

발간등록번호

11-1543000-000854-01

민간에서 전래되는 우수가공특성의 전통찰벼 유전자원을
활용한 친환경 적응 신품종 개발 및 산업화

Development of Eco-friendly Rice Varieties and Their
Industrialization Using The Traditional Landrace Waxy Rice

부산대학교

농림축산식품부

제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

이 보고서를 “민간에서 전래되는 우수가공특성의 전통찰벼 유전자원을 활용한 친환경 적응
신품종 개발 및 산업화” 과제(세부과제 “민간에서 전래되는 우수가공특성의 전통찰벼 유전
자원을 활용한 친환경 적응 신품종 개발 및 산업화”, 세부과제 “돼지찰벼의 미질 및 전분특성
관련 유전자 동정에 관한 연구”)의 보고서로 제출합니다.

2015 년 3 월 12 일

주관연구기관명 : 부산대학교

주관연구책임자 : 권순욱

세부연구책임자 : 권순욱

연 구 원 : 장성규, 임다은,
리강, 왕소강,
라원희 연경호

협동연구기관명 : 건국대학교

협동연구책임자 : 이주현

연 구 원 : 김희진, 이원도,
조재복

협동연구기관명 : (사)흙살림 토종연구소

연 구 원 : 윤성희

참여기업명 : 농업회사법인(주)시드피아

연 구 원 : 조유현

참여기업명 : 정남농협 잡곡유통사업단

연 구 원 : 이성복, 정성기

요 약 문

I. 제 목

민간에서 전래되는 우수가공특성의 전통찰벼 유전자원을 활용한 친환경 적응신품종 개발 및 산업화

II. 연구개발의 목적 및 필요성

벼는 세계적으로는 물론 우리나라의 가장 중요한 식량공급원일 뿐만 아니라, 농가의 약 70%가 쌀 생산에 종사하고 있어 경제적으로도 대단히 중요한 위치를 점유하고 있다. 그러나 최근 쌀 소비량은 지속적으로 감소하여 2000년 1인당 93.6kg에서 67.2kg (2013년) 수준으로 하락하였고, 수입량이 꾸준히 증가하여 국내 쌀의 과잉 공급의 문제가 발생하고 있다.

최근 유전자조작식품의 등장과 가공 편의식품의 범람으로 인해 천연 건강기능성 식품에 대한 수요가 급증하고 있으므로, 천연의 특수미 품종들을 보급하여 이러한 수요를 충족시켜야 하며, 제품화의 노력을 추가하여 상품으로서의 부가가치를 제고하여야 할 것이다. 이와 더불어 최근 전통식품, 특히 전통지식을 바탕으로 하는 전통식품에 대한 관심이 고조되고 있는 바, 이러한 전통지식은 과거로부터 전해 내려오는 다양한 지적인 산물을 통칭하는 것으로서, 농업분야에서는 대체로 토종 유전자원의 활용과 깊은 연관이 있어 생물자원의 다양성을 확보하는 측면에서 중요하다고 하겠다.

본 연구과제는 민간에서 전래되는 우수 가공특성의 토종찰벼 유전자원에 대해 품질특성을 학문적으로 검증하고, 우수 가공특성을 유지하면서 친환경 적성 및 재배적 특성이 개선된 벼 신품종 육성 및 이의 산업화를 위해,

- 1) 민간에서 재배 및 수집된 토종찰벼의 우수 가공특성에 대한 이화학적 특성 분석 및 유용 재래종 유전자원을 선발하고,
- 2) 토종찰벼 특성에 다양한 특수 기능성특성을 함유한 새로운 특수미질 창출을 위하여 우수 토종찰벼와 다양한 특수미들과 교배하여 새로운 특수미질 계통을 육성하며,
- 3) 토종찰벼 특성에 관여하는 유전자 분석을 수행하고, 토종찰벼 특이 발현하는 단백질체를 분석하여 토종찰벼의 미질에 관여하는 유전자들을 탐색한다.
- 4) 최종적으로 선발된 계통들의 이화학적 특성, 농업특성, 식미특성, 수량성, 지역적응성, 친환경 재배안정성 및 가공특성에 따른 상품성 평가를 통해 사업화를 목표로 한다.

Ⅲ. 연구개발 내용 및 범위

- 민간 수집 및 Genebank 유용 토종 찰벼 유전자원의 가공특성 및 이화학적 특성 분석 및 유용 토종자원의 선발
- 선발된 토종찰벼와 다양한 특수미 (유색미, 고당질, 분상질, 거대배)와 교배하여 새로운 특수미질계통 선발 육성.
- 교배 후대 계통 및 기 육성중인 돼지찰벼 후대계통의 기본농업형질 조사, 이화학적 특성 분석, 식미특성, 기능성물질, 기능성 성분함량 평가, 수량성 평가 및 우량계통 선발
- 돼지찰벼 교배 고세대 우량 계통의 생산력 검정 및 지역적응성 평가를 통한 품종개발
- 친환경 재배적성 및 가공적성 평가를 통한 우수계통 선발 및 육성
- 돼지찰벼의 찰 특성에 관여하는 유전자 분석
- 돼지찰벼와 기존 찰벼품종의 종자등숙 과정 단백질체 발현양상을 비교하여 돼지찰벼 특이발현 유전자 탐색

Ⅳ. 연구성과 및 성과활용 계획

- 재래종 벼 유전자원의 유전다양성 분석 및 수집 유전자원의 주요 농업형질 특성 평가를 통해 유용 자원을 선발함. 선발 재래종 자원의 정밀 특성평가 및 향후 육종 소재로 활용 가능함.
- 우수 재래종 벼와 고품질, 다수성, 병저항성 우수 모본과 교배를 통해 후대를 양성하였고, 거대배, 유색미 품종과 교배를 통해 후대를 계통을 육성함. 여교배를 통한 신속 우수 형질 이전을 수행함. 복합기능성 쌀 가공식품 소재 개발 연구에 활용하고, 지속적인 재래종 활용 신품종 개발 연구에 활용
- 돼지찰벼의 전분합성 유전자 내 특이 변이를 탐색하였고, 유전분석을 위한 고세대 분리 집단을 육성함. 고세대 분리집단(RIL)을 활용한 유전연구와 돼지찰벼의 찰 특성 선발을 위한 분자표지로 활용가능함.
- 출수기 및 등숙 후 돼지찰벼 대량 단백질체 분석을 통해 특이 발현 단백질을 동정함.
- 돼지찰벼의 우수 찰 특성을 보유하는 다수성, 저항성 찰벼 신품종을 육성함. 품종보호 출원 완료(3건) 및 유상 기술이전(2건, 완료)을 통해 사업화 추진.
- 육성품종의 비타민 관련 기능성 성분 분석 및 호화 물성평가를 수행하여, 돼지찰벼의 우수한 기능성 성분 및 찰 특성이 육성품종에 이전되었음을 확인함.
- 육성품종의 친환경 계약 재배를 통해 농가실증시험을 수행함. 차후 재배면적 확대를 위한 종자 생산 및 보급 체계를 확립할 것임.

SUMMARY

In Korea, various rice germplasm having useful traits were available but most of them also shows drawbacks in yield because of their unfavorable morphological traits. The main goal of this project was to explore the useful traits of waxy germplasms indigenous to Korea and develop new varieties having superior traits of modern elite cultivars as well as the useful traits from the indigenous germplasm. To reach this goals, various indigenous waxy germplasms from private sectors were cultivated and evaluated their physiochemical properties to select new breeding materials. The current available various unique grain traits were combined with the trait of indigenous waxy germplasm through breeding methods to develop breeding lines showing new grain quality. The genetic analysis and proteomics analysis were conducted to explore the molecular property of waxy from the indigenous germplasm. Finally, we processed new business with the selected breeding lines showing superior properties in physicochemical grain traits, eating quality, yield potential, adaptation to local areas, stable yield potential for the sustainable agricultural cultivation, and food process.

From this project, the genetic diversities were investigated with various indigenous rice germplasms. In addition the agronomic traits for the indigenous rice germplasm were evaluated to select candidate germplasm for the future breeding programs. the variation of nucleotide sequences in the candidate genes for the unique waxy traits of ‘Donna (Dwaejichal-byeo)’ was revealed and the populations for the genetic analysis were constructed. Through RYT (replicated yield trial) and LAT (local adaptability test) in 4 areas during three years, we developed 3 new waxy varieties ‘Hyowon No. 2’, ‘Hyowon No. 3’, and ‘Hyowon No. 4’ which showing the unique waxy traits from ‘Donna’ and suitable traits for modern commercial traits including high yield and disease resistance. The brown rice ‘Hyowon No. 4’ developed from a cross between ‘Donna’ and ‘Dongjin chal’ were compared to detect specifically expressed proteins in ‘Hyowon No. 4’. Technical Assistance agreement were contracted with a private sector for ‘Hyowon No. 2’ and ‘Hyowon No. 4’. The developed varieties were cultivated in sustainable fields by organic cultivation method.

The main product from this research project was developing new rice varieties. These new varieties were released to farmers under the contract to prompt seed supply to increase the cultivated areas. In the near future, the selected rice germplasms can be used in the developing new rice varieties in other breeding programs. The candidate genes and proteins detected in this project can be applied in developing the DNA markers for those genes. Finally, the developed varieties can be cultivated for the food process to produce new food by future cooperation with expert in food production.

CONTENTS

Chapter 1. Outline of the research project	6
Section 1. Necessity of research project	6
Section 2. Objectives or Contents of the research project	12
Chapter 2. Current status of technical developments at home and abroad ...	16
Section 1. current research status in korea and the world	16
Chapter 3. Research topics and results	18
Section 1. Evaluation of some agronomic traits in rice landrace and developing breeding lines	18
Section 2. Yield test for new glutinous rice breeding lines	32
Section 3. Local adaptability test for new varieties	69
Section 4. Genetic analysis of the variation among some glutinous rices ...	81
Section 5. Proteomics analysis of seed proteins	89
Section 6. Evaluation of functional compound and texture analysis	99
Chapter 4. Goal achievement and impacts on related fields	112
Section 1. Achievement for the research goals	112
Section 2. Effect on the related areas	113
Chapter 5. Application scheme of research results	115
Section 1. Research products and future plan for utilization of the product	115
Section 2. Plan for acquiring intellectual property such as patent, variety and research papers	116
Section 3. Plan for commercialization and industrialization.....	117
Section 4. Plan for future research and applying the results in other research project	118
Chapter 6. Obtained research information from abroad	119
Chapter 7. References	125

목 차

제 1 장	연구개발과제의 개요	6
제 1절	연구개발의 필요성	6
제 2절	연구개발 목표와 내용	12
제 2 장	국내외 기술개발 현황	16
제 1절	국내외 연구현황	16
제 3 장	연구개발수행 내용 및 결과	18
제 1절	재래종 찰벼 유전자원의 특성평가 및 계통 육성	18
제 2절	고세대 계통의 생산력 시험 및 품종 육성	32
제 3절	지역 적응성 평가 및 친환경 재배시험	69
제 4절	돼지찰벼 찰 특성 관여 유전자 탐색	81
제 5절	돼지찰벼 종자 특이발현 단백질체 분석	89
제 6절	기능성 물질 탐색 및 물성 평가	99
제 4 장	목표달성도 및 관련분야에의 기여도	112
제 1절	연구목표 달성도	112
제 2절	관련분야에의 기여도	113
제 5 장	연구개발 성과 및 성과활용 계획	115
제 1절	연구개발 성과 및 활용계획	115
제 2절	특허, 품종, 논문 등 지식재산권 확보계획	116
제 3절	실용화·산업화 계획	117
제 4절	추가연구, 타연구에 활용 계획	118
제 6 장	연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보	119
제 7 장	참고문헌	125

제 1 장 연구개발과제의 개요

제 1절. 연구개발의 필요성

1. 연구개발의 필요성

가. 사회적, 문화적 측면

최근 유전자조작식품의 등장과 가공 편의식품의 범람으로 인해 천연 건강기능성 식품에 대한 수요가 급증하고 있으므로, 천연의 특수미 품종들을 보급하여 이러한 수요를 충족시켜야 하며, 제품화의 노력을 추가하여 상품으로서의 부가가치를 제고하여야 할 것이다. 이와 더불어 최근 전통식품, 특히 전통지식을 바탕으로 하는 전통식품에 대한 관심이 고조되고 있는 바, 이러한 전통지식은 과거로부터 전해 내려오는 다양한 지적인 산물을 통칭하는 것으로써, 농업분야에서는 대체로 토종 유전자원의 활용과 깊은 연관이 있어 생물자원의 다양성을 확보하는 측면에서 중요하다고 하겠다.

떡으로 가공하였을 때 오랫동안 굳지 않는 특성이 있는 것으로 알려진 ‘돼지찰벼’가 일부 농가에서 재배되어 직거래 등으로 유통되고 있다. ‘돼지찰벼’는 돈나, 도아지, 돼지차나락 등으로 경기, 충북, 경북지역 등지에서 광범위하게 재배되어 왔으며, 경기도 여주시 민요인 「논매기노래 (단호리야)」, 경기도 고양시 농요인 「김매기소리 (훤훤이)」 등에서 기록을 찾을 수 있으며, 문화재관리국이 1972년에 발간한 「한국민속종합조사보고서- 경북편」에도 “돼지 차나락 : 키가 크고 검은 빛이 들며 수염이 길다”라는 내용을 볼 수가 있다. 또한 충청북도 농업기술원에서 1996년 발행한 「충북의 토종(동물식물)」에도 돼지찰벼는 “우리나라에서 1910년경까지 재배된 주요 품종으로 현재는 일부 극소수 농가에서 재배되고 있다. 일반찰벼에 비해 키가 크고 까락이 길며 벼알이 작고 약간 검은색이 나며, 8월 하순경에 출수하는 중만생 종으로 줄기가 약해 도복이 심하고 도열병이 많이 발생하여, 수량이 300kg/10a 정도로 낮으나 찰성이 강하고 떡 제조시 부드러운 성질이 현재 육성된 찹쌀보다 오래간다.”로 조사되어 있다.

사단법인 [흙살림]에서는 옥천과 진천지역에서 수집된 ‘돼지찰벼’를 1,000평 내외로 유기 시범재배를 하여 인절미 등으로 시식행사를 갖고 있다(그림 1-1). (흙살림, 2009)



그림 1-1. 충북지역 수집 돼지찰벼 (흙살림, 2009)

옥천, 진천 지역이외에도 여주, 이천지역 일부 농가에서도 돼지찰벼가 재배되고 있는데, 이천시 점동면 덕평리 지역은 60여년 이상 이 토속종자를 재배하는 지역으로 4가구 대략 1.6ha(5,000평) 정도 재배하여 직거래를 통해 20kg에 9만원 정도로 서울지역에 판매하고 있다고 한다(2011, 그림 1-2).



그림 1-2. 이천시 점동명 돼지찰벼 재배농가(2011. 9월)

이 지역에서 재배되는 돼지찰벼는 충청지역의 돼지찰벼에 비해 이삭에 까락이 거의 없고, 약간 붉은 빛을 띠고, 키가 작은 편으로 충청지역의 돼지찰벼와는 다른 초형을 보였다. 재배 농민은 “소비자의 호응이 좋아 60여 년째 재배하고 있으나 도복, 도열병 등 재배가 어려워 면적을 확대하지 못하는 실정” 이라고 한다. 따라서 우수한 가공특성을 갖는 돼지찰벼의 재배특성의 개선이 필요하다.

일부 지역에서 재배되고 있는 돼지찰벼의 경우에는 소비자의 수요가 꾸준하지만 300kg~380kg/10a 수준의 낮은 수량과 도복에 약한 특성(그림 1-3) 등으로 소규모로 재배되어 직거래로 판매되고 있는 실정으로 재배적성에 대한 개선과 수량성 확대를 위한 연구가 요구되고 있다.



그림 1-3. 등숙기 돼지찰벼(국립농업유전자원센터 분양, 2011. 10. 공주대학교 실험포장)



그림 1-4. 본 연구진에 수집한 돼지찰벼 종자

또한 토종 유전자원의 이용과 관련하여 유엔 생물다양성협약에서는 ‘생물자원의 접근과 이익 공유에 관한 의정서’ (나고야 의정서)를 채택함에 따라 인류공동의 자산으로서의 생물 자원이 국가 간 거래가 이루어지는 형태의 생물자원 및 전통지식 주권의 패러다임이 변화하고 있으며, 특히 전통지식과 관련된 국내 토종 유전자원의 발굴과 활용에 대한 대응이 필요하다.

나. 경제적, 산업적 측면

벼는 세계적으로는 물론 우리나라의 가장 중요한 식량공급원일 뿐만 아니라, 농가의 약 70%가 쌀 생산에 종사하고 있어 경제적으로도 대단히 중요한 위치를 점유하고 있다 (2009년도 국내 쌀생산액은 8조 7천억원이며, 농업생산액의 20.2%를 차지함). (농림축산식품부, 2010). 그러나 최근 쌀 소비량은 지속적으로 감소하여 2000년 1인당 93.6kg에서 67.2kg (2013년) 수준으로 하락하였고, 수입량이 꾸준히 증가하여 국내 쌀의 과잉 공급의 문제가 발생하고 있다(그림 1-5, 농림축산식품부, 2014).

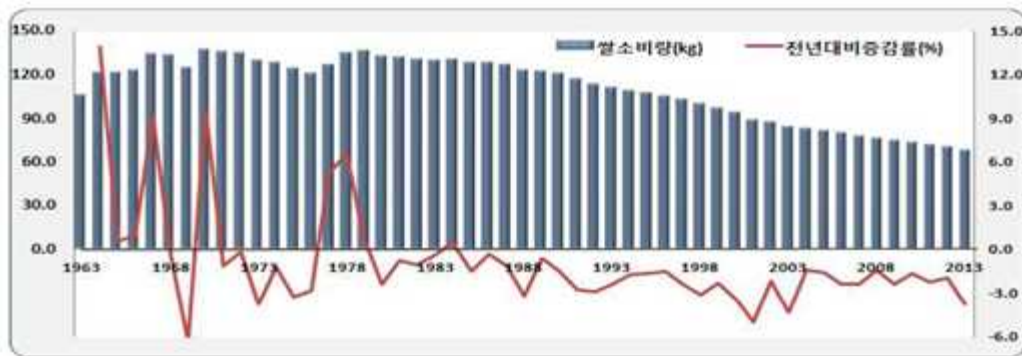


그림 1-5. 연간 1인당 쌀 소비량 변화(1963-2013)

쌀의 용도별 소비추이를 볼 때(그림 1-6), 가공용 쌀의 소비량은 2005년 이후 꾸준히 증가하고 있는 추세이나, 밥쌀용은 해마다 감소하는 추이다(농림축산식품부 2010). 따라서 다양한 가공용 식품의 개발 등을 통해 쌀에 대한 새로운 수요 창출을 해야만 현재 수준의 쌀 생산기반 유지가 가능하다. (농림수산식품부, 2010)

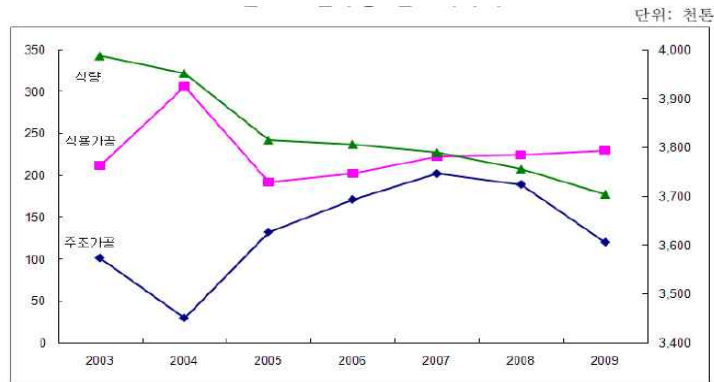


그림 1-6. 쌀의 용도별 소비 추이 (자료 농림축산식품부, 2010)

일본의 경우, 연간 약 500만 톤의 밀 수입국으로 최근 미곡의 새로운 용도의 이용 촉진에 대한 법을 제정되어 가공용 신제품 육성사업을 지원하고 있다. 특히 일본 쌀 생산량의 30% 이상을 차지하는 니가타현은 밀가루의 10%를 쌀가루로 대체하는 Rice Flour 10% Project (R10)가 시작되어 전국적으로 확대되고 있다(농촌경제연구원, 2011).

우리나라도 2008년 쌀가공산업 육성 지원사업을 통해 지속적으로 지원폭이 확대되고 있으며, 특히 지속적인 쌀 소비량 감소로 가공식품에 대한 관심이 높아져, 최근 5년간 쌀 가공식품에 대한 특허 출원이 800건에 달했다(특허청, 2011).

따라서 국내 쌀 소비 기반 확대를 위해서는 기존 밥쌀 시장을 유지하는 것과 함께 다양한 쌀 가공식품 시장 개척을 통한 쌀 소비기반 확충이 필요하다. 이를 위해서는 차별화되는 양질의 가공용 쌀의 개발과 안정적인 원료 공급의 기반 확보가 절실하다.

최근 10년간 우리가 해외에 지불한 종자관련 로열티는 1,500억원 정도이며, UPOV의 유예기간이 끝나는 2013년에는 한해에만 400억원 정도의 로열티를 지불해야 한다. 앞으로는 토종종자에 대한 국가간 거래시에도 비용을 지불해야 한다. 따라서 민간 차원에서 소규모로 재배되는 우수한 특성을 갖는 토종품종들을 우량품종으로 적극 도입시켜 경쟁력 있는 품종 개발이 시급하다.

다. 기술적 측면

우리나라의 벼 품종개발 기술은 수량성, 식미품질 등에서는 세계적인 수준이며 우수품종들이 다수 육성 등 국내 벼 육종연구는 다양한 유전자원 탐색을 통해 이용 유전자의 폭을 넓히고, 체계적인 교배, 선발을 통해 농업 형질 개선과 신제품 육성에 지대한 공헌을 했고, 또한 분자생물학기술을 적극 도입하여 전통적인 육종체계를 보완·효율성을 증대시켜 왔다.

최근 전통지식과 관련된 토종유전자원에 대한 관심이 고조되고 있으나, 국내의 벼 토종 유전자원 이용 실적은 미비하다. 현재 농촌진흥청 국립농업유전자원센터에는 1,000여점의 재래종 벼가 보존되어 있으나 겹치는 자원이 많아 품종명으로는 400여 품종이 보존되어 있다.

수집자원 대부분(80%)이 까락이 있는 유망종이고, 극히 일부를 제외하고는 잎도열병에 약하고, 도복에 약하여 다비재배에 불리한 특성을 가지고 있다.

그러나 조정조 등은 도열병에 강한 저항성을 보였고, 한발에 강한 품종, 성숙일수가 짧은 품종, 수분이 부족한 토양조건에서 발아력이 강한 품종 등이 보고되어 건답직파에 유리한 자원을 포함하고 있다. 또한 일부 자원은 일품벼 이상의 관능 식미값을 보이는 자원도 선발되었다.(그림 1-7, 1-8, 이정로 외 2013)

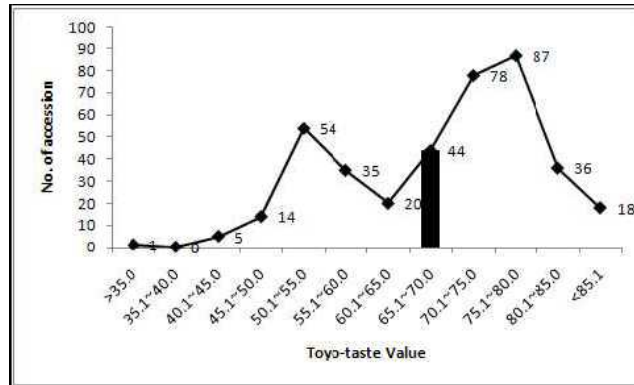


그림 1-7. 국내 재래종 유전자원의 Toyo 운기치 분포



그림 1-8. 재래종 품종의 식미값 (국립농업유전자원 센터)

따라서 토속유전자원에 대한 정밀한 재평가를 통하여 유용한 육종소재를 선발하고 활용하는 작업을 추진하여 우리 입맛에 맞는 고품질이나 가공적성을 가지거나 내재해 특성을 갖는 토속자원에 뿌리를 둔 우량한 품종을 육성하는 일은 반드시 필요할 것이다.

제 2절. 연구개발 목표와 내용

1. 연구개발의 목표와 내용

가. 연구개발의 목표

본 연구과제는 민간에서 전래되는 우수 가공특성의 토종찰벼 유전자원에 대해 품질특성을 학문적으로 검증하고, 우수 가공특성을 유지하면서 친환경 적성 및 재배적 특성이 개선된 벼 신품종 육성 및 이의 산업화를 위해,

- 1) 민간에서 재배 및 수집된 토속찰벼의 우수 가공특성에 대한 이화학적 특성 분석 및 유용 재래종 유전자원을 선발하고,
- 2) 토종찰벼 특성에 다양한 특수 기능성특성을 함유한 새로운 특수미질 창출을 위하여 우수 토종찰벼와 다양한 특수미들과 교배하여 새로운 특수미질 계통을 육성하며,
- 3) 토종찰벼 특성에 관여하는 유전자 분석을 수행하고, 토종찰벼 특이 발현하는 단백질체를 분석하여 토종찰벼의 미질에 관여하는 유전자들을 탐색한다.
- 4) 최종적으로 선발된 계통들의 이화학적 특성, 농업특성, 식미특성, 수량성, 지역적응성, 친환경 재배안정성 및 가공특성에 따른 상품성 평가를 통해 원료곡 시제품 개발을 목표로 한다.

나. 연구개발의 내용

- 돼지찰벼 교배 고세대 우량 계통의 생산력 검정 및 지역적응성 평가를 통한 품종개발
- 민간 수집 및 Genebank 유용 토종 찰벼 유전자원의 가공특성 및 이화학적 특성 분석 및 유용 토종자원의 선발
- 선발된 토종찰벼와 다양한 특수미 (유색미, 고당질, 분상질, 거대배)와 교배하여 새로운 특수미질계통 선발 육성.
- 교배 후대 계통 및 기 육성중인 돼지찰벼 후대계통의 기본농업형질 조사, 이화학적 특성 분석, 식미특성, 기능성물질, 기능성 성분함량 평가, 수량성 평가 및 우량계통 선발
- 친환경 재배적성 및 가공적성 평가를 통한 우수계통 선발 및 육성
- 재배안정성 및 지역적응성 우수 고세대 계통의 품종보호출원
- 우량계통 증식 및 용도별 시제품 생산(2건)
- 돼지찰벼의 찰 특성에 관여하는 유전자 분석
- 돼지찰벼와 기존 찰벼품종의 종자등숙 과정 단백질체 발현양상을 비교하여 돼지찰벼 특이발현 유전자 탐색

2. 연차별 연구개발의 목표와 내용

구분 (연도)	세부과제명	세부연구목표	연구개발 수행내용
1차 년도 (2011)	(제 1세부) 민간에서 전래되는 우수가공특성의 전통찰벼 유전자원을 활용한 친환경 적응신품종 개발 및 산업화	민간 수집 및 Genebank의 유용 토종 찰벼 유전자원의 특성평가 및 선발	- 토종찰벼 농업특성 평가 - 토종찰벼의 이화학적 특성 평가 및 기존의 찰벼와 비교 - 유용 토종찰벼 유전자원의 선발
		유용 토종 유전자원과 기존 의 특수미 품종의 교배조합 작성	- 선발된 유용 유전자원과 고당질, 분 상질, shrunken, dull, 거대배, 유색미 와 교배 및 계통육성 - 재배적성이 우수한 후대 계통 육성
		육성중인 돼지찰벼 고세대 계통의 생산력 예비시험 및 친환경재배 적성평가	- 단간, 내도복 우량계통과 도열병 저 항성 계통의 기본농업형질 등 생산 력 예비시험(2개 지역 이상) - 육성 계통의 수량성 및 내병성 평가 - 친환경 재배적성 평가
	(제 1협동) 돼지찰벼의 미질 및 전분특성 관련 유전자 동정	돼지찰벼 찰 특성에 관여하 는 유전자 고밀도 지도작성	- 돼지찰벼의 교배후대 분리집단 육성
		돼지찰벼 찰 특성관여 특이 발현 단백질체 동정 및 관여유전자 탐색	- 돼지찰벼 종자 단백질체 1D-SDS PAGE 분석
		돼지찰벼 종자 기능성 특성 분석	- 돼지찰벼 종자에의 대사체분석 대 조품종인 화선찰벼와 비교.

구분 (연도)	세부과제명	세부연구목표	연구개발 수행내용
2차 년도 (2012)	(제 1세부) 민간에서 전래되는 우수가공특성의 전통찰벼 유전자원을 활용한 친환경 적응신품종 개발 및 산업화	유용 토종 찰벼 유전자원의 특성평가 및 선발 및 후대 계통 육성	<ul style="list-style-type: none"> - 토종찰벼 유전자원의 유전다양성 평가 - 수집 유전자원(일본 구주대학, 100점)의 농업형질 및 전분특성 평가 - 수집 및 선발 토종 벼 유전자원(5점)의 농업특성 평가 - 선발된 유용 유전자원과 다양한 교배 조합 작성 및 조합별 후대계통 세대 진전 - 재배적성 및 목적형질이 우수한 후대 계통 육성
		돼지찰벼 고세대 계통의 생 산력 검증 및 품질특성평가	<ul style="list-style-type: none"> - 단간, 내도복 우량계통과 병 저항성 계통의 기본농업형질 등 지역적응성 평가 - 육성 계통의 수량성 및 내병, 내충성 평가 - 우량 계통에 대한 품종출원
		개발 품종의 지역적응성 및 친환경재배 적성평가를 통 한 시제품 개발	<ul style="list-style-type: none"> - 단간, 내도복 우량계통과 병 저항성 계통의 지역적응성 평가 및 친환경 재배적성 평가 - 품종보호 출원 계통의 시제품 제작
	(제 1협동) 돼지찰벼의 미질 및 전분특성 관련 유전자 동정	돼지찰벼 찰 특성 유전분석	<ul style="list-style-type: none"> - 돼지찰벼와 동진찰벼 교배 F₁의 포장재배 및 F₂ 종자 확보 - 1립 종자평가를 위한 1립 호화법 및 호화 종자의 물성특성 검정법 확립 - 돼지찰벼 및 육성계통의 전분합성 관련 유전자 변이 탐색
		육성 계통의 기능성 특성 분석	<ul style="list-style-type: none"> - 돼지찰벼 종자에의 대사체분석 대조품종인 화선찰벼와 비교.

구분 (연도)	세부과제명	세부연구목표	연구개발 수행내용
3차 년도 (2013)	(제 1세부) 민간에서 전래되는 우수가공특성의 전통찰벼 유전자원을 활용한 친환경 적응신품종 개발 및 산업화	유용 토종 찰벼 유전자원의 특성평가 및 선발 및 후대 계통 육성	<ul style="list-style-type: none"> - 재래종 유전자원의 도열병 저항성 평가 (DNA marker 활용) - 수집 유전자원의 농업형질 및 전분 특성 평가 - 선발된 유용 유전자원과 다양한 교배 조합 작성 및 조합별 후대계통 세대 진전 - 재배적성 및 목적형질이 우수한 후대 계통 육성
		돼지찰벼 고세대 계통의 생 산력 검증 및 품질특성평가	<ul style="list-style-type: none"> - 단간, 내도복 우량계통과 병 저항성 계통의 기본농업형질 등 생산력 분 시험 수행 - 육성 계통의 수량성 및 내병, 내충성 평가 - 우량 계통에 대한 품종출원
		개발 품종의 지역적응성 및 친환경재배 적성평가를 통 한 시제품 개발	<ul style="list-style-type: none"> - 육성 품종의 친환경 재배(농가실증 재배) - 육성 품종의 기술이전 - 원료곡 활용 시제품 제작
	(제 1협동) 돼지찰벼의 미질 및 전분특성 관련 유전자 동정	돼지찰벼 찰 특성 유전분석	<ul style="list-style-type: none"> - 전분특성 관여 유전자 RNAi 형질전 환 vector 제작 및 형질전환
		돼지찰벼 찰 특성관여 특이 발현 단백질체 동정	<ul style="list-style-type: none"> - shotgun proteomics 분석으로 단백 질체 동정 - 동진찰벼와 효원4호의 현미 단백질 체 분석

* 연구개발의 목적, 필요성 및 범위 등을 기술

제 2 장 국내외 기술개발 현황

제 1절. 국내외 연구현황

1. 국내 재래종 벼 연구현황

국내에서 토종 벼 유전자원에 대한 수집과 보존 및 특성평가를 주로 국립농업유전자원센터에서 이루어지고 있다. 현재 품종명 수로는 400여점이 보존되어 있으며, 이들의 특성은 대부분이 장간으로 도복에 약하고, 잎도열병 등 병에 약한 것으로 보고되고 있고, 종자에 가락이 있는 유망종이 대부분을 차지하고 있다. (국립농업유전자원센터, 2008)

현재 이들 토종 자원에 대해 출수기, 키 등 기본 농업형질과 종자크기, 무게, 종피색 등 종자관련 특성, 아밀로스함량 등 이화학적 특성에 대한 평가가 이루어졌고, 일부 자원에서 병저항성, 건담직과 적성, 추청벼 이상의 식미값 등이 보고되었고(국립농업유전자원센터, 한국재래벼 유전자원 특성집, 2008), 재래종 벼의 이삭 및 종실관련 질적형질 특성 변이(공주대학교 강희경, 2008)와 재래종 벼의 아미노산 특성(건국대, 2008, 2009) 등이 보고된 바 있다. 최근에는 재래종 벼의 흰잎마름병 저항성관련 연구(Xiangnu Li, 2011) 및 미질관련 특성 연구가 보고된 바 있다(이정로, 2013, 그림 2-1-1)

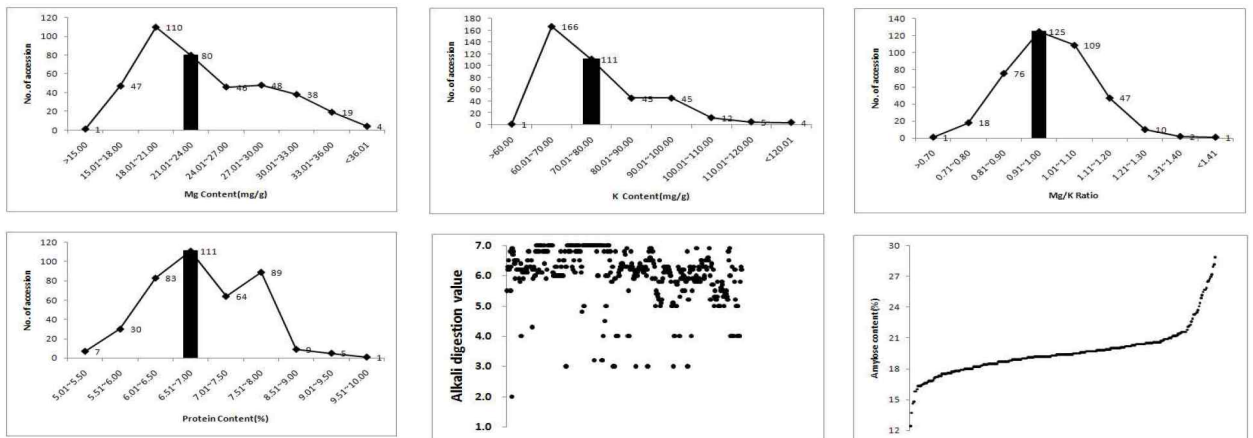


그림 2-1-1. 국내 수집 재래종의 미질관련 특성 분포

그러나 여전히 이들 유전자원에 대한 활용은 미미한 실정으로 토종 벼 유전자원 중 종피색이 적색으로 향산화 효과가 높고, 밥맛이 양호한 것으로 보고된 ‘자광도’ 를 이용하여 적미 품종인 ‘홍진주’ 벼(2007, 농촌진흥청)를 육성한 바 있고, ‘자광도’ 에 진부찰벼를 교배하여 육성된 자광찰(2007, 건국대학교 김광호) 품종이 육성된 것이 대부분이다(그림 2-1-2).



