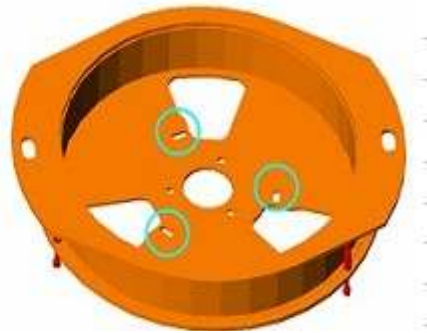


Fig. 5-11 A usual seeding plate. Fig. 5-12 A new type seeding plate.

Table 5-3 Application rate for rapeseed seeding.

Target seeding rate, g/10a	Discharge rate (g/s)		
	1.5 m/s	2.0 m/s	2.5 m/s
600	6.3	8.4	10.5
700	7.4	9.8	12.3
800	8.4	11.2	14.0
900	9.5	12.6	15.8
1,000	10.5	14.0	17.5
1,100	11.6	15.4	19.3
1,200	12.6	16.8	21.0

#### 4) 배종홈에 따른 배종량 및 살포 균등도 분석

##### 가) 배종홈에 따른 유채 종자 배종량 시험

새로 제작한 배종관을 비료살포기에 부착하여 트랙터(5320, John Deere co., USA)의 PTO에 연결하여 배종홈에 따른 배종량을 시험하였다. 공시재료는 1대 잡종인 선망으로서 바이오디젤 원료를 생산하기 위해 국내에서 재배되고 있는 종자이며 함수율은 8.2%였다. 요동통이 고속으로 움직이기 때문에 그림 5-13과 같이 배종량 측

정을 위해 유채 종자 수집장치를 가로, 세로, 높이를 각각 115 × 45 × 105cm로 제작하였다. PTO 회전수를 300, 350, 400rpm의 3수준과 배종흡을 4단계별로 30 초 동안 3회 반복하여 수집된 양의 평균을 구하여 시간당 배종량을 분석하였다. 시험순서는 종자통에 유채 종자를 20kg 이상 투입한 후에 미리 설정된 트랙터 PTO 회전수가 되도록 엔진 회전수를 조정 한 후 배종흡 단수별로 조절하여 30초 동안 살포되는 유채 종자를 수집하여 정밀저울(AX200, SHIMADZU Co., Japan)을 이용하여 무게를 측정하여 시간당 배종량을 분석하였다. 그림 5-14는 배종흡과 PTO 회전수에 따른 배종량 측정 광경을 나타내고 있다.

#### 나) 살포 균등도 시험

기존 비료살포기에 개량된 배종판을 설치하여 유채 과중 성능을 분석하였다. 조사항목은 살포유형, 좌·우 살포량비, 종·횡방향의 살포균일도 그리고 종자 손상 및 손실 등이다. 살포 균등도 시험방법은 비료살포기를 트랙터에 장착한 후 PTO축과 살포기가 일직선상을 유지하도록 하여 동적안정성을 확보하기 위해 살포높이를 85cm로 하였으며, PTO 회전수는 살포기 권장 회전수인 400rpm으로 설정한 후 작업속도와 배종단수를 변화시키면서 시험을 실시하였다. 트랙터의 주변속과 부변속의 조합으로 얻을 수 있는 0.80, 0.99, 1.31, 1.72m/s의 4단계의 작업속도와 시간당 배종량 8.2, 10.8, 14.3, 17.7g/s의 4단계로 설정한 후 살포 균등도를 시험하였다.

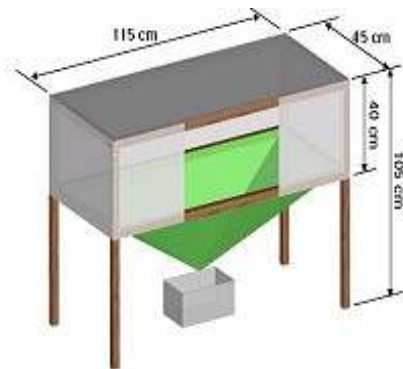


Fig. 5-13 A sampling equipments of rapeseed. Fig. 5-14 A scene of seeding test.

회전수는 살포기 권장 회전수인 400rpm으로 설정한 후 작업속도와 배종단수를 변화시키면서 시험을 실시하였다. 트랙터의 주변속과 부변속의 조합으로 얻을 수 있는 0.80, 0.99, 1.31, 1.72m/s의 4단계의 작업속도와 시간당 배종량 8.2, 10.8, 14.3, 17.7g/s의 4단계로 설정한 후 살포 균등도를 시험하였다. 그림 5-15는 입제살포기의 종·횡방향의 살포 균등도를 분석하고자 수집통(pan)을 배치한 모습으로 비료살포기가 지나가는 중앙부분을 제외하고 살포폭 방향으로 60cm 간격과 기계 진행방향으로 100cm 간격으로 6열을 배치해 총 90개의 수집통을 설치하였다. 수집통은 플라스틱 용기로서 크기가 가로, 세로, 높이가 각각 34 × 26 × 20cm였으며 유채 종자가 수집통의 바닥으로부터 튕겨나가는 것을 방지하기 위해 수집통 바닥에 두께가 0.5cm인 폴리에틸렌 재질의 완

충재를 가로 32cm, 세로 25cm로 잘라 1장씩 넣었다. 살포시험은 배종량과 작업속도를 설정한 후, PTO구동기어를 작동하여 살포 시험을 수행하였다. 살포작업이 끝나고 나면 각 수집통에 살포된 유체 종자를 수집하여 정밀저울로 각각의 무게를 측정하는 순서로 살포성능 시험은 ASAE S341.3(ASAE, 2004)의 절차에 따라 수행하였다.

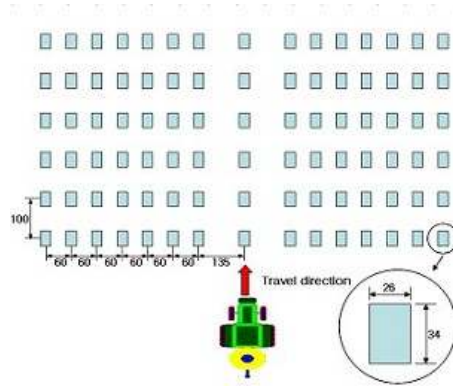


Fig. 5-15 Allocation of collection pan matrix in test (unit : cm).

#### 다. 결과 및 고찰

##### 1) 배종량 분석

그림 4-16은 배종홈 크기 4수준(86, 177, 243, 342mm<sup>2</sup>)과 PTO 회전수별(300, 350, 400rpm)로 유체 종자의 시간당 배종량을 실험한 결과를 나타낸 것이다. 배종홈 열림량 별로 시간당 배종량은 PTO 회전수에 관계없이 배종홈 86, 177, 243, 342mm<sup>2</sup>에서 각각 0.8, 7.4, 14.2, 21.1g/s로 배종되는 것을 알 수 있었으며, 표 1에서 제시되었던 목표 배종량인 6.3~21g/s 범위를 만족하였다. 그러나 작업자의 목표 파종량과 작업속도 변화에 따른 능동적인 배종량 변화를 위해서는 배종홈 조절 단수를 보다 세분화 하여 다양한 배종량을 얻어야 할 것으로 판단되었다. 배종홈 크기와 배종량과의 결정계수는 0.995로 매우 높은 상관관계를 보였으며, 배종홈 면적과 시간당 배종량의 관계를 식 (5-1)로 나타낼 수 있었다.

$$Y = 0.0806X - 6.2377 \quad (5-1)$$

Where; Y: discharge rate (g/s), X: seeding outlet area (mm<sup>2</sup>)

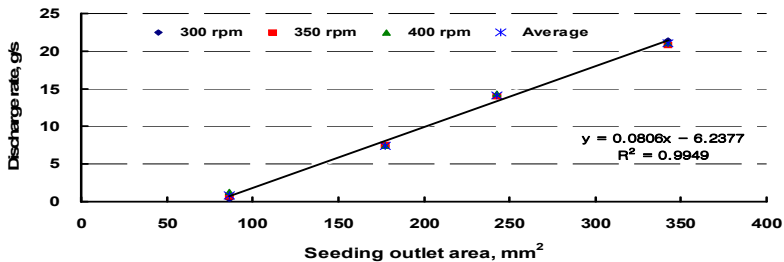


Fig. 5-16 Discharge rate by seeding outlet area.

2) 살포 균등도 분석

그림 5-17, 5-18, 5-19, 5-20은 작업속도와 시간당 배종량별 유채 종자의 살포유형을 나타낸 것이다. 각 조건별로 살포유형이 M자 형태로서 입제 비료살포기가 지나가는 중앙부분에 살포되는 유채의 양이 적게 파종됨을 알 수 있었으며, 이는 살포장치부인 요동통과 살포분두의 영향으로 판단되었다. 따라서 기존의 입제 비료살포기의 배종관만 개량 제작하여 유채 파종기로 사용하기에는 부적합 하였으며 좀 더 개량이 필요할 것으로 판단되었다. 그림 5-17은 작업속도 0.8m/s에서 배종량 17.7g/s일 때, 그림 5-18은 작업속도 0.99m/s에서 배종량 14.3g/s일 때, 그림 5-19는 작업속도 1.31m/s에서 시간당 배종량 10.8g/s일 때, 그림 5-20은 작업속도 1.72m/s에서 배종량 8.23g/s일 때의 살포유형을 나타낸 것이다. 유효살포폭 6.3m에 대해서 60cm 간격으로 종횡방향의 살포 균등도를 분석하였다. 작업속도와 시간당 배종량에 따라 살포 균등도는 변이계수를 나타내는 것으로 작업속도 0.99m/s와 배종량 7.4g/s 일때 변이계수가 70.5%로 가장 좋았고, 작업속도 1.7m/s와 배종량 21.1g/s일 때 77.7%의 살포 균등도를 보였다. 그러나 작업속도와 시간당 배종량에 대해서 변이계수가 모두 70%이상으로 유채 종자의 파종 균등도가 좋지 않음을 알 수 있었다. 또한 입제 비료살포기 진행방향의 살포 균등도는 배치한 수집통에 따라 달랐으나 작업속도와 배종량에 따라 변이계수가 7.3~47.7%의 살포 균등도를 보였다.

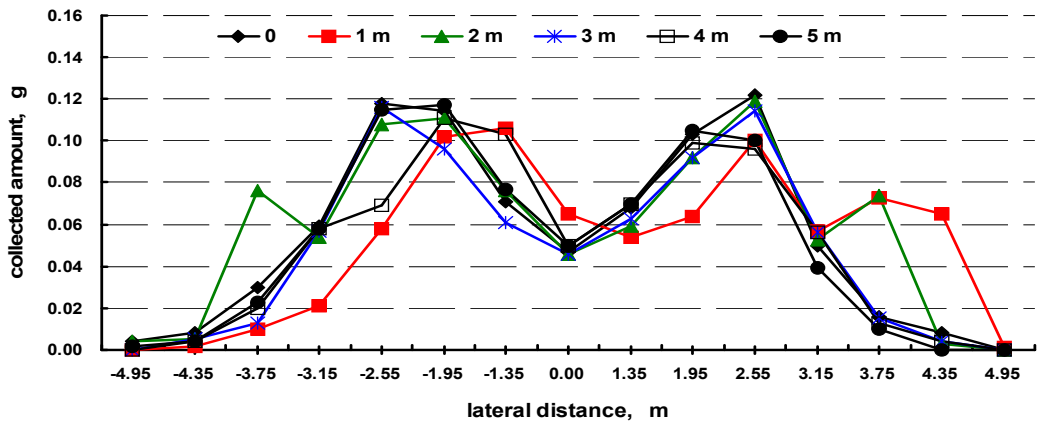


Fig. 5-17 Application patterns of lateral distance (discharge rate: 17.7 g/s, forward speed: 0.8 m/s).

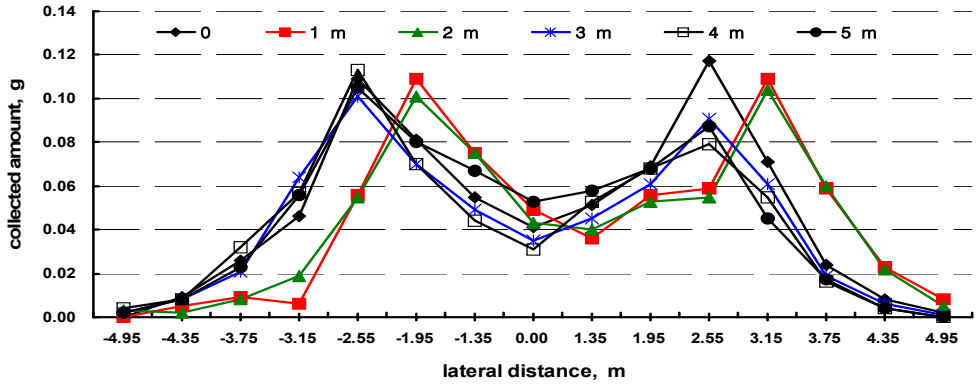


Fig. 5-18 Application patterns of lateral distance  
(discharge rate: 14.3 g/s, forward speed: 0.99 m/s).

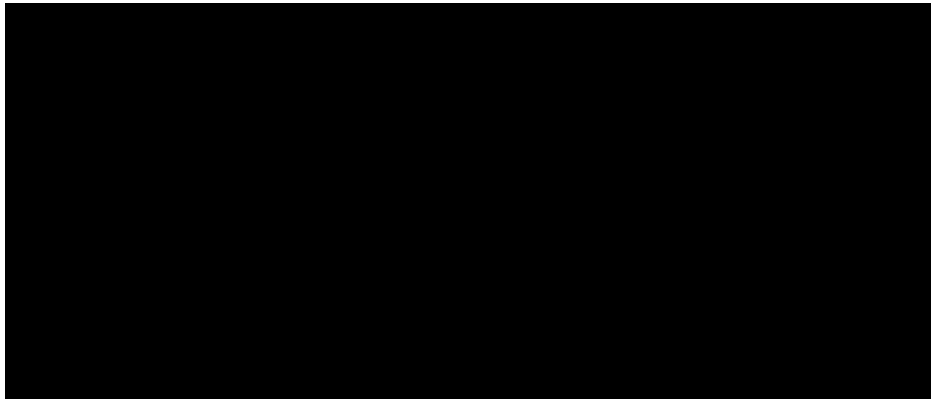


Fig. 5-19 Application patterns of lateral distance  
(discharge rate: 10.8 g/s, forward speed: 1.31 m/s).

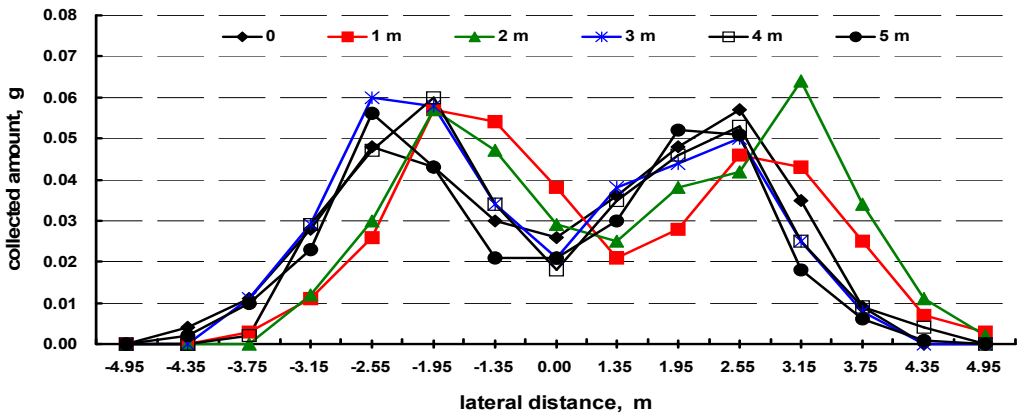


Fig. 5-20 Application patterns of lateral distance  
(discharge rate: 8.23 g/s, forward speed: 1.72 m/s).

그림 5-21은 좌·우 살포량비를 나타낸 것으로 작업속도와 배종량 조건별로 0.92~1.03 범위로 큰 차이가 없어 비교적 좌우 살포량은 정밀하게 분배되고 있는 것을 알 수 있었다. 작업속도 1.72m/s와 배종량이 8.2g/s일 때 좌·우 살포량비가 0.92로 낮은 값을 보였다.

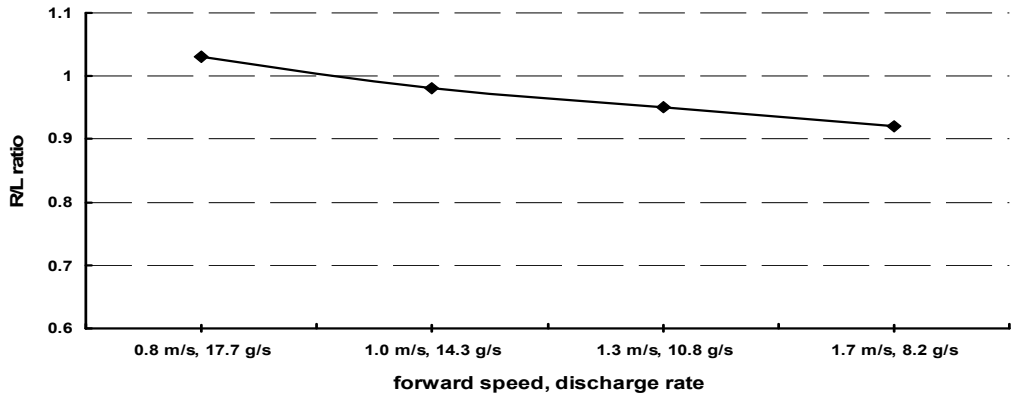


Fig. 5-21 R/L ratio by discharge rate and forward speed.

표 5-4는 작업속도와 시간당 배종량별 6.3m 살포폭 안에서 유채 종자의 파종성능인 종·횡방향 살포 균등도와 좌·우 살포량비를 평균값을 표시한 것이다.

Table 5-4 Application performance by discharge and forward speed

	Discharge rate, forward speed			
	0.8 m/s, 17.7 g/s	0.99 m/s, 14.3 g/s	1.31 m/s, 10.8 g/s	1.7 m/s, 8.23 g/s
Average				
CV*(lateral)	73.5	70.5	73.3	77.7
CV*(forward)	16.7	26.6	23.3	27.2
R/L ratio	1.03	0.98	0.95	0.92

\* : Coefficient of variation

### 3) 개량 보완점

기존 입체 비료살포기를 이용하여 유채 파종 적응성 시험 결과, 앞에서 언급한 배종량 세분화 및 살포 균등도 향상을 위한 개량 보완점 외에 2가지 개선해야 할 점이 발견되었다. 그림 5-22는 호퍼내의 비료 등을 교반시켜 주는 교반기를 구동해 주는 구동축과 축을 고정해주는 하우징을 나타내고 있다. 이 축과 하우징 사이에는 틈새를 유지하고 있는데 유채 종자가 매우 소립이기 때문에 이 틈새로 종자가 들어가 그림 5-23과 같은 손상립이 발생되었다. 따라서 본 연구에서는 간이적으로 틈새를 막아 시험을 실시하였으나 장기적으로 보았을 때 이점이 개선되어야 할 것으로 판단되었다. 또한 비료살포기의 호퍼와 배종장치의 틈새, 상부 배종관과 하부 배종관 틈새로 유채 종자의 손실이 발생하여 이를 개선할 필요가 있었다.

### 라. 요약 및 결론

국내 보급되고 있는 기존 입체 비료살포기를 유채 파종에 적용할 수 있도록 배종장치의 일부분을 개량하여 배종량과 살포 균등도를 분석하고, 실험을 통해 개선보완점을 아래와 같이 도출하였다.

- 배종장치를 유채와 같은 소립종자도 효과적으로 배종할 수 있도록 사각형상의 배종홈을 배종판 중심을 기준으로 120° 각도로 3곳에 추가적으로 설치를 하였다.
- 배종홈별로 시간당 평균 배종량은 0.8~21.1g/s 범위를 보여 권장하는 목표 배종량을 만족시켰으며, 배종단수와 배종량과의 관계는 결정계수로 0.996의 매우 높은 상관관계를 보였다.
- 살포 균등도 분석에 있어서 살포 유형이 작업속도나 배종량에 관계없이 중앙부분에 파종되는 유채 양이 적은 M자형의 살포유형을 나타내었다.



Fig. 5-22 Chink in the shaft of agitator. Fig. 5-23 View of damaged rapeseed.

- 작업속도와 배종량에 따라 살포 균등도는 작업속도 0.99 m/s와 배종량이 7.4g/s 일 때 변이계수가 70.5%로 가장 좋았고, 작업속도 1.7m/s와 배종량 21.1g/s일 때 77.7%였다. 입체 비료살포기 진행방향의 살포 균등도는 배치한 수집통에 따라 달랐으나 작업속도와 배종량에 따라 변이계수가 7.3~47.7% 범위를 보였다. 살포 균등도의 향상을 위해서는 M자형 살포유형을 나타내는 원인 분석이 선행되어야 하며, 또한 살포장치부의 개선도 고려해야 할 것으로 판단하였다.
- 비료 살포기를 이용한 유채 파종작업을 함에 있어서 개량보완점으로서 교반기 축과 축을 고정하는 하우징 사이로 유채종자가 들어가 손상되는 현상이 일어났다. 호퍼와 배종장치 사이의 틈새와 상부 배종판과 하부 배종판 사이의 틈새를 통해 유채종자의 손실이 발생되었다. 따라서 이러한 점들도 병행되어 개선해야 할 것으로 판단되었다.

### 3. 트랙터 부착형 유채 파종기 개발

#### 가. 연구목적

앞에서 기존의 입체 비료 살포용으로 사용된 비료살포기를 유채 파종기로서의 적응성을 분석하기 위해 유채 종자의 파종에 적합하도록 배종판을 개량 제작하여 살포



성능을 분석하였다. 작업속도와 시간당 배종량에 관계없이 M자형의 살포유형을 보였고, 살포균등도가 70 %이상의 큰 변이계수를 보였다. 또한, 유채 파종작업 시 호퍼내의 교반기 축과 축을 고정하는 하우징 사이로 유채종자가 들어가 손상되는 현상, 호퍼와 배종장치 사이의 틈새, 상부 배종관과 하부 배종관 사이의 틈새를 통해 유채종자가 손실되는 현상을 보였다. 따라서 기존의 입제 비료살포기의 개선 없이 유채 파종기로의 사용은 어렵다고 판단하였고, 유채 종자의 파종용으로 사용하기 위해서는 종자통의 개선과 파종장치의 요동통과 살포분두를 개선해야 할 것으로 보고하였다. 국내에서 비료 살포를 위해 사용된 입제살포기에 대한 연구사례로 시비처방지도 기반 이양 동시 변량 측조시비기(Jung 등, 2006)와 불형 공기이송 벼 담수산파기로 개발하여 살포폭 7 m를 유지하기 위하여 두 개의 원심식 송풍기를 이용하여 분두 개수가 24개를 갖춘 산파기를 개발한 연구결과는 보고되었다(Kim 등 2005). Ryu 등(2006)은 정밀농업용 입제살포기의 시작기의 개념설계에 대한 설계지침과 제작을 보고하였고, Kim 등(2006a)은 비료 살포량에 분두의 개발과 살포시스템에 대하여 살포성능을 보고한 바 있다. Kim 등(2006b)은 앞선 연구에서 벼의 기비와 분얼비, 수비를 모두 살포할 수 있게 개발된 정밀농업용 입제살포기의 주 구조를 변경하지 않고 분두의 개수를 증가시켜 살포균등도를 15 % 이내로 개선한 것을 보고하였다.

그러나, 입제비료살포기를 이용한 유채 파종에 대한 연구결과와 논 포장을 대상으로 유채의 산파작업에 관한 연구결과는 없다.

따라서, 본 연구의 목적은 전보에서 지적된 문제점들을 개선하기 위해 고속카메라를 이용한 살포기 살포분두의 유채 종자 유동현상을 정성적으로 분석하여 유채 파종에 적합한 살포분두를 설계·제작하고 동시에 유채 종자의 손상 및 손실을 유발하는 요인들을 제거해 종합적으로 유채 파종에 최적인 살포기를 제작하여 제작된 시작기를 이용한 살포 균등도 시험을 실시하여 그 효과를 분석하고 논 포장을 대상으로 유채 파종작업을 효율적으로 할 수 있는 트랙터 부착 유채 파종기를 개발함에 있다.

## 나. 재료 및 방법

### 1) 살포유형 분석

#### 가) 분석방법

입제 비료살포용으로 개발된 비료살포기를 이용하여 유채 종자를 파종작업에 적용한 결과 작업속도와 배종량에 관계없이 모두 M자형의 살포유형을 보였으며 살포균등도가 70 %이상으로 포장에 균등하게 파종되지 않음을 알 수 있었다. 따라서 입제 비료살포기를 이용하여 유채 종자의 살포유형을 분석하여 유채 파종기 개발을 위한 개선점을 얻고자 하였다. 이를 위해 그림 5-24와 같이 고속카메라(XS-4, IDT Co., USA)를 파종기 위에 설치하고, 바닥에는 흰 종이판을 배치하여 요동통 끝부분의 살포분두가 좌·우 고속 운동할 때 파종되는 유채 종자의 궤적을 촬영하였다. 촬영속도는 1 초에 1,000 프레임, 해상도는 512×512 픽셀로 설정하였으며, 배종량은 5단계, PTO 회전수는 400, 450, 500rpm으로 하여 유채 종자의 파종형태를 촬영하였다.

나) 분석결과

고속카메라를 이용하여 살포분두의 끝부분에서 유체의 파종형태를 촬영한 결과 그림 5-25와 같이 나타났으며, 이를 근거로 유체의 파종형태를 개략적으로 도식화 한 것이 그림 5-26이다. 그림 5-26에서 보는 바와 같이 유체 종자는 배중홈에서 배출되어 좌·우측 45°로 움직이는 요동통을 통과해 살포분두를 통해 포장에 살포된다. 살포분두가 좌·우측 ±45°에 위치했을 때 유체 종자가 포장으로 많은 양이 배출되어 살포유형이 M자형의 형태를 보임을 알 수 있었다. 살포분두가 좌·우측 ±45°의 위치에 있다가 반대방향인 역방향으로 전환될 때 유체 종자는 살포분두의 중앙출구가 아닌 측면출구에서 상대적으로 많은 양의 유체종자가 배출되었다. 이 유체 종자들은 그림 5-26의 살포분두 각도가 ±22.5°와 0°일 때의 살포형태를 보이며 살포기 중심쪽으로 살포되는 경향을 보였다. 그 결과, 현재 발생되고 있는 M자형 살포분포 형태의 원인은 비료살포기 중심부를 기준으로 보았을 때 측면보다 상대적으로 중앙부로의 살포량이 소량이기 때문이었다.

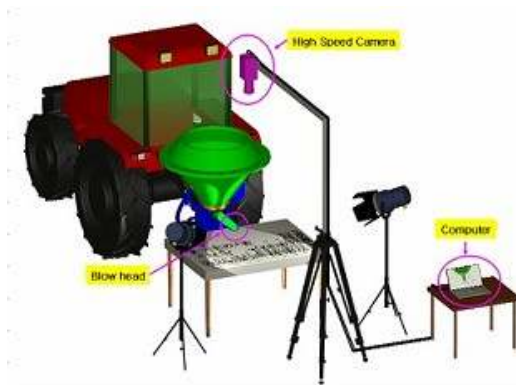


Fig. 5-24 Scene of rapeseed broadcasting test.

따라서 이러한 살포형태는 살포분두의 측면 출구 면적과 상관관계가 있다고 판단되었으며, 중앙부로의 살포량을 증대시키기 위해서는 측면 출구 면적을 확대할 필요가 있었다. 이러한 현상은 PTO 회전수 차이에 따라 영향을 받지 않고 모두 같은 경향을 보였다.

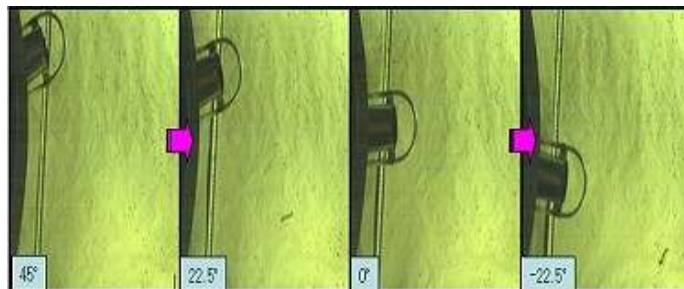


Fig. 5-25 Observation of the blow head behavior using high speed camera.

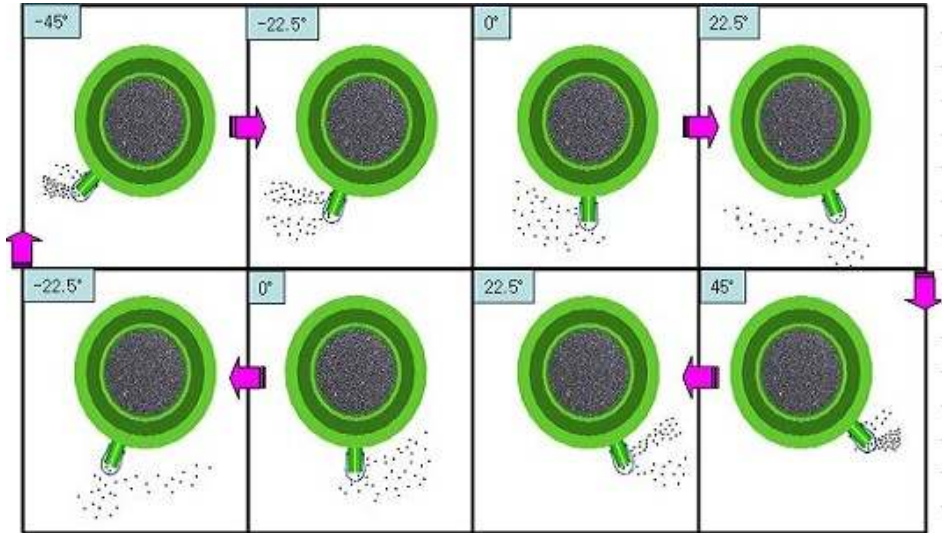


Fig. 5-26 Concept image of the blow head behavior using high speed camera.

## 2) 과종장치부 개량 설계 및 제작

### 가) 살포분두 설계 및 제작

입제의 살포방식에는 낙하식, 원심식, 송풍식 등이 있다. 원심식은 넓은 범위를 살포할 수 있으나 중첩하여 살포해야만 균등한 살포가 가능하지만 포장 내에 균등한 살포를 위해서는 포장 외에 불필요한 지역에도 비료가 살포되는 문제점이 있다 (Ryu 등, 2006). 원심식에는 입제 비료를 비산시켜 넓게 전면 살포하는 작업기로 살포 장치는 회전날개식(spinner type)과 통요동식(spout type)이 있다. 본 연구에서는 원심식의 살포방식 중에서 통요동식의 살포장치를 채택하였다. 요동통과 살포분두는 종자통의 하부에 장착되어 입제를 분산시키는 장치로써 균등한 살포형을 가진 살포장치의 이론적 설계는 매우 어렵다. 따라서 고속카메라를 이용하여 유체 종자의 과종형태를 분석한 후 살포 장치부를 개선하고자 하였다.

살포분두에 있어서 유체종자의 유동현상을 고속카메라를 이용하여 정성적으로 관찰한 결과를 통해 얻어진 살포분두 측면 출구 면적 증대를 위해 시행착오법을 거쳐 기존의 살포분두 중심 출구부 면적( $2,426\text{mm}^2$ )과 측면 출구부 면적( $266\text{mm}^2$ )의 비가 9.12대 1인 것을 중심 출구부 면적( $2,552\text{mm}^2$ )과 측면 출구부 면적( $444\text{mm}^2$ )의 비를 5.75대 1로 감소시켜 측면 출구부 면적을 확대하여 제작하였다.

### 나) 배종판의 제작 및 배종량 실험방법

앞선 연구에서 지적된 배종흙 조절단수를 보다 세분화하여 목표 배종량 범위내에서 다양한 배종량을 얻어야 할 필요성이 있어 배종판 배종흙을 그림 5-28과 같이 직사각형 형상을 L자 형상으로 변경하고,  $120^\circ$ 간격으로 3곳에 배치하여 제작하였고, 목표 과종량을 위한 배종흙 면적을 시행착오법으로 산출한 결과 완전 개방 했을 때 1개의 배종흙이  $98\text{mm}^2$ 로 3개의 배종흙 총 면적은  $294\text{mm}^2$ 이 되게 하였다. 배종흙 열

립량을 66, 180, 219, 255, 294mm<sup>2</sup>의 5단계와 PTO의 회전수 400, 450, 500rpm의 3단계별로 하여 유채 종자의 시간당 배종량을 실험하였다. 또한, 교반기 축과 하우징 사이의 틈새, 종자호퍼와 배종장치 사이의 틈새 그리고 상·하부 배종관 사이의 틈새 발생으로 인해 유채 종자 손상 및 손실이 발생되어 개선할 필요가 있었다. 따라서 교반기 축과 하우징 사이의 틈새를 아래의 그림 5-29와 같이 기존의 틈새를 열적 안정성과 내화축성이 우수하여 오일계통과 화학장치 등의 패키징으로 많이 사용되고 있는 강화 테트라 에틸렌(Reinforced Tetrafluoethylene) 재질의 O링을 사용하여 틈새를 제거하였다. 종자호퍼와 배종장치 틈새에 의한 손실방지를 위해서 기존의 고무링 대신에 실리콘을 이용하여 틈새를 제거하였다. 그리고 상·하부 배종관 틈새는 기존의 상·하부 배종관 간극을 조절할 수 없게 고정되어 있는 것을 틈새를 조절할 수 있게 하여 손실을 방지하였다.

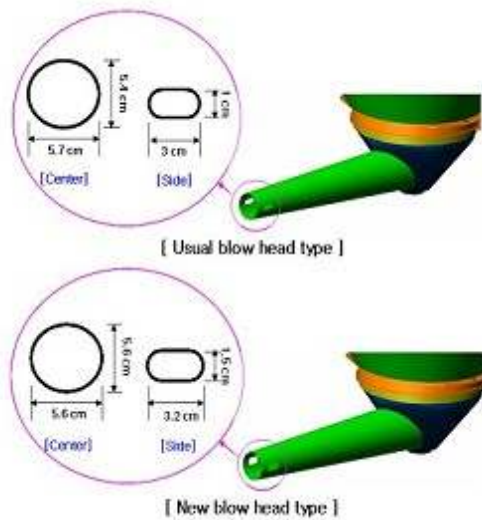


Fig. 5-27 The schematic of a usual and new blow head.

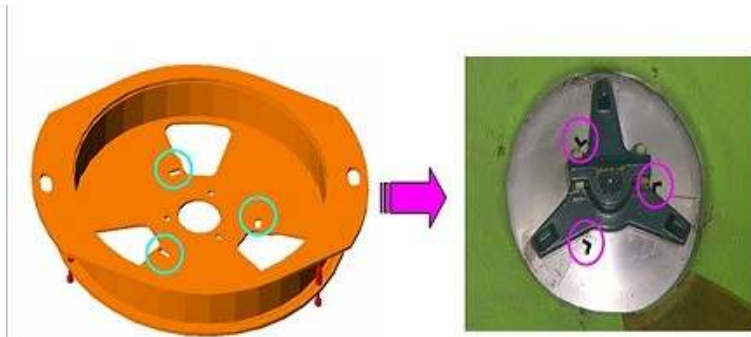


Fig. 5-28 Changing of hall shape for metering devices.

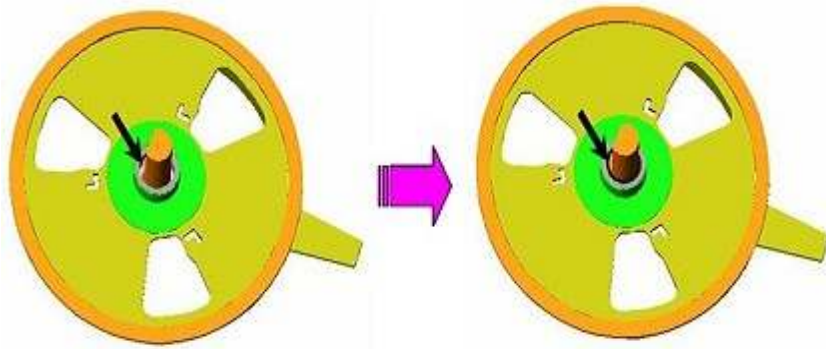


Fig. 5-29 View of metering devices.

### 3) 살포성능 분석

시작기의 유체 파종 성능시험을 위해 트랙터(5320, John Deere co., USA)의 후방에 장착하였다. 시험에 이용한 유체 품종은 1대 잡종인 선망으로서 종자 통에 유체 종자를 20kg 이상 투입 하였으며 함수율은 8.1%였다. 시작기 살포성능 분석을 위해 조사한 항목은 시작기 진행방향과 폭 방향의 살포량, 좌·우 살포량비이다. 살포 균등도는 살포높이 85cm에서 작업속도와 시간당 파종량에 따라 변이계수로 평가하였다. 시험은 PTO축 회전수를 450rpm으로 고정하고, 파종기 작업속도를 1.3, 1.7, 2.3m/s로 3단계, 배종흡 열림량을 180, 219, 294mm<sup>2</sup>로 3단계로 하여 실시하였다.

그림 5-30은 시작기 중·횡방향의 살포균등도를 분석하고자 수집통(pan)을 배치한 모습으로 시작기가 지나가는 중앙부분을 제외하고 살포폭 방향으로 50cm 간격, 기계 진행방향으로 100cm 간격으로 6열을 배치해 총 102개의 수집통을 설치하였다. 수집통은 플라스틱 용기로서 크기가 가로, 세로, 높이가 각각 34 × 26 × 20cm였으며 유체 종자가 수집통 바닥의 반발력으로 밖으로 튕겨나가는 것을 방지하기 위해 수집통 바닥에 두께가 0.5cm인 폴리에틸렌 재질의 완충재를 가로 32cm, 세로 25cm로 잘라 1장씩 설치하였다. 살포성능 실험순서는 목표 배종량과 작업속도를 설정한 후 출발과 함께 PTO구동기어를 입력하고 트랙터를 주행시켰다. 각 시험에 있어서 1회 살포만으로는 살포량이 적어 무게측정에 미소한 오차발생이 예상되어 4회 반복 살포를 하였다. 살포작업이 끝나고 나면 각 수집통에 살포된 유체 종자를 수집하여 정밀저울(AX200, SHIMADZU, Japan)로 각각의 무게를 측정하였고, ASAE S341.3(ASAE, 2004)의 절차에 따라 수행하였다. 또한, 유체 종자의 파종실험 후 수집통에 수집된 양을 바탕으로 포장 내의 파종 형태를 입체적으로 가시화하기 위해 등고선 지도작성과 3차원 입체화 프로그램인 Surfer(Golden software Co., Ver 8.0, U.S.A)를 이용하였다.

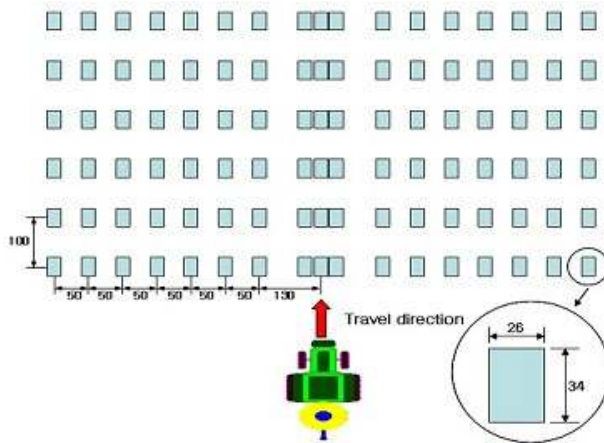


Fig. 5-30 Allocation of collection pan matrix in test(unit : cm).

다. 결과 및 고찰

1) 배종량 분석

그림 5-31은 배종홈 크기 5수준(66, 180, 219, 255, 294mm<sup>2</sup>)과 PTO 회전수 별( 400, 450, 500rpm)로 유채 종자의 시간당 배종량을 실험한 결과를 나타낸 것이다. 배종홈 크기와 시간당 배종량과는 결정계수로 0.988을 보여 매우 높은 상관관계를 보였으며, PTO 회전수에 관계없이 배종홈에 따라 유채 종자의 배종량은 일정하게 나오고 있음을 알 수 있었다. 배종홈 면적과 시간당 배종량의 관계를 식(5-2)와 같이 나타낼 수 있었다. 권장 과종량 600~1,200g/10a에서 작업속도와 살포폭을 고려한 시간당 과종량은 6.3~21g/s로 배종홈을 L자형으로 개선한 후에는 4.2~19.8g/s로 권장 과종량에 적합하게 배종됨을 알 수 있었다.

$$Y = 0.068X - 0.096 \quad (5-2)$$

Where; Y: Discharge rate (g/s), X: Seeding outlet area (mm<sup>2</sup>)

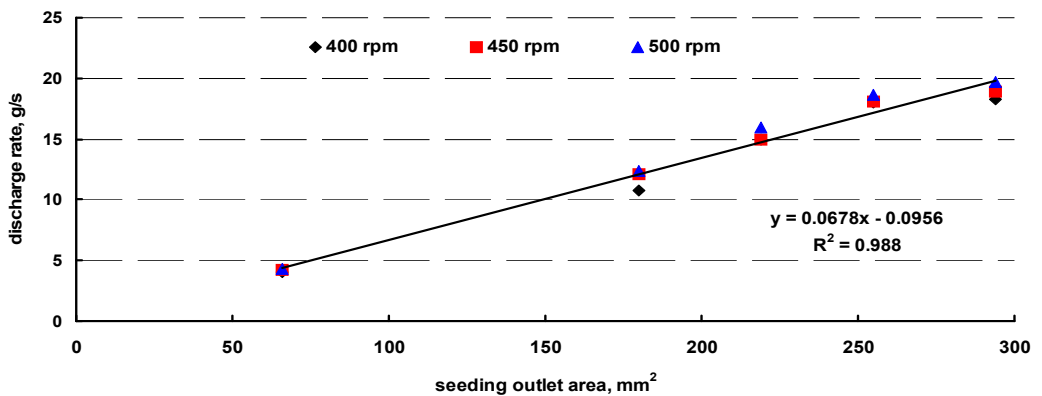


Fig. 5-31 Discharge rate by seeding outlet area.

## 2) 살포균등도 분석

그림 5-32는 작업속도 1.3, 1.7, 2.3m/s의 3수준과 파종율 12.1, 15.0, 19.0g/s의 조건별로 유채 종자를 살포하였을 때의 살포유형을 나타낸 것이다. 5.6m의 살포폭에서는 균등한 살포가 됨을 볼 수 있었다. 그림 5-33에서는 살포폭 5.6, 6.6, 7.6m에 대해서 살포균등도를 정도를 평가하는 변이계수를 나타낸 것으로 7.6m의 살포폭에서는 변이계수가 30% 이상의 값을 나타냈고, 6.6m에서는 20% 이하를 보였으며, 작업속도 1.3m/s와 파종율 19.0g/s일 때 변이계수가 16.5%로 가장 좋은 살포균등도를 보였다. 기존의 입체 비료살포기를 이용하여 유채 종자를 파종할 때 작업속도와 파종율에 따라 변이계수가 대부분이 70% 이상의 값을 보였으나, 개선된 유채 파종장치는 전체적으로 변이계수가 20% 이하로 양호하였다.

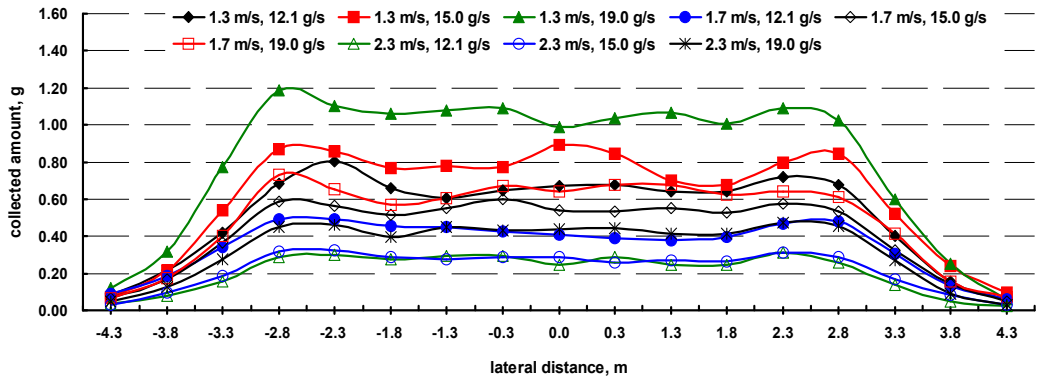


Fig. 5-32 Application patterns by forward speeds and seeding rates.

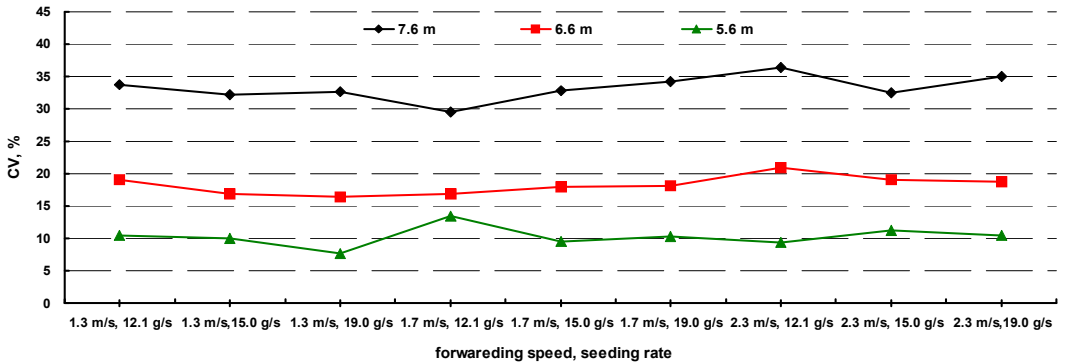


Fig. 5-33 Coefficient variation values by forward speeds and seeding rates.

그림 5-34은 유채 파종기 진행방향의 살포균등도를 나타내는 것으로 배치한 수집통에 따라 달랐으나 파종율에 따라 평균적인 변이계수가 10%이내의 값을 보였다. 각 파종율에서 수집통 배열 위치에 따라 변이계수는 작업속도와 파종율에 따라 변이계수가 2.8~20.2%였다.

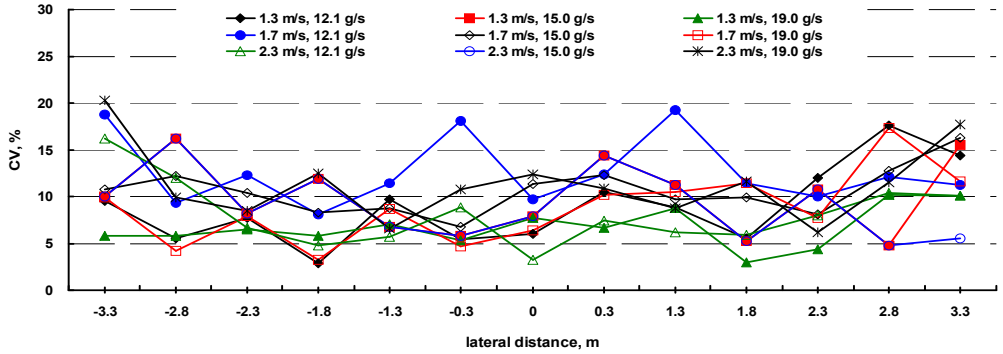
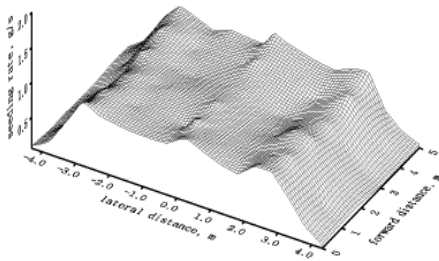
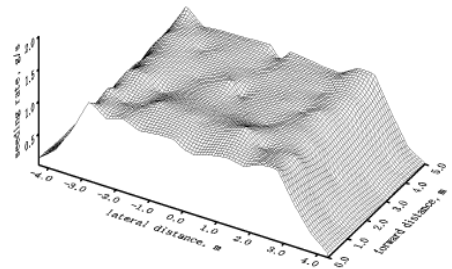


Fig. 5-34 Coefficient variation values along forwarding direction by forward speeds and seeding rates.