홍진주(농촌진흥청, 2007)



자광찰(건국대학교 2007)

그림 2-1-2. 국내 재래종 벼 자광도를 이용한 육성품종

2. 국내 shotgun proteomics 연구현황

단백질체학은 조직 또는 세포에 존재하는 단백질의 발현을 탐색하는 학문이다. 즉 유전체의 기능연구를 통해서 유용유전자를 탐색하는 학문이다. 단백질은 유전자의 최종 산물이며, 생체 세포에서 직접적인 기능을 하는 물질로, 이들의 발현을 분석하는 단백질체학 연구는 세포 내에서 일어나는 직접적인 상황을 보여주는 장점이 있다. 육종연구와 접목한 단백질체학 연구로 농업형질에 관여하는 유전자들의 유전체상의 분포, 구성, 및 발현이 탐색될 수 있으며, 특정한 환경이나 농업형질에 대하여 특이적으로 발현하는 단백질들이 검출될 경우, 형질의 발현에 관여하는 후보 단백질로 선발되어 후속연구를 통해 육종프로그램에 제공될 수 있다.

국내 벼 단백질체학 연구는 대부분 2D-PAGE 기술에 기반을 둔 연구기법이 활용되고 있는데, 최근 shotgun proteomics 기법을 동원하여 벼에서 돌연변이 특성을 연구한 결과가 발표되었다. 이 등(2011)은 벼에서 분얼 수가 적은 RCN 돌연변이체의 단백질체 연구에서, 1,353개의 재현성 있게 발현하는 단백질을 모두 동정하고 이들의 발현양을 모본과 비교함으로써, 이 돌연변이체의 분얼 수는 sucrose 함량 조절과 관련이 있음을 보고하였다(그림 2-1-3).

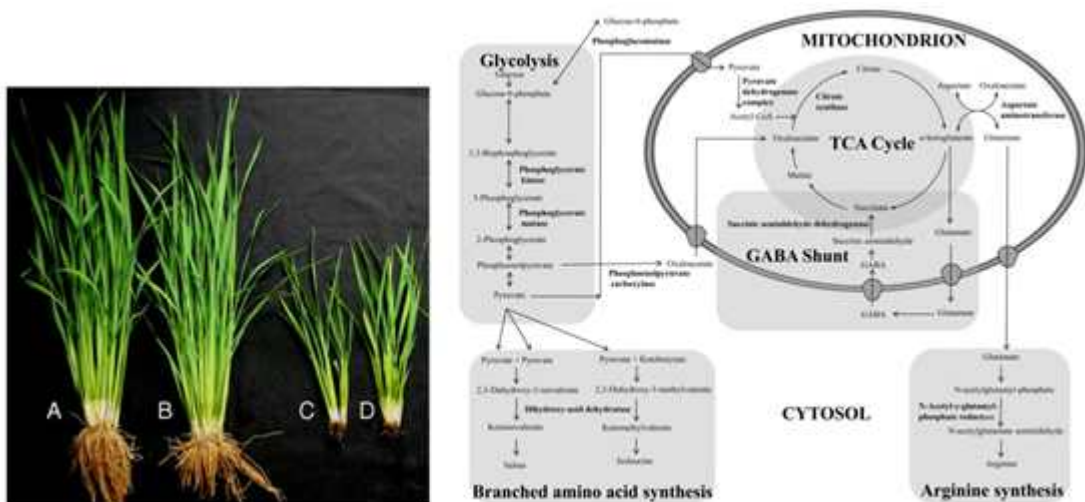


그림 2-1-3. shotgun proteomics 방법을 이용한 돌연변이 벼 단백질체 분석

제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과

제 1절. 재래종 찰벼 유전자원의 특성평가 및 계통 육성

1. 재래종 찰벼 유전다양성 및 특성정보 분석

가. 재래종 찰벼 유전자원의 다양성 평가 및 집단구조 분석

- 재래종 찰벼 자원 유전자원(93점, 표 3-1-1)에 29개 SSR 및 STS 마커로 증폭하여 얻어진 유전자형 정보를 활용하여 재래종 찰벼 유전자원의 유전적 다양성을 평가하고 이들의 집단구조 분석을 수행함 (표 3-1-2).

표 3-1-1. 분석된 93개 재래종 유전자원 및 7개 육성 찰벼 목록

n001	모나조(牟나租)	n036	잔모찰	n071	후리나
n002	석산나(石山나)	n037	출래산	n072	나미2
n003	적박나(赤粕나)	n038	포천육도(抱川陸稻)	n073	인부지나도
n004	안나(雁나)	n039	표도(表稻)	n074	용천(龍川)
n005	백곡나	n040	흑연진도	n075	육월조(六月租)
n006	옥청	n041	천주도(天柱稻)	n076	돈나
n007	백곡나(白穀나)	n042	구동나	n077	장조(長租)
n008	늘벼	n043	안남조(安南租)	n078	구중도(九重稻)
n009	가위찰	n044	이락도(李樂稻)	n079	황해도(黃海道)
n010	산두찰벼	n045	홍도도(紅桃稻)	n080	저나
n011	늘벼	n046	홍나(虹나)	n081	흑나조(黑나租)
n012	이천7일찰	n047	원조나(元棗나)	n082	점조
n013	번곡(番曲)	n048	각씨나	n083	가토리제
n014	조선(朝鮮)	n049	대골도(大骨稻)	n084	귀신찰
n015	용달이찰벼	n050	찰벼	n085	치차벼
n016	원산찰벼	n051	으르찰	n086	흑갱(黑梗)
n017	돈나	n052	황토도(黃土稻)	n087	홍천찰벼
n018	연나도	n053	강릉도(江陵稻)106	n088	절흑나
n019	쪽제비찰	n054	치경도(雉頃稻)	n089	녹두도(綠豆稻)
n020	쪽제비찰	n055	앵찰벼	n090	호미나
n021	강도도(岡都稻)	n056	조도(棗稻)	n091	도아지찰
n022	강원나(江原나)	n057	나도	n092	인부지나도(隣不知나稻)
n023	강원도(江原稻)	n058	강릉도	n093	유나
n024	대구나(大邱나)	n059	무주도(茂朱稻)	n094	동진찰 (육성종)
n025	다이골나	n060	양도(良稻)	n095	백운찰 (육성종)
n026	정달도(鄭達稻)	n061	단두나(短頭나)	n096	신선찰 (육성종)
n027	진도(眞稻)	n062	홍색도(紅色稻)	n097	아랑향찰 (육성종)
n028	인부지도(隣不知稻)	n063	자치나	n098	통일찰 (육성종)
n029	몽근차나락	n064	금도(錦稻)	n099	한강찰 (육성종)
n030	귤나도(蕨나稻)	n065	도아지	n100	화선찰 (육성종)
n031	차나락	n066	홍두나		
n032	승나	n067	진화(眞禾)		
n033	아꾸디찰	n068	적성나		
n034	대구나(大邱나)	n069	숙나(熟나)		
n035	재래종나	n070	대조도(大棗稻)		

표 3-1-2. 29개 마커로 분석된 93개 재래종 유전자원의 유전적 다양성 결과

Marker	Major Allele Frquency	Genotype No.	No. of obs.	Gene Diversity	PIC
RM021	0.25	8	88	0.79	0.76
RM044	0.51	10	87	0.70	0.68
RM048	0.46	19	90	0.77	0.76
RM206	0.12	25	90	0.93	0.93
RM214	0.35	19	68	0.84	0.83
RM228	0.60	6	84	0.59	0.54
RM231	0.77	4	87	0.39	0.37
RM232	0.18	16	87	0.89	0.88
RM235	0.84	4	43	0.29	0.27
RM241	0.27	11	85	0.83	0.81
RM246	0.44	6	86	0.67	0.61
RM247	0.42	10	91	0.68	0.62
RM249	0.17	15	88	0.89	0.88
RM253	0.36	7	87	0.73	0.68
RM257	0.36	7	85	0.72	0.67
SBE	0.54	4	89	0.58	0.50
SSS	0.99	2	90	0.02	0.02
WxOligo	0.86	3	92	0.25	0.22
RM310	0.34	12	76	0.81	0.80
RM3322	0.80	3	91	0.33	0.29
RM3718	0.56	4	90	0.53	0.43
RM3857	0.30	12	82	0.82	0.80
RM6144	0.86	2	91	0.24	0.21
RM6165	0.99	2	91	0.02	0.02
RM6629	0.90	3	91	0.18	0.17
RM12676	0.58	2	91	0.49	0.37
RM16427	0.88	3	91	0.22	0.20
RM19159	0.46	9	84	0.70	0.66
RM23455	0.82	3	79	0.31	0.29
Mean	0.55	8	85	0.56	0.53

- 추가적으로 국내 육성 찰벼 7점(동진찰벼(n094), 백운찰벼(n095), 신선찰벼(n096), 아랑향찰벼(n097), 통일찰벼(n098), 한강찰벼(n099), 화선찰벼(n100))을 포함하여 이들의 유연관계를 분석함(그림 3-1-1).

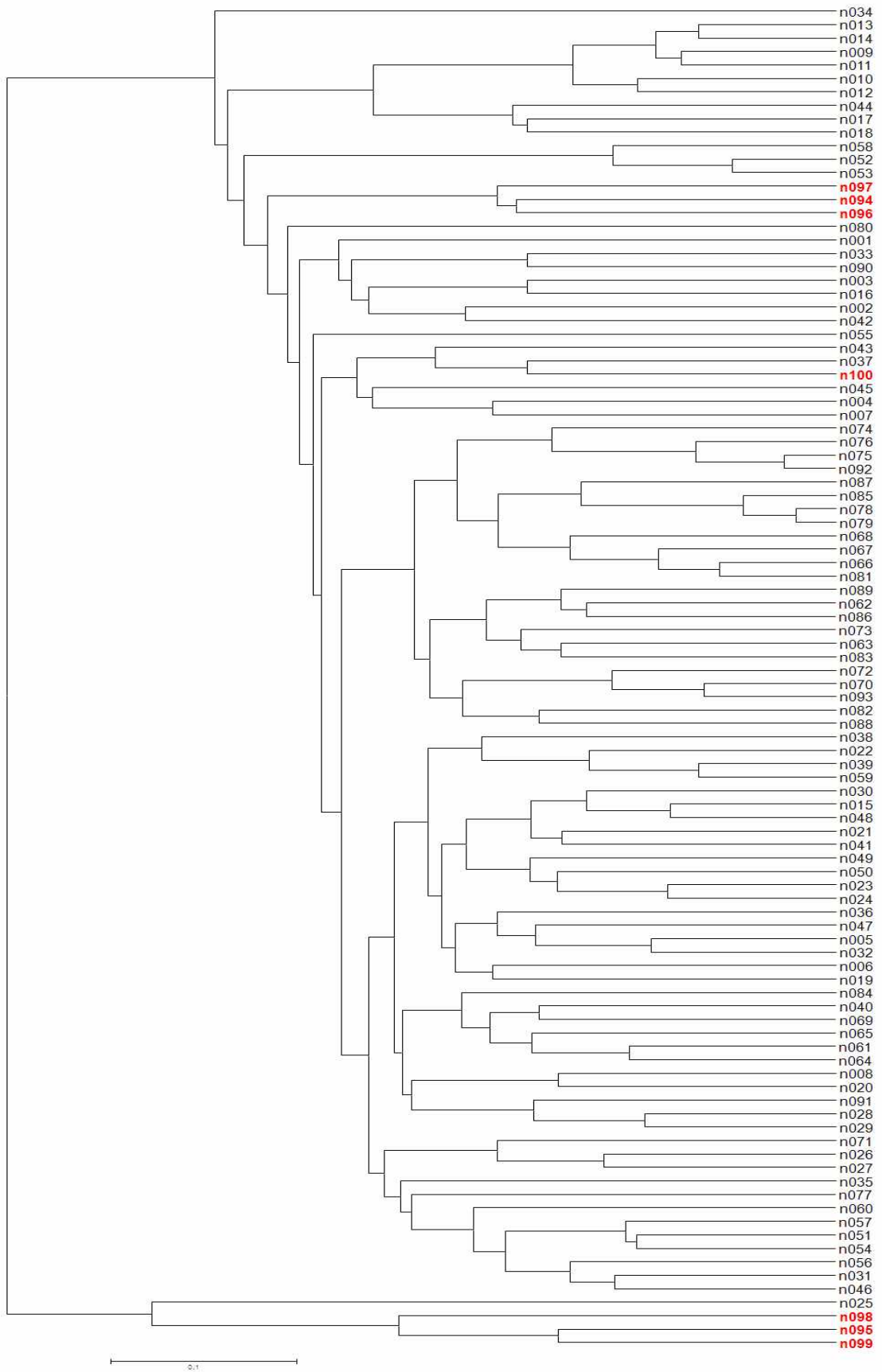


그림 3-1-1. 재래종 찰벼 유전자원의 유연관계

- 재래종 93점은 80% 수준에서 크게 3개 집단으로 구분되었으며, pop1에는 37개 자원이, pop2에는 8개 자원, 그리고 pop3에는 41개 자원이 속하였고, 7개 자원은 혼입된 형태를 보였음(그림 3-1-2).

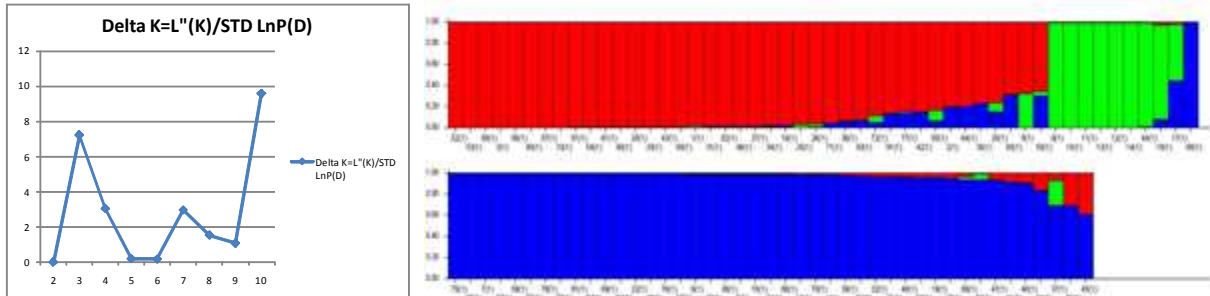


그림 3-1-2. 93개 토종찰벼의 집단구조

- 재래종 찰벼의 유전다양성을 생태형 정보와 결합하여 분석하기 위해 3개 소그룹에서 각각 8점 내외를 선발하여 35개 도입품종, 56개 국내 육성품종 및 18개 야생종을 포함 총 132점에 대해 SSR marker를 이용하여 유전적 다양성 및 집단구조 분석을 수행하였음(표3-1-3).

표 3-1-3. 재래종 벼와 다양한 생태형 자원을 이용한 유전적 다양성

Type	Sample Size	MAF ^a	NG ^b	NA ^c	GD ^d	H _E ^e	PIC ^f
Introduced lines	35	0.43	7.65	7.46	0.70	0.05	0.66
Breeding lines	56	0.62	4.42	4.10	0.49	0.02	0.43
Landrace	23	0.58	5.39	5.34	0.56	0.04	0.52
Weedy	18	0.52	4.03	3.99	0.57	0.02	0.51

a: Major allele frequency; b: Genotype number; c: Number of alleles; d: Gene diversity; e: Expected heterozygosity f: Polymorphism information content.

- 분석된 132개 품종 및 계통 중 105개 자원은 75% 동질성 수준에서 크게 3개 그룹으로 구분되었고(그림 1-2(A)), 비가중 산술평균 분석(UPGMA)을 통한 유사도 분석에서도 유전적으로 혼입된 것으로 나타난 27개를 제외한 자원들이 집단구조 분석에서의 결과와 동일하게 소그룹별로 유집되었음(그림 3-1-3).

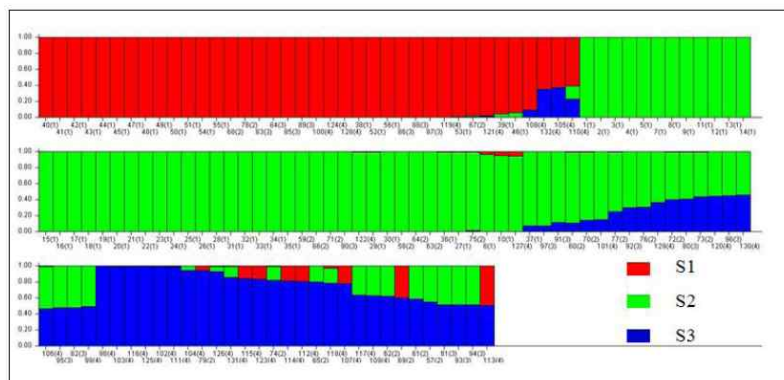


그림 3-1-3. 132개 계통 및 품종의 집단 구조

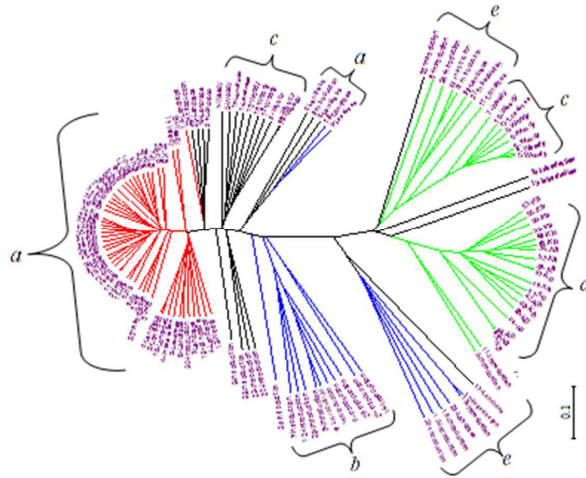


그림 3-1-4. 132개 자원의 unrooted neighbor-joining tree

a: Temperature japonica b: Tropical japonica c: Wild d: Tongil-type; e: Indica

나. 소그룹 간 지방산 조성 및 미질 특성의 비교

- 재래종 찰벼 93점의 지방산 조성, 비타민 E 관련 성분 및 미질특성 자료를 이용(농업유전 자원센터 특성정보)하여 소그룹 간의 평균간 비교를 수행함(표3-1-4, DMRT, SAS software)

표 3-1-4. 소그룹별 주요 성분, 기본농업형질 및 미질관련 형질의 평균간 비교

특 성		pop1(27)	pop2(6)	pop3(28)
지방산 조성	C14:0	0.61a	0.49b	0.56ab
	C16:0	20.05a	18.49b	20.50a
	C18:0	1.98a	1.91a	1.94a
	C18:1	36.57b	40.21a	37.12b
	C18:2	38.04a	36.42b	37.17ab
	C20:0	0.63a	0.50b	0.61a
	C18:3	1.72a	1.62a	1.71a
	C22:0	0.40a	0.36a	0.38a
	SFA	23.67a	21.74b	24.00a
	MUFA	36.57b	40.21a	37.12b
	PUFA	39.76a	38.05b	38.89ab
phytoster ols	squalene	47.60a	32.43a	42.18a
	Campesterol	33.77a	22.71b	31.40a
	Stigmasterol	58.02a	39.94b	53.45a
	B-sitosterol	126.54a	80.78b	122.23a
	Total phytosterols	218.33a	143.44b	207.08a
	Mg content	29.38a	30.28a	29.90a
기본농업 형질	K content	90.34a	90.65a	93.45a
	Clum length	68.24a	81.38a	56.06a
	Grain length	6.08b	6.92a	5.76b
	1000 grain weight	25.8a	23.75a	28.90a

다. 재래종 찰벼에서 주요 농업형질 및 미질관련 형질과 기능성 특성과의 상관분석

- 지방산, vitamin E, 지질 등 기능성 성분과 주요 농업형질 및 미질관련 형질간의 상관분석을 수행한 결과 (표 3-1-5a), 간장과 C20:0, C22 와 정의 상관관계를 보였고, 종실길이는 C16:0과 부의 상관을 보이는 것으로 나타났고, 단백질 함량은 C14:0과는 정의상관을 C16과는 부의 상관을 보이는 것으로 나타났음.

표 3-1-5a. 지방산 조성과 기본 농업형질 및 미질관련 형질 간의 상관분석

	C14:0	C16:0	C18:0	C18:1	C18:2	C20:0	C18:3	C22:0	SFA	MUFA	PUFA
간장	<u>-0.28*</u>	<u>-0.32*</u>	0.09	0.03	0.16	0.44**	0.19	0.42**	<u>-0.28*</u>	0.03	0.16
수수	0.02	0.02	-0.13	-0.12	0.14	-0.06	0.01	-0.12	-0.01	-0.12	0.14
수장	-0.01	-0.19	<u>-0.28*</u>	0.01	0.14	0.16	-0.08	0.40**	-0.21	0.01	0.13
출수기	-0.04	<u>-0.28*</u>	0.24	0.19	-0.05	0.07	-0.14	0.07	-0.24	0.19	-0.06
종실길이	0.19	-0.39**	0.18	<u>0.30*</u>	-0.10	0.09	<u>-0.34*</u>	<u>0.32*</u>	<u>-0.33*</u>	<u>0.30*</u>	-0.11
종실너비	0.15	0.05	0.19	0.00	-0.05	-0.11	-0.19	0.11	0.09	0.00	-0.06
천립중	<u>0.30*</u>	-0.11	<u>0.31*</u>	0.24	-0.22	-0.28	-0.35	-0.18	-0.06	0.24	-0.24
단백질함량	0.40**	-0.30**	0.02	0.07	0.09	0.13	-0.05	<u>0.23*</u>	<u>-0.24*</u>	0.07	0.08
아밀로스함량	0.08	-0.13	0.08	0.04	0.01	0.08	0.12	0.17	-0.10	0.04	0.02
식미치	0.04	0.03	0.10	-0.06	0.05	<u>-0.24*</u>	0.01	-0.10	0.03	-0.06	0.05

- 기타 기능성 관련 물질 및 미량원소 함량과 주요 농업형질 및 미질관련 형질간의 상관분석을 수행함(표3-1-5b)

표 3-1-5b. 기타 기능성 관련 성분함량과 기본 농업형질 및 미질관련 형질 간의 상관분석

	squalene	Campesterol	Stigmasterol	B-sitosterol	Total phytosterols	K함량	Mg함량
간장	-0.12	0.26	<u>0.28*</u>	0.25	0.27*	-0.06	-0.11
수수	0.07	-0.13	-0.10	-0.21	-0.17	-0.05	-0.03
수장	-0.23	0.25	0.35**	<u>0.29*</u>	<u>0.31*</u>	-0.19	0.05
출수기	-0.13	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	0.17	0.02
종실길이	-0.39**	0.03	0.16	-0.05	0.01	-0.08	-0.05
종실너비	-0.05	-0.02	0.00	0.06	0.04	0.03	0.08
천립중	-0.26	-0.16	-0.10	-0.10	-0.11	0.04	-0.01
단백질함량	-0.35**	0.07	0.20	-0.03	0.04	-0.21*	0.02
아밀로스함량	-0.06	0.19	0.20	0.13	0.17	-0.11	-0.05
식미치	0.17	<u>-0.24*</u>	<u>-0.26*</u>	-0.19	-0.22*	0.10	-0.12

라. 재래종 벼 유전자원의 도열병 저항성 유전자 탐색

- 도열병 유전자 분석을 위한 elite 유전자원 및 32개 재래종 벼 유전자원에 대해 4개 마커를 이용하여 도열병 유전자를 탐색함(표3-1-6).

표 3-1-6. 도열병 유전자 탐색에 이용된 재래종 벼 목록

No	Stock No.	자원명	Rgene*	No	Stock No.	자원명	Rgene*
1	IT010151	가위찰		17	IT009221	효성재래종	b,ta
2	IT110944	산두찰벼		18	IT006818	수상조	
3	IT010565	인천7일찰		19	IT005500	노인다리	
4	IT010628	조선		20	IT008530	조선도	
5	IT010480	용다리찰	b	21	IT224681	적선	b,ta
6	IT010555	육성재래		22	IT226487	선	b,ta
7	IT010727	흑피		23	IT009060	한양조	b
8	IT010726	흑목		24	IT008413	조도	
9	IT010376	산두도		25	IT010577	장망재래	
10	IT010582	재래육도		26	IT010704	포천유망찰	
11	IT010417	소두도		27	IT010339	발나락	
12	IT009118	홍도	b	28	IT006622	상도1	
13	IT009128	홍사도	b	29	IT009078	향곡	
14	IT006538	사두초	b	30	IT229901	점조	
15	IT007559	앵미	b,ta	31	IT229903	호미나	
16	IT173444	자광도		32	IT006303	백곡나	

- 4개 도열병 저항성 유전자에 대해 분석한 결과 총 32개 재래벼 품종 중 9개 품종에서 적어도 하나 이상의 저항성 유전자가 탐색되었고, 2개 이상의 저항성 유전자는 4개 품종에서 탐색되었음(표 3-1-6).
- 2번 염색체에 위치한 *Pib* 유전자는 분석한 재래벼 중 홍도, 홍사도, 사두초, 앵미, 효성재래종, 적선, 선, 한양조, 백곡나 등 총 9개 품종에서 저항성 유전자가 탐색되었음(그림 3-1-5a)
- *Pita*-specific한 YL155/YL87 마커 set로 분석한 결과, 앵미, 효성재래종, 적선, 선은 *Pib* 를 포함하여 *Pita* 유전자도 탐색되었음(그림 3-1-5b).

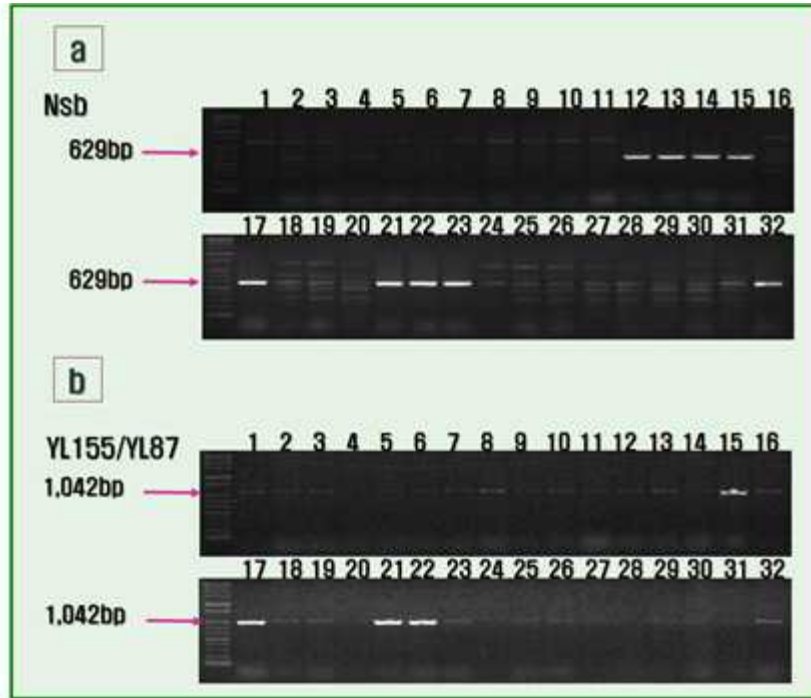


그림 3-1-5. 32개 재래종 벼의 *pib*, *pita* 유전자 탐색 결과

- BBCC 계통을 가진 야생벼(*O. minuta*)에서 유래된 Pi9 저항성 유전자 탐색을 위해 IRBL elite line과 공시재료를 NBS O/U로 증폭된 DNA 단편에 제한효소 *Hinf* I을 처리한 결과, 500bp, 460bp, 240bp와 220bp 크기로 절단되었으며, Pi9 type 등 5개 type으로 분류되었고 (그림 3-1-6), 이들 중 15개 품종은 460bp와 220bp의 단편이 출현한 Pi9-type을 보였음.

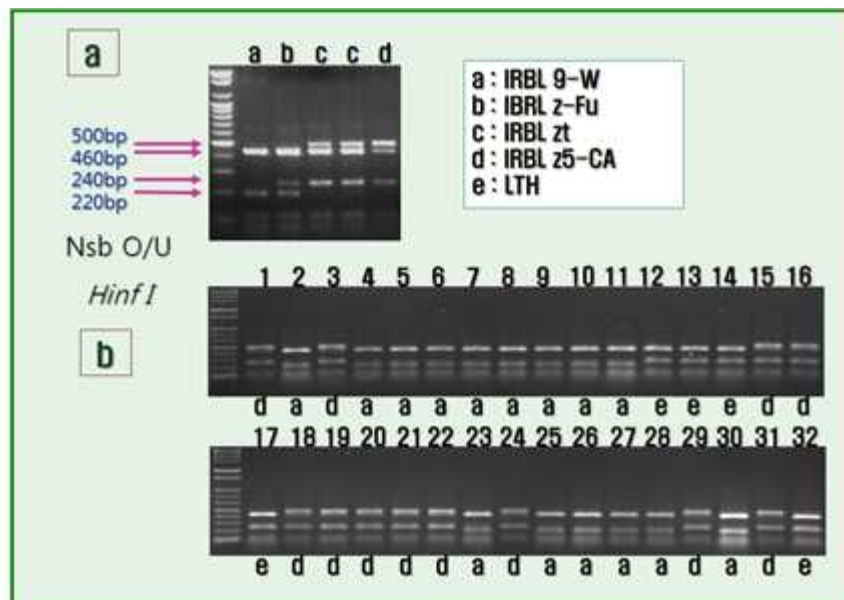


그림 3-1-6. 32개 재래종 벼의 *pi9* 유전자 탐색 결과

2. 신규 유전자원 수집 및 특성 평가

가. 신규 재래종 찰벼 유전자원 탐색

- (사)흙살림 토종연구소에서 괴산지역에서 수집된 찰벼(그림 3-1-7) 계통을 분양받아 순계 분리를 위해 포장재배를 실시함.
- 키가 크고, 줄기가 가늘어 도복에 대단히 약하며, 출수기는 준조생에 해당되며, 까락은 없으나 재래종 찰벼에서 흔히 보이는 붉은 색의 부선을 보임.
- 20개체의 기본농업형질을 평가한 결과 전반적으로 고정된 것으로 판단되나, 연차재배를 통해 재검토하고자 개체별로 수확하였음.
- 개체별 수확한 종자에 대해 종실특성을 평가하고, 차년도 포장재배시험을 통해 순계 계통을 선발, 토종찰벼 유전자원으로 등록 할 것임.



그림 3-1-7. 재래종 괴산찰벼의 식물체 사진

나. 선발 토종 벼 유전자원의 농업형질 및 기능성 성분 평가

- 흙살림 토종연구소에서 차후 활용 가능할 것으로 판단하여 보존, 증식 중인 재래종 벼 품종에 대해 이들의 기본 농업형질을 평가하고, 탐색되지 않았던 기능성 성분 등을 평가 중에 있음.
- 선발 품종은 ‘북흑조’, ‘조동지’ 및 신규 수집자원인 ‘괴산찰벼’와 ‘옥천돼지찰’로서 포장에서 순계분리를 완료한 상태임.



그림 3-1-8.
(사)흙살림 토종연구소
재래종 벼 보존 포장

다. 수집 유전자원의 농업형질 및 전분특성 평가

- 재래종 찰벼의 유전형질 개선을 위해 활용가능성을 평가하기 위해 95개 유전자원(일본 구주대학 수집자원)을 분양 이들의 주요 농업형질에 대한 평가를 수행함.
- 이들 유전자원은 다양한 까락 색을 갖는 자원(그림 3-1-9(a)(b))과 갈색영(c), 여분의 외영(d)을 갖는 자원이 조사되었고, (e)의 경우에는 이삭 내 출수기 차이가 큰 특성을 보였으며, 기형 이삭(f)을 갖는 등 다양한 이삭 형태를 보였음.

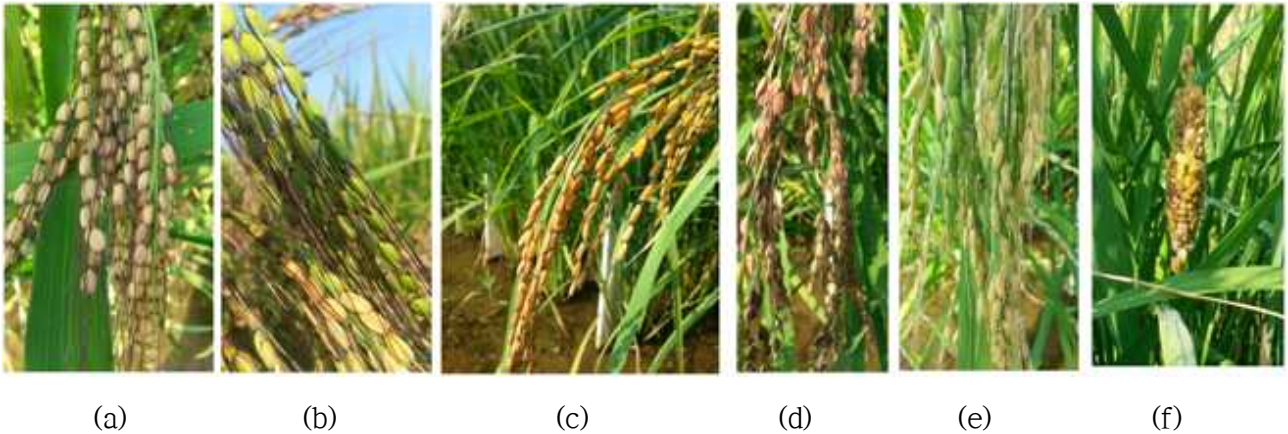


그림 3-1-9. 수집 유전자원의 다양한 이삭 형태

- 이들 95개 유전자원의 간장은 27~145cm로 다양하게 분포하였고, 이삭길어도 14~30cm 수준이었음. 천립중도 11~31로 다양하게 조사되었고, 장폭비는 0.89의 단원형에서 3.6의 장립종이 조사되었음. 아밀로스 함량은 찰벼(0)와 고아밀로스(33.6%) 자원이 존재하여 차후 유용한 육종소재가 될 수 있을 것으로 판단됨(표 3-1-7, 그림 3-1-10).

표 3-1-7. 수집 유전자원의 주요 농업형질 분포

	출수기	간장 (cm)	수장 (cm)	수수	수당립수	천립중 (g)	종자 길이 (mm)	종자 폭 (mm)	장폭비	아밀로스함량 (%)
평균	63.0	92.5	21.6	10.7	156.7	21.29	5.57	2.89	1.96	19.3
표준편차	8.9	19.0	3.1	5.0	51.2	3.35	0.78	0.26	0.42	11.7
최대값	92	145	30	41	295	31	7.7	3.4	3.6	33.6
최소값	37	27	14	3	28	11	2.9	1.9	0.89	0.0

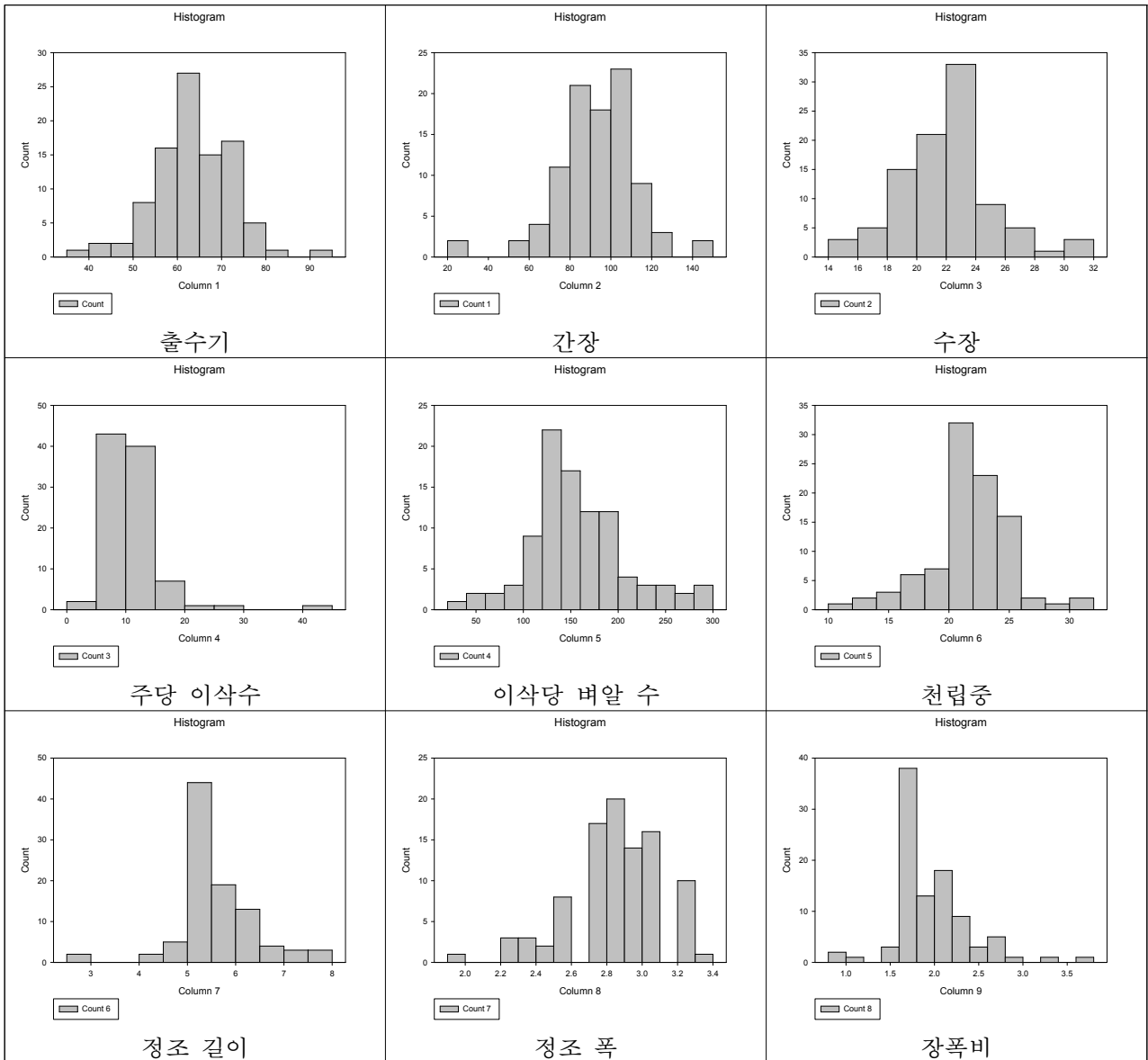
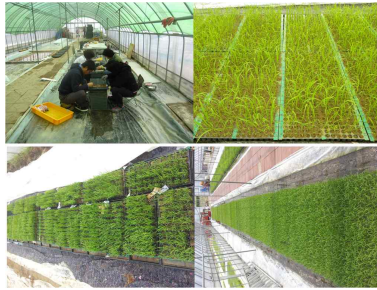


그림 3-1-10. 수집 유전자원의 표현형별 형질 분포

- 이들 유전자원에 대한 기본 정보를 활용하여 차후 대표 품종과 교배를 통한 중간 모본 등을 작성하여 유용 재래종의 취약 형질 개선을 위한 소재로 활용할 수 있을 것임.

3. 토종찰벼(돼지찰벼) 특성 도입을 위한 후대계통 육성

가. 유용 토종찰벼와 가공특성(거대배, 유색 등)의 결합을 위한 후대계통 육성



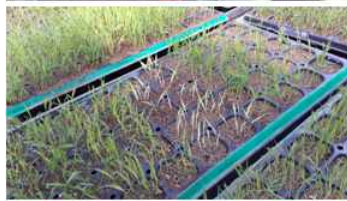
2012년 4월 파종 및 못자리



2012년 5월 모내기(계통재배)



2012년 6월 포장전경



(2013년)

그림 3-1-11. 후대계통 육성 포장시험

- 기 작성된 F3 및 F4 계통과 8개 조합의 F1 식물체에 대해 포장 재배를 수행함. 선발계통에 대해 계통별 25주, F₁ 식물체 7~10개체에 대해 포장재배를 수행함. 2012년 4월 26일 파종, 5월 26일에 1주 1본, 40*20 재식밀도로 포장 이양하였음(그림3-1-11).
- 2012년 세대진전한 F₄ 및 F₅ 계통(수원 포장)과 5개 조합의 F₂ 식물체 및 1차 년도에 신규 교배하여 얻은 F₁ 3조합과 BC₁F₁ 4조합에 대해서 포장 재배를 수행함 (밀양 포장). 선발계통에 대해 계통별 20주, F₁ 식물체 7~10개체에 대해 포장 재배를 수행하였고, BC₁F₁는 50개체 내외를 이양하였으며, F₂ 5조합에 대해서는 200~300 개체에 대해 포장 이양 재배를 수행하였음.(그림 3-1-11, 수원 포장: 4월 22일 파종, 5월 22일 이양, 밀양 포장 : 4월 29일 파종, 6월 1일 이양)

- 돼지찰벼와 특수미 계통과의 교배 후대 조합(현재 F₅~F₇ 세대 진전 중)

[(주남/Sigahabutae)//(주남/돼지찰벼)], [(자향나/흑진주)//(주남/돼지찰벼)],
 [(주남/대립//Sigahabutae)//(주남/홍나)], [(Sigahabutae/동진찰)//(주남/홍나)],
 [(주남/돼지찰벼)//(양조/보석찰)], [(주남/돼지찰벼)//(거대배찰/흑선찰)],
 [(주남/돼지찰벼)//진도흑찰], [(주남/돼지찰벼)//(양조/Sigahabutae)],

- F₅~ F₇세대의 경우 초형을 중심으로 계통 및 개체 선발을 수행함.

나. 돼지찰벼 농업형질 개선을 위한 추가 교배조합 작성 및 후대 양성

- 고품질 찰벼 육성 : [돼지찰벼/일품], [돼지찰벼/삼광], [돼지찰벼/추청],
- 다수성 찰벼 육성 : [돼지찰벼/보람찬]
- 복합기능성 찰벼 육성 : [돼지찰벼/큰눈], [돼지찰벼/진상벼]
- 재배적성 찰벼 육성(숙기 단축) : [돼지찰벼/조평]
- 재배적성 (키다리병 저항성 도입) : [돼지찰벼/인월벼]
- 유전연구용 : [돼지찰벼/동진찰] , [동진찰/돼지찰벼]

- F₁은 개체별 교배여부를 판단(DNA marker 활용)하여 정상적으로 교배된 개체에 대해 개체별 수확하였고, F₂ 개체는 개체별 이삭 수확하여 건조하여 현미에서 찰 특성을 선발 하였음. 유전분석용 재료인 [돼지찰/일품], [돼지찰벼/보람찬] F₂ 종자는 차후 유전자 탐색을 위한 분리집단으로 활용하기 위해 SSD 방법을 통해 신속 세대 진전을 수행함.

다. 돼지찰벼 찰 특성 신속 도입을 위한 여교배 수행.

- 돼지찰벼의 우수 찰 특성의 신속 도입 및 중간모본 육성을 위해 F₁ 8개 조합 중 4개 조합 ([돼지찰벼/추청], [돼지찰벼/보람찬], [돼지찰벼/큰눈], [돼지찰벼/현농1호])에 대해 각각 대표품종으로 여교배를 수행함.



제 2절. 고세대 계통의 생산력 시험 및 품종 육성

1. 고세대 육성 계통의 생산력 시험

가. 생산력 예비시험(2012년)



파종(4월 26일경)



모내기(예산, 5월 26)



모내기(괴산, 5월 27일)



수원 포장(6월 중)



예산 생검포장(5~10월)



생산력포장(괴산, 10월 22일)

그림 3-2-1. 생산력 예비시험 포장 사진

- F₇세대 : 주남/돼지찰벼 6계통, 보석찰벼/돼지찰벼 2계통, 주남/홍나 2계통 및 대조품종으로 돼지찰벼 모본, 동진찰벼, 화영벼를 공시하여 2012년 4월 25일경 파종하여 수원(호매실동), 예산(예산읍 대를리), 괴산(괴산군 제월리) 포장에 각각 5월 26일, 5월 27일에 40 × 20으로 1주 1본으로 손이앙하여 포장 재배를 수행함(표 3-2-1, 그림 3-2-1).

(a) : 보석찰 / 돼지찰벼 교배 후대 고세대 계통 : 복합저항성 계통

2000 ~ 2004 : 돼지찰벼 특성 평가, 복합저항성 모본 평가 및 선정

2005년 하계 : 주남벼 / 돼지찰벼 교배조합 작성

2005년 동계 : 동계 온실 재배를 통한 F₂ 종자 확보

2006년 ~ 현재 : 개체별 미질 특성 평가 및 포장 도열병 등 포장저항성 평가를 통한 우량 개통 및 개체 선발(계통육종법 적용)

(b) : 돼지찰벼 단간, 내도복 다수성 계통 : 주남벼 / 돼지찰벼 교배 후대

2000 ~ 2004 : 돼지찰벼 수량성 개선을 위한 자원수집 및 모본 평가

2005년 하계 : 보석찰벼 / 돼지찰벼 교배조합 작성

2005년 동계 : 동계 온실 재배를 통한 F₂ 종자 확보

2006년 ~ 현재 : 단간, 내도복 특성 및 수량성 평가를 통한 우량 개통 및 개체 선발(계통육종법 적용)


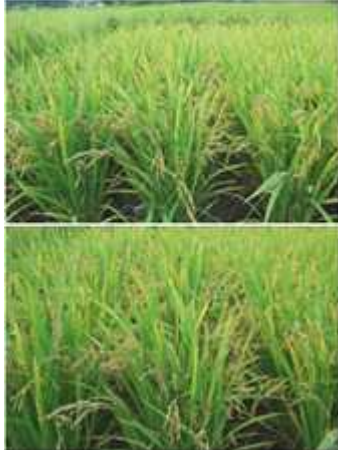

표 3-2-1. 생산력검정 시험포장의 재배 일반 현황

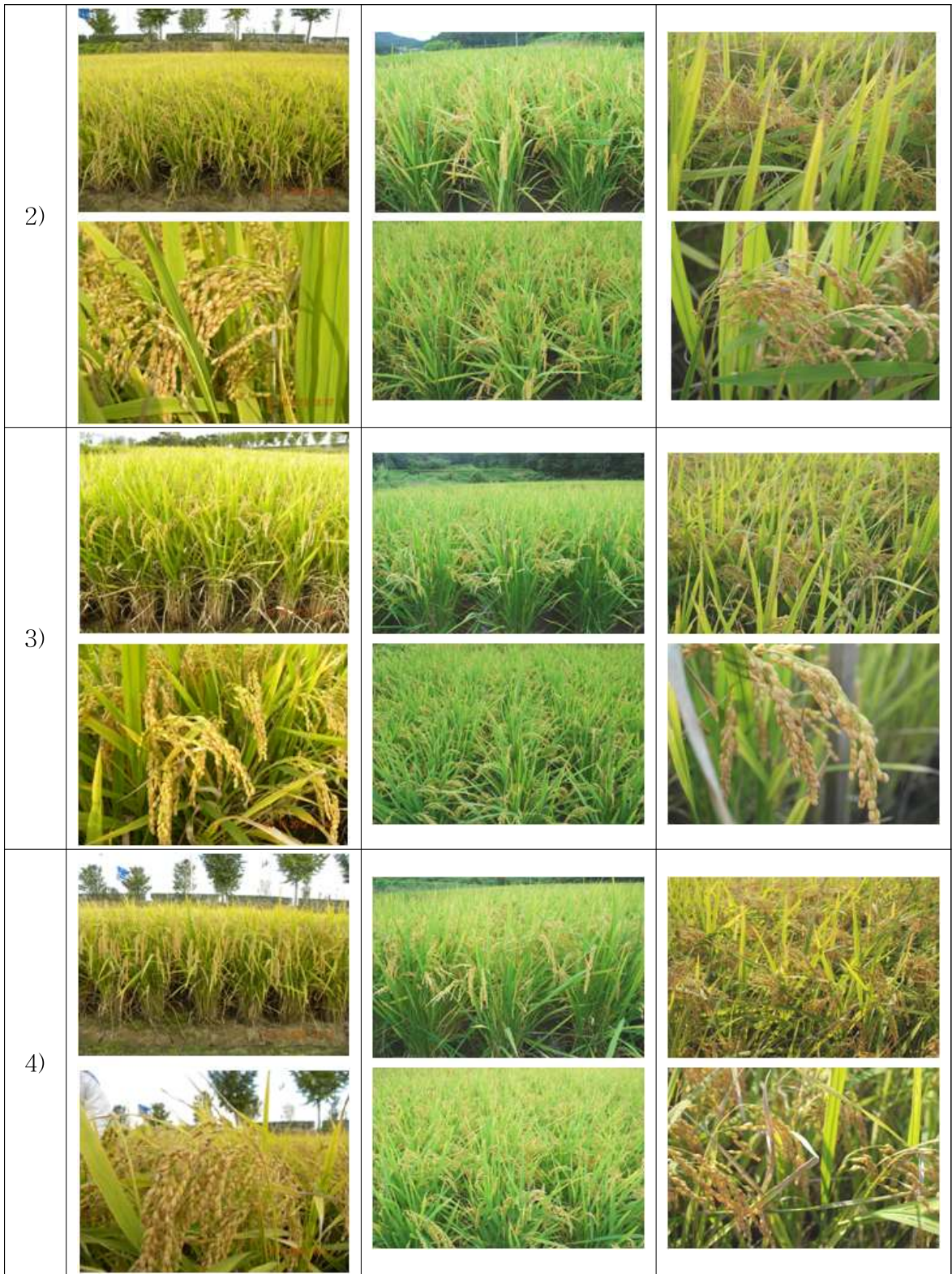
지역	수원	예산	괴산
주소	수원시 권선구 호매실동	예산읍 대를리	괴산군 제월리
파종	2012년 4월 26일	2012년 4월 26일	2012년 4월 26일
이앙	2012. 5. 27	2012. 5. 26	2012. 5. 24, 5.26
시비	표준시비	표준시비	토양분석 후 별도시비
비고			친환경재배(우렁농법)

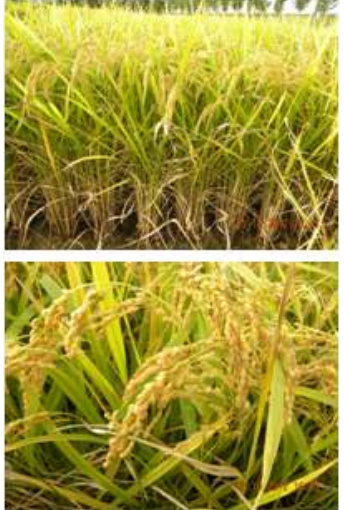

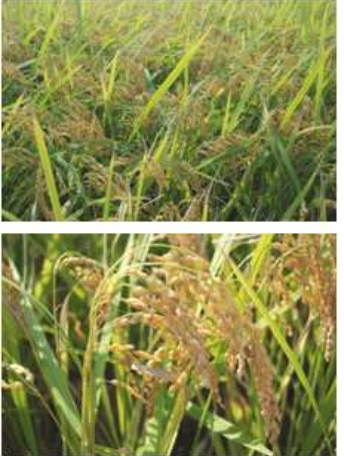
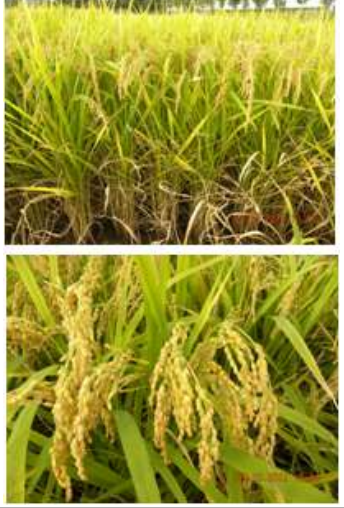

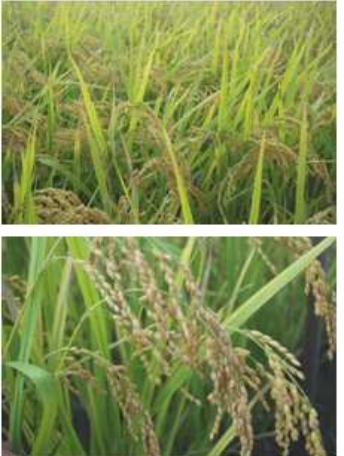
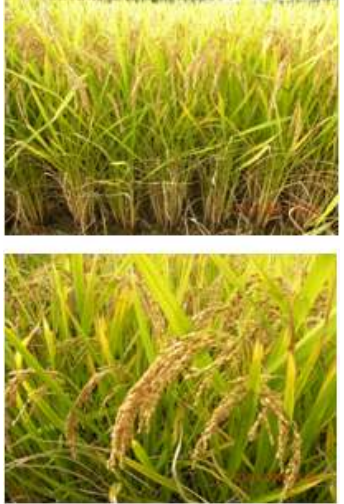


표 3-2-2. 생산력시험 공시계통

연번	교배조합	수원번호	예산	괴산
1	주남벼X웅진수집돈나	12-J증식-49	12C019	12-흙살림-6
2	주남벼X웅진수집돈나	12-J증식-50	12C020	12-흙살림-7
3	주남벼X웅진수집돈나	12-J증식-51	12C021	12-흙살림-8
4	주남벼X웅진수집돈나	12-J증식-52	12C022	12-흙살림-9
5	주남벼X웅진수집돈나	12-J증식-53	12C023	12-흙살림-10
6	주남벼X웅진수집돈나	12-J증식-54	12C024	12-흙살림-11
7	보석찰X웅진수집돈나	12-J증식-55	12C025	12-흙살림-12
8	보석찰X웅진수집돈나	12-J증식-56	12C026	12-흙살림-13
9	주남벼XJA-7(홍나)	12-J증식-57	12C027	12-흙살림-14
10	주남벼XJA-7(홍나)	12-J증식-58	12C028	12-흙살림-15
11	동진찰	12-J증식-70	12C039	12-흙살림-16
12	돼지찰벼	12-J증식-71	12C040	-
13	화영	12-J증식-72	12C041	12-흙살림-17*

*12-흙살림-17 : 추정

	수원	예산	괴산 (친환경재배)
1)			



5)			
6)			
7)			

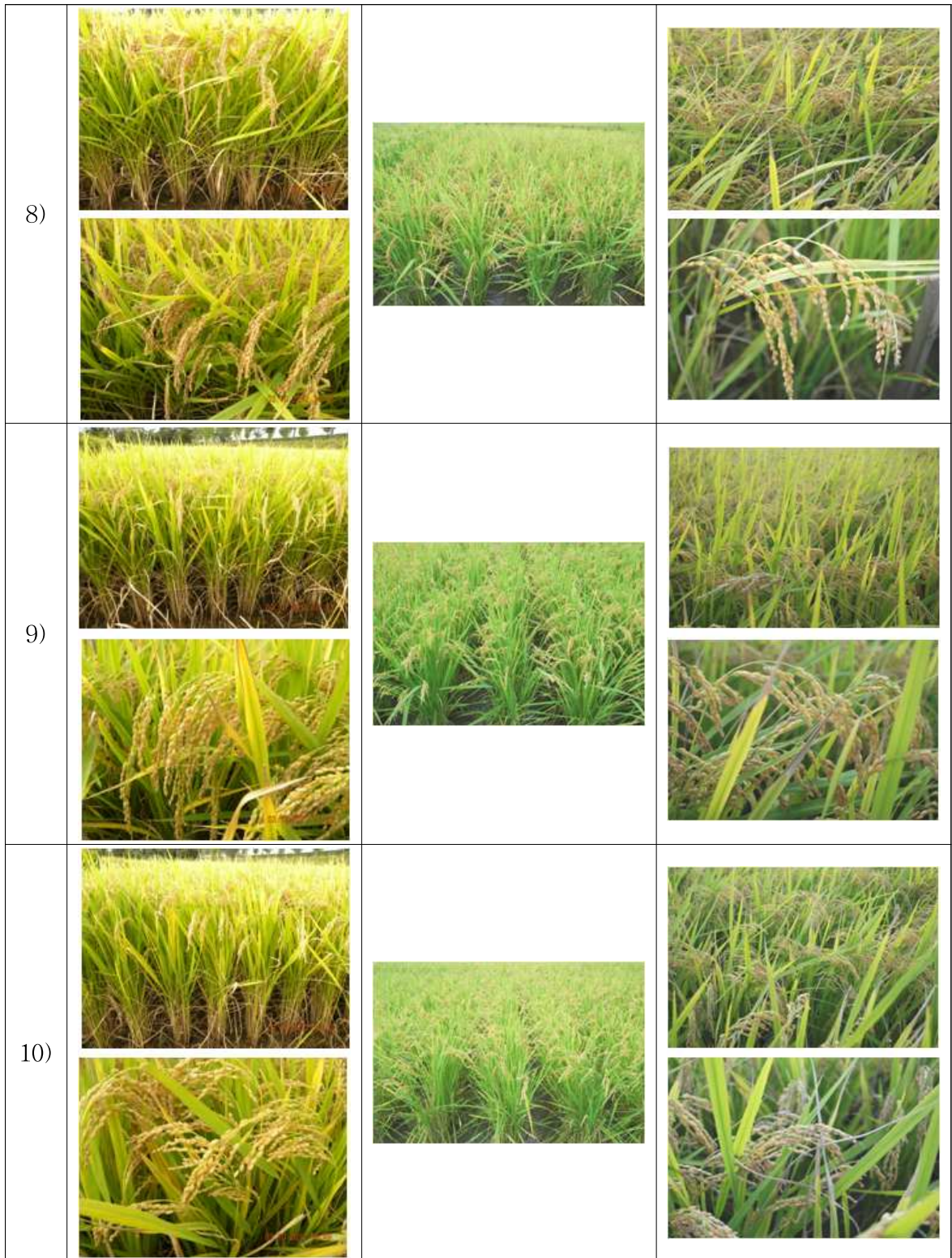


그림 3-2-2. 공시계통의 등숙기 포장 생육사진

표 3-2-3. 생산력시험 공시계통의 기본 농업형질

계통번호	교배조합	출수기	간장	수장
1	주남벼X웅진수집돈나	8/18	65.0±2.1	23.2±2.8
2	주남벼X웅진수집돈나	8/18		
3	주남벼X웅진수집돈나	8/21	65.2±1.5	20.8±1.4
4	주남벼X웅진수집돈나	8/21		
5	주남벼X웅진수집돈나	8/21	87.4±3.7	21.6±1.3
6	주남벼X웅진수집돈나	8/22	88.5±3.1	20.8±1.4
7	보석찰벼X웅진수집돈나	8/16	85.4±5.6	20.2±5.8
8	보석찰벼X웅진수집돈나	8/22	82.9±2.8	22.5±1.1
9	주남벼XJA-7(홍나)	8/18	78.8±2.2	20.2±0.8
10	주남벼XJA-7(홍나)	8/22	80.0±2.0	20.4±1.3
11	화영벼	8/20	78.9±2.7	22.9±3.47

나. 생산력 본 시험(2013년)

- 생산력 예비시험에서 주남/돼지찰벼 6계통, 보석찰벼/돼지찰벼 2계통, 주남/홍나 2계통 및 대조품종으로 돼지찰벼 모본, 동진찰벼, 화영벼를 공시하였으며, 1년차 예비시험에서 주남/돼지찰벼 2계통, 보석찰벼/돼지찰벼 2계통, 주남/홍나 1계통을 선발하였고, 이들 5계통에 대해 현미 선별을 통해 각각 1계통을 수원(호매실동), 예산(예산읍 대롤리), 밀양(밀양시 부북면), 괴산(괴산군 제월리) 포장에 1주 3본으로 이양하여 포장 재배를 수행함.

표 3-2-4. 생산력검정 시험포장의 재배 일반 현황

지역	수원	예산	밀양	괴산
주소	수원시 권선구	예산읍 대롤리	밀양시 부북면	괴산군 제월리
파종	2013년 4월 22일	2013년 4월 26일	2013년 4월 29일	2012년 4월 26일
이양	2013. 5. 22	2013. 5. 26	2013. 6. 1	2012. 5. 24, 5.26
시비	표준시비	표준시비	표준시비	토양분석 후 별도시비
비고				친환경재배(우렁농법)

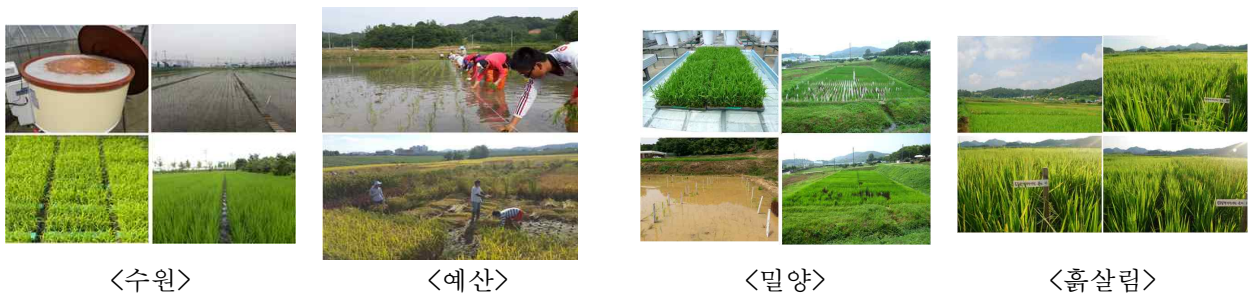


그림 3-2-3. 생산력 검정 시험포장 시험재배 전경

- 공시된 3개 계통과 대조품종에 대해 3개 지역에서 생산력 예비시험을 수행(괴산지역은 친환경재배 적성 평가 수행)하여 국립종자원의 벼 특성 조사표의 65개 항목 중 페놀반응, 알칼리붕괴도를 제외한 62개 농업형질에 대해 조사를 완료하였고, 이중 주남 / 돼지찰벼(효원 2호), 주남/홍나(효원3호)에 대해 **품종보호 출원**하였고, 보석찰벼/돼지찰벼(효원4호)는 친환경 재배적성에서 가장 우수한 것으로 평가되어 2014년 친환경 재배적성 추가 평가 및 농가실증재배를 통해 품종 출원하였음.(품종특성표 별첨)

2. 고세대 육성 계통의 병 저항성 평가

가. 흰잎마름병 저항성 평가

- 농촌진흥청 벼맥류부 간척지농업과에서 4개 race에 대한 벼 흰잎마름병 검정용 균주를 분양받음(K1(HB01013), K2(HB01014), K3(HB01015), K3a(HB01009)) 각 균주별 가위 접종을 통해 저항성 평가를 수행함(그림 3-2-4).

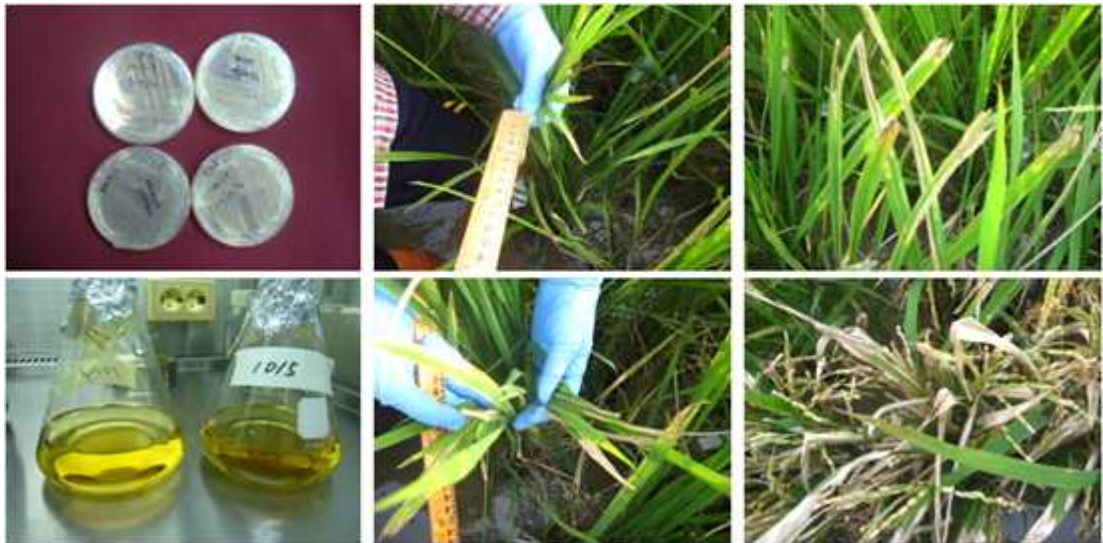


그림 3-2-4. 벼 흰잎마름병 접종 실험

나. 도열병 저항성 평가

- 생산력 본 시험에서 선발된 3개 품종(효원2호, 효원3호, 효원4호)의 도열병 저항성 유전자 탐색을 위해 모본에서 탐색되었던 주요 도열병 유전자에 대해 연관 DNA 마커(표 3-2-5)를 이용하여 육성 품종의 도열병 저항성 유전자 이전에 대해 확인함.
- 육성계통 모두 돼지찰벼(웅진수집 돈나)에는 없었던 pi-b 유전자가 각각 주남, 화영, 주남벼에서 도입된 것을 확인하였음(그림 3-2-5).

표 3-2-5. 교배모본의 도열병 저항성 유전자 및 마커 목록

공시품종	보유 저항성 유전자	교배모본		도열병 저항성 유전자	연관마커*
효원2호 (주남/돈나)	Pi-b	주남벼		Pi-b	Nsb
		돼지찰벼		-	
효원4호 (보석찰/돈나)	Pi-b	보석찰벼	화영벼	Pi b	Nsb
			탐진벼	Pi ta	YL155/YL87
				Pi K	K6441
			신선찰벼	Pi a	yca72
		Pi i		JJ80, JJ81	
돼지찰벼		-			
효원 3호 (주남/홍나)	Pi-b	주남벼		Pi-b	Nsb
		돼지찰벼		-	

* 관련 저항성 유전자 및 연관마커 정보는 Cho 등 JCSB (2007) 논문에서 인용함.

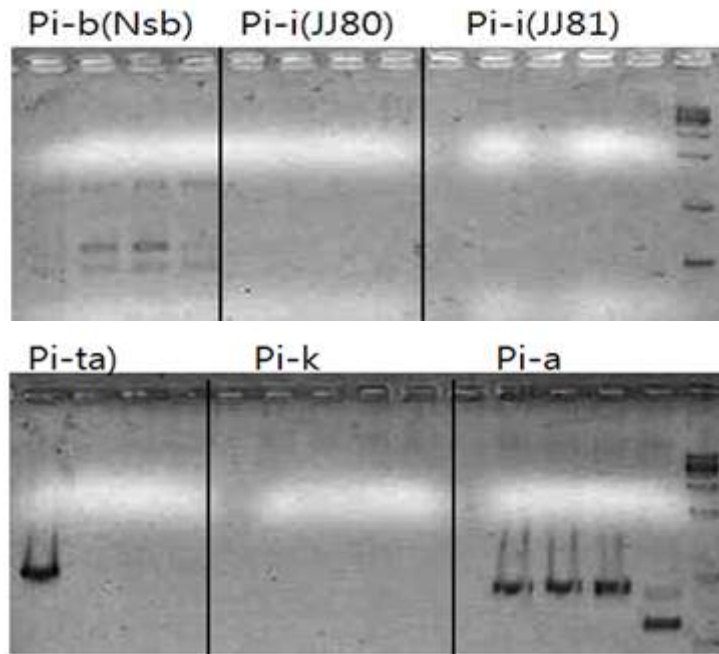


그림 3-2-5. 육성계통의 도열병 유전자 탐색

3. 육성 품종의 주요 특성

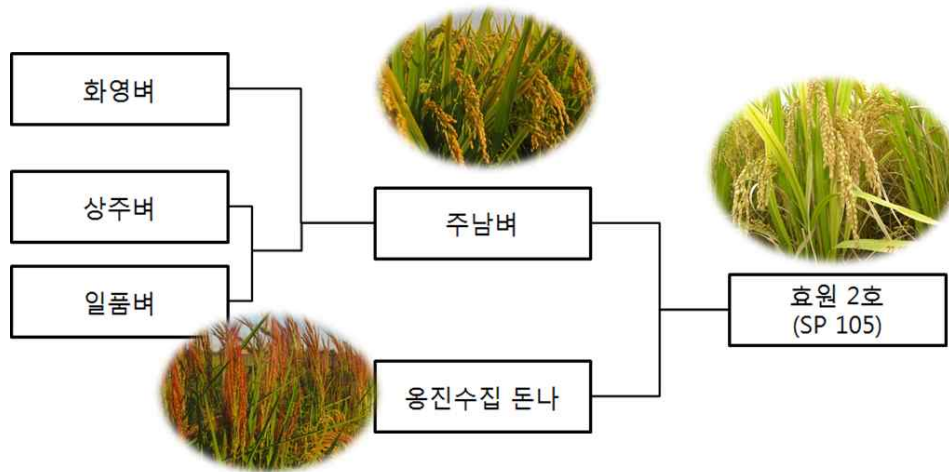
가. 효원 2호(주남 / 돼지찰벼)

(1) 품종 육성과정 해설

- 육성계보 : JS22-3-24-1-6-2-1-1-1-B

Year	'04	'04/'05	'05	'06	'07	'08	'09	'10	'11	'12	'13
Generation	Cross	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	F ₆	F ₇	F ₈	F ₉	F ₁₀
Junam / Donna	JS22	1 3→ 25	1 24→ 500	1→ 10	1 ⑥→ 9	1 ②→ 9	① → 5	① → 5	① → 5	SP 105 효원 2호	
No. of Breeding lines	50	25	500	10	9	9	5	5	5		
Remark		Individuals		Pedigree nursery					OYT	RYT	

- 품종의 육성 계통도



(2) 식물체의 주요 형태적 특징

- 유묘 엽초기부 안토시아닌 색소분포는 없고 엽초색은 녹색임
- 앞은 다소 짙은 녹색이고, 폭은 약간 넓은 직립초형임.
- 출수기는 8월 22일로 중만생이고, 황숙기 지엽자세는 반직립이며 웅성불임은 없음.
- 줄기의 굵기는 보통이며 줄기의 안토시아닌 색소분포는 없음
- 유효분얼수(이삭수)는 14.6개로 보통이고, 이삭길이는 22.5cm임
- 벼알 길이, 폭은 6.31mm, 3.13mm이고, 현미길이, 폭은 4.39mm, 2.75mm로 모양은 단원형이며, 현미 천립중은 18.5g임

- 간장은 66.2cm로 대조품중 동진찰의 80.0cm 보다 단간임.
- 현미 천립중은 18.5g 으로 동진찰의 21.7g 보다 가볍은 소립이며, 수량성은 481kg/10a 수준임.
- 등숙 비율은 93% 수준이고, 현미 단백질 함량은 7.5%임.