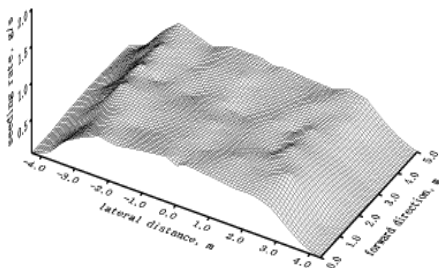
그림 5-35는 파종율과 작업속도에 대해서  $8.6 \times 5.0\text{m}$ 의 크기의 포장에 파종되는 형태를 입체적으로 가시화 해 보았다. 그림 5-35-(a)와 (b)는 작업속도 1.3m/s에서 파종율 15.0g/s와 19.0g/s의 파종 형태를 모습이며, (c)와 (d)는 1.7, 2.3m/s 작업속도에서 15.0, 12.1g/s에서의 파종 형태의 모습이다. 그 결과 실제 유체 파종 형태의 공간적 변동을 시각적으로 잘 표현할 수 있었으며 파종형태가 잘 반영된 입체적 가시화 지도를 획득하였다.



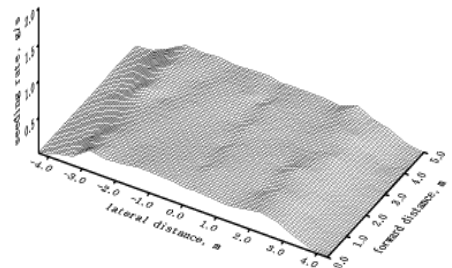
(a) 15.0 g/s of seeding rate, 1.3 m/s of forwarding speed



(b) 19.0 g/s of seeding rate, 1.3 m/s of forwarding speed



(c) 15.0 g/s of seeding rate, 1.7 m/s of forwarding speed



(d) 12.1 g/s of seeding rate, 2.3 m/s of forwarding speed

Fig. 5-35 Application distribution drawn by Surfer 3D using the collected data from the pan matrix.



### 3) 중첩 파종 분석

그림 5-36은 유효 살포폭 7.0m로 하여 각각의 작업속도와 파종율에 따른 살포유형을 바탕으로 화살표 방향으로 유채 파종장치를 주행하면서 파종 작업을 실시하였다고 가정하여 중첩 파종을 분석하였다. 중첩 파종에 의한 평균적인 변이계수가 10% 이하의 값을 보여 중첩 파종 작업이 1회 파종 작업보다 살포 균등도가 더 좋아짐을 알 수 있었다. 작업속도 1.3m/s와 파종율 19.0g/s에서는 변이계수가 5.2%였고, 2.3m/s의 작업속도와 파종율 12.1g/s에서는 10.0%의 살포 균등도를 보였다.

우리나라의 경우 경지정리가 된 필지는 폭이 30m, 40m, 50m, 100m 이므로 살포폭은 5m나 10m 가 적당하나(Ryu 등, 2006), 개발한 트랙터 부착용 유채 파종기의 유효 살포폭을 7.0m로 논 재배에 사용하여도 좋을 것으로 판단하였다.

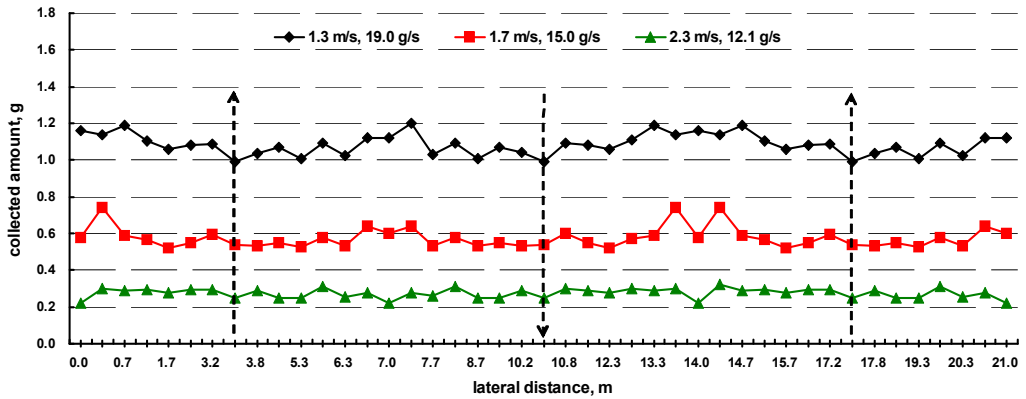


Fig. 5-36 Application patterns according to superposition application.

그림 5-37은 개발된 유채 파종기의 좌·우 살포량 비를 나타내는 것으로 작업속도와 파종율에 따라 0.89~1.0으로 좌·우 살포량이 정확하게 파종됨을 알 수 있었다. 작업속도 1. m/s와 파종율 12.1g/s에서 가장 낮은 0.89 값을 보였다.

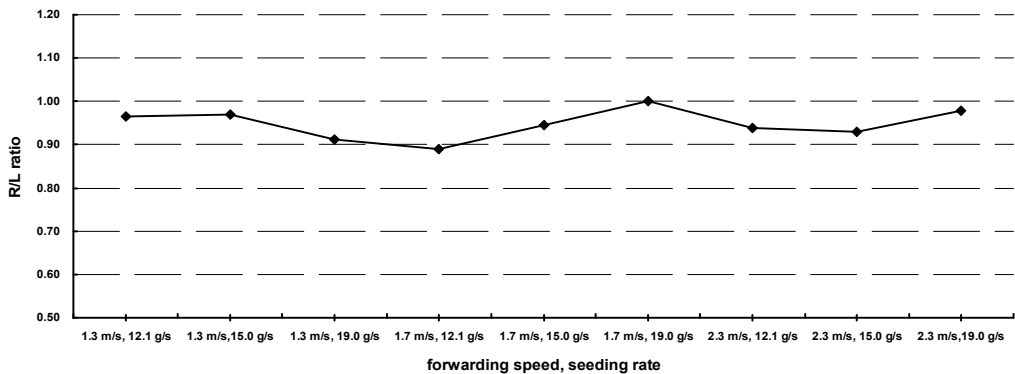


Fig. 5-37 Right/left ratio by forward speeds and discharge rates.

4) 경제성 분석

표 5-5는 시작기를 이용한 유채 파종기와 관행 파종방법과의 경제성을 비교하였다. 그 결과, 시작기를 이용한 파종방법이 작업성능에 있어서는 인력에 비해 10배 능률적이었으며 37%의 비용절감 효과가 있는 것으로 나타났다.

Table 5-5 Analysis of economic viability

구 분	시작기		관행 (인력)
	트랙터(40마력)	유채파종기	
구입가격(원)	13,370,000	1,500,000	-
내구년수(년)	8	5	-
연간 사용시간(시간/년)	250	33	-
연간고정비 (원/년)	감가상각비	1,671,250	300,000
	수리비	802,200	90,000
	이자	334,250	37,500
	소계	2,807,700	427,500
시간당 고정비(원/시간)	11,231	12,955	-
시간당 변동비(원/시간)	유류비	-	5,047
	인건비	-	15,838
	소계	-	20,885
시간당 비용(원/시간)	-	45,070	7,660
작업성능(시간/ha)	-	0.3	2.8
소요경비(원/ha)		13,521	21,447
비 율(%)		63	100

※ 이자율 : 5%, 폐기가격 : 구입가의 0%, 수리비 : 6%  
 임금 : 여자 40,919, 남자 61,278 원/일('07년 농협조사월보 9월까지 평균)

라. 요약 및 결론

바이오디젤 원료용 유채 파종을 위해 기존의 입제 비료살포기를 개량하여 유채 파종기를 개발하고 그 파종성능을 분석한 결과, 아래와 같은 결론을 도출하였다.

배종흙 크기와 시간당 배종량과는 결정계수로 0.988로서 높은 상관관계를 보였다. 배종흙 면적과 시간당 배종량을 관계식을 구하였다.

작업속도와 파종율에 따라 살포폭 5.6, 6.6, 7.6m에 대해서 살포균등도를 분석한 결과, 살포폭을 6.6m에서 변이계수가 모두 20% 이하를 보였으며, 작업속도 1.3m/s와 파종율 19.0g/s 일때 16.5%로 가장 좋은 살포 균등도를 보였다. 이 결과를 바탕으로 살포

폭 7m로 하여 중첩살포를 분석을 실시한 결과, 평균적인 변이계수가 10% 이하의 값을 보여 유효 살포폭은 7m로 하는 것이 적절할 것으로 판단되었다. 좌·우 살포량 비는 0.89~1.0 범위를 보였다. 시작기를 이용한 파종방법이 작업성능에 있어서는 인력에 비해 10배 능률적이었으며 37%의 비용절감 효과가 있는 것으로 나타났다.

## 참고문헌

1. AMAZONE. 2006. Intelligent arable crop production.
2. ASAE Standards, 47th Ed. 2004. S341.3: Procedure for Measuring Distribution Uniformity and Calibrating Granular Broadcast Spreaders. St. Joseph, MI: ASAE.
3. Jung, I. G., S. O. Chung, J. H. Sung and C. K. Lee. 2006. Development of Map-based Variable-rate Applicator. Proceeding of the KSAM 2006 Summer Conference 11(2):345-348.
4. Ken Taniwaki. 2006. Production of rapeseed and biodiesel. JSAM 68(3) : 9~12
5. Kim, Y. J., H. J. Kim, M. Seo and J. Y. Rhee. 2006a. Development of variable rate granule applicator for environment-friendly precision agriculture(II)- development of pneumatic fertilizer blow head and its application uniformity -. Journal of Biosystems Engineering 31(6):474-481. (In Korean)
6. Kim, Y. J., H. J. Kim, M. Seo and J. Y. Rhee. 2006b. Development of variable rate granule applicator for environment-friendly precision agriculture(III)- analysis of pneumatic conveying system and improvement of fertilizer application uniformity-. Journal of Biosystems Engineering 31(6):482-488. (In Korean)
7. Kim, C. K., J. Y. Kim, S. H. Park, D. K. Choi and T. Y. Kwak. 벼 담수산과기 개량 연구. 2005. 농업공학 시험연구 보고서. 149-157.
8. Lee, C. K. 2007a. The status of rapeseed cultivation machinery technology for biodiesel in korea. Journal of Biosystems Engineering 32(5):363-369. (In Korean)
9. Ryu, K. H., Y. J. Kim, S. I. Cho and J. Y. Rhee. 2006. Development of variable rate granule applicator for environment-friendly precision agriculture( I )- concept design of variable rate pneumatic granule applicator and manufacture of prototype. Journal of Biosystems Engineering 31(4):305-314. (In Korean)
10. Stephan Friedrich. 2006. A world wide review of the commercial production of biodiesel, A technological, economic and ecological investigation based on case studies. Institut Fur Technologie Und Nachhaltiges Produktmanagement.
11. 김상곤, 방진기, 권병선, 배상목, 정동수. 1984. 유채 직파재배 파종적량 시험. 농촌진흥청 시험연구보고서. 분류번호 작재-작시-목포-9.
12. 농촌진흥청. 1999. 표준영농교본
13. 방진기, 권병선, 정동수, 배상목. 1983. 유채 1대 잡종 답리작 기계화 직파 파종 방법

시험. 농촌진흥청 시험연구보고서. 분류번호 작재-작시-목포-11.

14. 시부야 외 2인. 2006. 자농경용 에너지 이용을 위한 유채 기계화 생산기술 체계화 (제 1보), 농업환경공학관련학회 2006년 합동대회 논문집 pp : 76
15. 이상호, 2005, 산업용 원료(바이오에너지)로 사용가능한 농작물의 경제성 분석 및 정책적 지원방안 연구
16. 주경노, 김진영, 정성근. 1986. 유채파종기 개발 시험. 농촌진흥청 시험연구보고서. 분류 번호 : 농기계-농기계-재기-06.

## 제 4절 유채 콤바인 개발

### 1. 보통형 콤바인 부착용 유채 예취장치 개발

#### 가. 연구목적

바이오디젤 원료인 유채의 안정적이고 지속적 생산을 위해서는 파종, 시비, 방제 그리고 수확 등의 재배기술 확립과 생산비 절감 및 경쟁력 제고를 위한 생력기계화 기술 개발이 요구되고 있다. 유채 수확은 바이오디젤용 고품질의 원료 확보와 원활한 후속작물 재배를 위해서 기계를 이용한 적기수확이 필수적 요소 중의 하나이다.

유채 수확 방법은 크게 두 가지 형태로 첫 번째 방식은 직접 수확 방식 즉, 예취부터 배출작업을 콤바인을 이용하여 일괄적으로 수확하는 방법이며, 두 번째 방식은 완숙기 7~14일 전에 트랙터 부착용 예취기 또는 유사 장치를 이용하여 미리 예취를 한 후 포장에서 건조와 완숙 과정을 거쳐 콤바인을 이용하여 탈곡 및 배출하는 수확방식이다. 첫 번째 방식은 수확작업에 있어서 작업시간과 공정이 단축되어 작업효율이 높은 장점이 있는 반면 유채 이삭 상하간의 완숙차이가 다소 발생할 수 있는 단점이 있다. 두 번째 방식은 종실의 완숙도 및 균일도를 향상시켜 고품질의 유채를 확보할 수 있다는 장점이 있지만 수확작업에 노력이 많이 소요되고 예취 후에 포장에서 건조와 완숙과정을 거쳐야 하기 때문에 수확 시기가 다소 길어지고 중간에 비를 맞게 되면 수발아 현상이 발생되어 손실이 많은 단점이 있다.

독일에서의 유채 수확 방법은 주로 직접 수확 방식으로서 보리, 밀, 옥수수 등을 수확하는 대형 콤바인에 유채 수확에 맞도록 개량된 예취부를 장착하여 기계수확 작업을 하고 있다. 그러나, 이러한 기계들은 밭 포장을 대상으로 조방농업에 맞도록 대형으로 개발되어 이용되고 있어 우리나라의 논 포장의 구획 크기, 차량 운반을 위한 도로 여건, 그리고 포장간 이동을 위한 논 두렁 및 농로 조건 등을 고려한 장치 개발이 필요하다(Lee, 2007).

일본에서의 유채 수확방법도 주로 직접 수확 방식으로서 콩 콤바인을 이용하여 기계수확 작업을 실시하고 있다. 콩 콤바인의 경우는 유채 줄기와 깎지 등이 전량 탈곡통에 투입되기 때문에 탈곡통 길이가 보통형 콤바인에 비해 짧아 미 탈립된 종실의 손실이 많다. 또한, 중앙농업연구센터에서는 유채 수확작업의 비용절감을 위해 콩 콤바인보다 자탈형 콤바인을 이용한 수확작업의 가능성을 검토해 몇 가지 요건을 만족시킬 경우 자탈형 콤바인으로 수확도 가능하다고 보고 하였다. 즉, 수확 시에 유채의 줄기와 줄기의 엉키는 현상을 줄이기 위해 조파방식의 파종을 할 것, 유채를 콤바인의 탈곡통에서 잘 탈곡될 수 있도록 유도하기 위해서는 밀식재배를 하여 이삭길이를 짧게 할 것 그리고 수확 시기를 적기보다 조금 빨리 하여 예취부 손실을 적게 할 것 등이었다(Taniwaki, 2006; Lee, 2007). 그러나 이러한 방법은 조파 파종작업에 따른 노력증가, 작물생장을 인위적으로 제어해야 하는 어려움 그리고 수확 시기를 적기보다 빨리 수확함으로써 착유수율이 낮아지며, 고함수율 상태에서 수확작업을 하기 때문에 미 탈부립 및 협잡물 발생량이 증대하여 건조 중 건조기 내부의 타공망을 막아 건조효율을 저하시키며, 정선과정이 필요한 점 등이 지적되고 있다(시부야, 2006).

본 연구에서는 우리나라의 농업여건을 고려하여 첫 번째 방식을 채택하여 장치개발을 추진하였다. 즉, 우리나라에서는 바이오디젤 원료용 유채를 생산하기 위해 유채 재배 규모를 대규모·단지화 할 예정으로 있다는 점, 유채 수확적기가 약 10일간으로서 아주 짧다는 점, 보리 수확 시기와 겹치며 수확 시기가 늦어질 경우 장마와 겹칠 수 있다는 점, 이모작으로 벼 이앙이 실시된다는 점, 소 면적·다포장이라는 점 등을 종합적으로 고려하여 장치 개발을 수행하였다(농촌진흥청, 2006;농림부, 2007).

또한 이(2005) 등에 의하면 유채는 쌀보리 수준에도 미치지 못하는 낮은 경제성을 지닌 작물이기 때문에 유채 재배에 소요되는 기계비용을 최소로 하기 위해서 관행의 보리, 콩 등의 수확에 이용되고 있는 수확기를 유채에 응용할 수 있는 기술 개발이 요구되고 있다. 즉, 독일이나 일본과 달리 콩과 보리 작업 시 측면 예취날 작동을 정지시킬 수 있는 기능과 신속한 탈부착이 가능한 구조, 도복한 보리를 수확하고자 할 때 인기할 수 있는 인기가이드의 부착, 콩 수확 작업 시 예취손실 절감을 위한 예취부 손실 방지판 등의 기능이 부가되어야 한다.

따라서 본 연구의 목적은 현재 국내에 보리와 콩 등을 수확하기 위해 보급되고 있는 관행의 보통형 콤바인에 장착이 가능한 유채 예취장치의 개념을 설계하고 시작기의 개발함에 있다.

## 나. 재료 및 방법

### 1) 설계목표

국내에 바이오디젤 원료용으로 재배되고 있는 유채는 수확 시기가 6월 중순경으로 수확기간이 타 작물과 비교해 10일 정도로 매우 짧기 때문에 작업성능이 뛰어나고 유채 생산에 있어서 농기계 투입에 따른 소요비용을 최소화하기 위해 관행의 보통형 콤바인에 장착이 용이하게 유채 예취장치의 개발을 목표로 하였다.

### 2) 설계지침

유채는 초장이 길고, 주경이 굵으며, 수확 시기에 있어서 개체 간 엉키는 현상이 심하며, 탈립성이 높고, 씨가 둥글고 작고 가벼운 물리적 특징을 지니고 있다. 유채 예취장치 설계를 위하여 이러한 물리적 특징과 우리나라의 농업환경을 고려하여 다음과 같은 설계 지침을 도출하였다.

- 유채 예취장치의 구성은 국내에 보급되고 있는 보통형 콤바인(CT-2100A)을 본체로 이용하며 예취부만 유채수확에 적합하도록 하여 개발비를 줄이고 저비용 고효능 작업성능을 갖추어야 한다.
- 유채는 수확 시에 콤바인의 예취작용에 따른 충격과 예취부의 회전력과 유채의 접촉에 의해 유채 종실의 지면 낙립을 최소화하기 위한 광폭형 저판이 구비되어야 한다.
- 유채는 보리나 밀 등과 비교해 수확 시기에 있어서 줄기가 목질화 되며, 주경이 굵

기 때문에 일반 작동칼날과 고정칼날로 구성된 예취칼날의 경우 날과 날 사이에 주경이 끼여 날이 상하로 벌어지는 현상이 우려되기 때문에 이를 최소화하기 위해 핑거형 예취날이 구비되어야 한다.

- 유채는 수확 시에 유채 개체간의 줄기 엉키는 현상이 심하여 관행의 예취부를 활용할 경우 많은 손실이 발생되기 때문에 유채줄기 엉키는 현상을 강제적으로 절단하여 작업효율을 증진시킬 수 있는 측면 예취날이 구비되어야 한다.
- 유채 예취장치의 구성요소인 핑거형 예취날과 측면 예취날의 구동방식은 보통형 콤바인의 본체에서 구동원을 제공받아야 하며, 광폭형 저판을 장착하였더라도 작업성능에는 차이가 없어야 한다.
- 유채 예취장치를 보통형 콤바인의 예취부에 적용했을 때 차량에 의한 운반, 농로 및 논두렁 이동성이 양호해야 하며, 정적 횡전도각 등에 있어서 안전성이 확보되어야 한다.

### 3) 시작기 설계 및 제작

유채 예취장치의 설계 수준은 다음과 같았다. 먼저, 유채 예취장치를 장착할 보통형 콤바인의 예취부를 제외한 본체를 선정하고, 유채 예취장치의 구성요소인 광폭형 저판, 핑거형 예취날, 측면 예취날 그리고 구동장치 등의 사양을 수확 시기 유채의 물리적 특성을 바탕으로 설계하였다. 시작기는 공동연구업체인 (주)아세아텍에서 제작되었다. 제작된 시작기를 보통형 콤바인의 본체에 장착하여 실시한 포장성능시험 결과는 추후 논문에 상세히 보고될 것이며, 여기서는 제원을 구하였다. 측정된 항목은 유채 예취장치 장착 후 전체중량변화, 좌·우 중량비, 전·후 중량비, 정적 횡전도각 그리고 기본적인 치수 등이었다. 그림 5-38은 농업공학연구소 내에 보유중인 중량측정기와 전도각 시험장치를 이용한 시작기의 중량 및 정적 횡전도각을 측정하는 모습이다.



Fig. 5-38 Measurement of weight and static turn-over angle.

다. 결과 및 고찰

1) 본체 선정

보통형 콤바인을 이용하여 유채 수확작업의 적응성을 검토하기 위해 유채 수확에 적합할 것으로 판단되는 보통형 콤바인(CT-2100A, 아세아텍)을 선정하였다. 그 이유는 이(2007)의 보고에 의하면 4조 자탈형 콤바인을 이용한 유채 수확작업을 실시할 경우, 유채 줄기 영키는 현상과 단위시간당 유량증가에 따라 예취부에서 탈곡부로의 이송불량 및 탈곡부로의 공급불량 등의 현상이 발생하여 유채 수확작업이 불가능했기 때문이다. 그리고, 본 콤바인은 현재 보리·콩 등을 수확하는데 많이 이용하고 있으며 국내에 약 700여대가 보급되어 있다(Lee, 2007). 그러나 1976년대 700,000ha 이상에 도달했던 보리 총 재배 면적이 현재는 60,000 ha 미만으로 감소하면서 콤바인의 이용률이 줄어들고 있다. 따라서 본 콤바인의 활용도 제고 및 유채 재배 시 수확비용 절감 측면에서 기존 콤바인을 이용하는 것이 효율적이라 판단되었다. 엔진은 4 사이클 디젤엔진으로서 출력은 51 kW이다. 예취폭은 2.1 m이며, 보리 수확 시 작업능률은 15 분/10a 정도이며, 곡물탱크 용량은 1,200 L이다. 수확작업 순서는 그림 5-39에서 보는 바와 같이 예취, 이송, 탈곡, 재처리(환원), 이송 작용에 의해 곡물 저장통에 수확물이 저장되며 최종적으로 배출오거를 통해서 수확물을 배출하게 된다. 주요구조는 그림 5-40에서 보는 바와 같이 예취부, 이송부, 탈곡부, 선별부, 곡물 저장통, 주행부 그리고 엔진 등으로 구성되어 있으며, 수확물의 내부 유동은 표시된 것과 같다. 표 5-5는 콤바인의 주요사양을 나타내고 있다.

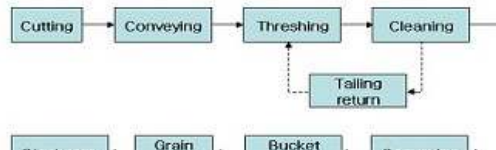
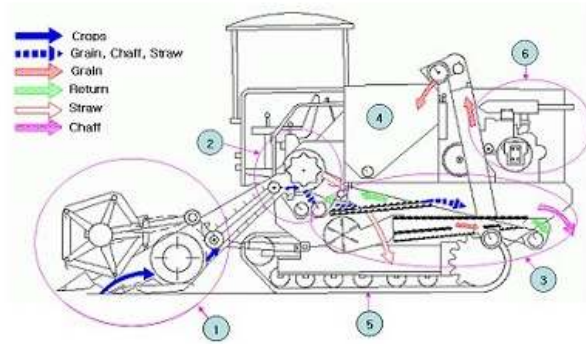


Fig. 5-39 Schematic diagram of grain flow in combine.



① : Reaping parts ② : Threshing parts ③ : Cleaning part ④ : Grain tank  
⑤ : Traveling parts ⑥ : Engine parts

Fig. 5-40 Conventional combine and flow of harvested crop.