(3) 육성 품종의 균일성 및 안정성

- 2012년, 2013년에 난괴법 3반복으로 수량검정을 실시한 결과, 기본농업형질인 출수기, 간장, 수당립수, 천립중 등의 특성에 있어 반복간 표준편차가 대조품중에 비해 작거나 비슷한 수준으로 균일성을 확인하였고, 연차 간 변이계수 또한 대조품종과 비슷한 수준으로 재배 안정성을 확인하였음.

구분	년도	출수기	간장(cm)	수장(cm)	포기당 이삭수(No.)	이삭수 벼알수(No.)	현미 천립중(g)
동진찰	2012	8/14	81.2±2.3	20.4±1.1	14.3±2.1	105.4±5.5	21.00±0.15
	2013	8/13	80.0±1.4	20.0±0.7	14.7±1.5	98.7±4.6	21.70±0.35
	평균		80.6	20.2	14.5	102.0	21.34
	변이계수		1.05	1.39	2.00	4.66	2.25
효원2호	2012	8/24	65.0±2.1	22.5±1.1	14.2±0.8	115.5±4.7	18.30±0.12
	2013	8/22	66.2±1.5	22.5±0.9	14.6±1.3	109.5±4.5	18.50±0.12
	평균		65.6	22.5	14.4	112.5	18.42
	변이계수		1.31	0.16	2.13	3.79	0.95

(4) 효원 2호의 내재해, 병 저항성 특성

- 효원 2호는 못자리 불시출수는 관찰되지 않았고, 도복에 강하고, 성숙기 엽노화와 내냉성은 중 정도임. 목도열병은 중약 정도이며, 흰잎마름병에 중 정도 저항성을 보였으나, 줄무늬 잎마름병과 멸구에 대한 저항성은 없음.

구분	불시출수율	내도복성	성숙기 엽노화	내냉성	목도열병	흰잎마름병	줄무늬 잎마름병	벼멸구
동진찰	0	강	중	중강	중약	약	강	중약
효원2호	0	강	중	중	중약	중	약	약

(5) 효원 2호의 종실 특성 및 수량성

- 효원 2호는 현미의 길이가 4.39mm, 폭은 2.75mm이고, 두께는 대조품종과 비슷한 1.91mm 수준으로 장폭비가 1.60 정도의 단원형 품종임.

구분	정조				현미			
	길이 (mm)	폭 (mm)	두께 (mm)	장폭비	길이 (mm)	폭 (mm)	두께 (mm)	장폭비
동진찰	7.12	3.38	2.09	2.11	4.89	2.97	1.90	1.65
효원2호	6.31	3.13	2.00	2.01	4.39	2.75	1.91	1.60

- 효원 2호의 등숙비율은 대조품종 보다 다소 높은 93% 수준이고, 수량성은 10a 당 481kg 수준이며, 현미 단백질 함량은 대조품종과 비슷한 7.5% 였음.

구분	등숙비율 (%)	수량성 (kg/10a)	단백질함량 (현미, %)	단백질함량 (백미, %)
동진찰	90	549	7.5	6.4
효원2호	93	481	7.5	7.0

(6) 효원 2호의 주요 성분 특성

- 7가지 phenol compounds 함량을 비교한 결과, 효원 2호는 대체적으로 화선찰벼와 비슷한 결과를 보였고, 비타민 B 함량은 효원 2호와 화선찰벼 모두 B1이 B2 보다 높은 것으로 나타났으나, 두 품종간의 차이는 보이지 않았으나, 비타민 E의 경우, 화선찰벼에서 α -tocotrienol 함량이 99.1 $\mu\text{g/g}$ 로 나타났고, 효원 2호는 121.3 $\mu\text{g/g}$ 으로 증가된 결과를 보였음.

($\mu\text{g/g}$)

품종	Chlorogenic acid	Vanillin	p-coumaric acid	Naringenin	Formononetin	Biochanin A	β -Resorcylic acid
화선찰벼	27.5 \pm 3.9	8.7 \pm 0.2	37.3 \pm 1.0	6.5 \pm 1.3	43.3 \pm 0.2	72.6 \pm 0.5	13.4 \pm 11.4
효원2호	29.5 \pm 5.9	8.7 \pm 0.3	36.3 \pm 0.4	2.5 \pm 0.8	42.8 \pm 0.5	72.7 \pm 0.6	6.5 \pm 2.4

	비타민 B		비타민 E					
	B1	B2	α -tocopherol	β -tocopherol	γ -tocopherol	δ -tocopherol	α -tocotrienol	γ -tocotrienol
화선찰벼	3.687	1.876	24.1	29.6	31.2	32.1	99.1	46.7
효원 2호	3.657	1.855	25.8	29.7	31.5	32.4	121.3	50.7

	myristic acid	palmitic acid	stearic acid	oleic acid	γ -linolenic acid	linolenic acid
화선찰벼	2.838	3.902	3.910	4.029	4.453	5.626
효원 2호	2.837	3.929	3.880	4.040	4.380	5.588

(7) 효원 2호의 식물체 및 종자(정조, 현미) 사진



촬영일시 : 2013년 9월 22일



동진찰

효원 2호

(8) 효원 2호의 품종특성표

- 식물의 종류 : 벼
- 출원품종의 명칭 : 효원 2호
- 특성 조사 년도 : 2013
- 대조품종(제일 유사한 품종)의 명칭 : 동진찰

No	형 질	표 현 형 태									출 원 품 종		대 조 품 종	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	No	실 측 치	No	실 측 치
1	초엽 : 안토시아닌 색소	없거나 매우 약하다	열다	진하다							1		1	
2	제1엽 : 엽초색	녹색	자주색	열은자색	자색						1		1	
3	잎 : 녹색정도 (잎색농도)			연하다		중간		진하다			7		5	
4	잎 : 안토시아닌 색소	없다							있다		1		1	
5	잎 : 안토시아닌 색소분포	끝	가장자리	얼룩	균등									
6	잎집 : 안토시아닌 색소	없다							있다		1		1	
7	잎집 : 안토시아닌 색소농도	매우연하다		연하다		중간		강하다						
8	잎몸 : 모용성	없거나 매우 약하다		약하다		중간		강하다			1		1	
9	잎 : 잎귀의 안토시아닌 색소	없다							있다		1		1	
10	잎 : 잎깃의 안토시아닌 색소	없다							있다		1		1	
11	잎 : 잎혀의 모양	끝이 평범하다	뾰족하다	끝이 갈라지다							3		3	

No	형 질	표 현 형 태									출 원 품 종		대 조 품 종	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	No	실 측 치	No	실 측 치
12	잎 : 잎혀의 색	무색	녹색	자주색 줄무늬	열은 자주색						1		1	
13	잎몸 : 길이			짧다	중간	길다						42.9		45.0
14	잎몸 : 너비			좁다	중간	넓다						1.51		1.53
15	지엽 : 자세(출수기)	직립		반직립	수평	뒤로 휨					1		1	
16	지엽 : 자세(황숙기)	직립		반직립	수평	뒤로 휨					3		3	
17	줄기 : 모양	직립		반직립	보통 개형	완전 개형			포복		1		3	
18	줄기 : 굴성	없다							있다		1		1	
19	출수기 (50% 출수)	매우 빠르다		빠르다	중간	늦다						8/22		8/13
20	응성불임	없다	부분 응성불임	응성불임							1		1	
21	외영 : 하단부 안토시아닌 색소정도 (출수기)	없거나 매우연하다		연하다	중간	진하다					1		1	
22	외영 : 중간부 안토시아닌 색소정도 (출수기)	없거나 매우연하다		연하다	중간	진하다					1		1	
23	외영 : 상단부 안토시아닌 색소정도 (출수기)	없거나 매우연하다		연하다	중간	진하다		매우 진하다			1		1	

No	형 질	표 현 형 태									출 원 품 중		대 조 품 중	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	No	실 측 치	No	실 측 치
24	주두색	백색	열은 녹색	황색	열은 자색	자색					1		1	
25	줄기 : 굵기			가 늘다	중 간		굵 다				5		5	
26	줄기 : 길이 (이삭제외)	단 간		준 단간	중 간		준 장간		장 간		66.2		80.0	
27	줄기 : 마디의 안토시아닌 색소 유무	없 다							있 다	1		1		
28	줄기 : 마디의 안토시아닌 색소 농도			연 하다	중 간		진 하다							
29	줄기 : 절간의 안토시아닌 색소 유무	없 다							있 다	1		1		
30	이삭 : 주경의 이삭 길이			짧 다	중 간		길 다				22.5		20.0	
31	이삭 : 주당 이삭수			적 다	중 간		많 다				14.6		14.7	
32	이삭 : 까락	없 다							있 다	1		1		
33	이삭 : 까락의 색 (출수기)	황 백색	황 갈색	갈 색	적 갈색	담 적색	적 색	담 자색	자 색	후 색				
34	이삭 : 까락의 분포	선 단		이 삭의 상부		전 체								
35	이삭 : 최장 까락의 길이	매 우 짧 다		짧 다	중 간		길 다		매 우 길 다					
36	외영의 모용성	없 거나 매 우 약 하다		약 하다	중 간		강 하다		매 우 강 하다	1		1		
37	부선색 (외영 끝의 색, 호숙기-황숙기)	백 색	연 노 랑 색	갈 색	적 색	자 색	후 색				1		1	
38	이삭 : 까락의 색 (황숙기)	황 백색	황 갈색	갈 색	적 갈색	담 적색	적 색	담 자색	자 색	후 색				
39	이삭 : 주경 만곡성	직 립		반 직립		굽 음		심 하 게 굽 음			5		5	
40	이삭 : 2차지경 유무	없 다							있 다					

No	형 질	표 현 형 태									출 원 품 종		대 조 품 종	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	No	실 측 치	No	실 측 치
41	이삭 : 2차지경 모양	1형	2형	3형										
42	이삭 : 지경의 자세	직립		반직립		개형					1		1	
43	이삭 : 추출정도	추출불량		부분추출		중간		추출양호		추출매우양호	9		9	
44	성숙기	매우빠르다		빠르다		중간		늦다		매우늦다	5		5	
45	잎 : 노화			빠르다		중간		늦다			5		5	
46	외영 : 색	황백색	황갈색	갈색	적갈색 ~ 담자색	자색	흑색				1		1	
47	외영 : 무늬	없다	황갈색골	갈색골	자색점	자색골					1		1	
48	외영 : 하단부 안토시아닌 색소 정도 (황숙기)	없거나 매우연하다		연하다		중간		진하다			1		1	
49	외영 : 중간부 안토시아닌 색소 정도 (황숙기)	없거나 매우연하다		연하다		중간		진하다		매우진하다	1		1	
50	외영 : 상단부 안토시아닌 색소 정도 (황숙기)	없거나 매우연하다		연하다		중간		진하다		매우진하다	1		1	
51	받침 껍질(호영) : 길이			짧다		중간		길다			3		3	
52	받침 껍질(호영) : 색	짙색	황갈색	적색	자색						1		1	

No	형 질	표 현 형 태									출 원 품 중		대 조 품 중	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	No	실 측 치	No	실 측 치
53	정조 : 천립중			가 볍다		중 간		무 겁다				22.1		25.1
54	벼알 : 길이			짧 다		중 간		길 다				6.31		7.12
55	벼알 : 폭			좁 다		중 간		넓 다				3.13		3.38
56	벼알 : 외영의 페놀반응	없 다								있 다				
57	외영 페놀반응 정도			연 하다		중 간		진 하다						
58	현미 : 길이			짧 다		중 간		길 다				4.39		4.89
59	현미 : 폭			좁 다		중 간		넓 다				2.75		2.97
60	현미 : 모양 (측면 관찰)	원 형	단 원형	중 원형	장 원형	세 장형					2	1.60	2	1.65
61	현미 : 색	백 색	담 갈색	얼 룩진갈색	길 은갈색	담 적색	적 색	얼 룩진자색	자 색	암 자색 / 흑색	1		1	
62	배유 : 찰메성	찰	중 간	메							1		1	
63	배유 : 아밀로스함량	< 5%	5 ~ 10 %	11 ~ 15 %	16 ~ 20 %	21 ~ 25 %	25 ~ 30 %	> 30 %			1		1	
64	알카리 붕괴도	붕 괴안됨		조 금붕괴됨		중 간		완 전히붕괴됨						
65	현미 : 향취성	없 거나 매우약하다	약 하다	강 하다							1		1	

나. 효원 3호(주남 / 홍나) 주요 특성

(1) 품종 육성과정 해설

- 육성계보 : JS24-6-95-11-5-2-1-1-1-B

Year	'04	'04/'05	'05	'06	'07	'08	'09	'10	'11	'12	'13
Generation	Cross	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	F ₆	F ₇	F ₈	F ₉	F ₁₀
Junam / Hong-na	JS24	$\left[\begin{array}{c} 1 \\ 6 \rightarrow \\ 25 \end{array} \right]$	$\left[\begin{array}{c} 1 \\ 95 \rightarrow \\ 500 \end{array} \right]$	$\left[\begin{array}{c} 1 \\ 11 \rightarrow \\ 15 \end{array} \right]$	$\left[\begin{array}{c} 1 \\ 5 \rightarrow \\ 9 \end{array} \right]$	$\left[\begin{array}{c} 1 \\ 2 \rightarrow \\ 9 \end{array} \right]$	$\left[\begin{array}{c} 1 \\ \rightarrow \\ 5 \end{array} \right]$	$\left[\begin{array}{c} ① \\ \rightarrow \\ 5 \end{array} \right]$	$\left[\begin{array}{c} ① \\ \rightarrow \\ 5 \end{array} \right]$	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> SP107 효원 3호 </div>	
No. of Breeding lines	50	25	500	15	9	9	5	5	5		
Remark		Individuals		Pedigree nursery					OYT	RYT	

- 품종의 육성 계통도



(2) 식물체의 주요 형태적 특징

- 출수기는 8월 16일인 중생종이고, 황숙기 지엽자세는 반직립이며 응성불임은 없음.
- 외영, 부선아래 안토시아닌 색소와 농도는 없으며 주두색은 백색임.
- 줄기의 굵기는 보통이며 간장은 80.7cm임.
- 유효분얼수(이삭수)는 14.1개로 보통이고, 이삭길이는 20.1cm임.
- 벼알 길이, 폭은 6.58mm, 3.02mm이고, 현미의 길이와 폭은 4.48mm, 2.75mm로 단원형이며, 장폭비는 1.63의 단원형 임 .
- 현미 천립중은 19.3g 으로 대조품종의 21.7g 보다 가볍고, 수량성은 492kg/10a로 수준임.
- 배유의 찰메성에서 찰의 특성이고, 향취성은 없음

(3) 육성 품종의 균일성 및 안정성

- 2012년, 2013년에 난괴법 3반복으로 수량검정을 실시한 결과, 기본농업형질인 출수기, 간장, 수당립수, 천립중 등의 특성에 있어 반복간 표준편차가 대조품종에 비해 작거나 비슷한 수준으로 균일성을 확인하였고, 연차 간 변이계수 또한 대조품종과 비슷한 수준으로 재배 안정성을 확인하였음.

구분	년도	출수기	간장(cm)	수장(cm)	포기당 이삭수(No.)	이삭수 벼알수(No.)	현미 천립중(g)
동진찰	2012	8/14	81.2±2.3	20.4±1.1	14.3±2.1	105.4±5.5	21.00±0.15
	2013	8/13	80.0±1.4	20.0±0.7	14.7±1.5	98.7±4.6	21.70±0.35
	평균		80.6	20.2	14.5	102.0	21.34
	변이계수		1.05	1.39	2.00	4.66	2.25
효원3호	2012	8/17	79.9±2.0	20.2±1.0	14.2±1.3	106.0±6.1	19.10±0.19
	2013	8/16	80.7±0.9	20.1±0.7	14.1±1.3	104.0±4.8	19.30±0.08
	평균		80.3	20.2	14.2	105.0	19.22
	변이계수		0.69	0.35	0.50	1.32	0.91

(4) 효원 3호의 내재해, 병 저항성 특성

- 효원 3호는 못자리 불시출수는 관찰되지 않았고, 도복에 강하고, 성숙기 엽노화는 느린편이며, 내냉성은 중 정도였다. 흰잎마름병에 중 정도 저항성을 보였고, 목도열병과 줄무늬잎마름병에 중약의 저항성을 보였으며, 멸구에 대한 저항성은 없었음.

구분	불시출수율	내도복성	성숙기 엽노화	내냉성	목도열병	흰잎마름병	줄무늬잎마름병	벼멸구
동진찰	0	1(강)	중	중강	중약	약	강	중약
효원3호	0	강	중	중	중약	중	중약	약

(5) 효원 3호의 종실 특성 및 수량성

- 효원 3호은 현미의 길이가 4.48mm, 폭은 2.75mm로 대조품종에 비해 소립이고, 두께는 대조품종과 비슷한 1.88mm 수준으로 장폭비가 1.63 정도의 단원형 품종이며, 10a 당 수량은 492kg 이였음. 현미단백질 함량은 7.2% 수준으로 대조품종에 비해 다소 낮았음.

구분	정조				현미			
	길이 (mm)	폭 (mm)	두께 (mm)	장폭비	길이 (mm)	폭 (mm)	두께 (mm)	장폭비
동진찰	7.12	3.38	2.09	2.11	4.89	2.97	1.90	1.65
효원3호	6.58	3.02	2.04	2.18	4.48	2.75	1.88	1.63

구분	등숙비율 (%)	수량성 (kg/10a)	단백질함량 (현미, %)	단백질함량 (백미, %)
동진찰	90	549	7.5	6.4
효원3호	93	492	7.2	6.6

(6) 효원 3호의 식물체 및 종실 사진



촬영일시 : 2013년 9월 22일



동진찰

주남/홍나

(7) 효원 3호의 품종 특성표

- 식물의 종류 : 벼
- 출원품종의 명칭 : 효원 3호
- 특성 조사 년도 : 2013
- 대조품종(제일 유사한 품종)의 명칭 : 동진찰

No	형 질	표 현 형 태									출 원 품 종		대 조 품 종	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	No	실 측 치	No	실 측 치
1	초엽 : 안토시아닌 색소	없거나 매우약하다	열다	진하다							1		1	
2	제1엽 : 엽초색	녹색	자주색	열은자색	자색						1		1	
3	잎 : 녹색정도 (잎색농도)			연하다	중간		진하다				7		5	
4	잎 : 안토시아닌 색소	없다							있다		1		1	
5	잎 : 안토시아닌 색소분포	끝	가장자리	일록	균등									
6	잎집 : 안토시아닌 색소	없다							있다		1		1	
7	잎집 : 안토시아닌 색소농도	매우연하다		연하다	중간		강하다							
8	잎몸 : 모용성	없거나 매우약하다		약하다	중간		강하다				1		1	
9	잎 : 잎귀의 안토시아닌 색소	없다							있다		1		1	
10	잎 : 잎깃의 안토시아닌 색소	없다							있다		1		1	
11	잎 : 잎혀의 모양	끝이 평범하다	뾰족하다	끝이 갈라지다							3		3	

No	형 질	표 현 형 태									출 원 품 중		대 조 품 중	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	No	실 측 치	No	실 측 치
12	잎 : 잎혀의 색	무색	녹색	자주색 줄무늬	열은 자주색						1		1	
13	잎몸 : 길이			짧다	중간		길다					42.4		45.0
14	잎몸 : 너비			좁다	중간		넓다					1.48		1.53
15	지엽 : 자세(출수기)	직립		반직립	수평		뒤로휨				1		1	
16	지엽 : 자세(황숙기)	직립		반직립	수평		뒤로휨				3		3	
17	줄기 : 모양	직립		반직립		보통 개형	완전 개형		포복		3		3	
18	줄기 : 굴성	없다							있다		1		1	
19	출수기 (50% 출수)	매우 빠르다		빠르다	중간		늦다					8/16		8/13
20	응성불임	없다	부분 응성불임	응성불임							1		1	
21	외영 : 하단부 안토시아닌 색소정도 (출수기)	없거나 매우연하다		연하다	중간		진하다				1		1	
22	외영 : 중간부 안토시아닌 색소정도 (출수기)	없거나 매우연하다		연하다	중간		진하다				1		1	
23	외영 : 상단부 안토시아닌 색소정도 (출수기)	없거나 매우연하다		연하다	중간		진하다		매우 진하다		1		1	

No	형 질	표 현 형 태								출 원 품 종		대 조 품 종		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	No	실 측 치	No	실 측 치
24	주두색	백색	열은 녹색	황색	열은 자색	자색					1		1	
25	줄기 : 굵기			가 늘다	중 간		굵 다				5		5	
26	줄기 : 길이 (이삭제외)	단 간		준 단간	중 간		준 장간		장 간		80.7		80.0	
27	줄기 : 마디의 안토시아닌 색소 유무	없 다							있 다	1		1		
28	줄기 : 마디의 안토시아닌 색소 농도			연 하다	중 간		진 하다							
29	줄기 : 절간의 안토시아닌 색소 유무	없 다							있 다	1		1		
30	이삭 : 주경의 이삭 길이			짧 다	중 간		길 다				20.1		20.0	
31	이삭 : 주당 이삭수			적 다	중 간		많 다				14.1		14.7	
32	이삭 : 까락	없 다							있 다	1		1		
33	이삭 : 까락의 색 (출수기)	황 백색	황 갈색	갈 색	적 갈색	담 적색	적 색	담 자색	자 색	후 색				
34	이삭 : 까락의 분포	선 단		이 삭의 상부		전 체								
35	이삭 : 최장 까락의 길이	매 우 짧 다		짧 다		중 간		길 다		매 우 길 다				
36	외영의 모용성	없 거나 매 우 약 하다		약 하다		중 간		강 하다		매 우 강 하다	1		1	
37	부선색 (외영 끝의 색, 호숙기-황숙기)	백 색	연 노 랑 색	갈 색	적 색	자 색	후 색				1		1	
38	이삭 : 까락의 색 (황숙기)	황 백색	황 갈색	갈 색	적 갈색	담 적색	적 색	담 자색	자 색	후 색				
39	이삭 : 주경 만곡성	직 립		반 직립		굽 음		심 하 게 굽 음						
40	이삭 : 2차지경 유무	없 다							있 다					

No	형 질	표 현 형 태									출 원 품 종		대 조 품 종		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	No	실 측 치	No	실 측 치	
41	이삭 : 2차지경 모양	1형	2형	3형											
42	이삭 : 지경의 자세	직립		반직립		개형						1		1	
43	이삭 : 추출정도	추출불량		부분추출		중간		추출양호		추출매우양호		9		9	
44	성숙기	매우빠르다		빠르다		중간		늦다		매우늦다		5		5	
45	잎 : 노화			빠르다		중간		늦다				5		3	
46	외영 : 색	황백색	황갈색	갈색	적갈색 ~ 담자색	자색	흑색					1		1	
47	외영 : 무늬	없다	황갈색골	갈색골	자색점	자색골						1		1	
48	외영 : 하단부 안토시아닌 색소 정도 (황숙기)	없거나 매우연하다		연하다		중간		진하다				1		1	
49	외영 : 중간부 안토시아닌 색소 정도 (황숙기)	없거나 매우연하다		연하다		중간		진하다		매우진하다		1		1	
50	외영 : 상단부 안토시아닌 색소 정도 (황숙기)	없거나 매우연하다		연하다		중간		진하다		매우진하다		1		1	
51	받침 껍질(호영) : 길이			짧다		중간		길다				3		3	
52	받침 껍질(호영) : 색	짙색	황갈색	적색	자색							1		1	

No	형 질	표 현 형 태									출 원 품 중		대 조 품 중		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	No	실 측 치	No	실 측 치	
53	정조 : 천립중			가 볍다		중 간		무 겁다					23.1		25.1
54	벼알 : 길이			짧 다		중 간		길 다					6.58		7.12
55	벼알 : 폭			좁 다		중 간		넓 다					3.02		3.38
56	벼알 : 외영의 폐놀반응	없 다								있 다					
57	외영 폐놀반응 정도			연 하다		중 간		진 하다							
58	현미 : 길이			짧 다		중 간		길 다					4.48		4.89
59	현미 : 폭			좁 다		중 간		넓 다					2.75		2.97
60	현미 : 모양 (측면 관찰)	원 형	단 원 형	중 원 형	장 원 형	세 장 형					2	1.63	2	1.65	
61	현미 : 색	백 색	담 갈 색	얼 룩 진 갈 색	길 은 갈 색	담 적 색	적 색	얼 룩 진 자 색	자 색	암 자 색 / 흑 색	1		1		
62	배유 : 찰메성	찰	중 간	메							1		1		
63	배유 : 아밀로스함량	< 5%	5 ~ 10 %	11 ~ 15 %	16 ~ 20 %	21 ~ 25 %	25 ~ 30 %	> 30 %			1				
64	알카리 붕괴도	붕 괴 안 됨		조 금 붕 괴 됨		중 간		완 전 히 붕 괴 됨							
65	현미 : 향취성	없 거 나 매 우 약 하 다	약 하 다	강 하 다							1				

다. 효원 4호 (보석찰 / 돼지찰벼)의 주요 특성

(1) 품종 육성과정 해설

- 본 품종은 2004년 재래도를 이용한 내재해, 내도열병 및 가공적성 찰벼 품종을 육성할 목적으로 보석찰벼를 모본으로 하고, 가공특성(단원형으로 중소립이며 가공시 굳는 성질이 낮음)이 우수한 응진수집 돈나를 인공교배하여 계통육종법에 의해 세대를 진전시키면서 도복과 도열병에 다소 강하고 단원립의 현미외관 품위가 양호한 JS23-4-39-14-4-5-1-1-1-B를 선발하였다. 공시 결과 재배특성, 지역적응성, 가공적성 및 생산력 검정에서 양호하여 SP106호로 계통명을 부여하고 품종보호출원 함.

- 육성계보 : JS23-4-39-14-4-5-1-1-1-B

Year	'04	'04/'05	'05	'06	'07	'08	'09	'10	'11	'12	'13
Generation	Cross	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	F ₆	F ₇	F ₈	F ₉	F ₁₀
Boseokchal/ Donna	JS23	1 4→ 25	1 39→ 500	1 14→ 20	1 ④→ 9	1 ⑤→ 9	① → 5	① → 5	① → 5	SP106 효원 4호	
No. of Breeding lines	50	25	500	20	9	9	5	5	5		
Remark	Individuals		Pedigree nursery				OYT			RYT	

- 품종의 육성 계통도



(3) 육성 품종의 균일성 및 안정성

- 2013년, 2014년에 난괴법 3반복으로 수량검정을 실시한 결과, 기본농업형질인 출수기, 간장, 수당립수, 천립중 등의 특성에 있어 반복간 표준편차가 대조품종에 비해 작거나 비슷한 수준으로 균일성을 확인하였고, 연차 간 변이계수 또한 대조품종과 비슷한 수준으로 재배 안정성을 확인하였다. 2013년, 2014년 포장 재배시험에서 전체적으로 균일하고, 이형주가 발견되지 않았다.

구분	년도	출수기	간장(cm)	수장(cm)	포기당 이삭수(No.)	이삭수 벼알수(No.)	현미 천립중(g)
동진찰	2012	8/14	81.2±2.3	20.4±1.1	14.3±2.1	105.4±5.5	21.00±0.15
	2013	8/13	80.0±1.4	20.0±0.7	14.7±1.5	98.7±4.6	21.70±0.35
	평균		80.6	20.2	14.5	102.0	21.34
	변이계수		1.05	1.39	2.00	4.66	2.25
효원 4호	2012	8/17	82.5±3.4	21.9±0.8	13.6±1.3	112.4±4.5	20.80±0.12
	2013	8/15	82.3±1.1	21.1±1.0	13.9±1.1	100.0±4.5	21.00±0.09
	평균		82.4	21.5	13.8	106.2	20.88
	변이계수		0.14	2.58	1.54	8.23	0.57

(4) 병과 충에 대한 저항성

- 효원 4호는 못자리 불시출수는 관찰되지 않았고, 도복에 중 정도의 견딜성을 보였고, 성숙기 엽노화는 중 정도이며, 내냉성은 중간 보다 약간 강한 정도임. 멸구에 대한 저항성은 없었으나, 목도열병, 흰잎마름병 및 줄무늬잎마름병에 중 정도의 저항성을 보였음.

구분	불시 출수율	내도복 성	성숙기 엽노화	내냉성	목도열 병	흰잎 마름병	줄무늬 잎마름병	벼멸구
동진찰	0	강	중	중강	중약	약	강	중약
효원 4호	0	중	중	중강	중	중	중	약

(5) 병과 충에 대한 저항성

- 효원 4호는 현미의 길이가 4.48mm, 폭은 2.84mm이고, 두께는 1.98mm 수준으로 대조품중에 비해 현미 길이는 다소 짧으나 두께가 약간 두꺼운 편임. 장폭비가 1.58 정도의 단원형 품종이며, 10a 당 수량은 503kg 으로 대조품중에 비해 다소 낮았고, 현미 단백질 함량은 7.9% 수준이었음.

구분	정조				현미			
	길이 (mm)	폭 (mm)	두께 (mm)	장폭비	길이 (mm)	폭 (mm)	두께 (mm)	장폭비
동진찰	7.12	3.38	2.09	2.11	4.89	2.97	1.90	1.65
효원 4호	6.51	3.10	2.10	2.10	4.48	2.84	1.98	1.58

구분	등숙비율 (%)	수량성 (kg/10a)	단백질함량 (현미, %)	단백질함량 (백미, %)
동진찰	90	549	7.5	6.4
효원 4호	92	503	7.9	7.4

(6) 주요 기능성 성분함량

- 7 가지 phenol compounds 함량을 비교한 결과, 효원 4호는 대조품중인 화선찰벼와 비슷한 결과를 보였다.

($\mu\text{g/g}$)

품종	Chlorogenic acid	Vanillin	p-coumaric acid	Naringenin	Formononetin	Biochanin A	β -Resorcylic acid
화선찰벼 (대조품중)	27.5 \pm 3.9	8.7 \pm 0.2	37.3 \pm 1.0	6.5 \pm 1.3	43.3 \pm 0.2	72.6 \pm 0.5	13.4 \pm 11.4
효원4호	29.2 \pm 2.2	9.6 \pm 0.4	37.9 \pm 0.1	3.4 \pm 1.4	43.3 \pm 1.0	74.4 \pm 0.3	13.4 \pm 2.3

- 비타민 B 함량은 효원 4호와 화선찰벼 모두 B₁이 B₂ 보다 높은 것으로 나타났으나, 두 품종간의 차이는 보이지 않았다. 비타민 E의 경우, 화선찰벼에서 α -tocotrienol 함량이 99.1 $\mu\text{g/g}$ 로 나타났고, 효원 4호는 52 $\mu\text{g/g}$ 으로 낮은 수치를 보였다.

($\mu\text{g/g}$)

품종	비타민 B		비타민 E					
	B1	B2	α -tocopherol	β -tocopherol	γ -tocopherol	δ -tocopherol	α -tocotrienol	γ -tocotrienol
화선찰벼 (대조품중)	3.687	1.876	24.1	29.6	31.2	32.1	99.1	46.7
효원4호	3.624	1.863	24.1	29.7	31.6	32.2	52	47.2

- 지방산 함량 분석결과 화선찰벼와 비슷한 양상을 보였다.