Table 5-6 Specifications of the conventional combine used in the study

Model No.	CT-2100A		
Dimension	Length (mm)	6,100	
	Width (mm)	2,450	
	Height (mm)	2,950	
	Weight (kg)	4,501	
Engine	Model	DAEWOO DB33	
	Type	4 cycle, 4 cylinders	
	Displacement (cm <sup>3</sup> )	3,268	
	Power (kW)/Speed (rpm)	51/3,000	
Transmission	Center distance of crawler (mm)	1,350	
	Width of crawler (mm)	450	
	Length of ground contact (mm)	1,770	
	Average pressure of ground contact (kPa)	23	
	Speed change type	2 lever, HST	
	Travelling speed (m/s)	Forward Reverse	0~2.8 0~2.8
Reaping parts	Reaping width (mm)	2,100	
Threshing parts	Threshing drum	Diameter×width (mm)	450×1,800
		Speed (rpm)	500~1281
Grain tank capacity (L)	1,200		

## 2) 유채 예취장치

### 가) 광폭형 저판

유채 수확 작업 시 회전릴과 유채의 접촉에 의한 종실 낙립을 최소화하기 위해서는 예취된 유채를 1차적으로 저판위에 올려놓고 플랫폼 오거쪽으로 이송시키는 것이 필요하다. 이를 위해서는 광폭형 저판이 필요한데 본 연구에서는 가로 2.1m, 세로 0.7m 그리고 두께 0.002m의 구조용 압연강재(SS400)를 이용하여 광폭형 저판을 제작하였다. 여기서, 광폭이라 함은 기존의 콤바인 플랫폼 오거 하단부의 저판이 콤바인 진행방향으로 연장된 것을 의미하며, 0.7m를 확대한 이유는 국내에서 바이오디젤 원료용으로 재배되고 있는 품종인 선망(SUNMANG)의 평균 초장이 1m 전후로서 예취 높이를 0.3m 이하로 보았을 때 예취된 유채를 광폭저판에 올려놓을 수 있는 최소한의 이론적 공간이 마련되기 때문이다. 광폭형 저판에 낙립된 유채종실이 콤바인의 선회 및 이동 중에 논바닥으로 흘러내리지 않게 하기 위해 핑거형 예취날 뒤쪽부분에 삼각형 모양의 손실 방지용 판을 높이 0.03m, 폭 0.07m, 길이 2.1m로 설치하였다. 그림 5-41은 제작된 광폭형 저판을 나타내고 있다.

### 나) 핑거형 예취날

수확 시기에 목질화 된 주경을 효과적으로 절단하기 위해 고정핑거, 작동 칼날 그리고 클립 등으로 구성된 핑거형 예취날을 선정하였다. 핑거형 예취날은 핑거의 피치와 예취날 행정의 피치가 같은 정규형 구조의 형태이다. 예취날 피치는 7.6cm, 높이는 8.3cm, 행정은 8.8cm, 왕복동 수는 분당 518회, 절단각은 21°를 이루고 있으며, 재질로 탄소공구강재(STC5)가 이용되었다. 핑거의 피치는 7.6cm, 길이는 17.5cm이며 클립의 피치는 7.6cm이며 길이는 6.95cm이며 재질로 구상흑연주철(GCD450)을 이용하였

다. 예취날로 사용된 핑거수는 14.5 개이며, 작동칼날은 30 개이며 그림 5-42는 핑거형 예취날 구성요소인 핑거와 작동칼날 그리고 클립에 대한 각 구성요소의 치수를 나타내고 있다.

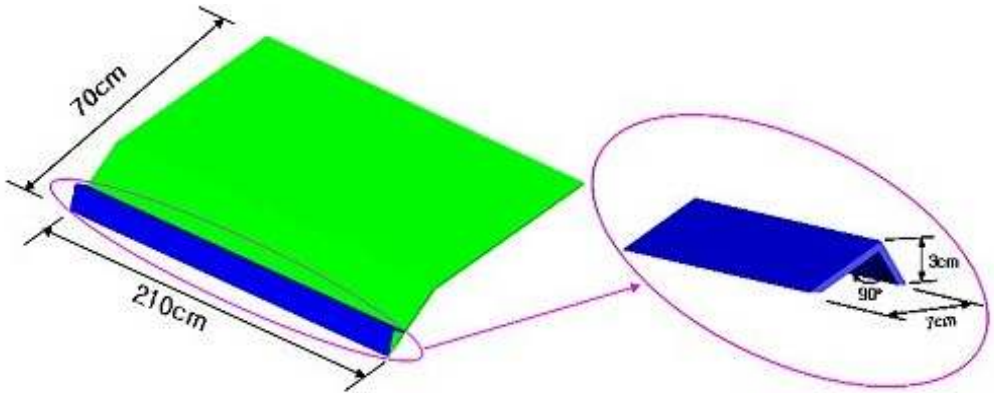


Fig. 5-41 An plate of wide width type and a triangle plate for loss prevention.

#### 다) 측면 예취날

유체줄기와 줄기의 개체 간 엉키는 현상에 따라 수확작업 시 예취부 측면에 유체 줄기들이 서로 뒤엉켜 강제적으로 예취부로 유입됨으로서 예취부에 점점 축적되어 일시에 플랫폼 오거쪽으로 유입됨으로서 예취부 막힘현상이 발생되어 원활한 작업을 할 수 없었다. 이를 개선하기 위해 유체 수확작업 시 엉킨 유체 줄기를 절단하기 위해 상하부 작동칼날로 구성된 왕복동형 측면 예취날을 개발하였다. 상하부 작동칼날의 전체 길이는 각각 137cm이며, 사용된 상하 작동칼날의 수는 각각 18 개이며, 날의 피치는 7.7cm이며, 날 높이는 10.5cm, 행정은 7.2cm, 왕복동 수는 분당 518 회 이며, 절단각은 18° 였다. 재질로 탄소공구강재(STC5)를 이용하였다. 그림 5-43은 제작된 측면 예취날을 나타내고 있으며, 측면 예취날 지지 프레임과 예취날 클립, 유압모터 및 링크 그리고 예취날에 대한 각 구성요소의 치수를 나타내고 있다. 그림 5-44는 측면 예취날의 작동원리를 링크구조로 나타낸 것이다. 즉  $R_k$ 는 캠의 반지름,  $L_v$ 는 링크 길이,  $X_k$ 는  $B_0$ 에서  $B_1$ 까지의 이동거리이고,  $S_k$ 는 행정을 의미한다. 이때, 측면 예취날의 이동거리는 식 (5-3), 행정거리는 식 (5-4), 평균 절단속도는 식 (5-5)로 표현할 수 있다.

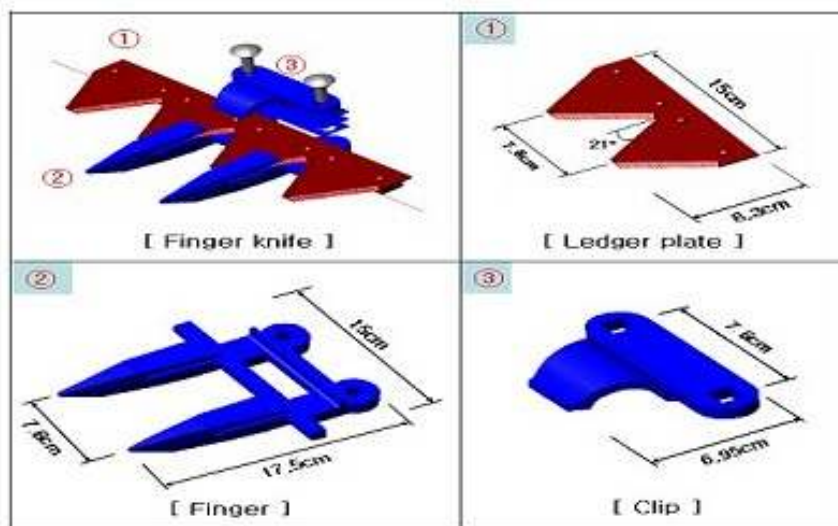


Fig. 5-42 Finger knife assembly and dimensions.

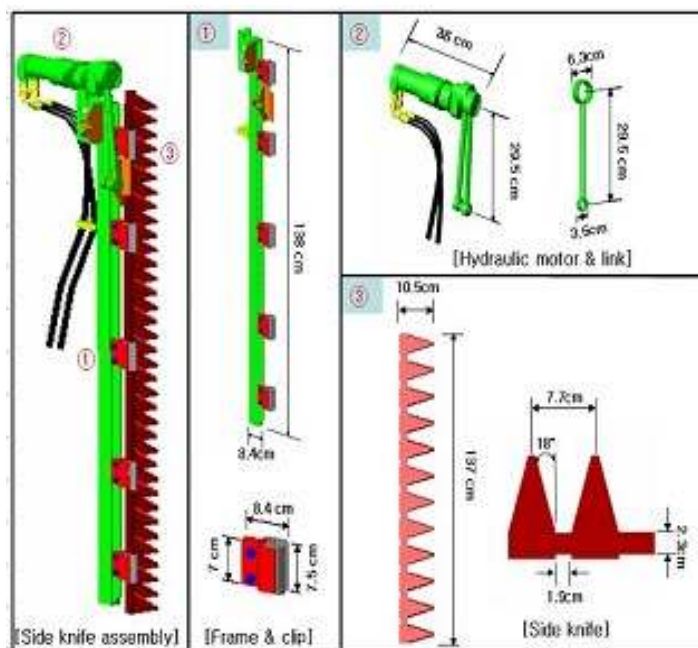
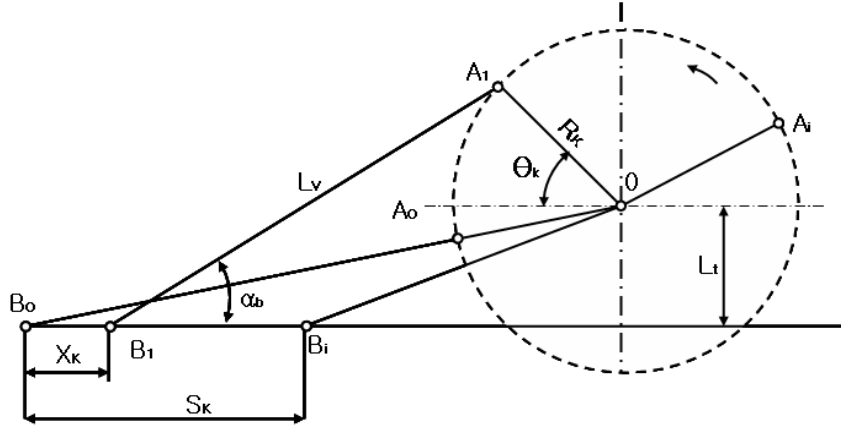


Fig. 5-43 Side knife assembly and dimension.



$L_v$  : 링크 길이 (m),  $R_k$  : 크랭크 반경 (m),  $L_t$  : 편심 길이 (m),  
 $\theta_k$  : 크랭크회전각 (rad),  $\alpha_b$  : 링크와 예취날의 상대각 (rad)  
 Fig. 5-44 Principle of side knife working method.

$$X_k = R_k (1 - \cos \omega_k t) + \frac{R_k^2}{2L_v} \sin^2 \omega_k t \quad (5-3)$$

$$s_k = \sqrt{\dots} - \sqrt{\dots} \quad (5-4)$$

$$v_e = \frac{N_d s_k}{3} \quad (5-5)$$

여기서,  $\theta_k = \omega_k t$ ,  $\omega_k$  : 예취날 각속도(rad/s),  $V_f$  : 예취날 속도 (m/s),  $N_d$  : 크랭크 회전수 (rpm)

#### 라) 측면 예취날 구동장치

측면 예취날 구동방식은 유압식을 선택하였으며, 구성요소는 유압펌프 (YP15S12AH2, SHIMAZU, Japan), 유압모터(OMM20, Sauer Danfoss, Germany), 유압 탱크, 유량제어 밸브(HF 800S, TOKIMEC Co. L.T.D., Japan) 그리고 유압호스 (KF06HOSE, Manuri hydraulics Korea, Korea) 등으로 구성되어 있다. 유압펌프는 토출용적이  $12.02\text{cm}^3/\text{rev}$ 이며 정격압력은 20.6MPa이고, 회전수는 500~4,000rpm이다. 유압모터 회전수 범위는 30~1,250rpm이며, 최대출력은 2.4 kW이고 유압탱크의 용량은 4L이다. 유량제어 밸브의 제어 유량 범위는 0~30L/min이며, 적정 사용압력은 35MPa이다. 유압호스의 내경은 9.5mm이며, 최대 17 MPa의 내압에 견딜 수 있는 특징을 지니고 있다. 유량제어 밸브를 이용하여 유량조절을 하는 목적은 수확작업조건 변화에 따

큰 측면 예취날의 절단속도를 가변적으로 조절하기 위함이며 동시에 본 연구에서 개발된 유체 예취장치를 장착한 콤바인을 이용하여 보리나 콩 등을 수확할 때, 불필요하게 측면 예취날을 사용하지 않기 위함이다. 그림 5-45는 구동장치의 구성요소를 나타낸 것이다. 측면 예취날은 최종적으로 유압모터가 구동을 시키며 이 원동력은 본체에서 예취날을 구동하는 구동 풀리로부터 받게 된다. 즉, 유압펌프에서 형성된 고압의 유압이 유량제어 밸브로 이동하게 되고 유량제어 밸브를 통과한 유압은 유압모터를 구동하게 되며 유압모터에 의해 형성된 회전력은 링크기구를 통해 측면 예취날로 전달되어 예취날을 상하 왕복 운동시켜 유체 줄기를 절단하게 한다. 그림 5-46은 유압 블럭도를 나타내고 있다.

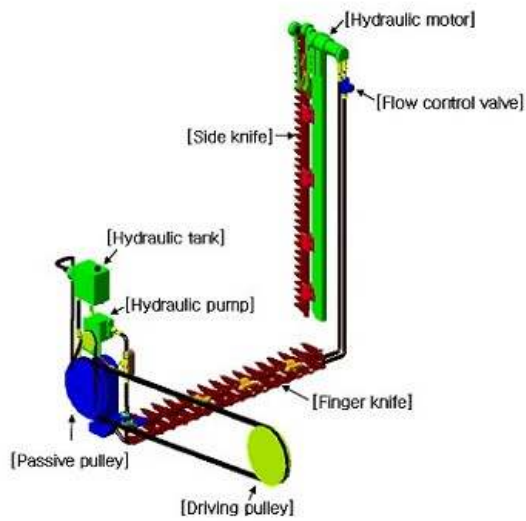
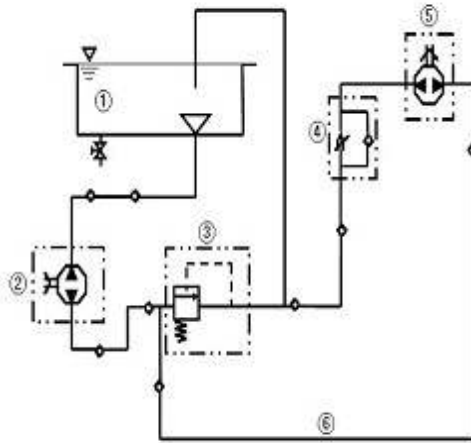


Fig. 5-45 Component of working equipments.



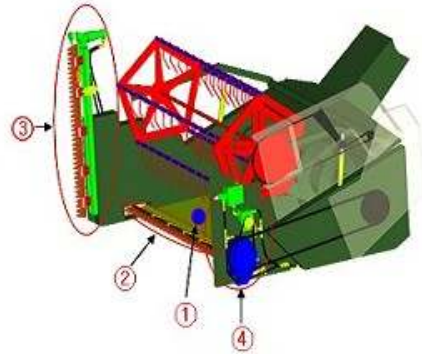
① : Hydraulic tank    ② : Hydraulic pump    ③ : Relief valve  
 ④ : Flow control valve    ⑤ : Hydraulic motor    ⑥ : Hydraulic hose

Fig 5-46 Block diagram of hydraulic circuit.

### 3) 시작기 제작과 제원

기존의 보통형 콤파인을 이용하여 유체 수확 적응성을 향상시키고 콤파인 이용효율을 증진하기 위해 유체 예취장치를 기존 콤파인에 탈부착이 가능하도록 설계 하였으며 그림 5-47과 같이 제작하였다. 유체 예취장치는 기존의 예취부를 구성하고 있는 기본 프레임, 예취틸, 플랫폼 오거, 이송장치 등에 광폭형 저판, 핑거형 예취날, 측면 예취날 그리고 구동장치 등이 추가된 형태이다. 시작기의 길이는 2.18m, 폭은 2.58m, 높이는 1.58m이었으며, 관행의 예취부와 비교해 길이가 약 0.76m 길어졌는데 이것은 광폭형 저판과 측면 예취날 장착에 기인되었다고 할 수 있다. 시작기를 본체에 장착하였을 때 총 무게는 4,773kg으로서 관행의 예취부를 장착했을 때의 총무게인 4,501kg보다 272kg이 증가된 것으로 비율로 보면 6.04% 증가된 것이다. 이것은 측면 예취날과 구동장치 그리고 광폭형 저판이 추가됨에 따라 증가된 것이라 할 수 있다. 좌·우측 케도의 하중분포를 구하면 좌측에 51%, 우측에 49%가 작용하고 있어 조향력에는 문제가 없음을 알 수 있다. 그리고 콤파인케도의 접지면 길이가 1,800mm인 점을 감안하여 접지면 중심을 기준으로 전·후부의 하중분포를 구하면 전부에 64%, 후부에 36%가 작용하여 상대적으로 하중이 전부케도에 많이 작용하고 있어 주행성에는 불리한 조건이나 실제 수확작업에 있어서는 수확된 곡물이 곡물 저장통에 저장되어 전·후 균형을 유지해 주기 때문에 큰 문제가 없는 것으로 판단되었다. 한편, 정적 횡전도각을 측정 한 결과 좌측이 38.1°, 우측이 38.7°로 나타나 좌우방향의 값이 비슷하게 나타났다. 이것은 질량중심의 위치가 좌우방향에서 볼 때 거의 중앙에 위치하였기 때문으로 판단

된다. 자탈형 콤바인의 대형 기종인 6조 콤바인의 정적 횡전도각이 36° 미만인 점을 감안하면 안정성이 높다고 평가할 수 있다.



① : Large width Plate    ② : Knife of Finger type  
 ③ : Side knife            ④ : Driving assembly

Fig. 5-47 The cutting devices attached an rapeseed harvesting equipments.

#### 라. 요약 및 결론

국내에 바이오디젤 원료용으로 재배되고 있는 유채를 수확하기 위해 작업성능이 뛰어나고 유채 생산에 있어서 농기계 투입에 따른 소요비용을 최소화하기 위해 관행의 보통형 콤바인에 탈부착이 용이한 유채 예취장치를 개발하였다. 이 연구에서는 유채 예취장치의 개념설계부터 시작기를 제작하는 과정을 보고 하였다.

- 보통형 콤바인(CT-2100A)의 본체에 장착이 가능한 유채 예취장치 개발을 위해 우리실정에 적합한 설계지침을 정하고, 국내 바이오디젤 원료용으로 재배되고 있는 선망품종의 물리적 특성에 근거한 설계를 하였다.
- 유채 예취장치의 구성은 목질화 된 유채줄기와 굵은 주경을 효과적으로 절단하기 위한 핑거형 예취날, 콤바인의 예취작용에 따른 충격과 예취부의 회전틸과 유채의 접촉에 의해 유채 종실의 지면 낙립을 최소화하기 위한 광폭형 저판, 수확 시 유채 개체간의 줄기 엉키는 현상을 강제적으로 절단하여 작업효율을 증진시키기 위한 측면 예취날 그리고 측면 예취날을 구동하기 위한 구동장치 등으로 크게 구성하였다.
- 광폭형 저판은 가로 2.1m, 세로 0.7m 그리고 두께 0.002m로 제작하였으며 핑거형 예취날은 고정핑거, 작동칼날 그리고 클립 등으로 구성하였으며, 예취날 피치는 7.6cm, 높이는 8.3cm, 절단각은 21°를 이루고 있다. 소요된 핑거수는 14.5개이며 작동칼날은 30개이다.

- 측면 예취날은 유압펌프, 유압모터, 유압탱크, 유량제어 밸브 그리고 유압호스 등으로 구성된 구동장치와 상하부 작동칼날로 구성된 왕복동형 측면 예취날 조합으로 개발하였다. 상하부 작동칼날의 전체 길이는 각각 137cm이며, 사용된 상하 작동칼날의 수는 각각 18개이며, 날의 피치는 7.7cm이며, 날 높이는 10.5cm 그리고 절단각은 18°이다.
- 시작기를 본체에 장착하였을 때 총 무게는 4,773kg으로서 관행 예취부보다 6.04% 증가되었다. 좌·우측 궤도의 하중분포를 구하면 좌측에 51%, 우측에 49%가 작용하고 있어 조향력에는 문제가 없으며, 궤도 접지면 중심을 기준으로 전·후부의 하중분포를 구하면 전부에 64%, 후부에 36%가 작용하여 상대적으로 하중이 전부궤도에 많이 작용하고 있어 주행성에는 불리한 조건이나 실제 수확작업에 있어서는 수확된 곡물이 곡물 저장통에 저장되어 전·후 균형을 유지해 주기 때문에 큰 문제가 없는 것으로 판단되었다. 정적 횡전도각 측정에 있어서 좌측이 38.1°, 우측이 38.7°로 나타나 좌우방향의 값이 비슷하게 나타나 횡전도에 대해 안정한 것으로 판단되었다.

## 2. 유채 예취장치 부착 보통형 콤바인 유채 수확 적응성 평가

### 가. 연구목적

앞에서 유채 일관 수확작업을 위해 보통형 콤바인에 장착이 가능한 유채 예취장치를 설계·제작한 내용에 대해 기술하였다. 즉, 관행의 예취부에 유채 수확손실 절감과 작업성을 향상시키기 위해 광폭형 저판, 핑거형 예취날, 측면 예취날 및 구동장치가 추가된 형태이다. 바이오디젤 원료용 유채를 전 세계에서 가장 많이 재배하고 있는 독일에서의 유채 수확방법은 앞에서 보고하였듯이 주로 보리, 밀, 옥수수 등을 수확하는 대형 콤바인에 유채 수확에 맞도록 개량된 예취부를 장착하여 기계수확 작업을 하고 있다. 수확작업 원리는 관행의 보리, 밀, 옥수수 등을 수확하는 방법과 유사하지만 수확작업에 의한 손실 최소화를 위해 킬 회전수, 플랫폼 오거와 바닥과의 간극, 탈곡드럼 회전수, 콘케이브와 드럼 간극, 풍량 등을 적절하게 조절하여 유채 수확을 하고 있다(Lee, 2007).

보통형 콤바인을 이용한 유채 수확작업에 있어서 성능평가의 주요한 요소는 손실량으로서, Piece 등(1996)에 따르면 겨울 유채의 직접 수확 시 총 손실이 11% 정도라 하였으며, MacLeod (1981)에 따르면 최악의 수확 조건일 경우에는 총 손실이 50%에 달하며 20~25%는 보기 드문 현상은 아니라고 보고하였다.

일본에서의 유채 수확방법도 전보에서 보고하였듯이 주로 콩 콤바인을 이용하여 기계수확 작업을 실시하고 있다. 그러나 콩 콤바인의 경우는 유채 줄기와 깎지 등이 전량 탈곡통에 투입되기 때문에 탈곡통 길이가 보통형 콤바인에 비해 짧아 미 탈립된 종자의 손실이 많다고 보고 하였다(Taniwaki, 2006; Lee, 2007). 시부야(2006)에 의하면 일본에서도 수확조건에 따른 손실량 차이가 다소 발생한다고 하였으며 평균 총 손실이 8.22%였다고 보고하였다. 또한 예취부 손실을 줄이기 위한 방법으로는 가능한 한 예취



높이를 이삭에 가깝게 높게 올리고, 작업속도를 빨리하며, 릴 회전속도를 최소화 하여 작업을 하도록 권장하고 있었다. 그러나 이러한 시험들은 밭에 유채를 재배하여 시험한 내용으로 논에 유채를 재배하여 수확한 시험결과는 찾아보기 힘들다.

따라서 본 연구에서는 앞에서 보고한 유채 예취장치를 보통형 콤바인에 장착하여 논 유채 수확 적응성 시험을 실시하여 작업정도, 작업능률 그리고 유채 예취장치의 이용효과에 관한 분석결과를 보고하고자 한다.

## 나. 재료 및 방법

### 1) 대상기종

앞에서 기술한 유채 예취장치를 부착한 보통형 콤바인(이하 시작기로 칭함)을 이용하여 포장성능시험을 실시하였다.

### 2) 시험포장

시작기의 작업정도 및 유채 예취장치의 이용효과 시험 포장은 전남 영광군 불갑면 금계리 일대 영광군 농업기술센터가 주관이 되어 조성한 약 20ha의 유채 재배단지(이하 1번 포장이라 칭함)이다. 작업능률 시험 포장은 전북 부안군 계화면 의복리 일대로서 농림수산물식품부 주관으로 바이오디젤 원료용 유채를 시범적으로 재배하고 있는 약 200ha의 시범재배단지(이하 2번 포장이라 칭함)이다. 1번 포장에 있어서 유채 파종방법은 벼를 수확한 후, 선망 품종을 경운하지 않은 포장에 2006년 10월 12일에 실시하였으며, 파종량은 1,000g/10a이었으며, 파종기는 배부식 동력 입제 산파기(KPB-6030DM, KEYANG, Korea)를 이용하여 파종을 하였다. 파종 후 트랙터 부착형 배토기(WJG-300, Wongjin, Korea)를 이용하여 복토 및 배수로 작업을 실시하였다. 선망 종자 생산을 위한 웅성불임계통(이하 MS로 칭함)은 벼를 수확한 후 경운, 파종, 복토, 진압 등이 동시에 이루어지는 트랙터 부착형 공기식 파종기(Accord, H. WEISTE, Germany)를 이용하여 2006년 10월 12일에 파종을 실시하였으며, 파종량은 300g/10a이었다. 파종작업 후 트랙터 부착형 배토기를 이용하여 배수로 작업을 하였다. 2번 포장에 있어서 유채 파종은 벼를 수확한 후 기비로서 액비를 10a당 10톤을 살포한 포장에 로터리 경운과 배수로 작업을 한 다음, 2007년 10월 14일에 실시하였다. 파종량은 1,000g/10a이었으며, 파종기는 배부식 동력 입제 산파기(KPB-6030DM, KEYANG, Korea)를 이용하여 파종을 하였다. 1번 포장에 있어서 시비관리 방법은 기비를 성분기준으로 10a당 질소 9kg, 인산 3.6kg, 가리 3.6g, 고토 1.8kg, 붕소 0.18kg, 규산 3kg 그리고 석회 6kg에 해당하는 양을 살포하였다. 추비는 질소 16kg, 인산 0.4kg, 가리 0.4kg, 고토 0.4kg 그리고 붕소 0.04kg을 살포하였다. 2번 포장에 있어서 시비관리 방법은 기비로 액비를 살포한 다음 추비로서 2008년 2월 22일에 질소 8kg/10a을 살포하였다. 개화기와 성숙기는 1번 포장이 각각 2007년 4월 10일과 6월 12일이었으며, 2번 포장은 각각 2008년 4월 12일과 6월 10일이었다. 수확기에 있어서 토양경도측정기(Soil compaction meter, Spectrum technologies Inc. U.S.A)를 이용하여 측정한 결

과 깊이 15cm 부근에서 1번 포장은 2,801kPa이었으며 2번 포장은 1,802kPa이었으며, 토양함수율은 토양함수율측정기(WT1000A, Mirae, Korea)를 이용하여 측정한 결과 1번 포장이 19.8%, 2번 포장이 32.7%였다. 그림 5-48의 왼쪽은 1번 포장, 오른쪽은 2번 포장을 나타내고 있다.



Fig. 5-48 Field scene (Left : The first field, Right : The second field).

### 3) 작물조건

포장시험에 앞서 수확작업에 영향을 미치는 선망과 MS에 대한 초장, 줄기와 줄기의 전개 폭(이하 전폭이라 칭함), 주경, 제 1 분지고, 분지수, 제 1 착엽고 등을 1번 포장의 경우 2007년 6월 4일과 5일에 조사하였으며, 2번 포장의 경우 2008년 6월 13일에 실시하였다. 그에 대한 최소값, 최대값, 평균값, 표준편차, 변이계수 등을 표 5-7에 나타내었다. 1번 포장에 있어서 초장은 선망의 경우, 평균 99.4cm를 보였으며, MS가 평균 130.4cm를 보여 MS가 평균초장이 31cm이상 큰 것으로 조사되었다. 전폭에 있어서 선망의 경우 평균 25.3cm, MS가 평균 37.8cm를 보여 MS가 평균전폭이 12.5cm이상 넓게 분포하고 있었다. 이는 단위면적당 주수가 80~90주 정도인 점을 고려할 때 유채 단위 개체 간에 서로 엉켜 있다는 것을 의미한다.

주경에 있어서 선망의 경우 평균 0.82cm, MS의 경우 평균 1.08cm를 보여 MS가 평균 주경이 0.26cm이상 굵은 것으로 나타났다. 제 1착엽고는 선망과 MS가 각각 평균 54.7cm와 83.8cm를 보였다. 또한, 콤바인 포장성능시험에 앞서 유채 물성을 조사한 결과, 1번 포장의 선망인 경우 입모각 86.4°, 곡립 함수율 18%, 유채 협 함수율 20%, 줄기 함수율 44%였으며 단위수량은 203kg/10a였다. MS의 경우 입모각이 62.6°, 종실 함수율 24.8%, 유채협 함수율 27.4%, 줄기 함수율 67.6%, 단위수량은 271kg/10a을 보였다.

2번 포장에 있어서 초장은 평균 162cm, 전폭 42cm, 주경 1.05cm, 제 1착엽고 98.1cm, 입모각 67°, 곡립 함수율 34.9%, 유채 협 함수율 62.2%, 줄기 함수율 78.3%였으며 단위수량은 221kg/10a을 보여 1번 포장보다 생육상태는 양호한 편이었으나, 곡립, 협 그리고 줄기 함수율은 매우 높았다. 유채 생육조사 방법은 농업과학기술 연구조사 분석 기준(2003. 농촌진흥청)에 따라 실시하였다. 유채곡립 함수율 조사방법은 전건법(ASAE S352.2, 2006)으로 측정하였으며, 협과 줄기의 함수율은 시료를 각각 5g과 12g을 105°C의 건조로에 넣어 24시간 건조시킨 후의 무게변화를 이용하여 측정하였다.

Table 5-7 Descriptive statistics of growth values for each variety and field.

	Field 1										Field 2				
	SUNMANG					MS					SUNMANG				
	Min.*	Max.*	Ave.*	S.D.*	C.V.*	Min.	Max.	Ave.	S.D	C.V	Min.	Max.	Ave.	S.D	C.V
Plant height (cm)	68	140	99.4	13.9	14	93	165	130	14	10.8	138	185	162	13.3	8.21
Plant width (cm)	10	60	25.3	9.74	38.6	14	70	37.8	13.6	36.1	16	75	42	14.2	33.8
Diameter of main stem (cm)	0.3	1.75	0.82	2.78	34.2	0.58	1.84	1.08	2.65	24.4	0.63	1.50	1.05	2.44	23.2
Height of the first branch (cm)	0	66	32.8	11.7	35.7	0	87	38.9	23.8	61.1	20	90	63.5	20.5	32.4
Number of branches (ea)	1	10	3.65	1.92	52.6	1	13	6.58	2.86	43.5	1	8	6.73	3.25	48.3
Height of the first pod (cm)	30	87	54.7	11	20.1	55	110	83.8	14	16.7	65	121	98.1	16.2	16.5

\* Min : minimum, Max : Maximum, Ave. : Average, S.D. : Standard deviation, C.V. : Coefficient of variation

#### 4) 시험내용 및 방법

##### 가) 작업정도 시험

시작기를 이용하여 유채 수확 작업정도시험을 실시하였다. 시험일시는 2007년 6월 11일(월)과 12일(화) 양일간에 걸쳐서 실시하였다. 조사내용은 곡립유량, 경협유량, 작업속도, 곡립구 곡립조성비 항목인 완전립, 손상립, 미탈부립, 협잡물, 그리고 곡립손실량 조사항목인 예취부 손실, 탈곡부 손실, 선별부 손실을 조사하였다. 조사방법은 농촌진흥청 농업공학연구소 보통형 콤바인 시험방법(NIAE T5020, 2007)에 준해 실시하였으나, 시험조건인 공시포장 조건과 예취부 손실조사 방법 등에 있어서는 유채에 대한 시험규정이 마련되어 있지 않아 외국문헌을 토대로 실시하였다(Price, 1996). 조사에 있어서 두 품종 모두 그림 5-49와 같이 선정된 시험대상 포장(장변 : 100m, 단변 : 30m)을 정도시험을 할 수 있도록 시험구(장변 30m, 단변 20m)를 제외하고 수확작업을 실시하였다. 각 정도시험에 있어서 탈곡부, 선별부 그리고 곡립배출구에 배출되는 경협, 곡립 등을 전량 수집하였다. 수집된 샘플로부터 곡립유량, 경협유량, 전유량, 각부 부위별 손실량, 곡립구 곡립조성비 등을 산출하였다. 각 단계별 정도시험에 있어서 예취폭은 2.1m로 하였으며, 작업행정은 30m로 하였고, 측정구간은 10m로 하였다. 예취부 예취손실을 조사하기 위해 그림 5-50과 같이 유채 종실 손실을 수집하기 위해 길이 1 m, 위쪽 0.1m, 아래쪽 0.05m 그리고 깊이 0.1m 의 수집통을 이용하였다. 수집통은 그림 5-51과 같이 시험 시작 전에 예취날에 의한 손실을 조사하기 위해 예취폭 중심을 기준으로 3개를 설치하고, 측면 예취날에 의한 손실을 조사하기 위해 측면 예취날 중심에 1개를 설치하여 예취부 전체 손실을 조사하였다. 각 시험 단계 전에 콤바인 탈곡통의 회전수는 1,048rpm(주속도 27.4m/s), 측면예취날의 왕복동수는 518회/분, 킬 회전수는 20rpm(주속도 1.12m/s)으로 설정하였다. 그리고 풍구 측면 공기유입량 조절판을 1/3 닫았으며, 상단 선별체의 전반부 채프 열림량은 6~8mm, 후반부 채프 열림량은 14~16mm, 하단 선별체의 채프 열림량은 4~6mm로 설정하였다. 킬 높이는 1m 전후로 유지하면서 작업을 실시하였으며, 예취 절단높이는 평균 0.15m를 유지하여 작업하였다.

대상품종은 선망과 MS이었으며, 시험은 작업속도를 변경해 가면서 각 품종별 8회씩 총 16회를 실시하였고 그림 5-52는 포장시험 광경을 나타내고 있다.

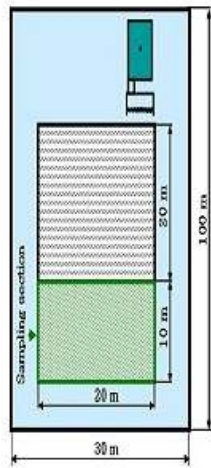


Fig. 5-49 Test field schematic,

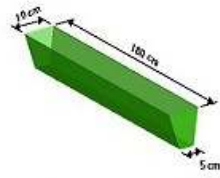


Fig. 5-50 Used tray and set up trays for catching seed,

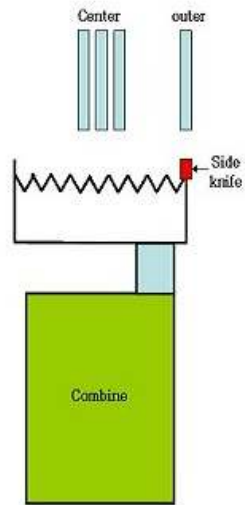


Fig. 5-51 Position of loss collecting trays,



Fig. 5-52 A scene of field test,

#### 나) 작업능률 시험

시작기를 이용한 작업능률 시험은 2008년 6월 13일(금)에 실시하였으며, 조사내용은 단위면적당 수확량, 예취높이, 입모각, 평균작업속도, 선회시간, 공주(空走) 시간, 곡립 배출 시간, 총 작업시간 그리고 연료 소비량이었다. 조사방법은 농촌진흥청 농업공학연구소의 보통형 콤바인 시험방법(NIAE T5020, 2008)에 준해 실시하였으며, 품종은 선망을 대상으로 실시하였다. 작업능률, 이론 작업 능률 그리고 작업효율은 식 (5-6), 식 (5-7) 그리고 식 (5-8)로 계산하였다. 여기서, 기계의 이론 작업폭은 시작기 예취폭인 2.1m로 하였으며, 기계의 이론 작업속도는 보통형 콤바인을 이용한 유체 수확과 관련된 데이터가 없어 보리 수확 시 기준으로 제시되고 있는 4.2km/h를 이용하였

다(카와무라, 1991).

$$C = A/T \quad (5-6)$$

Where; C : Effective field capacity (ha/h), A: Working area (ha), T: Working time (h)

$$C_t = W \times V / 10 \quad (5-7)$$

Where; C<sub>t</sub>: Theoretical field capacity (ha/h), W: Theoretical working width (m), V: Theoretical working speed (km/h)

$$\eta = C/C_t \times 100 \quad (5-8)$$

Where;  $\eta$  : Field efficiency (%)

#### 다) 유채 예취장치 효과 분석

시작기와 관행의 콤바인을 이용하여 예취부 손실절감 효과를 평가하고자 비교 시험을 실시하였다. 비교 시험 대상기종은 관행의 보통형 콤바인으로서, 그대로 이용할 경우에 유채 줄기 상호간에 뒤엉켜 강제적으로 예취부로 유입됨에 따라 그림 5-53과 같이 점점 축적되어 일시에 플랫폼 오거쪽으로 향하기 때문에 예취부 막힘 현상이 발생된다. 따라서, 최소한의 유채 수확작업이 가능하도록 하기 위해 줄기 영킴 절단장치인 측면 예취날만 장착하여 사용하였다. 따라서 시험에는 측면 예취날만 장착한 관행 콤바인과 시작기를 각각 1대씩 사용하였다. 시험방법은 작업정도 시험에 있어서 예취부 손실을 조사하는 방법과 동일하게 실시하였으며, 대상 품종은 선망이었다. 그림 5-54는 측면 예취날만 장착한 관행 콤바인을 이용한 수확작업 광경을 나타내고 있다.



Fig. 5-53 Rapeseed obstruction, Fig. 5-54 Field test used customary combine.

#### 다. 결과 및 고찰

##### 1) 작업유량

그림 5-55는 선망 및 MS 품종을 대상으로 한 시험에서 작업속도별 전유량, 곡립유량 그리고 경협유량 변화를 나타낸 것으로 평균 곡립 유량은 선망의 경우 1,430

kg/h을 보였으며 MS의 경우 2,038 kg/h을 보여 MS쪽이 선망보다 평균 29.8 % 곡립 유량이 많은 것으로 나타났다. 평균 경협 유량은 선망의 경우 3,443 kg/h을 보였으며, MS의 경우 6,596 kg/h을 보여 MS쪽이 평균 47.8 % 경협유량이 많은 것으로 나타났다. 이것은 두 품종간의 차이에 따라 발생했다고 볼 수 있다. 이 작업유량은 Shibuya(2006)가 국내 재배 품종인 선망과 물리적 특성이 비슷한 일본의 유채 품종인 키라리보시를 대상으로 조사한 평균 곡립유량 1,256 kg/h과 평균 경협유량 2,962 kg/h과 비교했을 때 시작기가 곡립유량은 12 %, 경협유량은 14 % 많았다. 곡립유량이 많은 것은 품종과 생육차이에 의한 것으로 판단되며, 경협유량의 차이는 품종 간의 차이와 콩 콤파인(ARH380, Kubota, Japan)을 이용한 유채 수확작업으로 인해 단위 시간당 탈곡처리능력이 부족한 관계로 평균 예취높이를 59 cm로 매우 높게 예취했기 때문인 것으로 판단되었다.

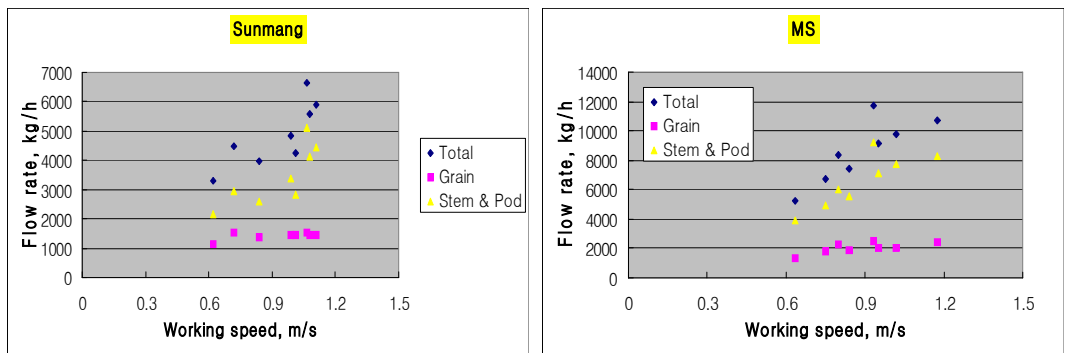


Fig. 5-55 Flow rate each variety and working speed.

## 2) 작업정도

선망을 대상으로 시험한 결과, 평균 곡립구 곡립조성비를 살펴보면 완전립비가 99.9%, 손상립과 미탈부립은 없었으며, 협잡물비가 0.07%를 보였다. 평균 곡립손실비는 예취부가 4.02%, 탈곡부가 1.0%, 선별부가 0.65%를 보여 총 손실은 5.66%를 나타냈다. 주요부 손실 비중을 살펴보면 예취부가 70.6%, 탈곡부가 18.2% 그리고 선별부가 11.2%를 보여 상대적으로 예취부 손실이 큰 비중을 차지하고 있음을 알 수 있었다. 예취부의 측면 예취날에 의한 손실을 조사한 결과 평균 0.48%로서 비율로 보면 총 예취손실의 평균 11.7%를 차지하고 있어 큰 비중은 보이지 않았다. 이 작업정도는 Shibuya(2006)가 조사한 평균 완전립비가 98.5%, 평균 예취부 손실이 2.85%, 평균 탈곡-선별부 손실이 5.38%, 평균 총 손실이 8.22%인 결과와 비교했을 때 시작기가 곡립구 곡립조성비에 있어서 완전립비가 1.4% 높게 나타났다. 곡립손실비에 있어서는 시작기가 예취부 손실은 1.17% 높게 나타난 반면 탈곡-선별부 손실은 3.73% 낮게 나타나 전체적으로 총 손실은 2.56% 낮게 나타났다. 시작기가 완전립비와 예취부 손실이 상대적으로 높게 나타난 것은 작물의 협과 줄기 함수율이 각각 평균 24.2%와 70.6%인 시부야의 작물조건보다 협은 4.2%, 줄기는 26.6% 함수율이 낮아 좀 더 완숙된 유채였기

때문으로 판단되었다.

또한, 시작기가 탈곡·선별부 손실이 낮게 나타난 이유는 단위시간당 곡립처리능력이 상대적으로 높기 때문으로 판단되었다. MS를 대상으로 시험한 결과 평균 완전립비가 99.9%로서 손상립과 미탈부립은 없었으며, 헝잡물비가 평균 0.08%를 보였다. 평균 곡립손실비는 예취부가 1.57%, 탈곡부가 2.64%, 선별부가 1.73%를 보여 총 손실은 5.94%를 나타냈다. 주요부 손실 비중을 살펴보면 예취부가 28.7%, 탈곡부가 43.6% 그리고 선별부가 27.7%를 보여 선망과 비교했을 경우 상대적으로 탈곡부의 손실이 많은 비중을 차지하고 있었다. 이는 경험유량이 시간당 최대 9,253kg으로서 선망보다 많았기 때문으로 판단되었다. 예취부의 측면 예취날에 의한 손실은 0.23%로서 비율로 보면 총 예취손실의 15%를 차지하고 있어 선망보다 다소 높게 나타났다. 이것은 MS가 선망에 비해 초장이 길고, 전폭이 넓기 때문에 줄기 엉키는 현상이 선망보다 좀 더 심하기 때문으로 판단되었다.

선망과 MS를 대상으로 작업정도를 조사한 결과, 완전립비가 99% 이상 높게 나타난 것은 수확기에 있어서 유채의 등숙이 매우 양호하였기 때문으로 판단되었다. 또한, 총 손실이 MS를 대상으로 했을 때 최고 8.46%로서 비교적 높게 나타났다. 이것은 표 2에서 표시하는 것과 같이 총 손실에 영향을 미치는 인자들의 상관관계를 분석한 결과, 선망의 경우 총 손실과 작업속도와는 5%의 유의수준에서 상관관계가 있었다. MS의 경우, 총 손실은 작업속도 및 전유량과 1%의 유의수준에서 높은 상관관계를 보였다. 따라서, 이것은 작업속도 증가에 따른 전유량 증가에 따른 것으로 판단되며, 작업속도를 낮추어 작업을 한다면 줄일 수 있을 것으로 판단되었다. 예취부 손실중에 측면 예취날에 의한 손실과 그 외의 손실비중을 살펴 본 결과, 선망과 MS 모두 측면 예취날에 의한 손실은 그다지 많지 않았다. 이는 측면 예취날로 절단하는 것은 대부분이 유채 줄기로서 유채 줄기는 줄기 서로 간에 엉켜 있기 때문에 논바닥에 떨어지지 않고 이웃하는 유채 줄기에 걸려 있기 때문으로 판단되었다.

림 5-56은 품종 및 속도별 곡립구 곡립조성비를 나타내고 있고, 그림 5-57은 품종 및 속도별 곡립손실비를 나타내고 있다. 그림 5-58은 주요부 손실비중을 나타내고 있고, 그림 5-59는 예취부 예취손실 비중을 나타내고 있다.

Table 5-8 Correlation coefficient between total loss and the working speed, total flow rate

(\*\* : Significant level 1%, \* : Significant level 5%, number of samples : 8)

	SUNMANG			MS		
	Working speed	Total flow rate	Total loss	Working speed	Total flow rate	Total loss
Working speed	1	0.804**	0.761*	1	0.838**	0.891**
Total flow rate	0.804**	1	0.379	0.838**	1	0.865**
Total loss	0.761*	0.379	1	0.891**	0.865**	1

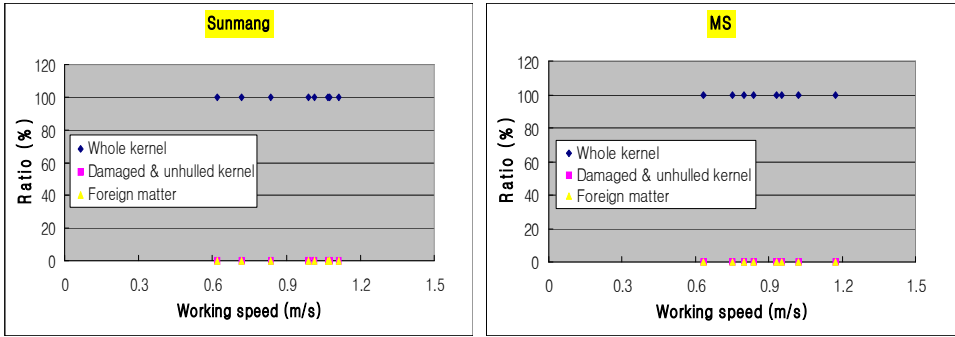


Fig. 5-56 Grain composition ratio each variety and working speed.

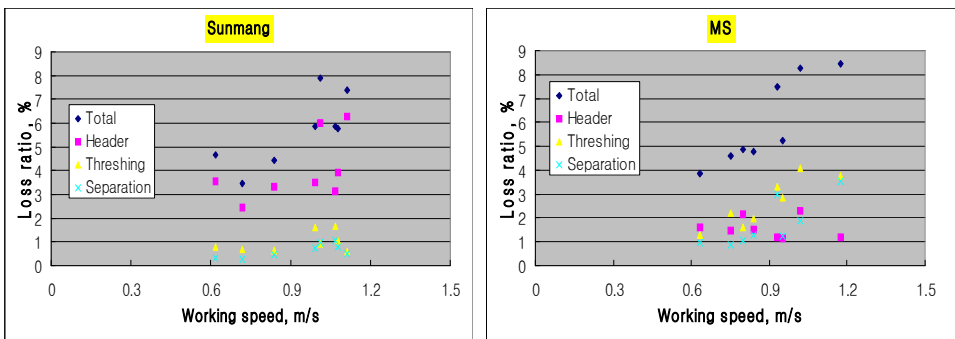


Fig. 5-57 Grain loss ratio for each variety and working speed.

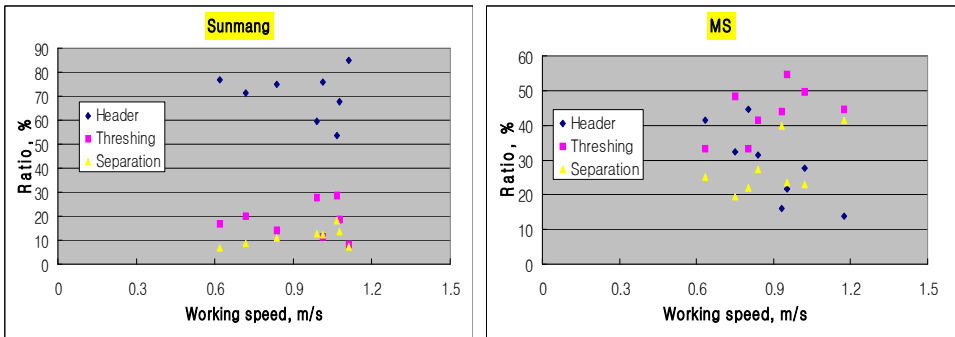


Fig. 5-58 Each parts loss ratio as each variety and working speed.