($\mu\text{g/g}$)

	myristic acid	palmitic acid	stearic acid	oleic acid	γ -linolenic acid	linolenic acid
화선찰벼	2.838	3.902	3.910	4.029	4.453	5.626
효원 4호	2.835	3.939	3.856	4.061	4.466	5.801

(7) 효원 4호 식물체 및 종실 사진



촬영일시 : 2013년 9월 25일



동진찰

효원 4호

(8) 효원 4호의 품종특성표

- 식물의 종류 : 벼
- 출원품종의 명칭 : 효원 4호
- 특성 조사 년도 : 2013
- 대조품종(제일 유사한 품종)의 명칭 : 동진찰

No	형 질	표 현 형 태									출 원 품 종		대 조 품 종	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	No	실 측 치	No	실 측 치
1	초엽 : 안토시아닌 색소	없거나 매우 약하다	열다	진하다							1		1	
2	제1엽 : 엽초색	녹색	자주색	열은자색	자색						1		1	
3	잎 : 녹색정도 (잎색농도)			연하다	중간		진하다				5		5	
4	잎 : 안토시아닌 색소	없다							있다		1		1	
5	잎 : 안토시아닌 색소분포	끝	가장자리	열록	균등									
6	잎집 : 안토시아닌 색소	없다							있다		1		1	
7	잎집 : 안토시아닌 색소농도	매우연하다		연하다	중간		강하다				1			
8	잎몸 : 모용성	없거나 매우 약하다		약하다	중간		강하다				1		1	
9	잎 : 잎귀의 안토시아닌 색소	없다							있다		1		1	
10	잎 : 잎깃의 안토시아닌 색소	없다							있다		1		1	
11	잎 : 잎혀의 모양	끝이 평범하다	뾰족하다	끝이 갈라지다							3		3	

No	형 질	표 현 형 태									출 원 품 중		대 조 품 중	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	No	실 측 치	No	실 측 치
12	있 : 있혀의 색	무색	녹색	자주색 줄무늬	열은 자주색						1		1	
13	있몸 : 길이			짧다	중간		길다					44.4		45.0
14	있몸 : 너비			좁다	중간		넓다					1.51		1.53
15	지엽 : 자세(출수기)	직립		반직립	수평		뒤로휨				1		1	
16	지엽 : 자세(황숙기)	직립		반직립	수평		뒤로휨				3		3	
17	줄기 : 모양	직립		반직립		보통 개형	완전 개형		포복		3		3	
18	줄기 : 굴성	없다							있다		1		1	
19	출수기 (50% 출수)	매우 빠르다		빠르다	중간		늦다					8/15		8/13
20	응성불임	없다	부분 응성불임	응성불임							1		1	
21	외영 : 하단부 안토시아닌 색소정도 (출수기)	없거나 매우연하다		연하다	중간		진하다				1		1	
22	외영 : 중간부 안토시아닌 색소정도 (출수기)	없거나 매우연하다		연하다	중간		진하다				1		1	
23	외영 : 상단부 안토시아닌 색소정도 (출수기)	없거나 매우연하다		연하다	중간		진하다		매우 진하다		1		1	

No	형 질	표 현 형 태								출 원 품 종		대 조 품 종		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	No	실 측 치	No	실 측 치
24	주두색	백색	열은 녹색	황색	열은 자색	자색					1		1	
25	줄기 : 굵기			가 늘다	중 간		굵 다				5		5	
26	줄기 : 길이 (이삭제외)	단 간		준 단간	중 간		준 장간		장 간		82.3		80.0	
27	줄기 : 마디의 안토시아닌 색소 유무	없 다							있 다	1		1		
28	줄기 : 마디의 안토시아닌 색소 농도			연 하다	중 간		진 하다							
29	줄기 : 절간의 안토시아닌 색소 유무	없 다							있 다	1		1		
30	이삭 : 주경의 이삭 길이			짧 다	중 간		길 다				21.1		20.0	
31	이삭 : 주당 이삭수			적 다	중 간		많 다				13.9		14.7	
32	이삭 : 까락	없 다							있 다	1		1		
33	이삭 : 까락의 색 (출수기)	황 백색	황 갈색	갈 색	적 갈색	담 적색	적 색	담 자색	자 색	후 색				
34	이삭 : 까락의 분포	선 단		이 삭의 상부		전 체								
35	이삭 : 최장 까락의 길이	매 우 짧 다		짧 다	중 간		길 다		매 우 길 다					
36	외영의 모용성	없 거나 매 우 약 하다		약 하다	중 간		강 하다		매 우 강 하다	1		1		
37	부선색 (외영 끝의 색, 호숙기-황숙기)	백 색	연 노 랑 색	갈 색	적 색	자 색	후 색				3		1	
38	이삭 : 까락의 색 (황숙기)	황 백색	황 갈색	갈 색	적 갈색	담 적색	적 색	담 자색	자 색	후 색				
39	이삭 : 주경 만곡성	직 립		반 직립		굽 음		심 하 게 굽 음			5		5	
40	이삭 : 2차지경 유무	없 다							있 다					

No	형 질	표 현 형 태									출 원 품 종		대 조 품 종	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	No	실 측 치	No	실 측 치
41	이삭 : 2차지경 모양	1형	2형	3형										
42	이삭 : 지경의 자세	직립		반직립		개형					1		1	
43	이삭 : 추출정도	추출불량		부분추출		중간		추출양호		추출매우양호	9		9	
44	성숙기	매우빠르다		빠르다		중간		늦다		매우늦다	5		5	
45	잎 : 노화			빠르다		중간		늦다			5		5	
46	외영 : 색	황백색	황갈색	갈색	적갈색 ~ 담자색	자색	흑색				2		1	
47	외영 : 무늬	없다	황갈색골	갈색골	자색점	자색골					1		1	
48	외영 : 하단부 안토시아닌 색소 정도 (황숙기)	없거나 매우연하다		연하다		중간		진하다			1		1	
49	외영 : 중간부 안토시아닌 색소 정도 (황숙기)	없거나 매우연하다		연하다		중간		진하다		매우진하다	1		1	
50	외영 : 상단부 안토시아닌 색소 정도 (황숙기)	없거나 매우연하다		연하다		중간		진하다		매우진하다	1		1	
51	받침 껍질(호영) : 길이			짧다		중간		길다			3		3	
52	받침 껍질(호영) : 색	짙색	황갈색	적색	자색						1		1	

No	형 질	표 현 형 태									출 원 품 중		대 조 품 중	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	No	실 측 치	No	실 측 치
53	정조 : 천립중			가 볍다		중 간		무 겁다				24.6		25.1
54	벼알 : 길이			짧 다		중 간		길 다				6.51		7.12
55	벼알 : 폭			좁 다		중 간		넓 다				3.10		3.38
56	벼알 : 외영의 폐놀반응	없 다								있 다				
57	외영 폐놀반응 정도			연 하다		중 간		진 하다						
58	현미 : 길이			짧 다		중 간		길 다				4.48		4.89
59	현미 : 폭			좁 다		중 간		넓 다				2.84		2.97
60	현미 : 모양 (측면 관찰)	원 형	단 원 형	중 원 형	장 원 형	세 장 형					2	1.58	2	1.65
61	현미 : 색	백 색	담 갈 색	얼 룩 진 갈 색	길 은 갈 색	담 적 색	적 색	얼 룩 진 자 색	자 색	암 자 색 / 흑 색	1		1	
62	배유 : 찰메성	찰	중 간	메							1		1	
63	배유 : 아밀로스함량	< 5%	5 ~ 10 %	11 ~ 15 %	16 ~ 20 %	21 ~ 25 %	25 ~ 30 %	> 30 %			1		1	
64	알카리 붕괴도	붕 괴 안 됨		조 금 붕 괴 됨		중 간		완 전 히 붕 괴 됨						
65	현미 : 향취성	없 거 나 매 우 약 하 다	약 하 다	강 하 다							1		1	

라. 품종보호 출원 품종의 DNA profiling 및 품종판별

- 품종보호 출원 품종의 판별시스템을 구축하고자 22개 육성찰벼 품종과 돼지찰벼 및 육성고세대 3계통의 DNA를 추출함(표 3-2-6, 그림 3-2-6).

표 3-2-6. 품종판별을 위한 찰벼 품종 및 계통 목록

연번	품종명	계통명	연번	품종명	계통명
1	진부찰	진부9호	14	눈보라	익산482호
2	상주찰	상주18호	15	신명흑찰	전북1호
3	신선찰	익산355호	16	백설찰	익산475호
4	화선찰	수원384호	17	신농흑찰	전북2호
5	설향찰	수원442호	18	백옥찰	밀양225호
6	동진찰	익산435호	19	보석흑찰	수원512호
7	아랑향찰	밀양146호	20	녹원찰	원농17호
8	농림나1호	동해4호	21	청백찰	
9	상남밭	밀양93호	22	통일찰(서울대)	수원254호
10	한강찰	수원290호	23	주남/돼지찰	HJ-49
11	보석찰	익산466호	24	보석찰/돼지찰	HJ-55
12	해평찰	영덕36호	25	주남/홍나	HJ-59
13	조생흑찰	밀양194호	26	돼지찰	재래종

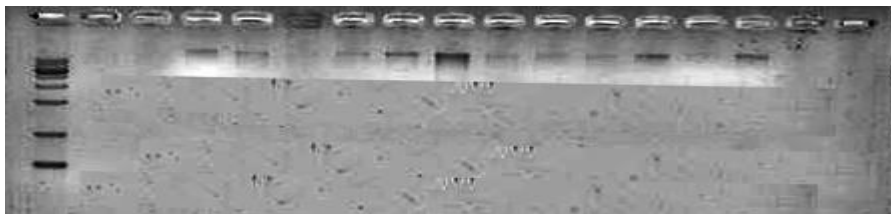


그림 3-2-6. DNA 농도 점검

표 3-2-7. 찰벼 품종관별을 위한 프라이머 목록

name	Forward	Reverse
RM0070	gtggacttcattcaactcg	gatgtataagatagtccc
RM0204	gtgactgacttggtcataggg	gctagccatgctctctgacc
RM0333	gtacgactacgagtgtcaccaa	gtcttcgcatcactcgc
RM0336	cttacagagaaacggcatcg	gctggttgtttcaggttcg
RM0418	tcgcgatcgtcatgcatag	gagcacatatgccacgtacg
RM0526	cccaagcaatacgtccctag	acctggtcatgacaaggagg
RM0547	taggttggcagaccttttcg	gtcaagatcatcctcgtagcg
RM1388	ttcaatgaggcaaaggttaag?	attgtagcttggactagggg
RM1761	acgcttaaagaacatttgat	gcgattaacttttaaccatt
RM1812	cagctagttagctcctagtg	gctaaccaccaacttattc
RM2191	gataagcattttagaacaca	actagaccaaggaattattg
RM3509	gtgtacatcctcaaggatcg	gttgaggaagggggtagag
RM5503	gggaagaagataggagatgg	ctctgggtacattcacgag
RM6704	aatcgaatctggatatcttg	cttctacctagctaccgaga
RM7285	gcggtcattgtaagtgtttg	tatatgagtccacatgacg
RM7289	gaggaggctgttagaaggcc	aacgtggtgtctccttttcg
RM7511	gaagccatgtcccttttctg	cacagcgaacgtgatgtctc
RM7545	gtatccgctcgttttcatc	gaggggggggttagaatag

- 현재 국립농산물 품질관리원의 찰쌀은 진부찰, 상주찰, 동진찰 등 13개 품종에 대해 판정이 되고 있어 본 연구에서 추가된 마커 정보 등은 국내 육성 찰벼의 품종 판정을 확대 적용시킬 수 있는 결과를 도출할 수 있을 것으로 기대됨.

구분	SCORE	4096	16	8	2048	128	32	16384	4	2	1024	64	256	512	8192	1	
		MARKER	DK601	DK1701	DK1412	DK1123	DK580	DK34	DK600	DK2401	DK50	DK381	DK63	DK2171	DK2708	DK2511	DK2394
		SIZE(bp)	701	472	314	205	200	600	429	286	229	182	514	406	295	222	180
1	22416	진부찰	4096	16		128		16384			1024		256	512			
2	23252	상주찰	4096	16		2048	128	16384	4			64		512			
3	21124	동진찰	4096			128		16384	4					512			
4	16624	백선찰		16		128	32	16384				64					
5	17104	보통찰		16		128		16384				64		512			
6	17048	마량찰		16	8	128		16384						512			
7	190	부석찰		16	8	128	32		4	2							
8	17086	백선찰			8	128	32	16384		2				512			
9	17038	선선찰			8	128		16384	4	2				512			
10	650	회선찰			8	128				2				512			
11	25254	백유찰				120	32	16384	4	2				512	8192		
12	644	노르찰				128			4					512			
13	18065	녹원찰		16		128		16384			1024			512		1	

번호	SCORE	품종명	DK2394	DK2401	DK1412	DK34	DK63	DK560	DK2171	DK1361	DK1854	DK721
			1	4	8	32	64	128	256	2408	1048576	32768
1	1,048,708	동진찰		4				128			1048576	
2	224	백설찰				32	64	128				
3	1,081,516	보석찰		4	8	32		128			1048576	32768
4	32964	상주찰		4			64	128				32768
5	1,081,536	설향찰					64	128			1048576	32768
6	1,081,484	신선찰		4	8			128			1048576	32768
7	1,048,712	아량향찰			8			128			1048576	
8	384	진부찰						128	256			
9	32,936	해평찰			8	32		128				32768
10	32,904	화선찰			8			128				32768
11	1,083,757	녹원찰	1	4						2048	1048576	32768
12	1,048,740	백옥찰		4		32		128			1048576	
13	1,081,476	노른자찰		4				128			1048576	32768

그림 3-2-7. 찻쌀 판정표 (국립농산물 품질관리원)

제 3절. 지역 적응성 평가 및 친환경 재배 시험

○ 고세대 선발 계통의 지역적응성 평가는 3개 지역(수원, 예산, 밀양)에서 수행되었고, 친환경 재배 적성 평가는 (사)흙살림 토종연구소(충북 괴산)에서 수행되었음.

1. 지역 적응성 평가

가. 평균기온

(1) 2012년

- 2012년 평균기온은 예산, 수원 및 음성지역의 4월 하순 평균기온이 16.4℃, 15℃, 14.3 수준이었고, 최고 기온은 8월 상순으로 예산지역은 31.1℃, 수원은 28.6℃, 음성은 27.4로 나타나 못자리 및 개화기에 예산지역이 평균적으로 약 1℃ 정도 높은 것으로 나타났음.

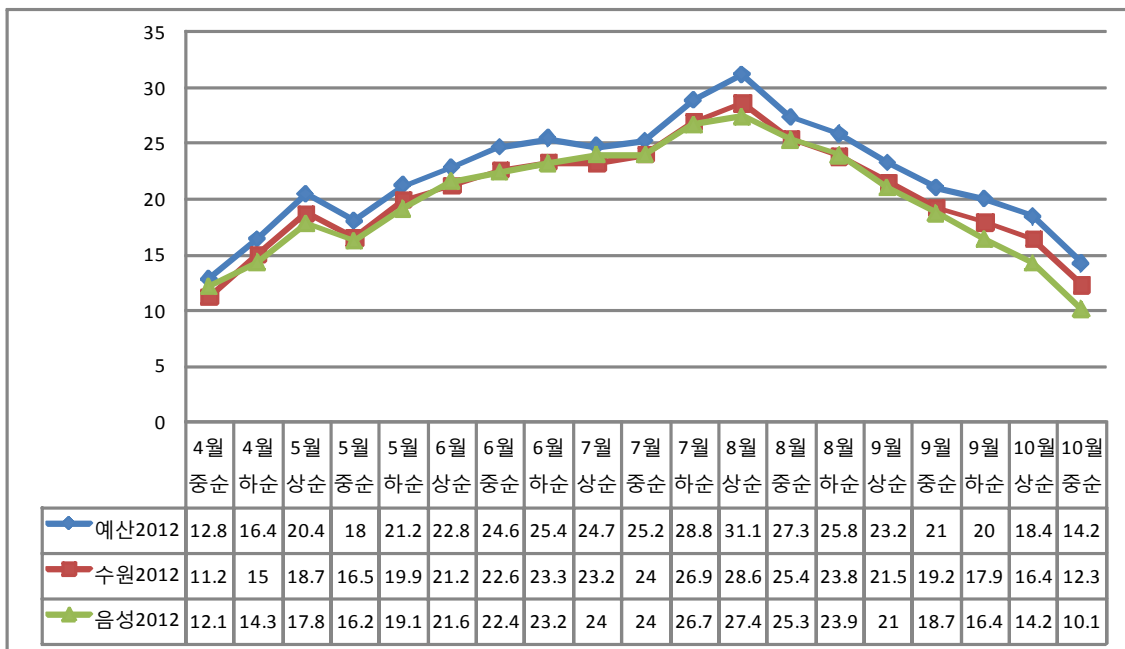
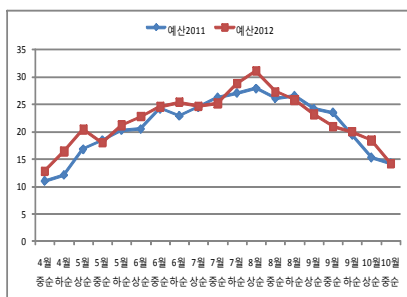
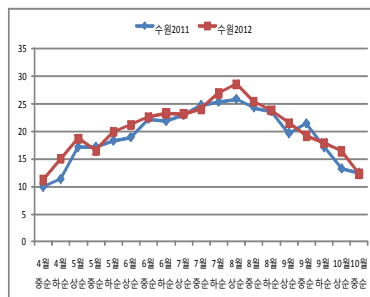


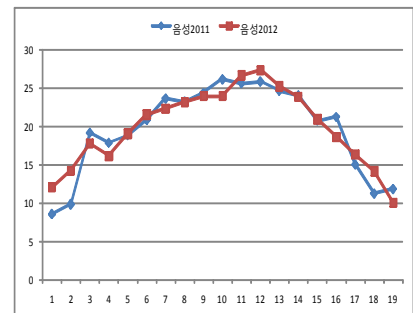
그림 3-3-1. 2012년 예산, 수원, 괴산(음성)지역의 월별(旬별) 평균기온



예산지역 2011년, 2012년 월별 평균기온



수원지역 2011년, 2012년 월별 평균기온



음성지역 2011년, 2012년 월별 평균기온

그림 3-3-2. 지역적응성 평가지역의 평균기온 (2012년)

(2) 2013년

- 2013년에는 지역적응성 평가 및 친환경 재배적성 평가가 수행된 4개 지역의 4월부터 10월까지의 평균기온은 파종기에는 10.8~12.5℃ 수준이었고, 최고기온은 8월 상순경으로 예산, 수원, 괴산, 밀양이 각각 28.6℃, 27.7℃, 26.8℃, 27℃로 나타났으며, 괴산지역이 4월 평균기온이 낮고, 등숙기 저온이 빨리 오는 것으로 나타났음.
- 전년도 기온과 비교해 볼 때, 4월 중하순의 기온이 낮았고, 등숙 후기인 9월 중, 하순의 기온이 높았음.

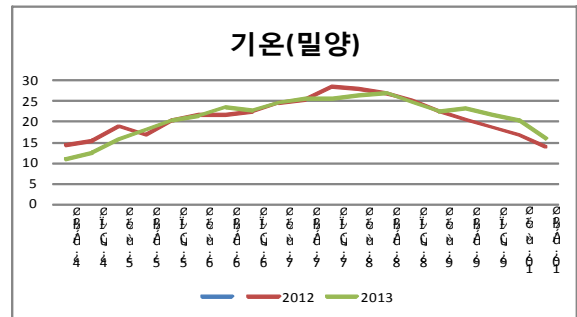
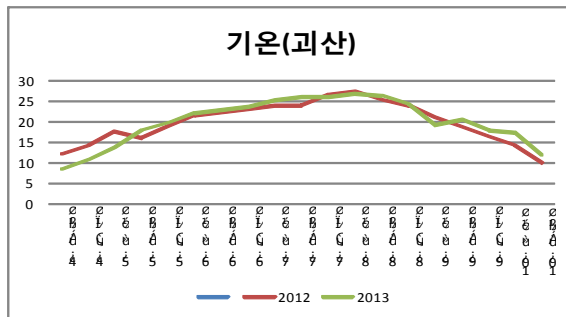
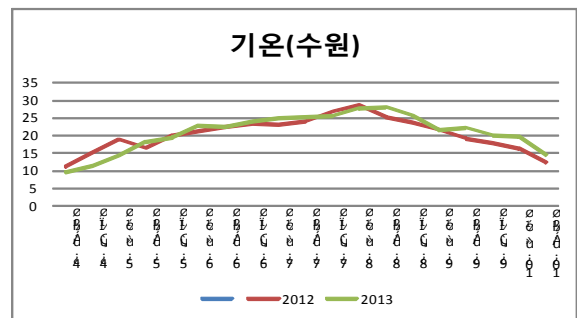
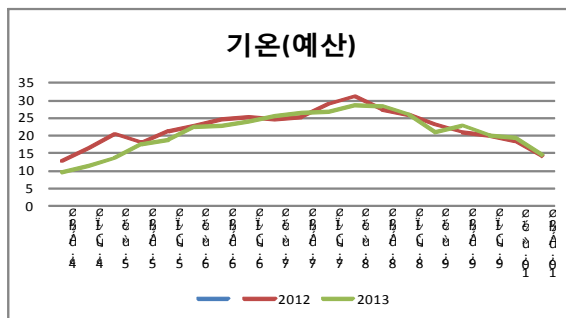
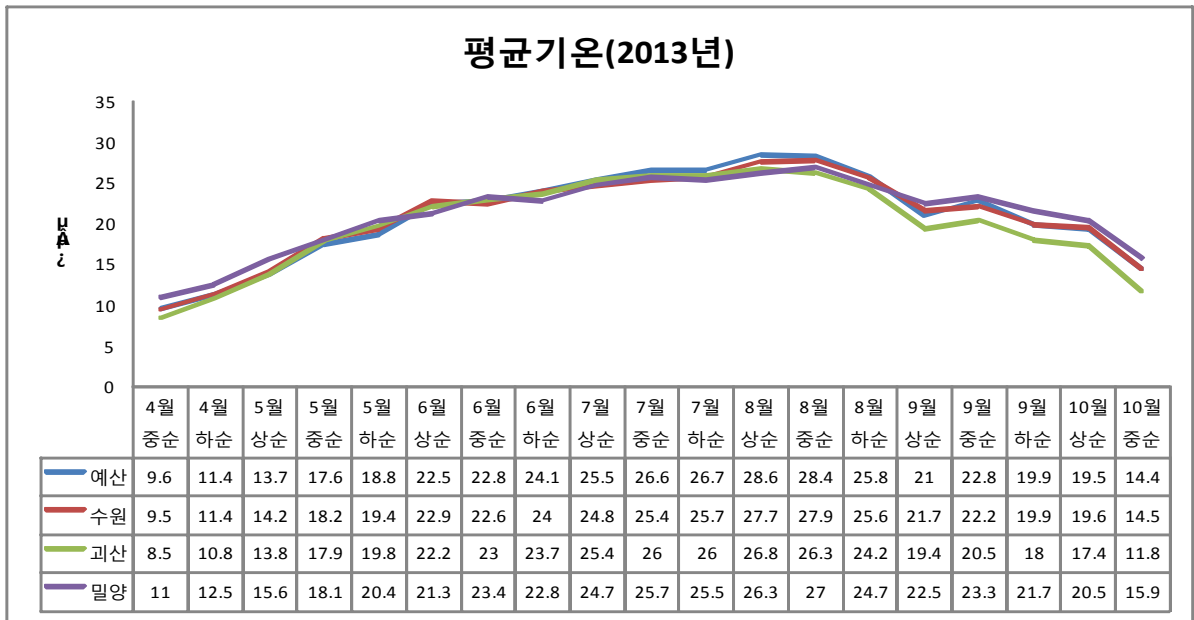


그림 3-3-3. 지역적응성 평가지역의 평균기온 (2013년)

(3) 2014년

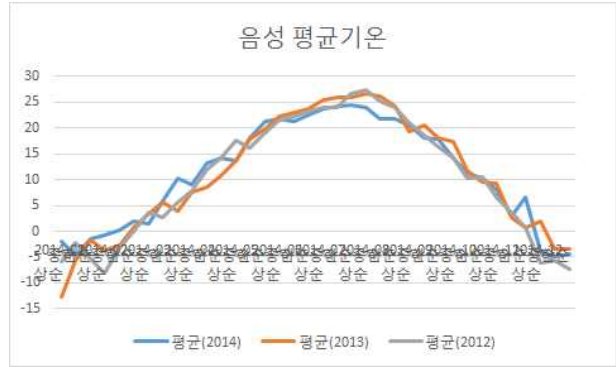
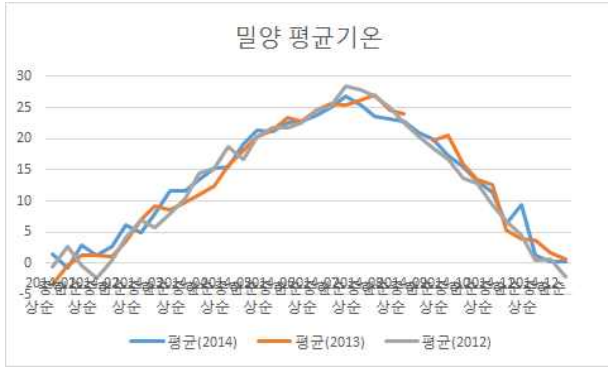
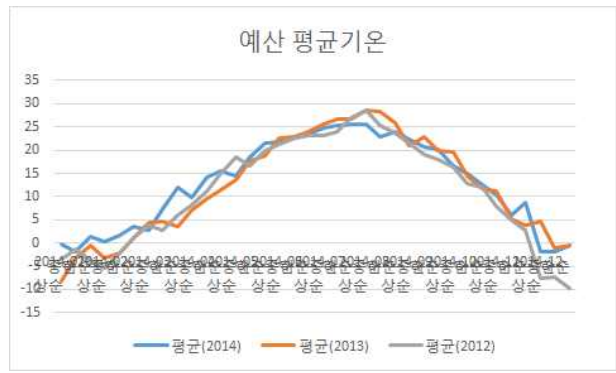
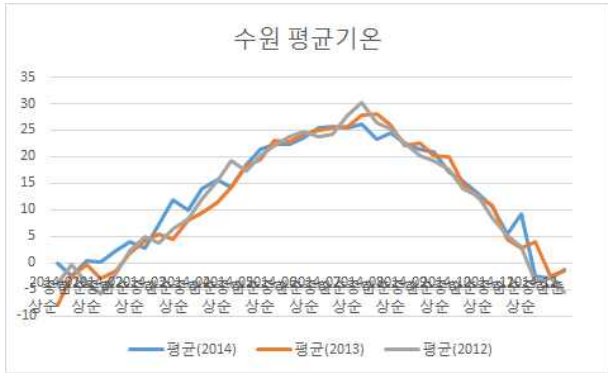
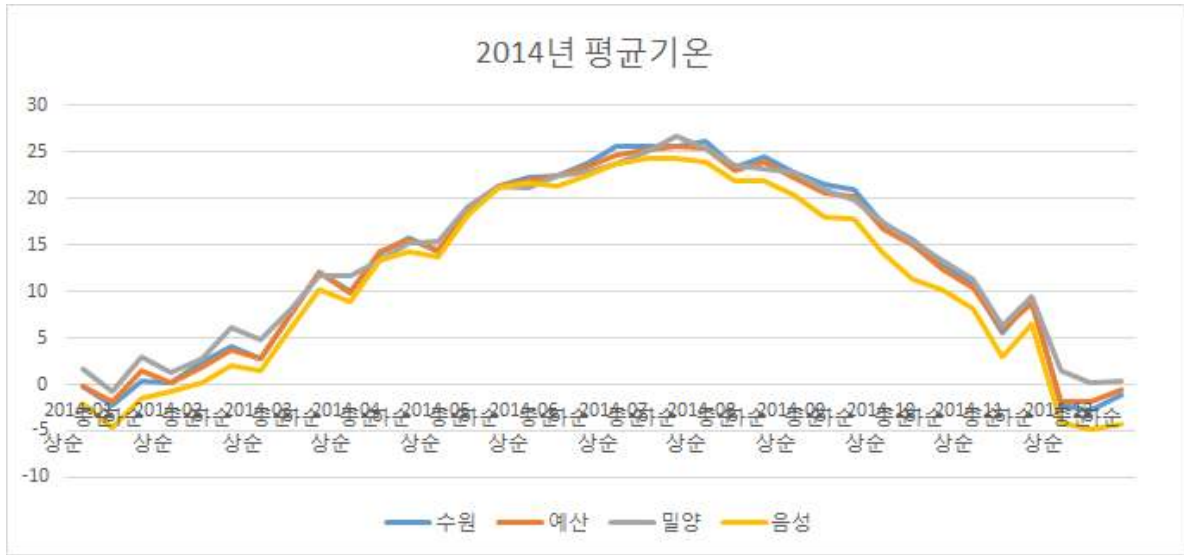


그림 3-3-4. 지역적응성 평가 지역의 평균기온 (2014년)

나. 월별 강수량

(1) 2012년

- 월별 강수량은 3지역 모두 7월 상순, 중순과 8월 중순에 집중되었으며, 7월의 경우 예산지역은 평균 300 mm에 가까운 폭우가 계속된 것으로 나타났음.

전년도에 비해 못자리 시기인 4월의 강수량이 크게 낮았고, 강수시기도 6월 중·하순에서 7월로 늦어져 물 부족이 심해 충분한 분얼 확보에 불리했었음.

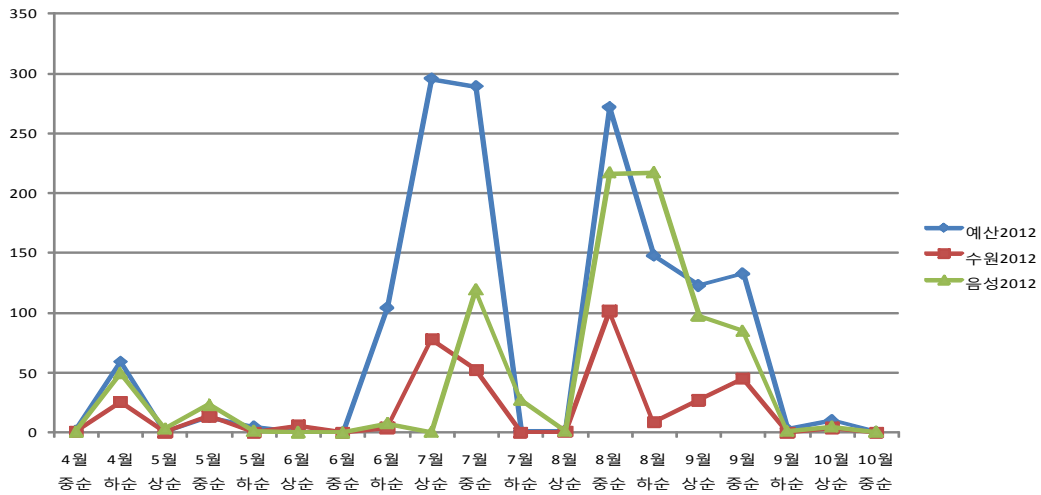
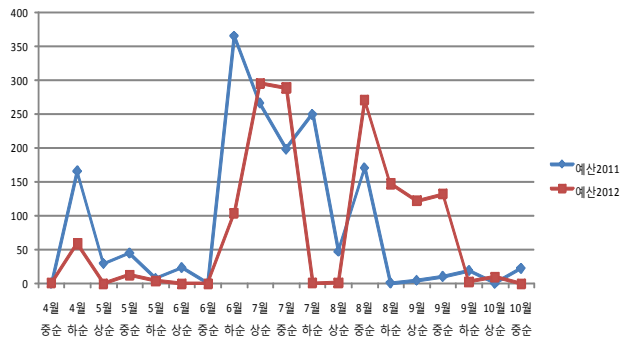
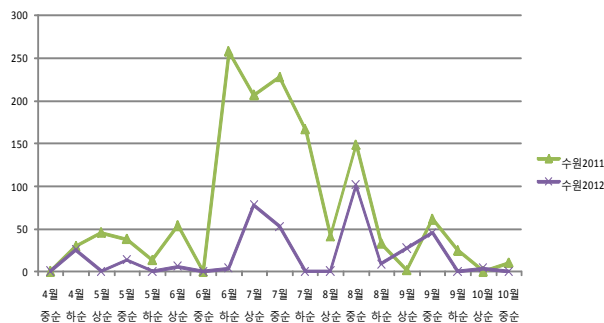


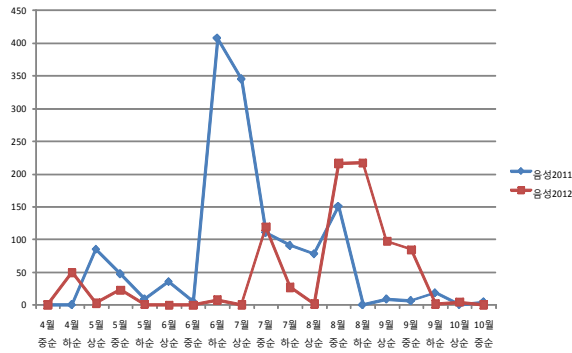
그림 3-3-5. 2012년 예산, 수원 및 괴산 지역의 월별(旬별) 강수량



a) 예산지역 2011년, 2012년 월별 강수량



b) 수원지역 2011년, 2012년 월별 강수량

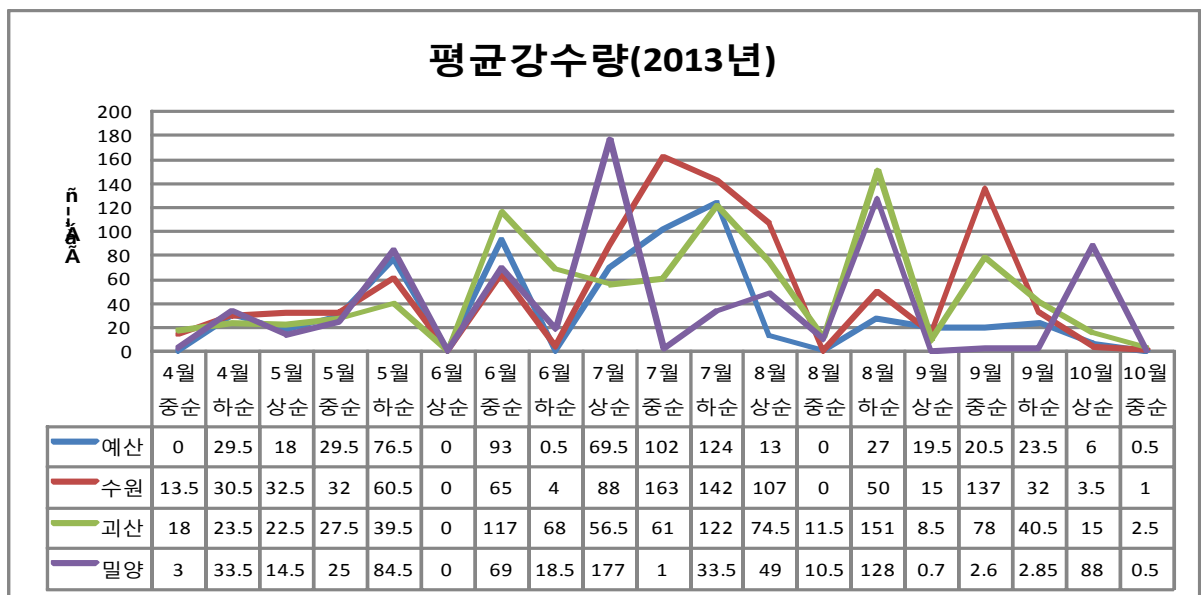


c) 음성(괴산)지역의 2011, 2012년 월별 강수량

그림 3-3-6. 지역 적응성 평가 지역의 월별(旬별) 강수량(2011, 2012)

(2) 2013년

- 2013년 지역적응성 평가 및 친환경 재배적성 평가가 수행된 4개 지역의 4월부터 10월까지의 평균강수량은 밀양을 제외한 3개 지역은 7월 하순에서 8월 상순에 집중되었으나, 밀양의 경우 6월 하순에서 7월 상순경에 강우가 집중되고, 이후 8월 하순까지 강수량이 저조하였음. 4월에 강수량이 부족하였으나, 5월 6월에 강우로 분얼확보에 유리하였을 것으로 판단됨.
- 밀양의 경우 7월 중순이후 강우가 낮고, 9월 중순이후 까지 기온이 높아, 도열병 등의 발병은 감소하였으나, 멸구의 증식횟수 증가 등 멸구에 의한 피해가 심하였음.



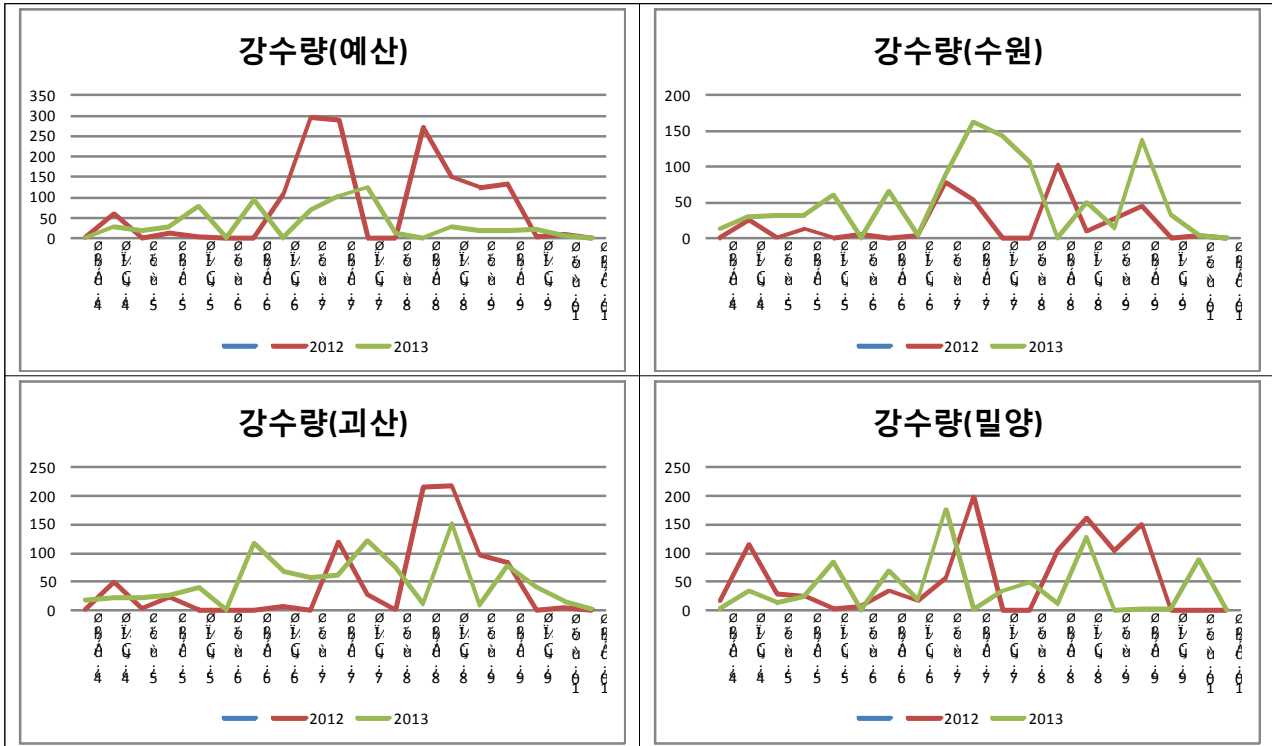


그림 3-3-7. 지역 적응성 평가 지역의 월별(旬별) 강수량(2013)

- 예산의 경우 전년도 5월 초부터 강수량 부족으로 분얼확보에 불리하였고, 7월 상순에 폭우와 출수기인 8월 상,중순에 강우가 집중되었던 현상은 없었음.
- 괴산지역은 저온이 일찍 시작되므로 고세대 육성계통 중 중생종인 효원 4호와 효원3호의 재배가 유리할 것으로 판단되며, 특히 친환경 재배를 위한 저항성이 확보된 보석찰/돼지찰 계통(효원 4호)의 재배가 유리할 것으로 판단됨.
- 밀양의 경우 중만생인 효원2호(주남/돼지찰)의 재배가 유리할 것으로 판단되었으나, 멸구 등에 대한 기본적인 방제가 반드시 필요한 것으로 판단되었음.

2. 친환경재배 적성 평가

가. 2012년

- 괴산지역 생산력 시험에서는 친환경재배 적성 평가를 위해 토양분석을 수행함.

1. 일반사항

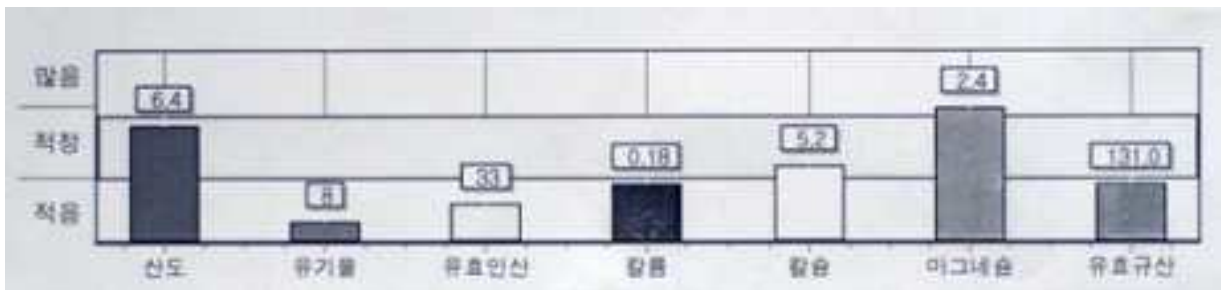
- 1) 포장 주소 : 충북 괴산군 괴산읍 제월리 673
- 2) 면적 : 논 3,385.8㎡ (약 1,000평)
- 3) 상태 : 유기인증필지 (인증번호 : 1-1-203)
- 4) 기타 : 2008년부터 유기인증을 받아 토중벼 수도작을 이어 오고 있는 필지로, 부산물비료(흙살림균배양체 그린퇴비, 성분량 N-P-K% : 2-1.5-1%), 규산질 비료를 주로 활용하였고 왕우렁이를 이용하여 제초를 실시해오고 있는 필지임.



2. 토양분석 및 재배적 조치

1) 토양분석 결과

구분	pH (1:5)	유기물 (g/kg)	유효인산 (mg/kg)	치환성 양이온(cmol+kg)			유효규산 (mg/kg)
				칼륨	칼슘	마그네슘	
적정범위	5.5-6.5	25-30	80-120	0.25-0.3	5.0-6.0	1.5-2.0	157-180
분석치	6.4	8.0	33.0	0.18	5.2	2.4	131.0



2) 추천 시비량

실면적 추천량(kg)	요소 (유안)	용성인비 (용과린)	염화칼리 (황산칼리)	퇴비 (1중류만 선택)				규산	황산 아연	석고
				볏짚	우분	돈분	계분			
밀거름	45 (98)	114 (114)	22 (27)	5,424	5,424	1,193	922	370.0	0.0	0.0
웃거름	35 (77)	0 (0)	10 (11)							

10a 당 화학비료 성분량(밀거름/웃거름): 질소(6.1/4.8), 인산(6.7/0.0), 칼리(4.0/1.7) kg

- 분석 결과에 따라 10a당 화학비료기준 3요소 요구량인 질소 (6.1/4.8kg), 인산 (6.7kg), 칼리 (4.0/1.7kg)를 맞추어야 하며 사용된 부산물비료(2-1.5-1% 추정)로 545kg/10a를 전량 밀거름으로 투입하면 질소총량(10.9kg)을 맞추어 줄 수 있으나 사용된 부산물비료의 질소 무기화율(50~80%)이 화학비료보다 낮은 것을 고려하여 실제로는 1.2~2배(654~1090kg)를 더 투입해야 표준시비량에 근접할 수 있음.
- 유기재배의 경우에는 도복과 도열병에 대한 부담으로 투입량을 70% 수준으로 낮추어 전량 밀거름으로 투입하였음.
- 따라서 부산물비료 420kg/10a 투입하여 3요소 투입 성분총량은 각 8.4, 6.3, 4.2kg/10a 수준이며, 질소 무기화율 100%일 경우 양분요구량의 77.0% 수준임.
- 규산질비료는 평당 0.6kg 수준으로 사용(180kg/10a)하였음.
- 제조용 왕우렁이(2012년 6월 1일, 15kg 방사)를 이용한 우렁농법으로 재배 시험을 수행함. (그림 3-3-8)



그림 3-3-8. 충북 괴산군 제월리 친환경재배 포장(우렁이 방사)

나. 2013년 : 흙살림 시험포장(괴산읍 제월리 673번지)

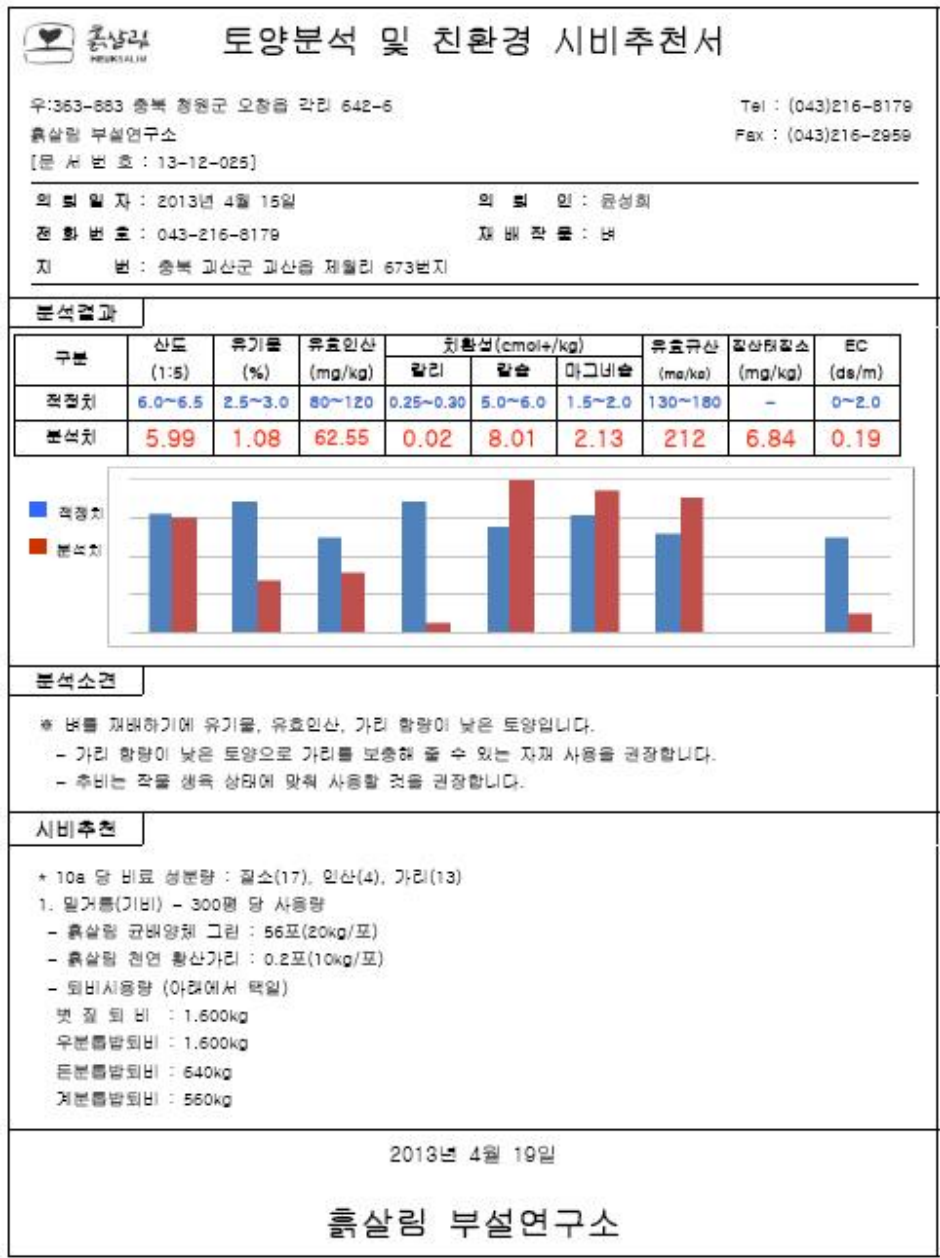


표 3-3-1. 친환경 재배시험포장의 토양분석 자료

- 분석 결과(표 3-3-1)에 따라 10a당 화학비료기준 3요소 요구량을 맞추어야 하며, 사용된 부산물비료의 질소 무기화율(50~80%)이 화학비료보다 낮은 것을 고려하여 실제로는 1.2~2배를 더 투입해야 표준시비량에 근접할 수 있음.
- 유기재배의 경우에는 도복과 도열병에 대한 부담으로 투입량을 70% 수준으로 낮추어 전량 밀거름으로 투입하였음.
- 규산질비료는 평당 0.6kg 수준으로 사용(180kg/10a)하였음.
- 제조용 왕우렁이(2013년 6월 5일 방사)를 이용한 우렁농법으로 재배 시험을 수행함.

다. 2014년 : 농가실증재배

- 병해충 저항성이 높아 친환경 재배에 유리할 것으로 판단되는 효원 4호에 대해 농가실증 재배를 수행함.
- 지역 : 충북 괴산군 불정면 앵천리 소재 2필지 (흙살림 친환경계약 재배 농가)



그림 3-3-9. 효원 4호 친환경 농가 실증재배포장

라. 시제품 제작 및 홍보

- 품종보호 출원 된 효원 2호, 효원 3호에 대해 시제품을 제작하였으며, 1차년도에 이어 “(사) 흙살림 토종벼 बे기 행사” 에 인절미 만들기 및 시식평가회를 개최하였고, 11월 5일 부산대학교 “그린팜 페스티벌” 에서 인절미 행사 및 시제품 전시회를 갖음.



← 인절미 시식행사(2012.10)
(흙살림 토종연구소)

Green Farm Festival →
(2013. 11, 부산대학교)



시제품 관련 사진



그림 3-2-10. 홍보 및 시제품 관련 사진

- 부산대학교 ‘효원그린팜 페스티벌’ 효원4호를 이용한 떡 시식평가



그림 3-2-11. 홍보 및 시제품 관련 사진

- 효원 4호 포장 디자인 제작 및 시제품 개발 및 ‘2014 국내육성 신품종 대전’ 전시
(2014.03.19.~2014.03.26.)

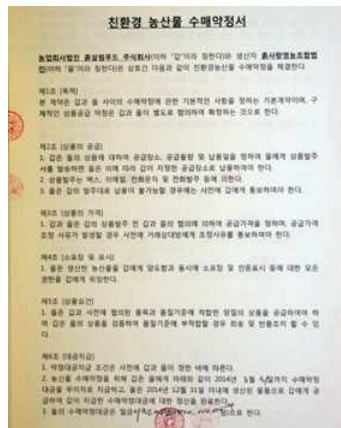


그림 3-2-12. 홍보 및 시제품 관련 사진

* 충청타임즈 (2014.03.26자) : <http://www.cctimes.kr/news/articleView.html?idxno=368795>

남도일보 (2014.03.31자) : <http://www.namdonews.com/news/articleView.html?idxno=362089>

- 효원 4호의 시제품 제작 및 상품화



(구매약정서)

그림 3-2-13. (주)휴살림의 “효원 4호” 구매약정서

제 4절. 돼지찰벼 찰 특성 관여 유전자 탐색

1. 찰 특성 관여 유전자 변이 탐색

- 본 연구과제에서는 돼지찰벼를 포함하는 11개 찰벼 품종(8개) 및 중간찰(3개) 계통에 대하여 주요 전분합성 관련 유전자의 염기서열 변이를 탐색함(표 3-4-1).

표 3-4-1. 찰벼 계통 및 품종 목록

연번	계통번호	품종/계통명	배유특성	아밀로스함량
1	13122	동진찰	찰	-
2	13137	백진주	중간찰	9
3	13144	만미	중간찰	10
4	13153	농립나 1호	찰	-
5	13182	보석찰	찰	-
6	13317	통일찰(서울대)	찰	-
7	JS28	주남//동진찰/밀키퀸	중간찰	12
8	JS34	주남벼 X 웅진수집 돈나	찰	-
9	JS35	보석찰 X 웅진수집 돈나	찰	-
10	JS36	주남벼 X JA-7(홍나)	찰	-
11	RS224	웅진수집 돈나	찰	-

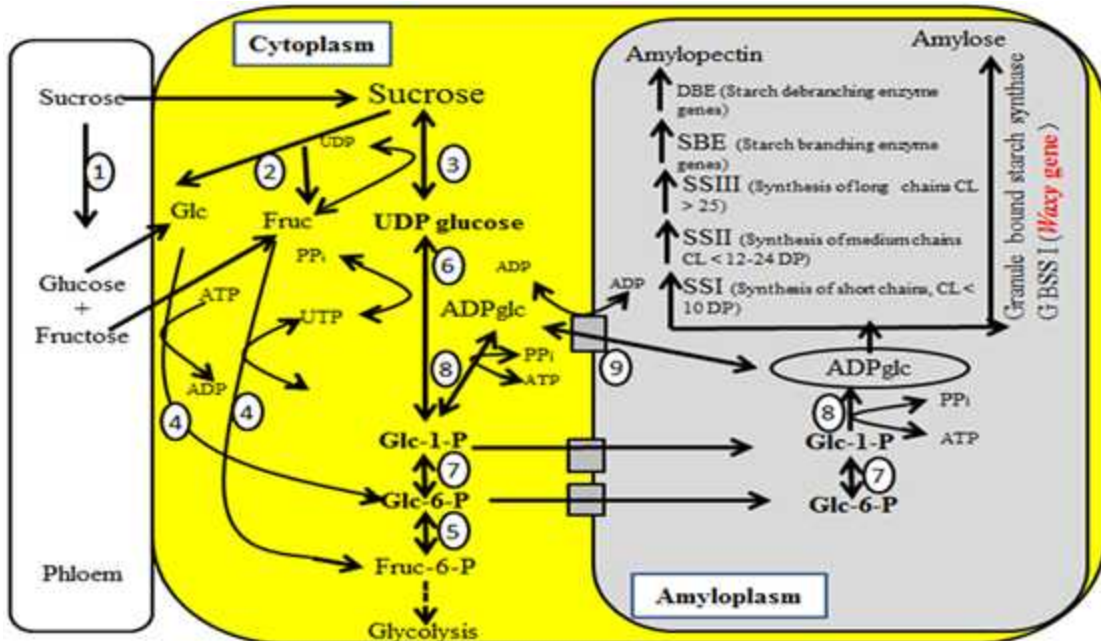


그림 3-4-1. 벼에서 전분합성 경로

표 3-4-2. 주요 전분합성 관련 유전자 목록

Primer ID	Forward primer	Reverse primer	Tm	Gene locus	(bp)
OsAGPL1	ctttactgcaaaaagcctatcaact	gttaaaggctattgactttgttacc	58	LOC_Os05g50380	552
OsAGPL2	cgttgcaactgtaataaatac	acacatgcatcttatgttgataag	58	LOC_Os01g44220	805
OsAGPL3	cttgattgttttcgtggttg	ttctagtcactgcattggctatag	58	LOC_Os03g52460	710
OsAGPL4	caaatgcatgacgaaatgtgctg	accttcgcccttctagaaccttc	64	LOC_Os07g13980	521
OsAGPS1	cctacagcatgaactgagagaag	tgtactcctgttgattcactcttc	64	LOC_Os09g12660	824
OsAGPS2b	tatgttctacatgaataaggaattcc	tcacctataaattagaggatactgc	58	LOC_Os08g25734.2	377
OsGBSSI	caaaccttaacaattcaattcagtg		58	LOC_Os06g04200	723
OsPUL3	tcagagtcctagctctgttgat	cagttgcataaatcaagtagacag	58	LOC_Os04g08270	834
OsSSIIaChr6	tcgcttcggttcggttcggct	cgtcgctctgggatgacgaac	64	LOC_Os06g12450	823
OsSSIIaChr7	tgcgtcgacgcaagggtcggtaa	ggcgacgacgacaaggttcttcg	64	LOC_Os07g13880	764

- 찰벼 형질에 관여하는 유전자 중 가장 중요한 유전자는 GBSS 유전자로 알려져 있으며 (그림 3-4-1), GBSS I은 14개의 Exon으로 구성되는데, 1개의 SSR과 3개의 SNP와 잘 알려진 2번 엑손의 23bp Indel 부위가 보고된 바 있음.

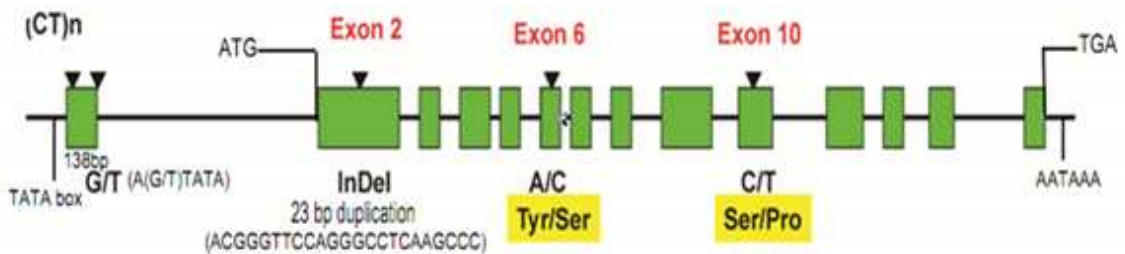


그림. 3-4-2 GBSS I 유전자의 구조

- GBSS I 유전자 부위의 염기서열 변이 탐색을 위해 기존의 논문과 NCBI의 염기서열 정보를 활용하여 5개 primer를 제작하였음(표 3-4-3).

표 4-3. Waxy 유전자의 5개 functional markers.

PrimerID	Forward primer	Reverse primer	Reference
(CT)n	CTTTGTCTATCTCAAGACAC	TTGCAGATGTTCTTCTGATG	Ayres et al. 1997
In1-G/T	CTTTGTCTATCTCAAGACAC	TTTCCAGCCCAACACCTTAC	Ayres et al. 1997
Ex2-23	TGCAGAGATCTTCCACAGCA	GCTGGTCGTCACGCTGAG	Samart et al. 2003
Ex6-A/C	GATGGTTGGAAGCATCACGAG	TTGGTATGGCAAGAACAAGC	Ming et al. 2008
Ex10-C/T	GCATCACCGGCATCGTC	GCTCCGGCCATGATGAGATG	Tran et al., 2011.

- 각각의 primer를 이용하여 공시된 찰벼 DNA를 증폭하여 얻어진 단편에 대해 염기서열 분석을 수행 한 결과,

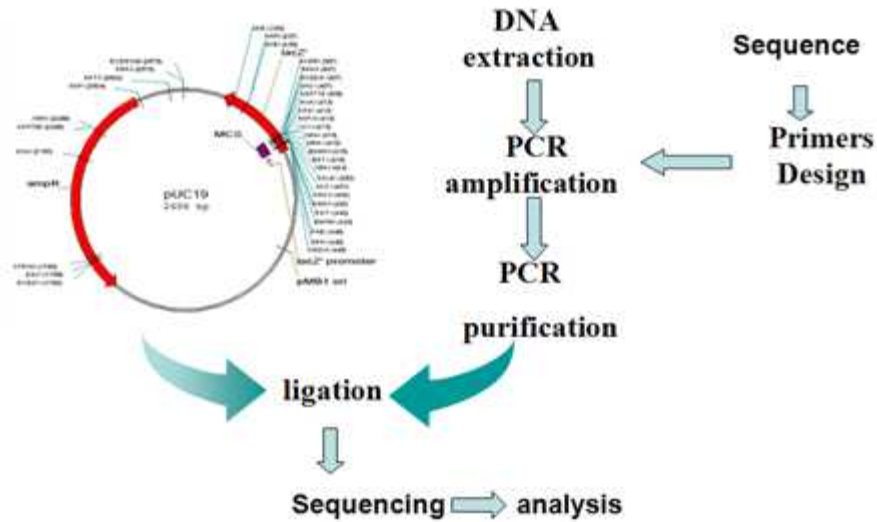


그림 3-4-3. 전분합성 관련 유전자 부위의 염기서열 분석순서도

- 전분합성관련 유전자에 대해 유전자 변이를 탐색한 결과, AGPL1, AGPL2, AGPL3, AGPS1, PUL, SS II 에서 염기서열 변이 및 InDel이 발견되지 않았음(그림 3-4-4).

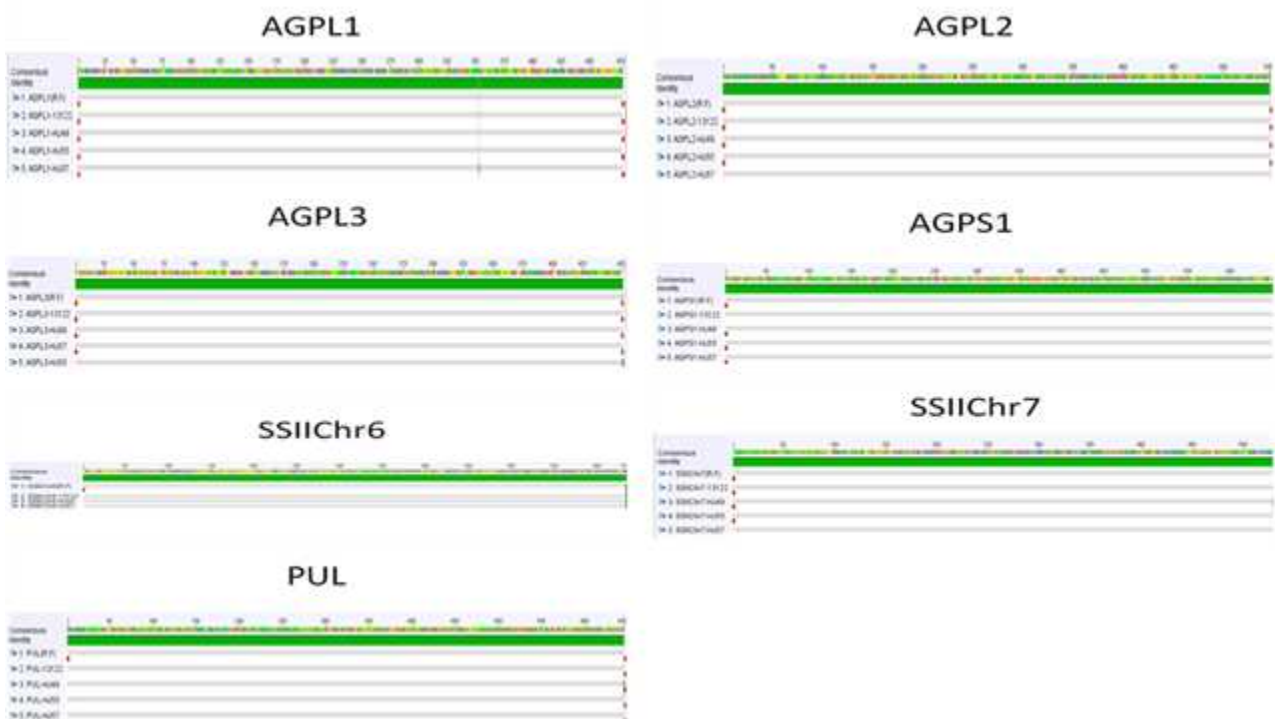


그림 3-4-4. 고세대 육성계통의 전분합성관련 유전자 변이 탐색

AGPS2b

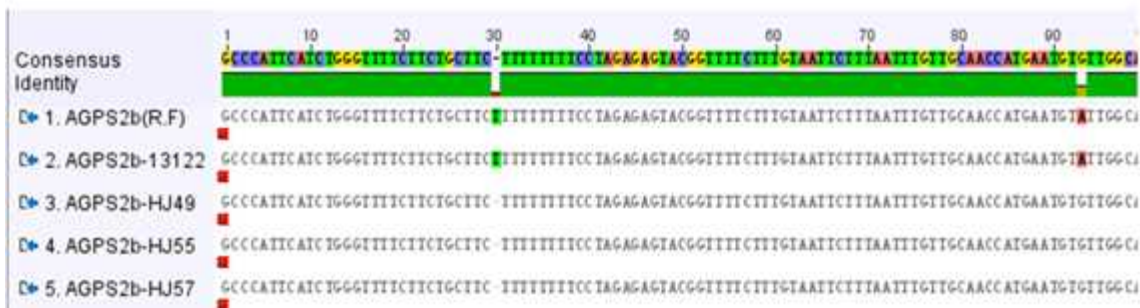


그림 3-4-5 AGPS2b 효소내 염기서열 변이

- AGPS2b 에서는 육성계통에서만 5번 UTR의 55번째 염기에서 ‘T’ 삭제가 발견되었고, 93번째 염기가 A/G SNP가 발견되었음. 본 염기는 아미노산 수준에서 Tyr이 Cys로 변이를 일으키는 염기서열 변이임(그림 3-4-5).
- GBSSI-Exon2에서 23bp 중복은 메벼와 모든 중간찰벼에서 관찰되는 변이로 탐색되었다(그림 3-4-6).

GBSSI-Exon 2

23 bp duplication in exon 2

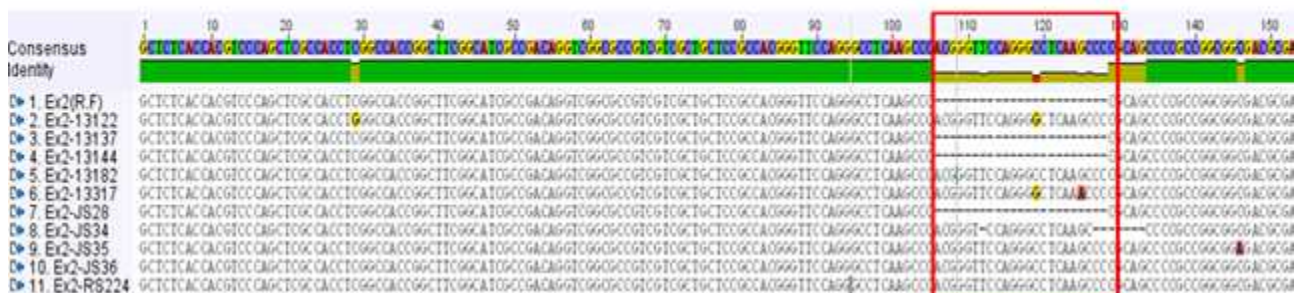


그림 3-4-6. GBSSI-Exon2에서의 염기서열 변이(중복)

- GBSSI- In1-G/T, GBSS-(TAAT)n에서는 변이가 탐색되지 않았고, GBSSI-Exon10에서는 다양한 부위에서 SNP가 탐색되었다. GBSSI-Exon 6에서 탐색된 A/C 변이는 TAT->TCT, Tyr->Ser 의 변이를 보이는 것으로 돼지찰벼 및 돼지찰벼 후대 계통에서 공통적으로 탐색되었다(그림 3-4-7).

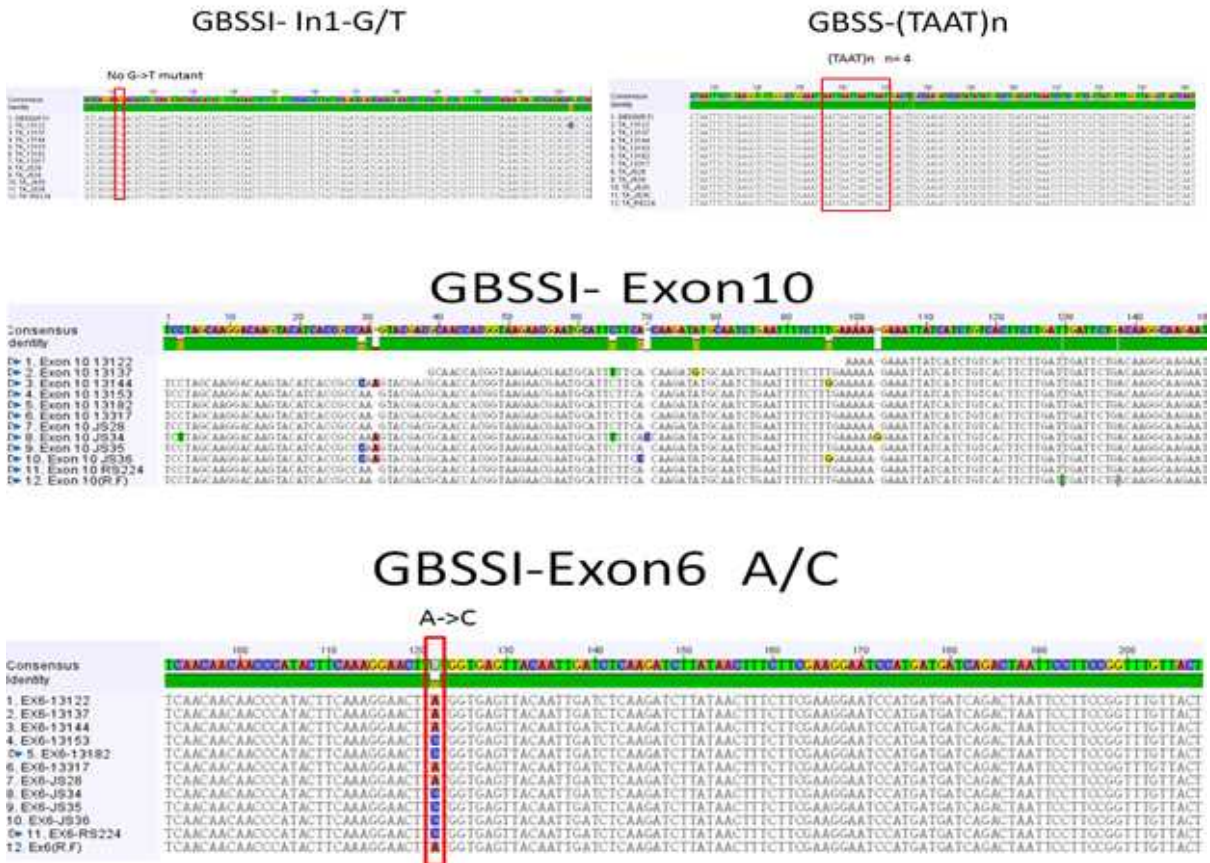


그림 3-4-7 GBSSI 유전자내 염기서열 변이

2. 1립 종자 호화 (밥) 후 물성 측정

- 일반적인 경우 종자의 특성은 F₃ 종자에서도 분석이 가능하다. 하지만 돼지찰벼의 종자 특성은 호화시킨 이후에 측정을 해야 하므로 분리하는 개체의 경우 호화 이후에 물성 측정을 할 때 probe가 압력을 가하는 곳에 따라서, 측정값에 편이가 발생하는 현상을 확인하여 F₃에서 분석을 할 수 없다는 결론에 도달하였고, F₂ 1립종자에서 호화 후 물성 특성을 검정하는 방법을 구축하였다.
- F₂ 1립 종자를 호화시켜서 물성을 측정하기 때문에 측정 후 측정된 종자에서의 DNA 추출의 기술적인 어려움이 있다.

- 본 연구진은 우선 F₂ 종자에서 물성을 측정하여 돼지찰벼 특성 물성에 대한 유전분석을 시행하고, 유전자 고밀도 지도는 차후 후속 연구에서 비분리 고세대 계통(F8)을 육성하여 작성하기로 연구계획을 변경하기로 하였다.
- 또한 본 연구에서 돼지찰벼를 모본으로 하여 육성하고 있는 육성계통에 대하여 물성 특성을 검정할 수 있는 기술을 확보하여 선발지표로 활용하기 위하여 1립 물성 특성 검정 기법을 구축하였다.

가. 재료

유전분석 집단의 모본인 돼지찰벼와 동진찰을 2013년 부산대학 부속농장에서 재배하였고 수확 후 건조한 종자에 대하여 현미를 사용하였다.

나. 1립 현미종자 호화(밥)법 구축

- 돼지찰벼와 동진찰벼 현미를 1 시간 증류수에 침지한다(그림 3-4-8).



그림 3-4-8. 침지 과정 중의 두 품종

- 불린 현미를 한 알씩 PCR tube 에 옮겨 담고 각각의 tube에 물 50 μ l 를 넣는다.



그림 3-4-9. 침지시킨 종자를 각각의 PCR tube에 옮겨 담는 과정

- 준비된 tube 를 PCR thermal cycler T-100 (BIO-RAD)을 이용하여 호화시킨다. 호화 조건은 100℃ 에서 25 분, 60℃ 10 분을 유지하여 뜸을 들인다.



그림 3-4-10. PCR 기기에서의 처리 조건 화면과 tube를 넣은 모습

- 호화된 밥은 물성 측정 전까지 물과 함께 PCR에 보관한다.

다. 모본의 현미밥 1립 물성 특성 비교

- 각 품종별 현미 1립을 호화 직후 Texture analyzer(Brookfield Texture Pro CT3[®])로 조사한다.