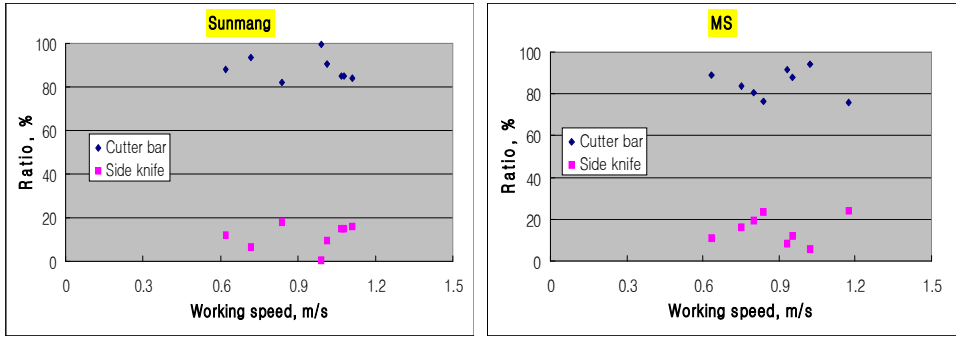


Fig. 5-59 Grain loss ratio in reaping parts each variety and working speed.

### 3) 작업능률

표 5-9는 시작기를 이용한 작업능률 시험결과를 나타내고 있으며, 평균 수확량은 221kg/10a, 평균 작업속도는 0.76m/s, 평균 입모각은 68° 그리고 평균 예취높이는 0.24m 였다. 작업구간에 있어서 선회 회수는 8회, 공주 회수는 9회 그리고 곡립배출 회수는 1회였으며, 소요시간은 각각 0.86min/10a, 1.55min/10a 그리고 1.31min/10a 이었으며, 연료소비량은 3.5L/10a 였다. 앞서 제시된 식을 이용하여 작업능률과 작업효율을 계산한 결과 각각 0.389ha/h와 44%로 나타났다. 이 값은 보통형 콤바인을 이용한 보리 수확 작업에 있어서 제시되고 있는 작업능률인 0.5ha/h보다는 낮은 수준이며, 작업효율인 43%와는 비슷한 수준을 보여 낮은 수준의 작업능률과 효율을 나타내었다((주)아세아종합기계, 2006;카와무라, 1991). 이것은 유채가 보리에 비해 단위시간당 처리 유량이 증가하여 작업속도가 늦어졌기 때문으로 판단되었다.

Table 5-9 The result of effective field capacity in field test

Working area (a)	20	Idle running time (min/10a)	1.55
Yield (kg/10a)	221	Grain outlet time (min/10a)	1.31
Working speed (m/s)	0.76	Working time (min/10a)	15.43
Turning time (min/10a)	0.86	Fuel consumption (L/10a)	3.5

### 4) 유채 예취장치 효과

그림 5-60은 시작기인 유채 예취장치를 장착했을 때와 하지 않았을 때의 예취부의 단위면적당 손실량을 나타낸 것이다. 시작기의 경우 단위 면적당 손실량이 8.9g/m<sup>2</sup>의 손실을 보였으며, 비교 대상 기종은 손실량이 29g/m<sup>2</sup>의 손실을 보여 시작기와 비교하여 손실량이 평균 3.26배 증가되는 것을 알 수 있었다. 따라서, 시작기를 장착함으로써 앞에서 언급하였던 유채 수확 작업성 향상뿐만 아니라 예취부 예취손실에 있어서도 평균 69.3%의 손실을 절감할 수 있는 것으로 분석이 되었다. 그리고, 측면 예취날을 장착하지 않고 유채 수확 작업을 실시한다면 이 보다 더 많은 손실이 발생 될 것으로 판단되었다. 이러한 결과들을 Price 등(1996)이 조사한 예취부의 평균 예취 손실

량이 32.8g/m<sup>2</sup>이었던 것과 비교하면 손실량이 3.69배 적은 것으로 우수한 성능을 나타내었다고 할 수 있다.

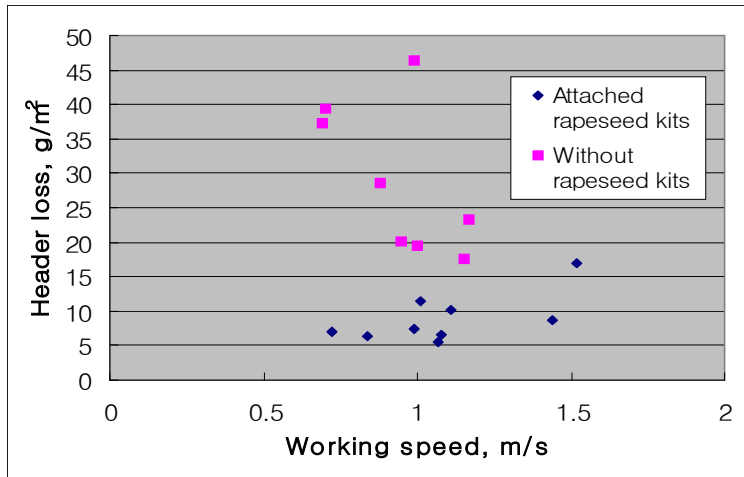


Fig. 5-60 Grain loss comparison of reaping parts.

5) 경제성 분석

표 5-10은 시작기를 이용한 유채 수확과 관행 수확방법과의 경제성을 비교하였다. 그 결과, 시작기를 이용한 수확방법이 작업성능에 있어서는 인력에 비해 40배 능률적이었으며 55%의 비용절감 효과가 있는 것으로 나타났다.

Table 5-10 Analysis of economic viability

구 분	유채콤바인 (시작기)	관행 (인력)
구입가격(원)	84,000,000	-
내구년수(년)	8	-
연간 사용시간(시간/년)	160	-
연간고정비 (원/년)	감가상각비	-
	수리비	-
	이자	-
	소계	-
시간당 고정비(원/시간)	110,250	-
시간당 변동비(원/시간)	유류비	-
	인건비	7,660
	소계	7,660
시간당 비용(원/시간)	136,678	7,660
작업성능(시간/ha)	2.5	100
소요경비(원/ha)	341,694	765,975
비 율(%)	45	100

※ 이자율 : 5%, 폐기가격 : 구입가의 0%, 수리비 : 6%  
 임금 : 여자 40,919, 남자 61,278 원/일('07년 농협조사월보 9월까지 평균)

## 라. 요약 및 결론

유채 재배에 있어서 노력이 많이 소요되는 수확작업을 생력화하기 위해 국내에 시판되고 있는 보통형 콤바인에 부착 가능한 유채 예취장치를 개발하여 포장 정도 시험과 유채 예취장치의 효과에 대해 분석해 아래와 같은 결과를 얻었다.

- 선망 및 MS 품종의 작업속도별 평균 곡립 유량은 각각 1,430kg/h과 2,038kg/h을 보여 MS쪽이 선망보다 평균 29.8% 곡립 유량이 많은 것으로 나타났다. 평균 경협 유량은 각각 3,443kg/h과 6,596kg/h을 보여 MS쪽이 평균 47.8% 경협유량이 많은 것으로 나타났다.
- 선망 및 MS 품종의 작업속도별 평균 곡립구 곡립조성비를 살펴보면 두 품종 모두 완전립비는 99. %, 손상립과 미탈부립은 없었으며, 협잡물비가 0.08% 이하로 나타났다.
- 작업속도별 선망의 평균 곡립손실비는 예취부가 4.02%, 탈곡부가 1.0%, 선별부가 0.65%를 보여 총 손실은 5.66%를 보였으며, MS의 평균 곡립손실비는 예취부가 1.57%, 탈곡부가 2.64%, 선별부가 1.73%를 보여 총 손실은 5.94%를 나타냈다.
- 예취부의 측면 예취날에 의한 손실을 조사한 결과, 선망의 경우 총 예취손실의 평균 11.7%, MS의 경우 평균 15%를 차지해 예취부 손실에 큰 비중을 차지하지는 않았다.
- 시작기를 이용한 유채 수확작업에 있어서 작업능률은 0.389ha/h를 보였으며, 작업 효율은 44%를 보였다.
- 유채 예취장치의 효과를 분석한 결과, 관행의 예취장치를 이용한 것과 비교해 예취부 예취손실을 69.3% 이상 절감할 수 있는 것으로 분석되었다.
- 시작기를 이용한 수확방법이 작업성능에 있어서는 인력에 비해 40배 능률적이었으며 55%의 비용절감 효과가 있는 것으로 나타났다.

## 참고문헌

1. ASAE Standards. 2006. Moisture measurement—Unground grain and seeds. ASAE S352.2. : 605-606.
2. Ken Taniwaki. 2006. Production of rapeseed and biodiesel. JSAM 68(3) : 9-12 (In Japanese)
3. Lee, C. K. 2007. The Status of Rapeseed Cultivation Machinery Technology for Biodiesel in Korea. J. of Bio systems Engineering 32(5) : 363-369. (In Korean).
4. Macleod J. 1981. Oilseed rape book. A manual for growers, farmers and advisors. Cambridge Agricultural Publishing : 107-119.
5. Price J. S., R. N. Hobson, M. A. Neale, D. M. Bruce. 1996. Seed Losses in Commercial Harvesting of Oilseed rape. Journal of Agriculture Engineering Research. 65 : 183-191.
6. 농림부. 2007. 2007 바이오디젤용 유채생산 시범사업.

7. 농촌진흥청. 2003. 농업과학기술 연구조사 분석 기준. pp. 354-359.
8. 농촌진흥청. 2006. 농업용 친환경에너지 연구개발 중장기 계획 자료집.
9. 농촌진흥청 농업공학연구소. 2007, 2008. 보통형 콤바인 시험방법(NIAE T5020).
10. 시부야 외 2인. 2006. 자농경용 에너지 이용을 위한 유채 기계화 생산기술 체계화 (제 1보). 일본 농업환경공학관련학회 2006년 합동대회 논문집 pp. 76 (In Japanese)
11. 이상호. 2005. 산업용 원료(바이오에너지)로 사용 가능한 농작물의 경제성 분석 및 정책적 지원 방안 연구 보고서. 미래농정연구원.
12. (주) 아세아텍. 2007. 아세아 클래스 콤바인 취급설명서
13. 카와무라 노보루 외 10인. 1991. 신판 농작업기계학. (주)문영당 출판. (In Japanese).

## 제 5절 종합결론

본 연구는 유채 재배 면적을 확대하기 위해서 유채 일관 작업체계 중에서 작업정밀도를 향상시키고 생력기계화로 생산성을 크게 높일 수 있는 유채 파종기 및 콤바인을 개발하기 위해 수행되었다.

유채 파종기의 개발측면에서 보았을 때 유채는 타 작물과 비교하여 종자의 크기가 매우 작으며, 종자의 형태는 구의 형상을 하고 있으며 무게가 가벼워 정밀하게 파종하기가 쉽지 않다. 또한, 파종 작업상태에 따라서 입모 차이가 크기 때문에 목표 파종량을 배종할 수 있는 장치의 개발과 대구획·대 면적으로의 경작규모 확대를 위해서는 트랙터 부착형 유채 파종기의 개발이 필요하였다.

그리고, 유채 콤바인의 개발측면에서 보았을 때 유채는 타 작물과 비교하여 개체간의 엉김현상, 즉, 줄기와 줄기 간에 서로 엉겨 있으며, 초장이 길고, 주경이 굵으며, 수확시기에 있어서 탈립성이 높은 특징을 가지고 있어 자탈형 콤바인을 이용한 수확작업은 불가능하였다. 따라서 주로 보리 수확에 이용되고 있는 보통형 콤바인을 유채 수확에 적합하도록 개발하는 것이 필요하였다. 그 결과 구체적인 연구결과는 다음과 같다.

### 1. 유채 파종기 개발

바이오디젤 원료용 유채 파종을 위해 기존의 입제 비료살포기를 개량하여 유채 파종기를 개발하고 그 파종성능을 분석한 결과, 배종홈 크기와 시간당 배종량과는 결정계수로 0.988로서 높은 상관관계를 보였다. 작업속도와 파종율에 따라 살포폭 5.6, 6.6, 7.6m에 대해서 살포균등도를 분석한 결과, 살포폭을 6.6m에서 변이계수가 모두 20% 이하를 보였으며, 작업속도 1.3m/s와 파종율 19.0g/s 일때 16.5%로 가장 좋은 살포 균등도

를 보였다. 살포폭 7m로 하여 중첩살포를 분석을 실시한 결과, 평균적인 변이계수가 10% 이하의 값을 보여 유효 살포폭은 7m로 하는 것이 적절할 것으로 판단되었다. 좌·우 살포량 비는 0.89~1.0 범위를 보였다. 시작기를 이용한 파종방법이 작업성능에 있어서는 인력에 비해 10배 능률적이었으며 37%의 비용절감 효과가 있는 것으로 나타났다.

## 2. 유채 콤바인 개발

유채 재배에 있어서 노력이 많이 소요되는 수확작업을 생력화하기 위해 국내에 시판되고 있는 보통형 콤바인에 부착 가능한 유채 예취장치를 개발하여 포장 정도시험과 유채 예취장치의 효과에 대해 분석을 하였다. 선망 및 MS 품종의 작업속도별 평균 곡립구 곡립조성비를 살펴보면 두 품종 모두 완전립비는 99.9%, 손상립과 미탈부립은 없었으며, 협잡물비가 0.08% 이하로 나타났다. 작업속도별 선망의 평균 곡립손실비는 예취부가 4.02%, 탈곡부가 1.0%, 선별부가 0.65%를 보여 총 손실은 5.6 %를 보였으며, MS의 평균 곡립손실비는 예취부가 1.57%, 탈곡부가 2.64%, 선별부가 1.73%를 보여 총 손실은 5.94%를 나타냈다. 예취부의 측면 예취날에 의한 손실을 조사한 결과 선망의 경우 총 예취손실의 평균 11.7%, MS의 경우 평균 15%를 차지해 예취부 손실에 큰 비중을 차지하지는 않았다.

시작기를 이용한 유채 수확작업에 있어서 작업능률은 0.389ha/h를 보였으며, 작업효율은 44%를 보였다. 유채 예취장치의 효과를 분석한 결과 관행의 예취장치를 이용한 것과 비교해 예취부 예취손실을 69.3 %이상 절감할 수 있는 것으로 분석되었다. 시작기를 이용한 수확방법이 작업성능에 있어서는 인력에 비해 40배 능률적이었으며 55%의 비용절감 효과가 있는 것으로 나타났다.

## 제 6절 목표달성도 및 관련분야의 기여도

### 1. 목표달성도

본 연구는 바이오디젤 원료용 유채생산 일관 기계화 시스템을 구축하기 위해 우리 나라 경작규모에 적합한 농가보급형 유채 파종기 및 콤바인을 개발하고자 했다. 그 결과, 당초 계획에 따라 트랙터 부착형 유채 파종기를 개발하였으며, 동시에 보통형 콤바인 부착이 가능한 유채 예취장치를 개발하여 보통형 콤바인에 장착한 유채 콤바인을 개발하여 당초 목표를 달성하였다.

### 2. 과제별 연구개발 목표의 달성도

구 분	내용	달성도
1차 년도 (2005)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 기존 파종기 실태조사 및 파종 메카니즘 분석</li> <li>• 파종작업 성능분석 및 개량 요인 도출</li> <li>• 범용 콤바인 실태조사 및 수확 메카니즘 분석</li> <li>• 수확작업 성능분석 및 개량 요인 도출</li> </ul>	100
2차 년도 (2006)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 기존 파종기 개량</li> <li>• 기존 파종기 작업성능분석 및 보완점 도출</li> <li>• 범용 콤바인 개량</li> <li>• 범용 콤바인 작업성능분석 및 보완점 도출</li> </ul>	100
3차 년도 (2007)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 개량 파종기 및 콤바인 보완점 개량</li> <li>• 파종기 및 콤바인 유체 적응시험</li> <li>• 작업적응성 분석 및 평가</li> <li>• 유체 재배 생력화 기계 모델 제시</li> </ul>	100

### 3. 관련 분야에의 기여도

우리나라에서 유채 생산 일관 기계화 시스템 구축에 대한 연구는 전무했다고 할 수 있었다. 그러나 본 과제를 통해서 토양 및 작물 전문가와 농공학자, 업체 기술자 등의 유기적인 협력과 공동연구를 통해 한국형 바이오디젤 원료용 유채 생산 일관 기계화 시스템을 구축함으로써 유채 생산비 절감을 통한 농업선진국과의 경쟁력 제고에 기여하였으며, 겨울철 유휴지에 유채를 재배할 수 있게 되어 농민의 소득향상에 기여하였으며, 바이오디젤 원료의 안정 생산 시스템 구축을 통한 원료의 안정적 지속 공급 시스템 구축에 기여를 하였다.

### 제 7절 연구개발 결과의 활용계획

본 연구를 통해 개발된 기술은 연구진행중에 산업재산권 출원 및 업체 기술이전을 통해 개발 기술을 조기 실용화 하였다. 유채 파종기는 '08년에 30대 보급하였으며, 유채 콤바인은 '08년도에 40대 보급하였다. 또한 유채 파종기 및 콤바인 보급지원에 관한 시책을 농림수산식품부에 건의를 하여 정부시책에 반영될 수 있도록 하였으며, 농촌진흥청에는 유채 파종기 및 콤바인에 관한 영농활용 자료를 제출함으로써 농가들이 개발 기술을 쉽게 접할 수 있도록 하였다.

그리고, 유채 재배 농가들이 개발된 기계를 쉽게 사용할 수 있도록 현장 연시회를 지역별로 개최하여 사용요령을 숙지할 수 있도록 하였으며, 파종 및 수확작업을 직접 시연하여 농가들이 기술을 쉽게 접할 수 있도록 하였다. 또한 많은 농가들이 알 수 있도록 KBS, MBC, YTN 및 신문 등을 통해 홍보를 적극적으로 실시하였다.

도출된 결과들은 유채 파종기 및 콤바인 분야로 나누어 발표함으로써 학술적 가치를 높였다.

### 제 8절 연구개발 과정에서 수집한 해외과학기술 정보

해외 수집 정보는 일본과 독일의 바이오디젤 원료용 유채 생산 기계기술에 관한 것으로서 이는 한국농업기계학회와 한국국제농업개발학회의 학술지에 논문 게재를 통해 공개하였다.

## 제 6장 종합결론

### 제 1절 바이오디젤용 유채의 다수확성, 조숙성, 고올레인산 함유 1대잡종 선발

선진국의 바이오에너지 정책, 개도국의 높은 경제성장 등에 의해 곡물 수요가 항구적으로 늘어난 반면, 지구 온난화, 농업 생산성 증대의 한계 등으로 인하여 곡물 공급을 안정화시키기가 어려운 실정이다. 따라서 바이오연료(바이오에탄올 및 바이오디젤 등) 확대 보급에 따라 곡물가격 폭등으로 가축사료 가격 상승 등 시장 왜곡 현상이 야기될 수 있으므로 바이오에너지 보급 확대의 순기능적 측면 이외에 역기능적 측면을 동시에 고려하면서 합리적 보급 방안 마련이 필요하다.

우리나라에서도 저탄소 녹색성장의 정책목표를 두고 바이오에너지 국산화율을 높이고자 이미 바이오디젤의 사용기준을 법제화 하였고, 바이오에탄올의 사용기준도 법제화를 마친 상태이며, 바이오에너지를 생산하는데 필요한 원료의 자급화를 위해 비식량 바이오매스 자원 개발을 강력하게 추진하고 있다.

바이오디젤의 경우는 생산과 보급이 구체화되면 늘어나는 바이오디젤 원료를 확충하

기 위해서는 겨울철 유희경작지의 이모작 재배를 통한 바이오디젤 원료의 안정적인 생산기반이 갖추어져야 한다. 바이오디젤의 생산원가는 원료재배 면적의 확대 및 단위 면적당 생산량 증가, 그리고 원유 가격에 따라 달라진다. 이 같은 가격 경쟁력 비중은 바이오디젤 사용 확대의 중요한 기반을 이룰 수 있기에 바이오디젤 원료의 안정적인 확보 여부가 중요한 경쟁력 요인이 될 가능성이 높다. 유채는 타 유지작물에 비하여 기름 함량이 높고 단위 면적 당 기름이 되는 종자의 수량성이 높아 바이오디젤 원료수급 상 공급량을 확보하는데 가장 유리하다.

이모작(벼+ 유채)의 경우 유채의 수확기가 벼 재배 이양시기와 맞물려 벼 이양이 늦어지는 경우 벼의 수량감소를 초래하므로, 벼의 수량감소를 초래하는 것을 줄이면서 재배농가의 소득보장을 위해서는 유채 수확기를 앞당기면서 수량증대를 꾀할 수 있는 품종 개발과 대규모 면적에 단지화를 위하여 파종부터 수확까지의 전 과정이 생력기계화가 이루어져야 하는데, 이러한 문제를 해결할 수 있는 방안으로 유채의 수량이 저하되지 않으면서 숙기가 빠르고 콤바인 수확에 이로우며 수량이 높은 1대잡종 개발이 그것이다.

본 연구는 바이오디젤용으로 최적이며 이모작재배에 적합하고 수량이 높은 올레인산 고함유, 조숙, 동시성숙성 1대잡종을 개발하여 유채재배 농가에 보급코자 수행하였다.

올레인산 고함유, 조숙 1대잡종 선발에 있어서는 올레인산 함량이 높고 숙기가 빠르며 다수성인 1대잡종의 선발은 웅성불임계와 임성회복화분친계 간의 교잡에 의한 F<sub>1</sub> hybrids를 양성한 후 양성된 F<sub>1</sub> hybrids들의 조합능력과 임성회복력을 검정하는 과정을 거쳐 선발을 한다. 따라서 본 실험의 목표에 부합하는 우수한 형질을 지닌 임성회복화분친의 확보가 관건이 될 수 있다. 올레인산 고함유 1대잡종을 선발하기에 앞서 과거 유채의 지방산과 박의 성분을 개량하기 위하여 육성했던 유전자원 중에 올레인산 함량이 높았던 우수 계통들 중에서 올레인산 함량이 63% 이상인 계통들을 임성회복화분친으로 이용하고자 선발하였다.

양성한 F<sub>1</sub> hybrids들은 조합능력(수량구성요소, 숙기 등) 및 임성회복력을 검정하였다. 그 결과 기존 유채시범재배 농가에 보급되고 있는 '선망'에 비하여 개화기와 성숙기가 빨라졌고, 수량구성요소(수장, 수당협수, 협당립수 등)도 증가한 우수한 F<sub>1</sub> hybrids의 선발이 가능하였다. 또한 F<sub>1</sub> hybrids들의 경우 높은 수량성을 발현하기 위해 지상부 생육이 왕성하다보면 지하부와의 균형이 조화를 이루지 못해 도복이 더 쉬워지는 경향이 있으므로, 유채의 안정 다수성인 1대잡종을 육성하기 위해서는 도복에도 잘 견디는 품종선발이 필수적이라 할 것이다. 본 실험에 사용된 F<sub>1</sub> hybrids의 경우 도복에도 강한 조합들이 높은 수량성을 유지한 결과라고 사료된다. 유채의 잡종강세(heterosis) 기작에 의한 hybrid vigour 발현에 대한 연구는 여러 연구자들이 수행하여 왔으나, 수량과 관련된 수량구성요소와 형태적인 특성의 발현은 재배지역의 기후와 토양에 따라 차이를 보일 수 있기 때문에 선발된 우수조합들은 지역적응성 검정을 통해 우량품종으로 등록해서 보급할 예정이다.