<분석 조건>

- > Test type : Compression mode
- > Target Type : 5.0/strain(% of deformation)
- > Trigger Load : 1.0 g
- > Test Speed : 0.50 mm/s
- > Probe : Cylinder형 diameter 25.4 mm, Length 35.0 mm (TA11/1000)



그림 3-4-11. 1립 종자 물성 평가를 위한 Texture analyzer probe

- 경도와 점성 씹힘성에서 돼지찰 현미밥이 동진찰 현미밥에 비하여 식미에 있어서 좋은 특성을 보였다. 응집성에서는 차이가 없었다. 부착성의 경우 동진찰벼와 돼지찰벼 모두 측정치가 0이 나왔는데, 이는 분석한 시료가 표면이 호분층인 현미를 사용하여 표면에 끈기가 없었기 때문일 것으로 여겨진다(그림 3-4-12).

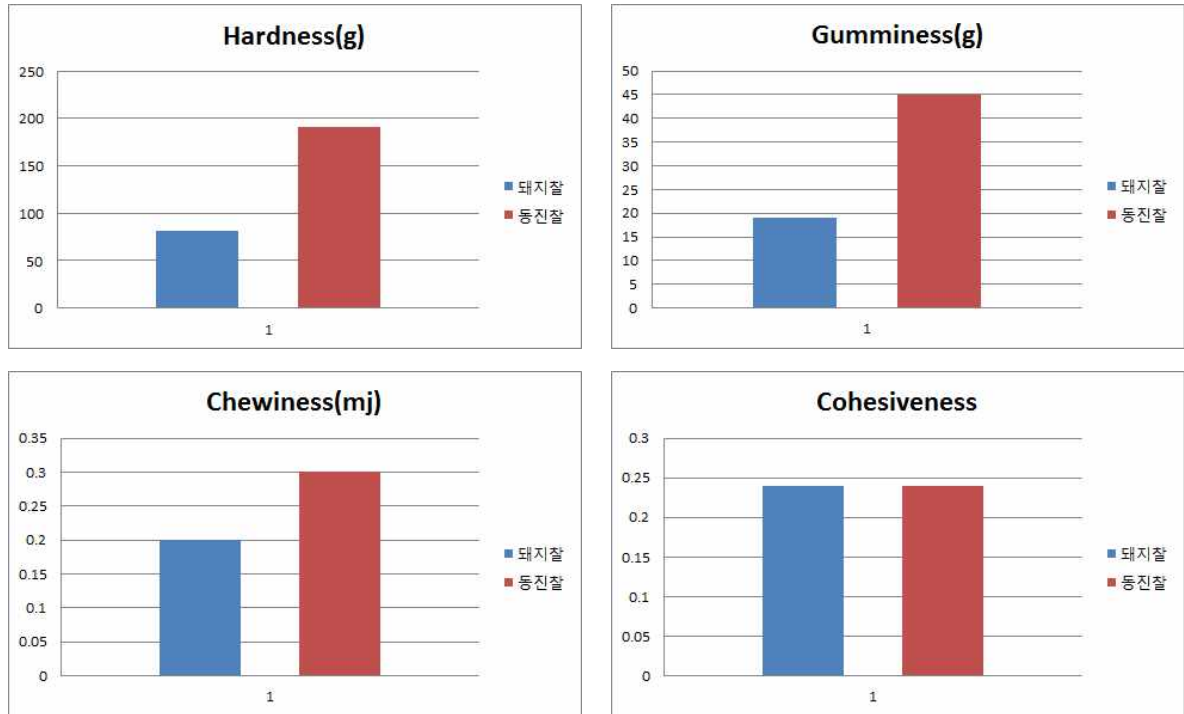


그림 3-4-12. 돼지찰 현미밥, 동진찰 현미밥 1립 물성 특성

제 5절. 돼지칼벼 종자 특이발현 단백질체 분석

1. 출수 후 10일 종자의 단백질의 Shotgun Proteomics 분석

- 화선찰과 돼지칼벼에서 전분합성이 가장 활발한 출수 후 10 일 된 이삭을 수확하여 종자에서 단백질을 추출하고 1D-LDS PAGE로 분리된 단백질의 동정을 하기위해 각 레인 (시료) 별로 7등분하여 Ingel-digestion 했다.
- 7 조각으로 잘린 각각의 조각을 약 1mm 정도의 정육면체로 잘게 썰어 1.5ml tube에 구분하여 담았다.(그림 3-5-1)

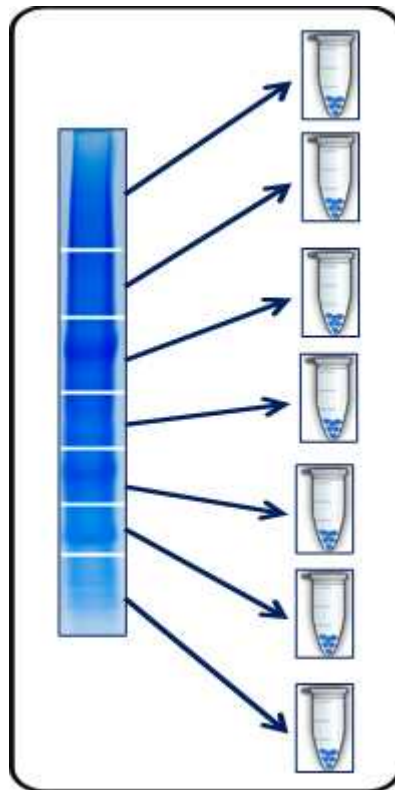


그림 3-5-1. Shotgun proteomics 분석을 위한 gel slicing 방법

- 각각의 tube에 destaining buffer(50% acetonitril(ACN) in 50mM ammonium bicarbonate (ABC) pH 7.8) 를 처리하여 Coomassie blue 염색을 제거하고. 각 gel에 포함된 단백질을 reduction (10mM DTT in 25mM ABC), alkylation (55mM iodoacetamide) 과정을 거친 후 trypsin digestion (trypsin 12.5ng/ μ l in 50mM ABC)을 한다. digestion 된 peptide 를 회수하여 질량분석기로 분석한다.
- LC MS/MS 질량분석기 LTQ- ion trap을 사용하였다.
- Nanoflow HPLC instrument 는 Q Exactive mass spectrometer와 on-line 으로 연결하여 분석하였다. 분석에 쓰이는 column 은 PepMap[®] RSLC, C18, 2 μ m, 100 Å 이다.

- peptide 분리를 위한 LC 조건은 다음과 같다.
0.1% Formic acid (buffer A), acetonitrile in 0.1% Formic acid (buffer B)
linear gradient of 3-50% buffer B at a flow rate of 270nL/min.
run time for an LC MS/MS is 120min.
- MS/MS spectra 수집 조건은 다음과 같다.
data-dependent top8 method dynamically choosing the most abundant precursor ions
Dynamic exclusion duration was 15s HCD fragmentation Survey scans were acquired
at a resolution of 70,000 at m/z 200 Resolution for HCD spectra was set to 17,500 at
m/z 200.
- 단백질의 동정은 LTQ-ion trap 분석으로 얻어진 MS/MS spectra로 자료는 Proteome
Discoverer(version 1. 3) software를 이용하여 분석했다. Nipponbare genome database 는
Rice Genome Pseudomolecules Release 7.0의 단백질 database를 사용하였고. 그림
3-5-2.는 사용한 Rice genome 단백질 database의 일부분이다.

```

>LOC_Os01g01010.1 protein!TBC domain containing protein, expressed
MSSAAGQDNGDTAGDYIKWMCAGGRAGGAMANLQRGVGSLVRDIGDPCLNPSVKGSKMLKPEKWHTCFDNDGKVGFRKALKFIVLGGVDPTIRAEVWEF
LLGCYALSTSEYRRKLRVRREKYQLVRQCQSMHPSIGTGELAYAVGSKLMDVRTMSKETHIAEEVSTSQTSQNTAGSLVEDSDYGPQGAQQSQKRESCSKS
AELVGFNVHNDTSLYDSSNFIVSSTEVENNCSKDSQDYNDMGEPDYDTETFDYPSLPVTNFFSTDGVSNGVDKNHCSFVPEPDLRHRDERMHSFQINNNIDLI
ESNSCSDVFRASNSDAIFHSDAYKQDRWLDNGYNREVIDSLRISDAPEADFVDGTSNSVASKDRVSEWLWTLHRIVVDVVRTDSDLDFYGESRNMARMS
DILAVYAWVDPSTGYCQGMSDLSPFVVLIEDDADAFWCFEMLLRRMRENFQMEGPTGVMKQLQALWKIMEITDVELFEHLSTIGAESLHFAFRMLLVLFRR
LSFEESLSMWEMMWAAFDNEDVILHLEENCLEPLLVDNRNLSCEVKEEHRVNSYTRRKS SRKPHHRNGEMRVACNLGMKPNTRNPLCGLSGATIWARHQ
MPHISTNVLAKNGDDDLPIFCVAAILVINRHKIIRETRSIDDAIKMFNDNMLKINVKRCVRMAIKLRKKYIYKLLKGGSE*
>LOC_Os01g01010.2 protein!TBC domain containing protein, expressed
MSSAAGQDNGDTAGDYIKWMCAGGRAGGAMANLQRGVGSLVRDIGDPCLNPSVKGSKMLKPEKWHTCFDNDGKVGFRKALKFIVLGGVDPTIRAEVWEF
LLGCYALSTSEYRRKLRVRREKYQLVRQCQSMHPSIGTGELAYAVGSKLMDVRTMSKETHIAEEVSTSQTSQNTAGSLVEDSDYGPQGAQQSQKRESCSKS
AELVGFNVHNDTSLYDSSNFIVSSTEVENNCSKDSQDYNDMGEPDYDTETFDYPSLPVTNFFSTDGVSNGVDKNHCSFVPEPDLRHRDERMHSFQINNNIDLI
ESNSCSDVFRASNSDAIFHSDAYKQDRWLDNGYNREVIDSLRISDAPEADFVDGTSNSVASKDRVSEWLWTLHRIVVDVVRTDSDLDFYGESRNMARMS
DILAVYAWVDPSTGYCQGMSDLSPFVVLIEDDADAFWCFEMLLRRMRENFQMEGPTGVMKQLQALWKIMEITDVELFEHLSTIGAESLHFAFRMLLVLFRR
LSFEESLSMWEMMWAAFDNEDVILHLEENCLEPLLVDNRNLSCEMFNDNMLKINVKRCVRMAIKLRKKYIYKVYVYLGQNLICTVYVKTRDEAVEG*
>LOC_Os01g01019.1 protein!expressed protein
MEEAGERDADETHAWSGTASPAALWKTVASSAAMLKLALAMISAAFRTTPFSMSMLCPNATMSLHSPSIFDVSSITPIMSCIINRLVAEKAGATMQRWRAHS
SPSAMTRPLPNMGMRLSSYDIVCQLAHLHFHVCLV*

```

그림 3-5-2. Rice genome database

- 화선찰벼의 종자 단백질체에서 1,069개의 단백질이 동정되었으며 이들의 상대적인 발현양도 측정되었다. 동정된 단백질 중 가장 많이 발현하고 있는 단백질 10개를 표 3-5-1에 나타냈으며, 저장단백질인 프로라민과 글루테린이 가장 많이 존재하고 있었고, 전분합성 및 기초 탄수화물대사에 작용하는 glyceraldehyde-3-phosphate dehydrogenase와 fructose-bisphosphate aldolase isozyme 도 많은 양이 발현하였다.

표 3-5-1. 화선찰 출수 후 10일 종자에서 동정된 단백질 중 가장 많이 존재하는 단백질

No.	Accession	Description	# AAs	MW [kDa]	calc. pI	NSpC
1	LOC_Os05g26377.1 protein	PROM9 - Prolamin precursor, expressed	150	16.9	8.7	0.030442
2	LOC_Os01g55690.1 protein	glutelin, putative, expressed	499	56.2	8.9	0.023884
3	LOC_Os02g38920.1 protein	glyceraldehyde-3-phosphate dehydrogenase, putative, expressed	356	39.0	6.9	0.021333
4	LOC_Os02g15178.1 protein	glutelin, putative, expressed	499	56.5	9.1	0.021097
5	LOC_Os10g26060.1 protein	glutelin, putative, expressed	499	56.3	8.7	0.019521
6	LOC_Os02g10800.3 protein	mitochondrial carrier protein, putative, expressed	425	45.3	9.5	0.01914
7	LOC_Os02g15150.1 protein	glutelin, putative, expressed	495	56.0	9.0	0.018332
8	LOC_Os04g40950.1 protein	glyceraldehyde-3-phosphate dehydrogenase, putative, expressed	337	36.7	6.8	0.016913
9	LOC_Os03g46100.1 protein	cupin domain containing protein, expressed	562	63.4	8.1	0.015554
10	LOC_Os01g67860.1 protein	fructose-bisphosphate aldolase isozyme, putative, expressed	358	38.8	8.2	0.014859

2. 돼지찰벼와 동진찰벼 현미 단백질체 비교분석

- 돼지찰벼, 화선찰벼, 주남돈나, 보석찰돈나 완전등숙 종자에서 단백질을 추출하여 1D-SDS PAGE로 단백질체 비교함.
- 완전등숙된 종자에서는 4개의 공시재료에서 차이점을 볼 수 없었으나(그림 3-5-2), 1D-SDS PAGE로 분리 전개된 발현단백질의 정밀한 비교는 해상도가 높은 shotgun proteomics 분석을 실행하기로 함.

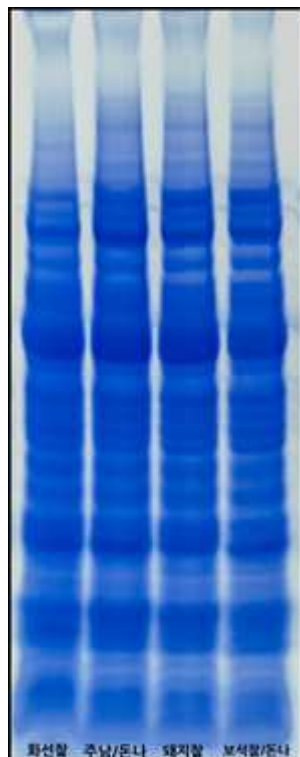


그림 3-5-2. 돼지찰벼 종자단백질체 1D-SDS-PAGE

- 돼지찰벼 자원으로 육성한 품종 효원4호와 동진찰벼의 현미 단백질체를 동정하고 이들의 구성비를 비교하였다. Ms/Ms spectra data를 Proteome Discoverer 1.3을 이용해 단백질 동정 결과 총 1,812개의 non-redundant protein이 동정 되었다. 품종당 2반복 모두에서 발현되고 SC 값이 2이상 값으로만 정리하여 총 417개의 단백질 리스트를 얻고 이를 t-Test를 통하여 5% 유의수준에서 차이가 인정되는 327개의 단백질을 동정하였다.
- 327개의 단백질 중에서 효원 4호 특이 단백질은 95개가 동정되었고 동진찰벼 특이 단백질은 232개로 나타났고 그중 공통 단백질은 17개가 동정 되었다(그림 3-5-3).

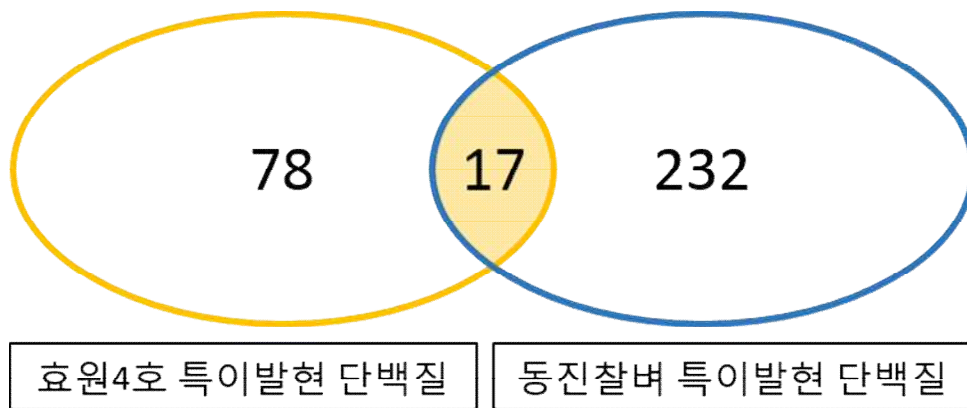


그림 3-5-3 질량 분석을 통하여 동정된 특이 단백질

- 효원 4호 특이 발현 단백질중 가장 발현이 크게 증가한 단백질은 LOC_Os03g21790.1 protein (cupin domain containing protein, expressed)로 581,371.3 배 증가하였고, 동진찰벼 특이 발현 단백질로는 LOC_Os05g38530.1 protein (DnaK family protein, putative, expressed)로 41.5배 증가 하였다. 공통 발현된 단백질 17개 모두 효원 4호 특이발현 단백질로 LOC_Os03g46100.1 protein (cupin domain containing protein, expressed)가 가장 크게 증가해 172.4배 증가했고 가장 낮은 값은 보인 단백질은 LOC_Os05g33570.1 protein (pyruvate, phosphate dikinase, chloroplast precursor, putative, expressed)로 34.4배 증가 했다. 효원4호에서 특이적으로 높은 농도로 존재하는 단백질들의 기능은 대부분 단백질들의 안정화에 관여하는 단백질이었다. 이들 특이발현 단백질들의 돼지찰벼 물성과의 직접적인 연관성은 아직 밝히지 못했으나 차후 분자생물학적 연구 및 형질전환 연구에서 밝혀야 할 부분이다.

표 3-5-2. 효원 4호 특이 발현 단백질 목록

Accession	Description	# AAs	MW [kDa]	calc. pI	Ratio
LOC_Os03g217 90.1 protein	cupin domain containing protein, expressed	565	61.40016	7.532715	581371.3
LOC_Os04g409 50.1 protein	glyceraldehyde-3-phosphate dehydrogenase, putative, expressed	337	36.7499	6.814941	420520.4
LOC_Os03g080 10.1 protein	elongation factor Tu, putative, expressed	447	49.26168	9.056152	390946.9
LOC_Os08g032 90.1 protein	glyceraldehyde-3-phosphate dehydrogenase, putative, expressed	337	36.38981	7.10791	303669.1
LOC_Os02g320 30.1 protein	elongation factor, putative, expressed	843	93.96054	6.163574	269767.8
LOC_Os11g477 60.1 protein	DnaK family protein, putative, expressed	649	71.14019	5.211426	221440.4
LOC_Os02g024 00.1 protein	catalase isozyme A, putative, expressed	492	56.66215	7.005371	212063.5
LOC_Os01g632 70.1 protein	alpha-glucan phosphorylase isozyme, putative, expressed	841	94.41133	7.239746	196916.1
LOC_Os04g331 50.1 protein	desiccation-related protein PCC13-62 precursor, putative, expressed	323	33.78239	5.033691	174555.6
LOC_Os08g238 70.1 protein	late embryogenesis abundant group 1, putative, expressed	150	15.15435	9.129395	168785.2

표 3-5-3. 동진찰벼 특이 발현 단백질 목록

Accession	Description	# AAs	MW [kDa]	calc. pI	Ratio(D/H)
LOC_Os05g38530 .1 protein	DnaK family protein, putative, expressed	646	70.79091	5.211426	41.5
LOC_Os09g38030 .1 protein	UTP--glucose-1-phosphate uridylyltransferase, putative, expressed	469	51.65021	5.592285	31.3
LOC_Os05g46480 .2 protein	late embryogenesis abundant protein, group 3, putative, expressed	200	20.50195	6.252441	28.9
LOC_Os05g22940 .1 protein	acetyl-CoA carboxylase, putative, expressed	2414	267.6158	6.480957	27.3
LOC_Os05g33380 .1 protein	fructose-bisphosphate aldolase isozyme, putative, expressed	358	38.83915	7.327637	25.7
LOC_Os03g14450 .1 protein	enolase, putative, expressed	445	47.94241	5.465332	25.0
LOC_Os08g43190 .1 protein	dehydrogenase, putative, expressed	394	42.18035	6.328613	24.2
LOC_Os12g20300 .1 protein	retrotransposon protein, putative, Ty3-gypsy subclass, expressed	1564	173.5042	9.437012	22.7
LOC_Os12g09710 .1 protein	NBS-LRR disease resistance protein, putative, expressed	981	110.6202	8.396973	21.9
LOC_Os04g02820 .1 protein	elongation factor, putative, expressed	843	93.91256	6.163574	21.4

표 3-5-4. 특이 발현 단백질 중 공통발현된 단백질

Accession	Description	# AAs	MW [kDa]	calc. pI	Ratio(H/D)
LOC_Os03g46100.1 protein	cupin domain containing protein, expressed	562	63.3891	8.133301	172.4
LOC_Os07g41810.3 protein	stress responsive A/B Barrel domain containing protein, expressed	270	27.4026	7.635254	144.6
LOC_Os03g61600.1 protein	phosphoribosylformylglycinamide synthase, putative, expressed	398	41.7235	6.036621	119.3
LOC_Os02g17390.1 protein	3-hydroxyacyl-CoA dehydrogenase, putative, expressed	726	78.41032	8.98291	117.6
LOC_Os08g03520.1 protein	retrotransposon protein, putative, Ty1-copia subclass, expressed	197	18.68228	6.756348	117.1
LOC_Os08g32870.1 protein	aldehyde dehydrogenase, putative, expressed	503	54.64786	5.452637	115.9
LOC_Os06g02144.2 protein	6-phosphogluconate dehydrogenase, decarboxylating, putative, expressed	480	52.68781	6.17627	112.9
LOC_Os01g11230.1 protein	SOUL heme-binding protein, putative, expressed	218	23.58154	4.881348	107.2
LOC_Os04g55720.1 protein	D-3-phosphoglycerate dehydrogenase, chloroplast precursor, putative, expressed	613	63.92513	7.312988	97.9
LOC_Os01g67860.1 protein	fructose-bisphosphate aldolase isozyme, putative, expressed	358	38.79919	8.162598	94.0
LOC_Os02g10800.3 protein	mitochondrial carrier protein, putative, expressed	425	45.33479	9.45166	92.7
LOC_Os05g39690.1 protein	oxidoreductase, aldo/keto reductase family protein, putative, expressed	318	35.56714	6.800293	86.8
LOC_Os01g08560.2 protein	DnaK family protein, putative, expressed	845	93.04887	5.274902	86.1
LOC_Os01g48420.1 protein	peroxiredoxin, putative, expressed	162	17.28009	5.884277	80.7
LOC_Os02g38920.1 protein	glyceraldehyde-3-phosphate dehydrogenase, putative, expressed	356	39.007	6.946777	74.3
LOC_Os05g44340.1 protein	heat shock protein 101, putative, expressed	912	100.8343	6.252441	71.6
LOC_Os05g33570.1 protein	pyruvate, phosphate dikinase, chloroplast precursor, putative, expressed	947	102.7222	6.366699	34.4

3. 돼지찰벼 찰 특성관련 유전자 형질전환

- 돼지찰벼의 중요한 특성 중 호화 후 오랜 기간 딱딱해지지 않는 특성은 갖는데 기존 연구에서는 전분관여합성 유전자 중 ADP-glucose pyrophosphorylases는 전분합성에 중요한 역할을 하는 것으로 보고 되어있다. 이 유전자의 돌연변이 개체는 shrunken 특성을 보였는데, 벼에서 *OsAGPL4* 유전자 기능은 검토된 적이 없는데 이 유전자를 knock-out 시켜 전분 특성의 변화를 확인하고 돼지찰벼 찰특성과의 연관성을 비교하기 위한 Knock-out 형질 전환체를 육성하기 위해서 GATEWAY Cloning System을 활용하여 vector design을 실시하였고, 1차 과정으로 LOC_Os07g13980를 DB인 <http://www.gramene.org>에서 검색하여 sequence data를 확인하였고 exon의 일부분(310bp)을 포함하는 형질전환용 Vector를 제작하였음.

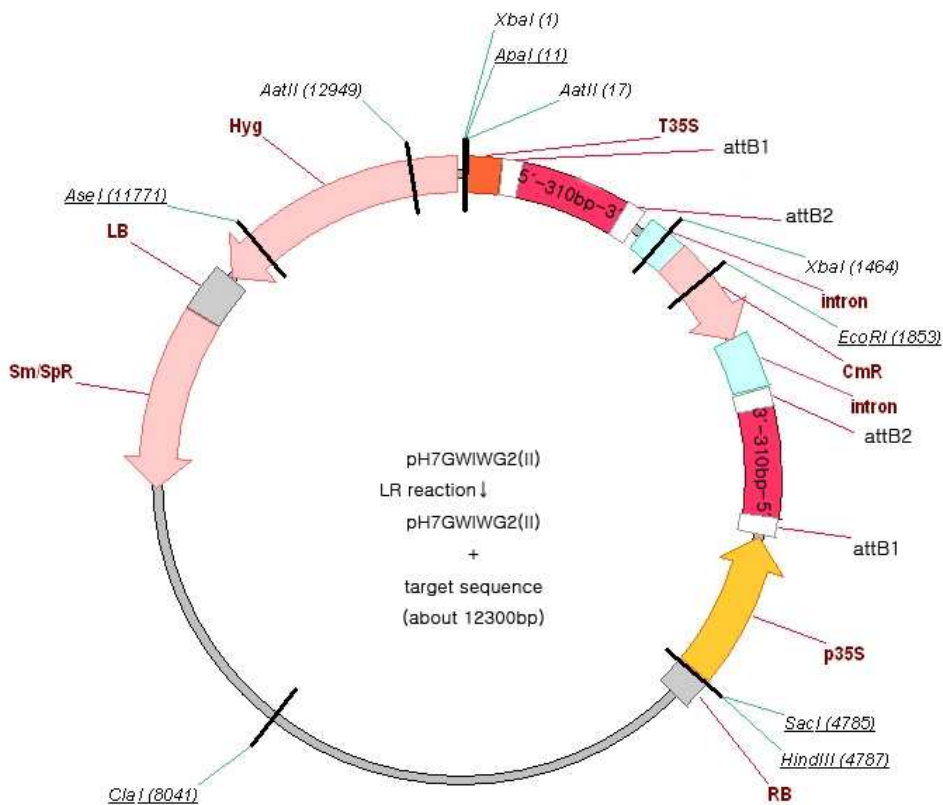


그림 3-5-4. GATEWAY System을 이용하여 생성된 OsAGPL4 Knock-out T-DNA vector

- 기존의 전분특합성관련 유전자 중 (LOC_Os07g13980, *OsAGPL4*)은 ADP-glucose pyrophosphorylase(AGP) large subunit을 구성하는 ADP gene family에서 2개의 small subunit과 4개의 large subunit gene 중 *AGPL4*라고 명명된 gene이다. AGP는 starch 합성에 기질로 사용되는 ADP-glucose를 합성하는 효소이다. target gene은 AGP의 isoform을 구성하는 subunit이고, AGP는 벼 종자 발육에 starch 축적에 도움을 주는 효소이다.

- 또한 AGP는 leave-seed에서 source-sink 관계에 중요한 영향을 미치는데 이는 AGP의 isoform에 영향을 받는 것으로 알려져 있다.
- 돼지찰벼의 중요한 특성 중 화학 후 오랜 기간 딱딱해지지 않는 특성은 기존의 전분합성 관여유전자들의 특성이 아니다. 기존 연구 중에 전분관여합성 유전자중 OsAGPL4유전자 기능은 검토 된적이 없는데 이 유전자를 knock-out 시켜 전분특성의 변화를 확인하고 돼지찰벼 찰특성과의 연관성을 비교하기 위한 Knock-out 형질전환을 수행하였다.

가. Agrobacterium 에 제작된 vector 형질전환

- LBA4404 agrobacterium c.cell을 사용
- freeze-thaw method로 Expression vector를 Agrobacterium에 insertion
- Expression vector와 LBA4404 agro c.cell을 하나의 tube에 담음.
- 액체 질소 30 sec, water bath 5 min(2~3회 반복).
- LB media 1ml을 넣은 후 28°C에서 4 h, 180 rpm 배양
- 배양이 끝난 tube를 약 30 sec spin down 한 뒤 상등액을 서서히 버림.
- tube에 남아 있는 내용물을 LB+spectinomycin plate에 전부 spreading.
- 28°C, 3일간 배양
- Single colony culture, plasmid purification, 계대배양
- 배양이 끝난 plate에서 single colony를 선택(3~4 개).
- LB+spectinomycin plate(계대배양용), 같은 조성의 round tube(LB 5ml+SmR)에 선택한 single colony 들을 각각 접종.
- 각각 접종한 plate와 round tube(180rpm)를 28°C에서 3일 배양.
- 배양이 끝난 round tube는 single colony 별로 2 ml tube에 옮겨서 13,000 rpm, 1 min 간 centrifuge. (같은 방법으로 round tube에 남아 있는 배양 samle을 같은 2 ml tube에 모두 spin down 시킴)
- Plasmid DNA Kit를 사용하여 각각의 single colony sample의 plasmid를 추출하여 vector 형질전환 여부를 확인.
- plasmid DNA를 Xba I 과 HindIII로 1시간 반응시켜 plasmid가 절단된 길이를 확인 (electrophoresis, 1% agar gel, 30min)
- ~900bp 의 단편확인 하여 vector가 형질전환 됨을 확인

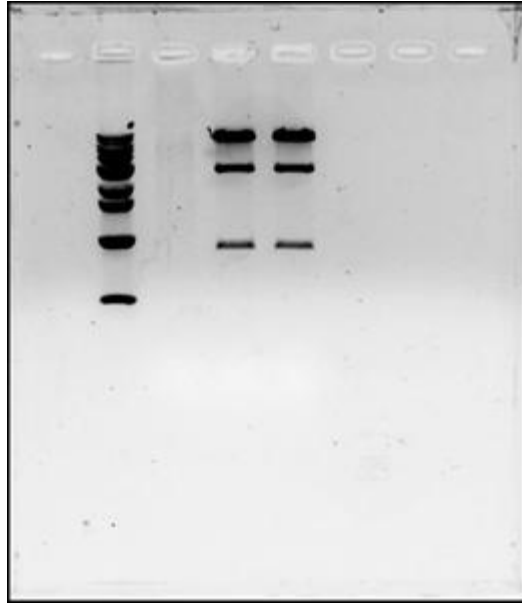


그림 3-5-5. LBA4404 cell과 Expression vector의 삽입 확인을 위한 제한효소 처리 결과

나. 동진벼에 RNAi 유전자 형질전환을 위한 Callus induction

- 현미 상태인 동진벼 seed를 50ml tube에 20ml 가량 준비.
- 95~100% ethannol로 1 min shaking.
- tween-20(계면활성제)를 한방울 첨가한 증류수로 약 2 min 동안 흔들어서 세척.
- 일반 락스를 반으로 희석하여 넣은 후 roter mix 30 rpm, 10 min 동안 shaking.
- 멸균수를 넣고 10~20회 정도 invert 하고, 버리기를 반복한다.(멸균수 1L를 소모할 때까지)
- 세척한 종자에 멸균수를 넣고 10~20 min 동안 shaking하여 washing.
- 2N6 media(callus induction media)에 16~21개 정도 치상
- 23~25일 정도 28℃, 암상태에서 배양.



그림 3-5-6. callus 치상 후 25일이 지난 callus 모습

다. agrobacterium 접종

- LB에 spectinomycin을 포함한 LB plate에 transformation된 Agrobacterium을 3일간 28°C 에서 배양



그림 3-5-7. 접종된 Agrobacterium 균이 배양된 과정

- colony를 따서 AB(+spectinomycin)에 3일간 28°C 에서 배양하였다.
- 멸균된 conical tube에 callus를 담음.
- AB배지에서 자란 Agrobacterium을 tube에 긁어 넣은 후 AAM 배지 넣고 600nm에서 0.1~0.2ABS 정도 나오게 한다.
- callus가 모아진 tube에 AAM(+Agrobacterium)를 넣은 후 10min 동안 shaking



그림 3-5-8. filter paper 위에 접종된 callus를 옮긴 모습

- 2N6 media에 callus를 뭉치지 않게 올려놓은 뒤 호일로 싸서 24°C, 3일 동안 배양 중.

제 6절. 기능성 물질 탐색 및 물성 평가

1. 돼지갈비의 기능성 물질 분석

가. Phenolic compounds 함량 분석

- 각각 미리 분쇄한 시료를 2g씩 준비하고 ACN 10 mL과 0.1N HCl 2 mL에 넣어 실온에서 2시간 동안 추출 후 각 추출물의 여과 및 농축.80% methanol로 재용해 및 여과 후에 syringe filter로 filtering 후 2 mL vial에 옮겨 담아 분석을 준비하였고, 이후 HPLC 분석 조건은 장비는 Thermo UHPLC system(ACCELA PDA detector, ACCELA Autosampler, ACCELA Pump)를 사용하였고, column은 HALO C₁₈ Column (2.1×100 mm, 2.7μm), 용매(solvent)A와 B는 각각 0.1% glacial acetic acid in distilled water, 0.1% glacial acetic acid in ACN 사용하였음. 그리고 flow rate를 500μl/min로 하여 injection volume을 2μl, 측정 파장을 280 nm로 측정함.

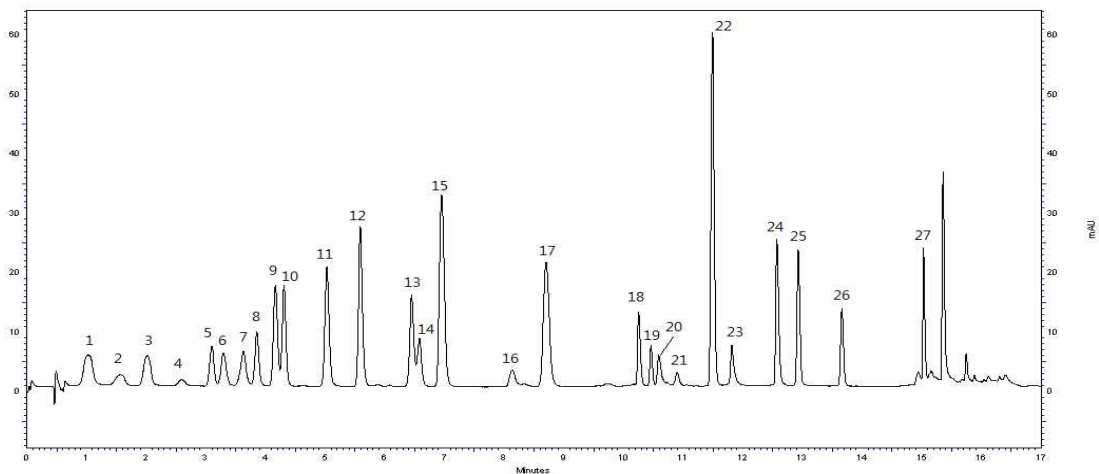


그림 3-6-1. 27개 Phenolic compounds 표준물질의 HPLC 크로마토그램

1; Gallic acid, 2; Homogentisic acid, 3; Protocatechuic acid, 4; Gentisic acid, 5; *p*-Hydroxybenzoic acid, 6; β -Resorcylic acid, 7; Chlorogenic acid, 8; Vanillic acid, 9; Caffeic acid, 10; Syringic acid, 11; Vanillin, 12; *p*-Coumaric acid, 13; Ferulic acid, 14; Veratric acid, 15; *m*-Coumaric acid, 16; Rutin, 17; *o*-Coumaric acid, 18; Naringin, 19; Hesperedin, 20; Myricetin, 21; Resveratrol, 22; *t*-Cinnamic acid, 23; Quercetin, 24;

- 돼지갈비와 대조품종으로 화선찰을 사용했으며 돼지갈비를 주남벼와 보석찰벼에 전이한 후대계통에 대하여도 물질함량을 비교하였다. 만약 돼지갈비에 기능물질이 함유되어 있다면 이 물질이 육종과정에서 효과적으로 효원2호(주남/돈나)와 효원4호(보석찰/돈나)에 전이되었는지 확인함.