이모작형 조숙, 동시성숙성 1대잡종 선발시험에서는 이모작재배의 경우 벼와 유채의



재배적인 경합을 줄이고 생산성 저하를 최소화하기 위해서는 숙기가 빠르면서 기계화에 적합한 동시성숙성을 갖는 다수성 유채 품종개발이 시급하다. 본 실험은 MS를 이용한 F<sub>1</sub> hybrids 조합들을 양성하여 조숙이면서 착생된 협의 canopy structure가 동시성숙에 유리한 방향으로 발현된 조합을 선발하고자 수행하였다. 유채는 협(silique)에서도 광합성이 이루어지는 작물이기에 협의 착생방향이 수평적으로 착생된 조합 보다는 반 수직(45° 각도)으로 착생된 조합들이 canopy structure가 양호하여 다수성과 동시성숙에 다소 유리하였으나, 1차년도에는 반 수직의 협착생 조합들이 도복에 강하였지만, 2차년도에는 협이 수평으로 착생한 조합들이 도복에 다소 강하였던 결과를 보이고 있었다. 이와 같은 결과는 F<sub>1</sub> hybrids의 hybrid vigour가 지상부로 더 일어나 수량구성 요소들이 많아진 반면에 뿌리 발육이 상대적으로 다소 저조하게 발현되어 식물체의 전체의 상적발육의 균형에 영향을 미친 것으로 사료되었다. 이모작용으로 최적인 조숙, 동시성숙성 1대잡종을 선발하는데 숙기와 canopy structure가 아주 중요한 요소라고 판단되며, 유채의 경우 유채의 꽃이 지고 결실기에 협(silique)에서 광합성이 이루어지기 때문에, 식물체의 상부와 하부에 착생한 협이 동시에 성숙이 되는 것이 필수적이다. 따라서 동시 성숙에 유리한 canopy structure를 형성하는 조합을 선발하는 지표로 식물체의 분지에 착생하는 협의 각도가 중요하다고 사료된다. 또한 식물체의 경장이 커짐에도 불구하고 도복에 대한 저항성이 강하면 식물체의 수량증대에 바람직한 환경인 광합성능력을 활성화하는데 기여할 수 있음을 지적하였는데(Busch 1995), 본 실험에서도 지상부의 활력이 높아진 반면에 지하부인 뿌리 발육이 상대적으로 저조하게 되어 다소의 도복이 우려되는 점을 감안하여 우수조합을 선발할 때 협 착생각도와 도복정도를 같이 평가하여 선발해야한다는 것이 필수적이라 하겠다.

바이오디젤 및 식용유의 원료로서 유채를 재배할 경우 원료를 생산하는 재배농가와 바이오디젤을 생산하는 업체가 동시에 만족할 수 있는 유채의 품종개발은 다수성 1대잡종 개발에 의한 수량성 증대가 무엇보다 중요하다. 본 실험의 결과로 볼 때 유채 주 재배지역인 육지부의 남부지역과 제주도간에는 F<sub>1</sub> hybrid의 수량 증대에 많은 차이가 있음을 알 수 있었다. 이러한 결과는 F<sub>1</sub> hybrid 품종의 수량구성요소에 대한 hybrid vigour가 발현되는데 있어서 기후와 생육조건에 따라 정도의 차이를 보일 수 있으므로 상이한 기후 조건하에서 적응성을 평가하는 것이 필요하고, 次第에 광지역성인 F<sub>1</sub> hybrid를 선발하기 위해서 지역에 따라 적응력이 뛰어난 임성회복화분친의 선발도 중요하다고 생각되었다. 금후에 제주도 지역에 최적의 다수성 1대잡종을 육성 보급하기 위해서는 제주도 현지에서 육종이 필요할 것이다.

유채의 경우 최종목적 산물인 종자에 함유되어 있는 기름의 질을 개량하기 위하여 올레인산 함량을 높이거나 리놀렌산 함량을 낮추는 등 지방산 조성을 개량하고자할 때 육종방법은 방사선이나 화학약품을 종자에 처리하여 지방산 성분이 개량된 변이계통을 선발하는 방법이 효과적이다. 본 실험에서는 돌연변이원으로 Gamma-ray와 X-ray를 이용하여 한라유채, 내한유채 및 탐미유채의 종자에 처리한 후 조숙이면서 올레인산 함량이 높은 변이계통을 선발하고자 시험하였던바 X-ray보다는 Gamma-ray를 600~

800kr로 처리한 것이 올레인산 함량이 높게 발현된 변이계통 선발에 효과가 있었다. 또한 선발된 계통들을 고정시키면서 올레인산 함량이 70%이상되는 계통을 강 선발해 나갈 것이다. 또한 M<sub>2</sub>세대에서 선발된 올레인산 고함유 변이계통을 조기 고정하여 교배 모부본으로 활용코자 올레인산 함량이 높은 계통을 소포자배양을 실시한 결과 품종별로는 내한유채가 배발생 빈도가 가장 높았고 탐미유채가 가장 낮았다. 드물게 배상체로부터 바로 소식물체가 형성되었고 대부분은 비정상적으로 multilobe가 형성되었다. 배상체로부터 식물체가 성공적으로 재분화 되었고 화분에 순화되었다. 유채는 생육습성에 따라 동일한 크기와 화퇴라 할지라도 소포자의 생육이 이루어지는 정도에 큰 차이가 있고, 특히 소포자배양에 가장 좋은 시기인 LU(late uninucleate stage)와 VG(vegetative and generative nuclei present) 초기 사이의 소포자들이 다수 포함되어 있는 시기의 화퇴크기가 좋으나 품종 간에 상당한 차이가 있으며 생육습성, 품종 및 화퇴크기에 대한 품종별 철저한 사전 조사 후 소포자배양을 하는 것이 바람직하다고 사료된다. 또한 추과품종이 춘과품종보다 화퇴가 신장하면서 소포자들이 1핵기에서 2핵기 및 3핵기로 소포자가 발육되는 정도가 빠르기 때문에 약으로부터 배 생산에 효과적인 소포자를 분리하여 확보하기 위해서는 소포자발육의 현미경적 검경이 반드시 수반되어야 할 것으로 사료된다.

생력기계화 일관작업재배 기술체계 확립의 경우 파종기계를 이용하여 유채파종 시 세조파기, 전용파종기 등은 적정 파종량이 준수되어 입모가 골고루 이루어져 광합성에 유리한 방향으로 canopy structure가 이루어지지만 미스트기계를 이용하여 포장전면에 파종할 경우 파종이 고르지 못한 단점이 있어 이 경우에는 증량제(모래, 비료 등)와 혼합하여 파종하는 것이 좋을 것이다. 유채 전용 콤바인을 이용하여 수확할 경우 콤바인 운용상의 부주의로 너무 빠른 속도로 주행을 하면서 수확을 하게 되면 유채씨의 손실이 많이 발생하므로 포장 여건에 따라 속도조절이 필요하다. 바이오디젤 원료용으로 유채를 생산하기 위해서는 재배농가와 바이오디젤 업체가 모두 만족하는 방안을 모색하기 위해서는 품종개량과 재배기술 개선(파종부터 수확하여 건조, 정선, 조제에 이르기 까지)이 수반되어야 한다. 15년 전에 유채재배가 중단되었다가 이제 새롭게 시작되는 관계로 유채시범재배에 참여하는 농가가 모두 재배기술이 정립되어 있지 않아서 지속적인 재배교육 및 관리가 요청된다. 또한 유채를 대규모로 재배할 경우 유채수확시기가 6월 중순 장마기와 조우할 확률이 높기 때문에 10일 내외로 수확 및 건조작업이 이루어져야만 이모작 시 유채와 벼 이앙과의 경합을 줄일 수 있기에 금후로도 이모작용으로 최적의 품종의 조기 보급이 있어야 할 것이고 더 나아가 바이오디젤용으로도 최적의 올레인산 함량이 75% 이상인 high oleic acid 품종을 개발해야만 대외경쟁력이 갖추어 질 수 있을 것으로 본다.

유채 1대잡종 종자생산 체계를 확립하고자 시험한 결과를 보면, 유채는 부분 타식성 작물로 타식율이 25~75%로 주로 타화수분을 하지만 자식도 이루어지며, 유채의 화분 오염은 주로 곤충에 의해서 영향을 받지만 바람에 의해서도 화분이 비산되기도 하는데, 대규모 F<sub>1</sub> hybrid의 종자생산을 하기 위해서는 야외 포장에서 재배하는 방법 외에는

달리 효율적인 수단이 없다. 대규모로 채종재배를 수행할 때 곤충에 의한 원거리 화분 비산에 의한 異種의 유전자 유입의 가능성을 검토하고자 바람에 의한 화분비산이 차단 되도록 산으로 경계를 이루면서 이품종간의 거리가 10km 떨어진 장소에 F<sub>1</sub> hybrid의 2조합을 종자친과 화분친 교호비율을 2:1로 재식하여 채종재배를 실시하여 종자를 생산하였다. 본 실험에서도 화분오염에 의한 양질(무 에루진산, 저 구루코지노레이트) 품종의 품질저하가 아주 심각하다는 것을 알 수 있었다. 또한 웅성불임(MS) 및 불임유지계를 이용하여 종자친으로 불임계통을 증식하여 1대잡종 종자를 증식하기 위해 채종재배를 할 경우에도 화분오염으로부터 자유로울 수 있는 방법이 필수적으로 강구되어야 할 것이다.

## 제 2절 내한성 및 다수성 바이오디젤용 유채품종 개발

내한, 다수성의 유채품종육성을 위한 유전자원확보차원에서 2005년 9월부터 2006년 10월까지 중국의 화중농업대학으로부터 16품종과 202계통을 수집하였고, Bangladesh의 BINA(Bangladesh Institute of Nuclear Agriculture)로부터 2계통, 미국 Missouri대학에서 15품종, 국내중묘상으로부터 2품종, 중국현지판매 품종 1개를 중국출장 시 수집하였고, 독일 품종 4개, 프랑스 품종 1개, 작물과학원 목포시험장으로부터 5개품종 등 총 44 품종, 204계통을 수집하였다. 수집된 유전자원 중 2005년 파종기에 파종이 가능한 미국, 독일, 프랑스 수집종 20개 품종을 2005년 9월에 충남대학교 실험포장에 파종하고 2006년 6월에 수확하여 그 결과를 판독하였다. 또한 2006년 파종기에 파종이 가능한 목포시험장에서 도입한 3품종, 중국수집 6품종, 국내수집종 2품종은 2006년 9월에 파종하였으며 시험하였으며, 종자량이 적어 포장시험에 적합하지 않은 것들은 2006년 미숙모본으로 파종하여 차후 시험에 필요한 종자량을 확보하였다. 추파만생계 91계통을 2005년 9월 노지에 파종하여 내한성에 중점을 두고 2006년 6월에 4개 계통을 선발하였으며, 동시에 이들 계통에 대하여 인공수분을 실시하여 종자를 확보하였다. 추파조생계 20계통을 역시 2005년 9월 노지에 파종하여 내한성에 중점을 두고 3개 계통을 선발하고 종자를 확보하였다. 세대단축을 위하여 기 보유하고 있던 계통 중 50개 계통을 2006년 6월 30일 파종하여 4°C의 조건으로 30일간 저온처리를 한 후 12월에 인공교배를 통해 15개 계통의 종자를 확보하였다. 대면적 시험을 위한 종자확보차원에서 채종시험을 하여 330m<sup>2</sup>에서 30kg의 F<sub>1</sub>종자를 채종하였다. 2006년 9월부터 2007년 6월까지 20개의 유전자원에 대하여 웅성불임계통과 이들 유전자원간의 교배조합 20조합에 대한 웅성불임성 인자분석을 완료하여, 20계통 중 19계통은 핵내 웅성불임인자가 MSMS이거나 혹은 MSMSMSMS로서 추정 할 수 있었다. 20계통 중 1계통의 핵내 웅성불임인자는 MSms이거나 혹은 MSmsMSms로서 추정 할 수 있었다. 예비조합 작성 및 생산을 위해 2005~2006년도에 선발한 추파만생계 4계통, 추파조생계 3계통에 대하여 총 7개 F<sub>1</sub>조합의 생산을 완료하였으며, 동시에 추파만생 11조합, 추파중생 23조합, 추파조생 36조합, 총 70개의 F<sub>1</sub>조합을 생산하였다. 예비조합 차검 및 선발은 2005년 9월 본 연구기관이 육성한 교배조합 중 내한성과 수량성이 우수하다고 판단된 2개 조합과 외국 도입품종 20개

를 노지에 파종하여 시험을 실시하고 그 결과를 판독하였으며, 이 중 1개 조합(BN922)에 대한 농가실증시험용 종자를 확보하여 2006~2007season에 충북 옥천 및 전남 무안 지역에서 지역적응시험을 실시하였고, 충남대학교 실험포장에도 파종하여 2차시험을 실시하였다. 2007~2008season에는 충남농업기술원에서 BN922를, 충남대학교에서 BN922의 77개 조합을 시험하였다. 위 결과를 검토하여 초다수 내한성 특성을 가지는 BN922는 “강유”로 명명하여 품종보호출원을 신청한 상태이다.

유채의 형질전환은 작물에 실용적으로 적용할 수 있고, 경제적으로 가치가 높아 활발히 연구되고 있다. *AtGRF* 단백질은 잎과 자엽 조직에서 세포 팽창의 조절에 관여한다. 본 연구에서는 유채를 이용한 바이오디젤의 생산성 향상을 위해 *AtGRF1*과 *AtGRF2* 유전자를 유채에 *Agrobacterium*을 이용하여 형질전환 하였다. 유채 형질전환체는 자엽과 배축을 이용하여 20 mg l<sup>-1</sup> hygromycin을 포함하는 배지에서 선발되었다. 모든 형질전환체는 형태적으로 정상이었으며, 꽃은 임성을 띄고 종자도 생성되었으며, 형질전환율은 *AtGRF1*에서 5.4%, *AtGRF2*에서 4.2%였다. 유채의 두 조직 중, 배축이 자엽에 비해 높은 형질전환율(1.5~3배)을 나타내었다. PCR 분석 결과를 통해 형질전환된 유전자가 각각의 형질전환체 내에서 안정적으로 삽입되어있음을 확인할 수 있었다. 이전의 *Arabidopsis* 연구에 의하면, 세포의 수적 증대가 아닌 크기의 증대로 잎의 크기가 커지는 것이 확인된 바 있다. 앞으로 *AtGRF1*과 *AtGRF2* 유전자를 도입하한 형질전환 유채의 후대검정을 통하여 세포의 표현형으로서 세포의 크기를 검토할 것이며, 이러한 표현형적 변화와 형질전환 유채의 기름 산출량의 관계를 검토할 것이다.

### 제 3절 유채의 부가가치 향상을 위한 바이오디젤 생산에 관한 연구

유채의 착유기는 국내 기술로도 90%이상 착유가 가능하며 추가적인 설비를 갖춘다면 95%이상 착유가 가능하리라 판단된다. 생산된 유채유를 이용한 유채 바이오디젤의 대량생산은 2008년 국내 생산된 유채씨앗을 이용해 100ton이상을 당사의 연속생산방식으로 생산하였다. 착유후 발생된 유박의 활용방안은 대량생산이 가능하다면 대기업의 사료 단백질원으로 이용이 가능함을 확인하였으며 이밖에도 고급원예비료로 이용한다면 수입대체 효과까지 누릴수 있겠다.

### 제 4절 우리나라 경작규모에 적합한 농가 보급형 유채 생력 기계화 기술 개발

본 연구에서 바이오디젤 원료용 유채 파종을 위해 기존의 입체 비료살포기를 개량하여 유채 파종기를 개발하고 그 파종성능을 분석한 결과, 배종홈 크기와 시간당 배종량과는 결정계수로 0.988로서 높은 상관관계를 보였다. 작업속도와 파종율에 따라 살포폭 5.6, 6.6, 7.6m에 대해서 살포균등도를 분석한 결과, 살포폭을 6.6m에서 변이계수가 모두 20% 이하를 보였으며, 작업속도 1.3m/s와 파종율 19.0g/s 일때 16.5%로 가장 좋은 살포 균등도를 보였다. 살포폭 7m로 하여 중첩살포를 분석을 실시한 결과, 평균적인 변이계수가 10% 이하의 값을 보여 유효 살포폭은 7m로 하는 것이 적절할 것으로 판단되었다. 좌·우 살포량 비는 0.89~1.0 범위를 보였다. 시작기를 이용한 파종방법이 작

업성능에 있어서는 인력에 비해 10배 능률적이었으며 37%의 비용절감 효과가 있는 것으로 나타났다. 국내에 바이오디젤 원료용으로 재배되고 있는 유채를 수확하기 위해 작업성능이 뛰어나고 유채 생산에 있어서 농기계 투입에 따른 소요비용을 최소화하기 위해 관행의 보통형 콤파인에 탈부착이 용이한 유채 예취장치를 개발하여 포장 정도시험과 유채 예취장치의 효과에 대해 분석하였다. 선망 및 MS 품종의 작업속도별 평균 곡립구 곡립조성비를 살펴보면 두 품종 모두 완전립비는 99.9%, 손상립과 미탈부립은 없었으며, 협잡물비가 0.08% 이하로 나타났다. 작업속도별 선망의 평균 곡립손실비는 예취부가 4.02%, 탈곡부가 1.0%, 선별부가 0.65%를 보여 총 손실은 5.66%를 보였으며, MS의 평균 곡립손실비는 예취부가 1.57%, 탈곡부가 2.64%, 선별부가 1.73%를 보여 총 손실은 5.94%를 나타냈다. 예취부의 측면 예취날에 의한 손실을 조사한 결과, 선망의 경우 총 예취손실의 평균 11.7%, MS의 경우 평균 15%를 차지해 예취부 손실에 큰 비중을 차지하지는 않았다. 시작기를 이용한 유채 수확작업에 있어서 작업능률은 0.389ha/h를 보였으며, 작업효율은 44%를 보였다. 유채 예취장치의 효과를 분석한 결과, 관행의 예취장치를 이용한 것과 비교해 예취부 예취손실을 69.3% 이상 절감할 수 있는 것으로 분석되었다. 시작기를 이용한 포장시험을 실시한 결과, 작업성능은 2.5시간/ha으로서 관행 수확작업과 비교하여 98%의 생력화가 가능하였고, 수확작업 비용은 55% 절감 되는 효과를 보였다.

## 제 7장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

### 제 1절 목표달성도

#### 1. 바이오디젤용 유채의 다수확성, 조숙성, 고올레인산 함유 1대잡종 선발

본 연구는 바이오디젤 원료의 안정적인 공급을 위해 유채재배 확산에 대비하고 유채재배 농가의 소득보전을 위한 바이오디젤 원료용으로 유리한 oleic acid 함량이 높고 이모작재배에 적합한 조숙, 동시수확성 1대잡종을 선발하여 조기에 우수 품종을 보급하고자 수행한 결과 바이오디젤용 및 이모작용으로 적합한 1대잡종을 선발하여 적용성을 검정한 후 보급코자 품종등록에 출원하였고, 생력기계화의 적정규모를 산정하는 기초 자료를 얻었으며, 개발된 1대잡종의 종자생산 및 보급체계를 구축코자 1대잡종 안전생산 기술을 확립하여 1대잡종 보급종을 생산하고 있는 업체(영광군농업기술센터 등)에 기술이전을 실시하였다 또한 유채의 high-oleic acid 계통을 조기 선발하여 바이오디젤용으로 최적인 1대잡종을 선발하는데 임성화복화분친계통으로 이용하고자 돌연변이 및 반수체 육종기술을 적용하여 올레인산 함량이 70% 이상이며, 숙기도 빠른 다수의 계통을 육성하였다. 금후에도 본 연구에서 얻어진 high-oleic acid 계통들을 이용하여 지속적으로 우수한 1대잡종을 선발해 나갈 것이며, 특히 도북에도 강하면서 광 지역에 적응하는 다수성 1대잡종의 개발에 주력하겠다는 것을 밝혀둔다.

#### 2. 내한성 및 다수성 바이오디젤용 유채품종 개발

##### (1) 국내외 유채 유전자원 탐색

2005년 9월부터 2006년 10월까지 총 44품종, 204계통을 수집하였다. 수집된 유전자원 중 2005년 파종기에 파종이 가능한 미국, 독일, 프랑스 수집종 20개 품종을 2005년 9월에 충남대학교 실험포장에 파종하고 2006년 6월에 수확하여 그 결과를 판독하였다. 또한 2006년 파종기에 파종이 가능한 목포시험장에서 도입한 3품종, 중국수집 6품종, 국내 수집종 2품종은 2006년 9월에 파종하였으며 시험하였으며, 종자량이 적어 포장시험에 적합하지 않은 것들은 2006년 미숙모본으로 파종하여 차후 시험에 필요한 종자량을 확보하였다.

#### (2) 계통선발 및 종자확보

추파만생계 91계통을 2005년 9월 노지에 파종하여 내한성에 중점을 두고 2006년 6월에 4개 계통을 선발하였으며, 동시에 이들 계통에 대하여 인공수분을 실시하여 종자를 확보하였다. 추파조생계 20계통을 역시 2005년 9월 노지에 파종하여 내한성에 중점을 두고 3개 계통을 선발하고 종자를 확보하였다. 세대단축을 통하여 15개 계통의 종자를 확보하였다. 대면적 시험을 위한 종자확보차원에서 채종시험을 하여 330m<sup>2</sup>에서 30kg의 F<sub>1</sub>종자를 채종하였다.

#### (3) 탐색 유전자원 인자 분석

2006년 9월부터 2007년 6월까지 20개의 유전자원에 대하여 응성불임계통과 이들 유전자원간의 교배조합 20조합에 대한 응성불임성 인자분석을 완료하여, 20개 중 19개 계통은 핵내 응성불임인자가 MSMS이거나 혹은 MSMSMSMS로서 추정 할 수 있었다. 20개 계통 중 1개 계통의 핵내 응성불임인자는 MSms이거나 혹은 MSmsMSms로서 추정 할 수 있었다.

#### (4) 예비조합 작성 및 생산

2005~2006season에 선발한 추파만생계 4계통, 추파조생계 3계통에 대하여 총 7개 F<sub>1</sub>조합의 생산을 완료하였으며, 동시에 추파만생 11조합, 추파중생 23조합, 추파조생 36조합, 총 70개의 F<sub>1</sub>조합을 생산하였다.

#### (5) 예비조합 차검 및 선발

2005년 9월 본 연구기관이 육성한 교배조합 중 내한성과 수량성이 우수하다고 판단된 2개 조합과 외국 도입품종 20개를 노지에 파종하여 시험을 실시하고 그 결과를 판독하였으며, 이 중 1개 조합(BN922)에 대한 농가실증시험용 종자를 확보하여 2006~2007season에 충북 옥천 및 전남 무안지역에서 지역적응시험을 실시하였고, 충남대학교 실험포장에도 파종하여 2차 시험을 실시하였다. 2007~2008season에는 충남농업기술원에서 BN922를, 충남대학교에서 BN922 외 77개 조합을 시험하였다. 위 결과를 검토하여 초다수 내한성 특성을 가지는 BN922는 '강유'로 명명하여 품종보호출원을 신청한 상태이다.

#### (6) 시교 생산용 원종증식

2008년 6월, BN922의 모계와 부계를 각각 5kg 채종하였다.

#### (7) 다수성 관련 유전자 삽입

GRF1 및 GRF2 유전자를 성공적으로 유체에 형질전환하여 이 유전자가 현재

안정적으로 계농 내 삽입되었음을 확인하였다.

### 3. 유채의 부가가치 향상을 위한 바이오디젤 생산에 관한 연구

유채의 부가가치 향상을 위해 국내 유채 착유기술의 향상과 착유 조건의 확립, 그리고 유채바이오디젤의 생산기술까지 성공적으로 마쳤다. 부족했던 점은 유박의 활용 방안으로 좀 더 다양한 시도를 하지 못해 아쉬웠으나 대량생산된 유박이 국내 사료업계나 비료업계에 필요한 부분임을 확인할 수 있어서 유채의 부가가치 향상을 위한 바이오디젤 생산 기술개발은 90%이상을 달성하였다고 판단된다.

### 4. 우리나라 경작규모에 적합한 농가 보급형 유채 생력 기계화 기술 개발

본 연구는 바이오디젤 원료용 유채생산 일관 기계화 시스템을 구축하기 위해 우리 나라 경작규모에 적합한 농가보급형 유채 파종기 및 콤바인을 개발하고자 했다. 그 결과 당초 계획에 따라 트랙터 부착형 유채 파종기를 개발하였으며, 동시에 보통형 콤바인 부착이 가능한 유채 예취장치를 개발하여 보통형 콤바인에 장착한 유채 콤바인을 개발하여 당초 목표를 달성하였다.

## 제 2절 과제별 연구개발 목표의 달성도

1. 바이오디젤용 유채의 다수확성, 조숙성, 고올레인산 함유 1대잡종 선발

구 분	연구개발 목표	연구개발 내용 및 범위	달성도
1차 년도 (2006)	○올레인산 고탍유 1대잡종 선발	-올레인산 함량이 높은 고정종 선발 -용성불임계와 선발 화분친간 교잡 F <sub>1</sub> 양성	100%
	○이모작형 조숙, 동시성숙성 1대잡종 선발	-숙기가 빠르고 동시성숙성인 화분친계통 선발 -용성불임계와 선발 화분친간 교잡 F <sub>1</sub> 양성	100%
	○내병성 개발 및 효과적인 방제기술 확립	-균핵병과 도복에 강한 화분친계통 선발	100%
	○1대잡종 종자 생산 및 보급 체계 확립	-용성불임 및 불임유지계 기본식물 종자 생산 격리채종 재배 -1대잡종 생산의 화분친 계통 망실 격리 재배 · 화분친계통 순도 및 종자증식	100%
	○생력기계화 일관작업재배 기술체계 확립	-과중방법, 과중시기, 과중량, 수확시기 구명 -제조제 적용 유무 및 사용 방법	100%
2차 년도 (2007)	○올레인산 고탍유 1대잡종 선발	-고합유 올레인산 F <sub>1</sub> 조합의 일반조합 능력검정 -용성불임계와 선발 화분친간 교잡 F <sub>1</sub> 양성 -올레인산 고탍유 계통의 돌연변이체 선발	100%
	○이모작형 조숙, 동시성숙성 1대잡종 선발	-조숙성 F <sub>1</sub> 조합의 일반조합능력 검정 -용성불임계와 선발 화분친간 교잡 F <sub>1</sub> 양성	100%
	○1대잡종 지역적응성 및 수량성 검정	-용성불임계와 화분친간 교잡 F <sub>1</sub> 의 지역적응성 검정	100%
	○내병성 개발 및 효과적인 방제기술 확립	-균핵병 방제법 구명	100%
	○1대잡종 종자 생산 및 보급 체계 확립	-1대잡종 유채재배 면적의 확산에 대비한 보급 종자 대량생산 체계 구축 -용성불임 및 불임유지계 기본식물 종자 생산 격리채종 재배 -1대잡종 생산의 화분친 계통 망실 격리 재배	100%
○생력기계화 일관작업재배 기술체계 확립	-과중기 및 수확기 적정 재배 규모 구명 -1차년도 기계과중과 콤바인 수확에서 오는 문제점 도출 및 해결방안 모색	100%	
3차 년도 (2008)	○올레인산 고탍유 1대잡종 선발	-양성된 고탍유 올레인산 F <sub>1</sub> 조합의 일반조합 능력 및 임성회복능력검정 -올레인산 고탍유 계통의 돌연변이체 선발	100%
	○이모작형 조숙, 동시성숙성 1대잡종 선발	-선발된 조숙성 F <sub>1</sub> 조합의 일반조합능력 검정	100%
	○1대잡종 지역적응성 및 수량성 검정	-용성불임계와 화분친간 교잡 F <sub>1</sub> 의 지역적응성검정	100%
	○1대잡종 종자 생산 및 보급 체계 확립	-용성불임계통 원원종 증식 -화분친 계통 원원종 증식	100%
	○생력기계화 일관작업재배 기술체계 확립	-과중기 및 수확기 운용의 적정 재배규모 구명 -2차년도 기계과중과 콤바인 수확에서 오는 문제점 도출 및 해결방안 강구	100%

## 2. 내한성 및 다수성 바이오디젤용 유채품종 개발



구 분	연구 개발 목표	연구개발 내용 및 범위	달성도
1차 년도 (2006)	○ 내한성 및 다수성 유채 계통 탐색 및 선발	- 유채 계통별 특성조사 및 선발, 유지 - 국내외 유채 유전자원 탐색 - 계통선발 및 종자확보를 위한 세대단축 실시 - 내한성 및 수량성 조사를 위해 음성불임, 불임유지, 임성회복 각 계통별 추파 포장차검 - 인공교배를 통한 각 계통 유지, 수집 유전자원과 음성불임간의 교배조합 생산 - 유채 형질전환조건 확립	100%
2차 년도 (2007)	○ 탐색 유전자원의 인자분석 ○ 1대잡종 예비조합 작성 및 생산 ○ 다수성 관련 유전자 삽입	- 수집 유전자원과 음성불임간의 교배조합에 대한 차검을 통해 인자분석 실시 - 숙기관련 형질 (숙기, 균일성, 내도복성 등) 조사 - 인공교배를 이용, 차검을 위한 예비조합 종자 생산	100%
3차 년도 (2008)	○ 예비조합 차검 및 선발 ○ 시교 생산용 원종증식	- 조합별 내한성, 수량성 검정 및 우량조합 선발 - 음성불임계통 과 불임유지계통 간의 인공교배를 통한 1대잡종의 모계생산 - 임성회복계통의 인공교배를 통한 1대잡종의 부계생산	100%

### 3. 유채의 부가가치 향상을 위한 바이오디젤 생산에 관한 연구

구 분	목 표	연구개발 수행내용	달성도(%)
1차 년도 (2006)	Pilot 시운전을 통한 최적화 운전 조건 도출	연속작유 system의 최적 운전조건 도출	90%
2차 년도 (2007)	Scale-up Pilot 공정 기본조건 도출	월 500톤 규모의 Pilot 제작을 위한 기본 운전 조건 도출	70%
3차 년도 (2008)	현장 적용을 위한 Pilot 연속 생산 및 품질특성 확인 부산물 특성 평가	공정성능 파악을 위한 연속운전으로 유채유의 대량 시범생산 유박의 활용처 모색	90%

### 4. 우리나라 경작규모에 적합한 농가 보급형 유채 생력 기계화 기술 개발

구 분	내용	달성도
1차 년도 (2005)	• 기존 파종기 실태조사 및 파종 메카니즘 분석 • 파종작업 성능분석 및 개량 요인 도출 • 범용 콤팩트인 실태조사 및 수확 메카니즘 분석 • 수확작업 성능분석 및 개량 요인 도출	100%
2차 년도 (2006)	• 기존 파종기 개량 • 기존 파종기 작업성능분석 및 보완점 도출 • 범용 콤팩트인 개량 • 범용 콤팩트인 작업성능분석 및 보완점 도출	100%
3차 년도 (2007)	• 개량 파종기 및 콤팩트인 보완점 개량 • 파종기 및 콤팩트인 유채 적응시험 • 작업적응성 분석 및 평가 • 유채 재배 생력화 기계 모델 제시	100%

### 제 3절 관련 분야에의 기여도

#### 1. 바이오디젤용 유체의 다수확성, 조숙성, 고올레인산 함유 1대잡종 선발

국내에서 바이오디젤 원료의 안정적인 공급을 위해 유채 재배면적을 확산하는데 있어 답리작 월동재배가 유리하지만 이모작(벼+ 유채)의 경우 유채의 수확기가 벼 재배 이앙시기와 맞물려 벼 이앙이 늦어지는 경우 벼의 수량감소를 초래한다. 이러한 약점을 줄이기 위해서는 유채 수확시기를 앞당기면서 유채의 수량이 저하되지 않도록 조숙, 동시성숙성 및 다수성 1대잡종 개발로 해결할 수 있다.

본 연구를 통해서 개발된 올레인산 고함유, 조숙, 동시성숙성 1대잡종(400kg/10a 내외)을 보급하게 되면 유채재배 농가의 소득 보장은 물론이며 바이오디젤 생산업체가 동시에 만족할 수 있고, 특히 농림수산식품부에서 바이오디젤용 원료의 국산화율을 높이고자 유채재배면적을 2012년까지 4만5천 ha로 확대하는데 있어서도 기여할 것으로 사료된다.

#### 2. 내한성 및 다수성 바이오디젤용 유채품종 개발

유채의 내한성 및 수량성을 획기적으로 증가시키는데 있어 1대잡종의 효과는 이미 많은 연구에서 증명된 바 있으며 본 연구를 통하여 이를 증명하였다.

우리나라에서는 최근 농가의 유채재배가 활성화되어 있지 않아 국내기후에 적합한 품종이 보급되지 않았다. 따라서 내한성 및 다수성을 갖춘 품종을 육성, 보급함으로써 유채를 포함한 새로운 작부체계를 창출할 수 있게 되었다. 내한성 품종을 보급함으로써 우리나라 중, 북부지역까지 유채재배면적을 확대 할 수 있게 되어 국내 유채 생산량이 증대됨으로, 바이오 디젤용 원료의 국내자급화에 기여할 수 있게 되었다. 내한성이 강한 품종을 보급함으로써 벼와의 이모작을 통하여, 쌀 재배면적 축소에 따른 논토양의 이용을 증대시킬 수 있는 가능성을 보여주었다. 유용 유전자의 형질전환을 통하여 다수성 품종 개발 가능성을 보여주었다.

#### 3. 유채의 부가가치 향상을 위한 바이오디젤 생산에 관한 연구

국내산 유채 착유기의 성능향상과 착유 운전조건의 확립으로 95%이상의 착유가 가능함을 확인하여 2차 화학적인 추출 공정을 제거하였다. 정제되지 않은 유채유를 이용하여 바이오디젤을 생산하여 유채 바이오디젤의 생산 단가를 낮출 수 있게 되었다. 대량생산된 유박의 활용방안으로 전량 수입되어 사용되는 국내 사료제조업계의 사료 단백질원으로 그리고 원예비료의 원료로 활용 가능성을 제시하였다.

#### 4. 우리나라 경작규모에 적합한 농가 보급형 유채 생력 기계화 기술 개발

우리나라에서 유채 생산 일관 기계화 시스템 구축에 대한 연구는 전무했다고 할 수 있었다. 그러나 본 과제를 통해서 토양 및 작물 전문가와 농공학자, 업체 기술자 등의 유기적인 협력과 공동연구를 통해 한국형 바이오디젤 원료용 유채 생산 일관 기계화 시스템을 구축함으로써 유채 생산비 절감을 통한 농업선진국과의 경쟁력 제고에 기

여하였으며, 겨울철 유희지에 유채를 재배할 수 있게 되어 농민의 소득향상에 기여하였으며, 바이오디젤 원료의 안정 생산 시스템 구축을 통한 원료의 안정적 지속 공급 시스템 구축에 기여를 하였다.

## 제 8장 연구개발결과의 활용계획

### 제 1절 현장보급 방안

#### 1. 바이오디젤용 유채의 다수확성, 조숙성, 고올레인산 함유 1대잡종 선발

본 연구를 통해 개발된 1대잡종 품종은 생산판매신고에 출원하였고, 1대잡종 원원종 및 원종 생산체계'기술은 영광군 농업기술센터와 (주)KCI 측에 기술이전 하여 농림식품부 주관 바이오디젤 원료용 유채 생산 시범재배 단지 농가에 보급 중에 있다.

오랫동안(10여년) 유채재배가 중단되었다가 이제 새롭게 시작되는 관계로 유채시범재배에 참여하는 농가가 모두 재배기술이 정립되어 있지 않아서 유채시범재배 참여 농가에 지속적인 재배교육(파종부터 수확하여 건조, 정선, 조제에 이르기까지) 및 관리를 분기별로 수행하였다. 바이오매스를 이용한 수송용 바이오디젤 생산을 위한 정책 수립의 겨울철 유희지 활용 원료생산 분야에 적극 참여 하였고, 바이오디젤 생산에 관련된 원료 생산 유채재배 농가, 바이오디젤 생산업체, 소비자 등에게 에너지신문, 인터넷, 신문 및 방송을 통해 적극 홍보하였다. 도출된 결과들은 국제유채학회 및 국내학회에 발표하고 게재하여 학술적 가치를 높였다.

#### 2. 내한성 및 다수성 바이오디젤용 유채품종 개발

내한성 및 다수성 바이오디젤용 유채품종의 현장보급을 위해서는 종자를 농가에 보급하여야 하나 현시점에서는 아래와 같은 여러 가지 문제점으로 현장보급이 어려운 상태이다. 그 동안 농림기술관리센터로부터 연구비를 받아 진행하여왔으나 연구비가 더 이상 지원되지 않고 있는 현실에서 지속적인 품종육성연구는 불가능하다고 판단된다. 따라서 정부차원에서 적극적인 지원이 전제되지 않는다면 대학과 기업에서의 품종개발 연구는 중단될 수밖에 없을 것이다. 또한 기업에서는 종자의 생산을 위한 투자가 필요하나 이 역시 초기단계에서는 국가의 지원이 절실한 실정이다. 현장보급을 위해서는 농가의 수익이 보장되어야하나 충남대가 개발한 품종 강유의 경우는 수량도 많고 품질도 대단히 좋으나 만숙종이라 채소작물과 이모작은 작부체계상 가능하나, 벼와 이모작이 불가능한 것이 현실이어서 농민이 심어도 논에다 심지 않는 한 환경직불금을 받지 못하도록 제도가 만들어져 있어, 현실적으로 농가보급은 불가능한 것이 현실이다. 정부차원에서 논에 심지 않는 유채의 경우에도 환경직불금을 줄 수 있도록 하는 등 각별한 배려가 필요하다. 외국에서는 유채는 기업에서 종자를 생산 판매하고 있으나 현재 우리나라는 국가주도로 유채종자를 공급하고 있다. 따라서 기업입장에 정부에서 보급하는 유채와는 품질이 아무리 좋아도 가격경쟁력이 없어 기업화는 어려울 것이다. 앞으로 국내의 유채종자보급을 모두 일반 채소종자와 같이 기업에서 보급할 수 있도록 법적 조치가 필요하다.

### 3. 유채의 부가가치 향상을 위한 바이오디젤 생산에 관한 연구

현재 작유기를 모듈화하여 이동 및 설치가 간편하도록 설계되어있다. 필요하다면 전국적으로 시연회나 작유기술 세미나를 활성화 할 계획을 갖고 있으며 미리 연락하고 당사를 방문한다면 유채를 작유하는 시연회를 실시할 계획이다.

### 4. 우리나라 경작규모에 적합한 농가 보급형 유채 생력 기계화 기술 개발

본 연구를 통해 개발된 기술은 연구진행중에 산업재산권 출원 및 업체 기술이전을 통해 개발 기술을 조기 실용화 하였다. 유채 파종기는 '08년에 30대 보급하였으며, 유채 콤바인은 '08년도에 40대 보급하였다. 또한, 유채 파종기 및 콤바인 보급지원에 관한 시책을 농림수산식품부에 건의를 하여 정부시책에 반영될 수 있도록 하였으며, 농촌진흥청에는 유채 파종기 및 콤바인에 관한 영농활용 자료를 제출함으로써 농가들이 개발 기술을 쉽게 접할 수 있도록 하였다. 그리고 유채 재배 농가들이 개발된 기계를 쉽게 사용할 수 있도록 현장 연시회를 지역별로 개최하여 사용요령을 숙지할 수 있도록 하였으며, 파종 및 수확작업을 직접 시연하여 농가들이 기술을 쉽게 접할 수 있도록 하였다. 또한, 많은 농가들이 알 수 있도록 KBS, MBC, YTN 및 신문 등을 통해 홍보를 적극적으로 실시하였다. 도출된 결과들은 유채 파종기 및 콤바인 분야로 나누어 발표함으로써 학술적 가치를 높였다.

## 제 2절 산업화 계획 방안

### 1. 바이오디젤용 유채의 다수확성, 조숙성, 고올레인산 함유 1대잡종 선발

- 조숙, 다수확성, 동시수확형 1대잡종 '신성(MS/76156-B-10-3-1-7)' 품종등록(생산판매신고)
  - 신고번호 : 302009000073
- 시책건의 : '선망' 1대잡종 원원종 및 원종 생산체계(농식품부)

### 2. 내한성 및 다수성 바이오디젤용 유채품종 개발

내한성 및 다수성 바이오디젤용 유채품종의 현장보급방안에서 이미 언급한 바와 같은 문제가 해결되지 않는다면 비록 기업에 기술이전을 통해 산업화를 시도하고 있으나 현실적으로 산업화를 통한 바이오디젤 보급은 어려울 것으로 판단되며 식용유채로서 일부 산업화가 가능할 것으로 판단된다.

### 3. 유채의 부가가치 향상을 위한 바이오디젤 생산에 관한 연구

유채유의 생산량이 늘어나고 생산품질이 좋아진다면 당사에서 유채유를 전량구매 할 계획을 구상하고 있으며 이미 2008년도 국내생산 유채씨앗을 전량 수매하였었다. 생산된 유채 바이오디젤을 이용하여 정유사나 관공서에 적극적으로 홍보하여 국내산 유채 바이오디젤의 활용도를 높일 계획이다.

### 4. 우리나라 경작규모에 적합한 농가 보급형 유채 생력 기계화 기술 개발

가. 유채 파종기

○ 산업재산권 출원

- 특허 출원명 : 유채 종자 파종장치
- 출원번호 : 10-2007-0120823 (출원일 : '07. 11. 26)

나. 유채 콤바인

○ 산업재산권 등록

- 특허 출원명 : 유채 수확용 콤바인
- 등록번호 : 10-0820934 (등록일 : '08. 04. 02)

**제 3절 기술이전 방안**

1. 바이오디젤용 유채의 다수확성, 조숙성, 고올레인산 함유 1대잡종 선발

○ 산업체 기술이전

- 1대잡종 선망 생산(15톤/년) : 영광군 농업기술센터, (주)KCI

2. 내한성 및 다수성 바이오디젤용 유채품종 개발

본 연구를 통하여 개발되고 품종으로 출원한 “강유” 품종을 이미 (주)유진종묘에 3,000만원에 우선실시권을 양허한바 있다. 따라서 (주)유진종묘에 충남대학이 가지고 있는 모든 기술을 이전하여 유진종묘를 중심으로 품종 생산을 지속하도록 할 수 있도록 지원할 계획을 가지고 있다.

3. 유채의 부가가치 향상을 위한 바이오디젤 생산에 관한 연구

정제된 원료를 이용한 바이오디젤의 생산기술은 이미 많이 알려져 있으며 정제되지 않은 유채유를 이용한 바이오디젤생산은 많은 생산물 저하를 가져오게 될지도 모른다. 이에 당사는 정제되지 않은 유채유를 이용한 유채바이오디젤의 합성기술을 원한다면 전수 또는 교육을 실시할 계획이다.

4. 우리나라 경작규모에 적합한 농가 보급형 유채 생력 기계화 기술 개발

가. 유채 파종기(산업체 기술이전 완료)

- 회 사 명 : (주)아세아텍
- 계약대수 : 30대
- 계약일 : 2008. 3. 18
- 실시료 : 1,060천원

나. 유채 콤바인(산업체 기술이전 완료)

- 회 사 명 : (주)아세아텍
- 계약대수 : 40대
- 계약일 : 2008. 3. 18
- 실시료 : 10,498천원

#### 제 4절 논문발표

1. 바이오디젤용 유채의 다수확성, 조숙성, 고올레인산 함유 1대잡종 선발
  - 국내육성 유채품종의 소포자 배양에 의한 반수체 식물유도, 한국작물학회, 51(S)
  - 국내육성 유채품종의 생체 내 화분발육 비교, 한국작물학회, 51(S)
  - 양성자 및 감마선 처리가 유채 M1세대의 감수성에 미치는 영향, 원예과학기술지, 25(1)
  - 양성자 및 감마선 처리한 유채 M2세대의 소포자로부터 반수체 배발생, 한국작물학회, 53(2)
  - Use of Near-Infrared Spectroscopy for Estimating Fatty Acid Composition in Intact Seeds of Rapeseed, J. Crop Sci. Biotech, 10: 15~20
  - Breeding for improved fatty acid composition in rapeseed (*Brassica napus* L.), 12th International Rapeseed Congress
  - Comparisons of yield potential in spring and autumn sowing cultivation of rapeseed (*Brassica napus* L.). 12th International Rapeseed Congress
  - Comparisons of developmental stages of microspore by bud size and embryogenesis from its microspore in *Brassica species*, 12th International Rapeseed Congress
2. 내한성 및 다수성 바이오디젤용 유채품종 개발
  - 신재생에너지의 최종 대안으로서의 유채, 신재생에너지저널, 18: 24-27
  - Enkhchimeg Vanjildorj, Jeong Hoe Kim, Yong Pyo Lim. 2009. *Agrobacterium*-mediated transformation of Arabidopsis growth-regulating factor genes (*AtGRFs*) to rapeseed (*Brassica napus* L.) (제출 준비 중)
3. 유채의 부가가치 향상을 위한 바이오디젤 생산에 관한 연구
4. 우리나라 경작규모에 적합한 농가 보급형 유채 생력 기계화 기술 개발
  - 독일의 바이오디젤 현황 및 유채재배 기계기술 현황, 국제농업개발학회지, 19(2)
  - 일본의 바이오디젤 현황 및 유채재배 기계기술 현황, 국제농업개발학회지, 19(2)
  - 바이오디젤 생산을 위한 관행 파종기 이용 논 유채 파종 적응성 분석, 국제농업개발학회지, 19(3)
  - 보통형 콤팩트 부착용 유채 예취장치 개발 (I) - 시작기 설계 및 제작 -, 바이오시스템공학학회지, 33(6)
  - 보통형 콤팩트 부착용 유채 예취장치 개발 (II) - 유채 수확 적응성 평가 -, 바이오시스템공학학회지, 34(1)

- 보통형 콤바인 부착용 유채 예취장치 개발 (Ⅲ)- 유채 기계 수확 손실 절감을 위한 요인 구명 -, 바이오시스템공학회지, 34(2)

나. 유채 콤바인

- 유채 수확용 예취장치 및 포장 성능시험 결과 등 3편 논문게재 및 예정

## 부 록

### 1. 유채 대량 생산 일관 기계화 시스템

# 유채 대량 생산 일관 기계화 시스템

농촌진흥청 국립농업과학원

## 개요

유채 파종, 수확, 건조, 정선, 저장, 수분 측정 등 일관 기계화 시스템

## 개발내용

### ● 시스템 구성

- 유채 파종기, 유채 콤바인, 유채 건조기, 유채 정선기, 유채 수분 측정기



### ● 기대효과

- 바이오디젤 원료용 유채의 안정·지속적 생산기반 구축
- 유채 대량 생산 기계화 시스템 확립



## 2. 유채 파종기

# 유채 파종기

농촌진흥청 국립농업과학원

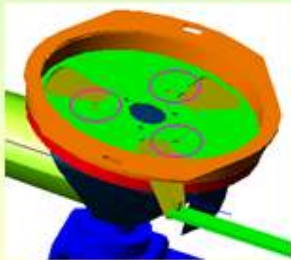
### 개요

트랙터 부착형으로 유채, 비료, 펠릿 등을 살포하는 범용형 파종기

### 개발내용

#### ● 개발요소

- 배종부 : 유채 및 비료 살포 겸용형 배종판 개발



<개발 배종판>



<유채 파종기>

#### ● 특징

- 트랙터 부착 형으로 구조가 간단하고, 탈 부착이 용이
- 유채 뿐만 아니라 펠릿, 비료, 유기질 비료 등 살포 가능
- 살포부 좌우 왕복운동(90°)으로 파종균일도 향상(살포 폭 7m)

- 성능 : 0.3시간/ha (노력절감 89%, 비용절감 37%)

### 3. 유채 콤바인

## 유채 콤바인

농촌진흥청 국립농업과학원

### 개요

유채를 예취, 이송, 탈곡, 선별, 수집, 배출하는 유채 수확용 콤바인

### 개발내용

#### ● 개발요소

##### - 유채 킷트

- 절단날 : 삼각형 날 → 핑거형 날
- 측면날 장착
- 밀판 폭 : 보통 → 광폭
- 릴 형태 : 5각형 → 6각형
- 릴 속도 : 고정형 → 작업속도 연동형



<기존 콤바인>



<유채 콤바인>

#### ● 특 징

- 기 보급되어 있는 보통형 콤바인에 유채 수확 전용 킷트 부착
- 유채뿐만 아니라 장치 탈부착에 의한 보리, 콩 등 수확 가능 (작업폭 2.1m)
- 손실률 : 5% 내외

- 성능 : 2.5시간/ha (노력절감 98%, 비용절감 55%)

#### 4. 휴대형 유채 수분 측정기

## 휴대형 유채 수분측정기

농촌진흥청 국립농업과학원

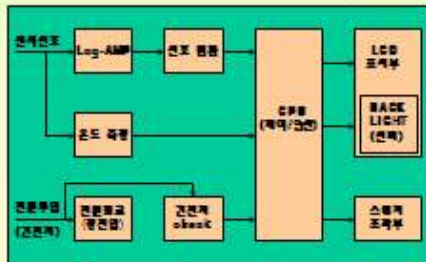
### 개요

국내 바이오 디젤 원료용 유채의 휴대형 유채 수분 측정기

### 개발내용

#### ○ 구성요소

- 수분센서 : 상·하 전극, 판 스프링, 시료접시
- 본 체 : CPU, LCD 표시부, 스위치 조작부, 전원부, 온도센서 신호처리부, 증폭부



<회로구성>



<휴대형 유채 수분 측정기>

#### ○ 특 징

- 국내 재배되고 있는 바이오 디젤용 유채 품종에 적합한 휴대형 유채 수분측정기 개발
- 휴대가 용이하고, 측정이 간단하며, 구조가 단순함.
- 권장 측정범위 : 5~18 %

#### ○ 성능 : 측정오차 ±0.5% 이내, 총 측정시간 30초 이내/점



## 주 의

1. 이 보고서는 농림수산식품부에서 시행한 농림기술개발사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표할 때에는 반드시 농림수산식품부에서 시행한 농림기술개발사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.