- 표 3-6-1에서 tr로 기입된 부분은 극미량이라 측정이 불가능한 것을 나타내며 측정된 7가지 물질에 대한 평균과 표준편차로 표현하였음. 물질 별로 보면 대체적으로 측정된 함량이 돼지찰벼, 화선찰벼, 주남돈나, 보석찰돈나에서 비슷하였다.
- 특이한점은 돼지찰벼에서 **Biochanin A** 함량이 다른 벼들보다 높게 나왔으나 변이가 큰 것을 고려하면 돼지찰벼에서 Biochanin A 함량이 유의하게 많은지는 재검토 해보아야 할 것임.

표 3-6-1. Phenol compounds 함량 분석 결과

품종	돼지찰벼 ($\mu\text{g/g}$)	화선찰벼 ($\mu\text{g/g}$)	주남/돈나 ($\mu\text{g/g}$)	보석찰/돈나 ($\mu\text{g/g}$)
Gallic acid	tr	tr	tr	tr
Homogentisic acid	tr	tr	tr	tr
Protocatechuic acid	tr	tr	tr	tr
Chlorogenic acid	27.0 ± 3.9	27.5 ± 3.9	29.5 ± 5.9	29.2 ± 2.2
Vanillic acid	tr	tr	tr	tr
Syringic acid	tr	tr	tr	tr
Caffeic acid	tr	tr	tr	tr
Vanillin	9.1 ± 0.8	8.7 ± 0.2	8.7 ± 0.3	9.6 ± 0.4
p-Coumaric acid	36.4 ± 0.6	37.3 ± 1.0	36.3 ± 0.4	37.9 ± 0.1
Ferulic acid	tr	tr	tr	tr
m-Coumaric acid	tr	tr	tr	tr
Hesperedin	tr	tr	tr	tr
Myricetin	tr	tr	tr	tr
Resveratrol	tr	tr	tr	tr
Quercetin	tr	tr	tr	tr
Naringenin	8.8 ± 3.2	6.5 ± 1.3	2.5 ± 0.8	3.4 ± 1.4
Hesperetin	tr	tr	tr	tr
Formononetin	45.9 ± 1.8	43.3 ± 0.2	42.8 ± 0.5	43.3 ± 1.0
Biochanin A	87.3 ± 9.9	72.6 ± 0.5	72.7 ± 0.6	74.4 ± 0.3
β -Resorcylic acid	9.0 ± 6.0	13.4 ± 11.4	6.5 ± 2.4	13.4 ± 2.3
Naringin	tr	tr	tr	tr
Veratric acid	tr	tr	tr	tr

나. 비타민함량 분석

- 시료 1g에 4 mL 의 추출용매 (0.01% TFA : MeOH= 50:50)를 넣은 후 15 분을 Shaking 해 준다. 이후 4℃ 에서 15분 동안 4000rpm에서 centrifuge 해준 후에 상층액을 syringe filter에 거른 후 분석할 vial에 옮겨 담아 준비하고, 비타민 분석장비는 영린 Vitamin analyzer로 하였고, 측정 파장은 280nm, column은 YMC ODS AM-303 (5 μ m, 250 × 4.6 mm I.D.), 용매(solvent)A와 B는 각각 0.01% TFA (pH 3.9) (J.T. Baker, HPLC grade)와 MeOH (Pure methanol) (J.T. Baker, HPLC grade)를 사용하였다. 비타민 분석 시 이동상에 관련한 조건은 표 3-6-2와 같다.

표 3-6-2. 비타민 분석 이동상

Time (min)	Solvent A (%)	Solvent B (%)
0	95	5
4	95	5
10	2	98
30	2	98
35	98	2
45	95	5

- 돼지찰벼에서 비타민E함량은 대조구인 화선찰과 비교하여 차이가 나지 않았다. 4개 공시 재료 모두에서 비타민 B2 의 함량보다 B1의 함량이 많았음(표 3-6-3).

표 3-6-3. 비타민함량 분석 결과

	B1(μ g/g)	B2(μ g/g)
돼지찰벼	3.758	1.867
화선찰벼	3.687	1.876
주남돈나	3.657	1.855
보석찰돈나	3.624	1.863

다. Tocopherols and Tocotrienols(vitamin E)의 함량 분석

- 분쇄된 시료 0.5 g 에 L (+)-Ascorbic acid를 0.1 g 넣어준 후 에탄올 10 mL를 넣어준 다음 이 시료를 80°C water bath에서 10분 동안 Shaking 한다. 위의 시료에 44% KOH를 300 μ l 넣고 같은 온도에서 다시 10분 동안 반응시킴. 반응 시료를 얼음에 30분 동안 식힌 후 Hexane 와 증류수를 10 mL 더하여, 4000 rpm에서 4분 동안 원심분리를 한다. 이후 위의 Hexane층을 모은 후, Hexane을 10 mL넣고 다시 원심분리 하였음. 이 과정을 한 번 더 반복한 후, 모은 Hexane층에 물 10 mL 더해준 후, 4000 rpm에서 다시 원심 분리하여 아래에 있는 물을 제거하고, 이 과정을 2번 반복한다. 이후, Sodium sulfate anhydrous에 Hexane층을 부어준 후 여과된 것을 농축한 시료를 2 mL의 Iso-Octane에 재용해한 후 분석 시료로 사용하였다. 이후 분석 장비는 GC sytem: SHIMADZU GC 2010로 하여 column을 VARIAN CP-SIL 8CB Capillary (50 m \times 0.32 mm.I.D.)를 사용하고 split ratio는 1:20, injector 온도를 290°C, injection volume을 2.0 μ L, detect(FID)는 320°C, pressure 조건은 21 psi 등의 조건으로 분석을 수행하였음(표 3-6-4). 표 3-6-5는 Tocopherols와 Tocotrienols 의 표준검량선, 그림 3-6-2는 Vitamin E 표준물질의 HPLC 크로마토그램 조건임.

표 3-6-4. Oven temperature

Rate	Temp	Hold time
-	220°C	2.0 min
5°C/min	290°C	14.0 min
10°C/min	310°C	18.0 min

표 3-6-5. Tocopherols와 Tocotrienols의 표준검량선

Vitamin E	Equation	r^2
α -tocopherol	$y = 3057.9X - 28978$	0.999
β -tocopherol	$y = 2788.3x - 20325$	0.999
γ -tocopherol	$y = 2807.3x - 21501$	0.999
δ -tocopherol	$y = 2929.6x - 22957$	0.999
α -tocotrienol	$y = 1423.1x + 4387.2$	0.999
β -tocotrienol	$y = 2249.2x - 54612$	0.999
γ -tocotrienol	$y = 986.16x - 8585$	0.999
δ -tocotrienol	$y = 2052.7x - 16504$	0.999

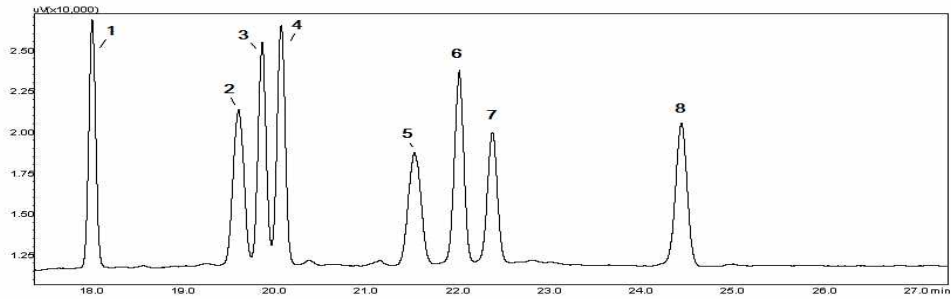


그림 3-6-2. Vitamin E 표준물질의 HPLC 크로마토그램

1; δ -tocopherol, 2; β -tocopherol, 3; γ -tocopherol, 4; δ -tocotrienol, 5; α -tocopherol, 6; β -tocotrienol, 7; γ -tocotrienol, 8; α -tocotrienol.

- 표 3-6-6에서 nd는 not detection으로 측정되지 않음을 나타냄. α -tocopherol, β -tocopherol, γ -tocopherol, δ -tocopherol에서는 4개의 공시재료 모두에서 비슷한 함량을 보였음. α -tocotrienol의 경우 돼지찰벼가 화선찰벼에 비교하여 많은 양을 함유함을 알 수 있었음. 돼지찰벼를 토대로 육성된 효원2호(주남/돈나)와 효원4호(보석찰/돈나)의 경우 효원 4호에서 함량이 화선찰벼에 비교하여 많이 감소하였으며, 효원 2호(주남/돈나)의 경우는 돼지찰벼에 비교해서는 함량이 감소했지만 화선찰벼에 비교해서는 함량이 증가하였음.
- 돼지찰벼에 α -tocotrienol 함량이 많은 것을 확인했으며 육성중인 계통에서 보석찰/돈나의 경우 고함량 α -tocotrienol 특성을 사라졌고, 주남 돈나에서는 고함량 α -tocotrienol 특성이 일부 유지되었음(표 3-6-7).

표 3-6-7. Tocopherols and Tocotrienols(vitamin E)의 함량 분석 결과

	돼지찰벼 ($\mu\text{g/g}$)	화선찰벼 ($\mu\text{g/g}$)	주남돈나 ($\mu\text{g/g}$)	보석찰돈나 ($\mu\text{g/g}$)
α -tocopherol	27.4	24.1	25.8	24.1
β -tocopherol	29.8	29.6	29.7	29.7
γ -tocopherol	31.9	31.2	31.5	31.6
δ -tocopherol	32.7	32.1	32.4	32.2
α -tocotrienol	143.6	99.1	121.3	52
β -tocotrienol	nd	nd	nd	nd
γ -tocotrienol	54.8	46.7	50.7	47.2
δ -tocotrienol	nd	nd	nd	nd

라. 지방산 함량

- 지방산 추출은 분쇄된 시료 0.5g에 반응시약 (methanol : heptane : benzene : 2,2-dimethoxypropane : H₂SO₄=36:36:20:5:2 (v/v)) 2mL을 넣고, 80°C로 유지되는 heating block에서 20분간 반응시켰음.

반응이 끝난 샘플은 냉동실에 보관한다. 분석전에 상층액을 취하여 분석할 vial에 옮겨 담아 분석을 수행 함.

- 지방산 함량은 GC를 이용해 분석했으며 분석조건은 다음과 같다.

GC system: SHIMADZU GC 2010

Column: HP-Ionwax capillary (30 m × 0.25mm × 0.25μm)

Split ratio: 1 : 50

Injector temp : 250°C

Injection volume: 2.0 μL

Detect (FID): 290°C

표 3-6-8. oven temperature

Rate	Temp	Hold time
-	130°C	2.0 min
4°C/min	270°C	13.0 min

- 돼지찰벼와 대조품종으로 화선찰을 사용했으며 돼지찰벼를 주남벼와 보석찰벼에 전이한 후대계통에 대하여도 지방산함량을 비교하였다. 조사한 지방산은 myristic acid, palmitic acid, stearic acid, oleic acid, γ-linolenic acid, linolenic acid 인데, 4가지 공시재료에서 모든 지방산의 함량의 차이가 없었음(표 3-6-9).

표 3-6-9. 지방산 성분 함량 분석 결과

	돼지찰벼 (μg/g)	화선찰벼 (μg/g)	주남/돈나 (μg/g)	보석찰/돈나 (μg/g)
myristic acid	2.844	2.838	2.837	2.835
palmitic acid	3.895	3.902	3.929	3.939
stearic acid	3.855	3.910	3.880	3.856
oleic acid	4.053	4.029	4.040	4.061
γ-linolenic acid	4.353	4.453	4.380	4.466
linolenic acid	5.603	5.626	5.588	5.801

2. 육성 계통의 종자 물성 특성 분석

가. 백미 호화 후 물성의 특성 분석 및 노화특성 분석

- 돼지찰벼의 중요특성은 화화 후 노화 진행이 일반 찰벼에 비하여 느린 것이다. 돼지찰벼를 모본으로 하여 본 연구팀이 육성한 효원 2호는 2004년 교배 이후 달관평가에 의한 선발만이 진행되어왔다. 하여 본 연구에서는 최종 육성된 품종이 종자가 호화우 느린 노화특성을 가지고 있는지 확인하기 위하여 교배모본인 돼지찰벼와 육성품종의 백미종자 호화 후 물성특성을 분석하였다.

(1) 재 료

- 2013년도 시드피아에서 관행 재배한 돼지찰벼와 효원 2호
- 같은 도정 조건에서 도정을 과정을 백미로 만들어서 사용하였다.

(2) 연구방법

- 공시품종 호화 조건을 다음과 같이 확립하였다.

가) 호화 방법

- 각 품종의 백미를 10g 씩 2개의 스테인리스 컵(지름 : 4.8 mm, 높이 : 6.7mm)에 담는다.
- 각 시료를 채에 넣고 흐르는 증류수에 부드럽게 3 번씩 세척을 한다.
- 각각의 시료에 같은 양(15 ml)의 물을 넣고 20 분 동안 침지를 실시한다.



그림 3-6-3. 10g 씩 담긴 시료의 침지 과정

- 같은 회사의 제품의 전기밥솥(쿠첸, WM-0420)을 사용하고 밥솥에 물을 일정량(80 ml) 넣고, 같은 품종의 시료가 담긴 스테인리스 컵을 각각의 밥솥에 넣는다.
- 취사 버튼을 눌러 호화(밥 짓기)를 시작한다.



그림 3-6-4. 호화(밥 짓기) 과정

- 15 분 후 취사 후 전기밥솥의 보온 기능으로 전환되며 보온 시작 후 10 분 동안 뜸을 들인다.
- 각 공시품종 당 2 개의 스테인레스 컵에 호화를 하고 이 중 1개는 호화 직후 texture analysis로 물성 측정을 한다.
- 노화 처리는 스테인레스컵을 실험실 실온에 20분 방치하였다. 선행 본 실험에서는 적은 양의 밥을 하였고 스테인레스 컵이 열전도가 빨라서 일반적인 경우와 다르게 노화가 빨리 진행하여 20 분 후에도 돼지찰 및 효원 2호 모두 표면에 위치하는 밥의 경우 굳어짐을 확인할 수 있었다. 노화 후의 특성을 조사하기 위하여 나머지 1개는 20 분 간 대기 중에서 식힌 후 물성을 측정하였다.
- 적은 양의 시료를 사용하여 노화가 빠르게 진행하므로, 1~2 분의 차이에도 노화정도가 변할 수 있으므로 정확한 특성을 비교하기 위해서는 동시에 물성을 측정해야 하나 공시 품종의 물성을 동시에 측정할 수 없으므로, 돼지찰벼와 효원 2호의 호화(밥) 시작에 5분 간의 시차를 두어 분석하였다. 모든 시료가 정확히 20 분 노화 후 물성을 측정할 수 있게 하였다.

(나) 물성분석 (Texture Analyzer)

- 각 품종별 스테인리스 컵들 중 한 개씩 호화 직후 Texture analyzer(Brookfield Texture Pro CT3[®])를 사용하여 물성을 분석하였다.



그림 3-6-5. Texture analyzer(Brookfield Texture Pro CT3[®])

<분석 조건>

돼지찰벼를 기준으로 다음의 texture analyzer 조건을 확립하였다.

- > Test type : Texture Profile Analysis(TPA)
- > Target Type : 20.0/strain(% of deformation)
- > Trigger Load : 5.0 g
- > Test Speed : 1.00 mm/s
- > Probe : Cylinder형 diameter 25.4 mm, Length 35.0 mm (TA11/1000)

- texture analyzer 의 probe 로 호화된 밥에 두 번의 압력을 가하고 이 때 압력의 변화를 모니터하여 물성을 측정한다.

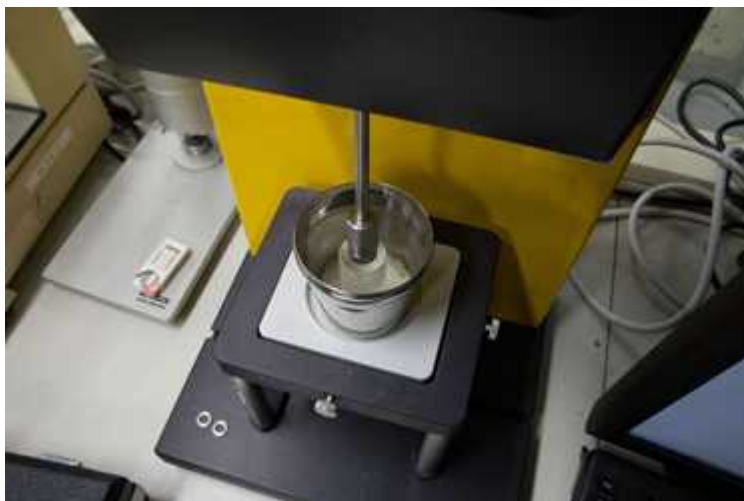


그림 3-6-6-. Texture analyzer probe로 압력을 가하는 과정

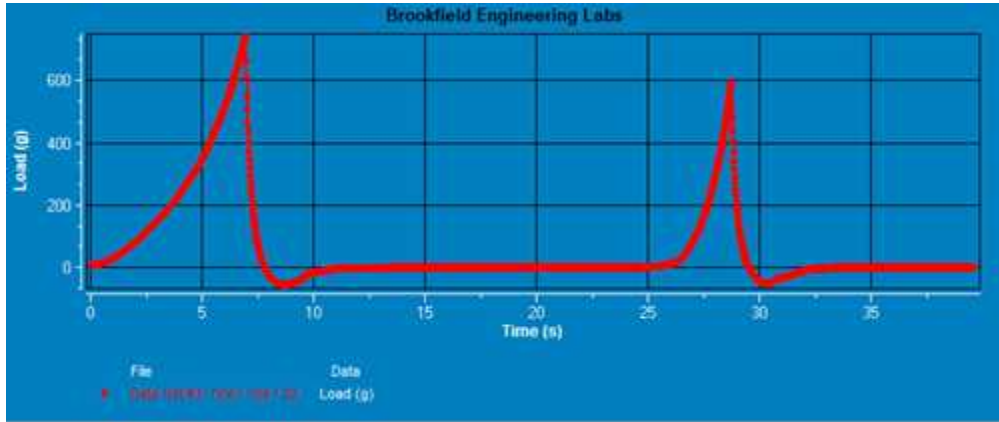


그림 3-6-7. 40초간 호화된 밥이 반응하는 압력의 변화

- 분석 항목 : 경도(hardness), 검성(gumminess), 부착성(adhesiveness), 응집성(cohesiveness), 씹힘성(chewiness)

(3) 돼지찰벼와 주남 / 돼지찰벼 밥의 물성 특성 및 노화특성

(가) 경도(Hardness)

- 첫 번째 압력을 가하여 얻는 경도의 경우 돼지찰밥에 비하여 주남 / 돼지찰밥의 경도는 낮았다. 교배로 인하여 경도가 낮아진 것으로 밥은 노화되면 전분의 경화로 인하여 경도가 증가한다. 노화로 인한 돼지찰밥의 경도 증가 양상과 주남/돼지찰밥의 경도 증가 양상은 비슷하였다. 노화 후 주남/돼지찰밥의 경도가 돼지찰밥보다 낮았는데, 이는 호화 직후 주남/돼지찰밥의 경도가 돼지찰보다 낮은 것에 기인한다고 생각된다. 경도 특성의 경우 돼지찰벼의 노화경향에 대한 형질이 주남/돼지찰벼로 전이되었음을 시사한다(그림 3-6-8).

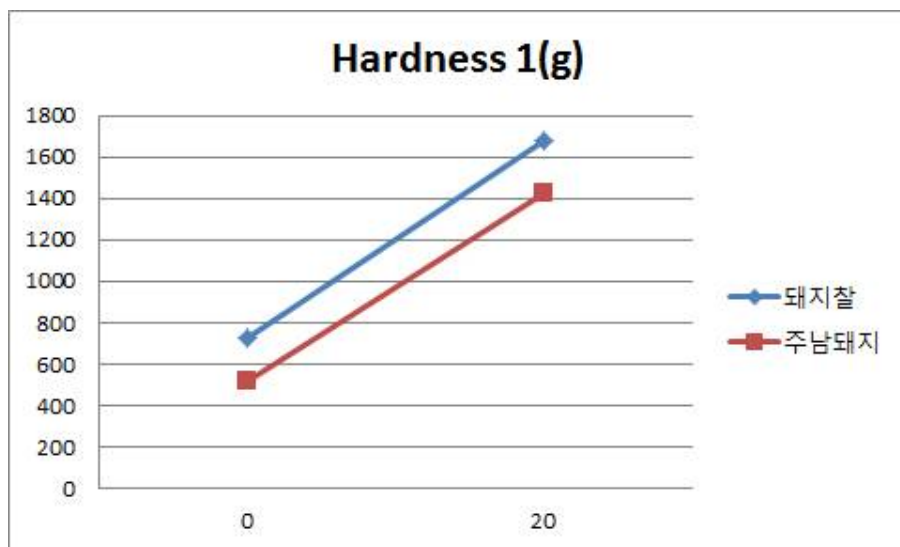


그림 3-6-8. 돼지찰벼와 주남 / 돼지찰벼의 첫 번째 경도 비교

- 두 번의 압력을 가하여 얻은 경도는 첫 번째 경도와 같은 양상을 보였다(그림 3-6-9).

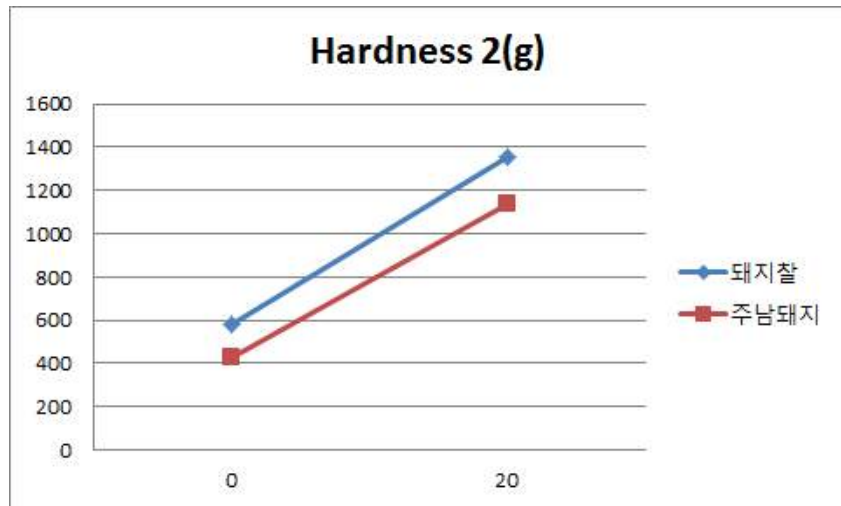


그림 3-6-9. 돼지찰벼와 효원 2호의 두 번째 경도 비교

(나) 부착성(Adhesiveness)

- 좋은 식미를 보이는 경우 부착성은 높은 수치를 보이는 경향이 있다. 돼지찰밥과 주남 / 돼지찰밥의 경우 소화 직후와 20 분 후의 부착성 측정 값이 차이를 보이지만 이 차이는 통계적으로 유의한 차이가 아니다(그림 6-8). 즉, 부착성의 경우 본 실험에서 처리한 노화 처리에 대하여 돼지찰밥과 효원 2호 모두 변화하지 않음을 알 수 있었다.
- 차후 연구가 더 진행되어야 하지만, 본 실험결과를 토대로 보면, 돼지찰밥도 노화가 진행되면서 경도가 증가함을 알 수 있었다. 하지만 부착성은 경도가 증가하는 동안에도 처음의 부착성을 유지하고 있었는데, 돼지찰밥의 노화 후에도 좋은 미질을 유지하는 것이 부착성의 유지에 기인할 수도 있다는 것을 시사한다.

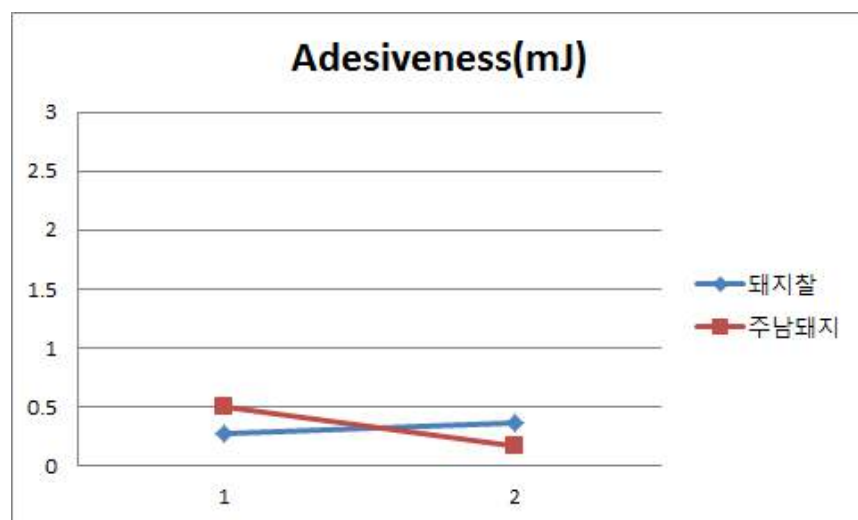


그림 3-6-10. 돼지찰벼와 효원 2호의 부착성 비교

(다) 겹성(Gumminess)

- 겹성 반고형상의 식품을 삼킬 수 있는 상태에까지 압축 파괴하는 데 요하는 에너지로써 식감의 단단함의 지표이며, 겹성의 지표가 낮은 것을 좋은 식감으로 본다. 겹성의 경우도 마찬가지로 돼지찰밥과 효원 2호의 경우 노화과정에서 경도와 같은 성향을 보이며 증가하였다(그림 3-6-11).

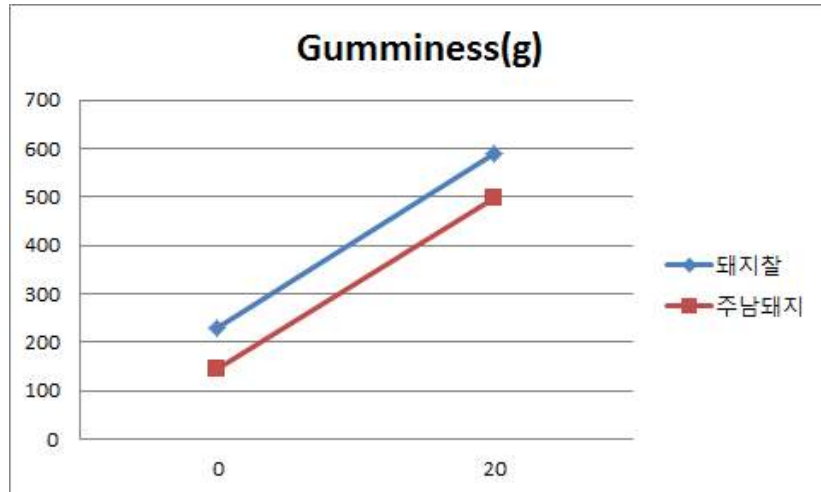


그림 3-6-11. 돼지찰벼와 효원 2호의 겹성 비교

(라) 응집성(Cohesiveness)

- 응집성은 낮은 경우 좋은 식감이라 평가되는 지표이다.
- 호화 직후에 돼지찰벼도 낮은 효원2호가 20 분이 흐른 후에는 돼지찰벼와 비슷한 응집성을 보였다.
- 효원 2호의 경우 노화로 인한 응집성의 악화가 돼지찰 보다는 빠른 경향을 보였다(그림 3-6-12).

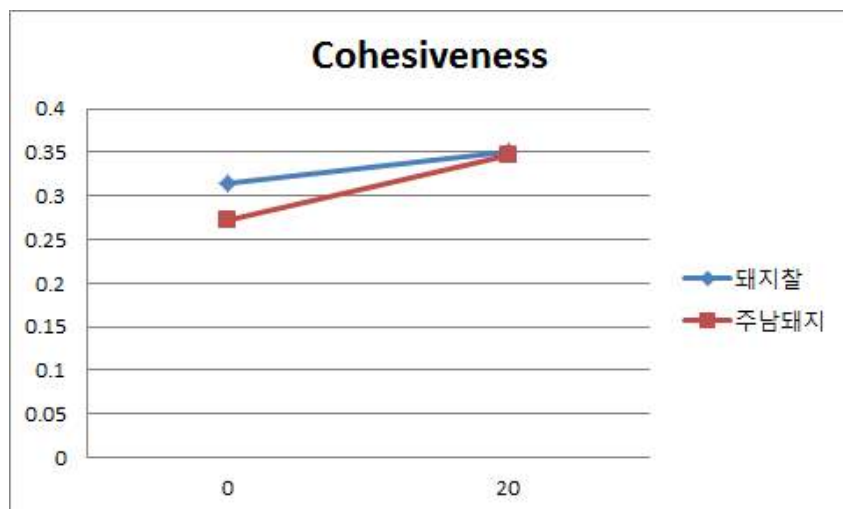


그림 3-6-12. 돼지찰벼와 효원 2호의 응집성 비교

(바) 씹힘성(Chewiness)

- 씹힘성은 경도와 응집성, 탄성의 곱으로 나타나는데, 푸석한 질감인 경우에 높게 나타난다.
- 효원 2호가 돼지찰보다 더 좋은 씹힘성을 보였다(그림 3-6-13).

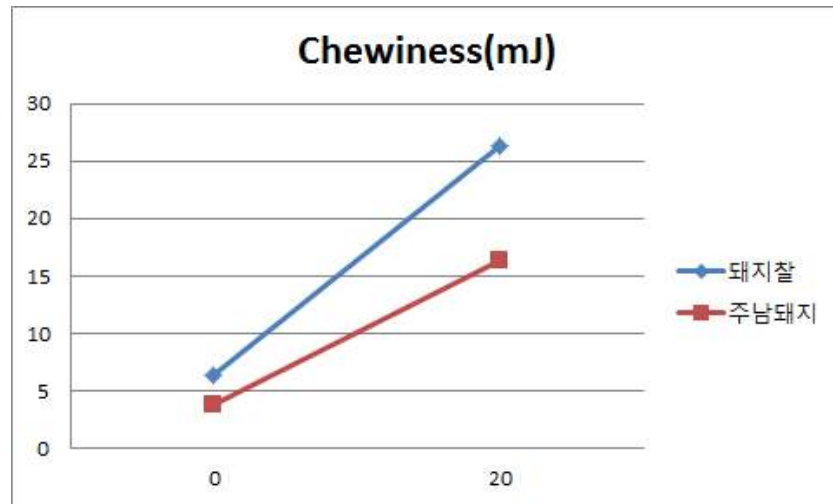


그림 3-6-13. 돼지찰벼와 효원 2호의 씹힘성 비교

(바) 돼지찰벼와 효원 2호 밥의 물성 특성 및 노화특성 비교.

- 본 물성실험에서 측정된 5 가지 특성에 대하여 전반적으로 효원 2호가 돼지찰에 비하여 더 좋은 식미 특성을 보였다. 하지만, 본 연구진이 조사한 물성특성이 식미 특성의 일부분을 수치화하여 측정을 할 수 있는 지표로 사용될 수 있으나, 본 실험에서 얻은 측정치로 효원 2호의 미질이 돼지찰의 미질보다 우수하다고 할 수는 없다. 차후에 전문 패널이 참여하는 식미 관능검사를 실시하여 효원 2호의 미질을 다시 측정해야 할 것이다.
- 본 실험에서 측정된 주요 5 가지 찰벼의 미질 물성에 대하여 돼지찰벼와 효원 2호의 특성이 유사함을 확인하였다. 또한, 제한된 실험실 조건에서의 밥의 노화 실험에서도 돼지찰밥과 효원 2호의 노화특성이 유사함을 확인하였다.

이는 돼지찰벼의 미질 특성 중에서 중요한 특성이 본 연구진이 육성한 효원 2호에 효과적으로 전이되었음을 시사하는 것이다.

제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

제 1절. 연구 목표 달성도

구 분	당초 목표	추진 내용	목표 달성도
재래종 유전자원 평가 및 유용 자원 선발	<ul style="list-style-type: none"> · 수집 토종찰벼의 우수 가공 특성에 대한 이화학적 특성 분석 · 유용 재래종 유전자원 선발 	<ul style="list-style-type: none"> - 국내 재래종 유전자원의 유전 다양성 평가 및 특성 평가 - 민간재배 재래종 수집 및 순계분리 - 분양 유전자원(95점) 특성 평가 	100
토종찰벼 활용, 다양한 특수미 계통 육성	<ul style="list-style-type: none"> · 우수 토종찰벼와 다양한 특수미들과 교배하여 새로운 특수미질 계통 육성 	<ul style="list-style-type: none"> - 고품질, 다수성, 복합기능성, 숙기단축, 병 저항성 관련 교배 조합 작성 - SSD 방법을 통한 세대진전 - 우수 찰 특성의 신속 이전을 위한 여교배 수행 	100
토종찰벼 특성 관련 유전자 분석 및 특이 발현 단백질체 분석	<ul style="list-style-type: none"> · 토종찰벼 특성에 관여하는 유전자 분석 수행 · 토종찰벼 특이 발현하는 단백질체 분석 · 토종찰벼의 미질에 관여하는 유전자 탐색 	<ul style="list-style-type: none"> - 돼지찰벼 전분합성 관련 유전자 분석 및 특이 염기서열 변이부위 탐색 - 유전분석용 분리 집단 육성 및 1립 물성 분석법 개발 - 출수 초기 및 등숙 후 종자 단백질 분석, 특이 발현 단백질 탐색 	100
선발 계통들의 상품성 평가 및 원료곡 시제품 개발	<ul style="list-style-type: none"> · 최종 선발된 계통들의 이화학적 특성, 농업특성, 식미특성, 수량성, 지역적응성, 친환경 재배안정성 평가 및 친환경 적응 품종 개발 · 상품성 평가를 통해 원료곡 시제품 개발 	<ul style="list-style-type: none"> - 육성계통의 아미노산, 지방산, 비타민 관련 성분 분석 - 육성계통의 호화 후 물성평가 - 4개 지역 3년간 생산력검정 및 지역적응성 평가 (품종육성 3건) - 친환경 적성 평가 및 농가 실증재배 수행 - 기술이전(2건) 및 시제품 개발 	100
<p>[최종목표]</p> <p>1) 민간에서 전래되는 우수 가공특성 학문적 검증</p> <p>2) 친환경 적성 및 재배적 특성이 개선된 벼 신품종 육성 및 이의 산업화</p>	<p>본 연구과제는 민간에서 전래되는 우수 가공특성의 토종찰벼 유전자원에 대해 품질특성을 학문적으로 검증하고, 우수 가공특성을 유지하면서 친환경 적성 및 재배적 특성이 개선된 벼 신품종 육성 및 이의 산업화를 위해,</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 돼지찰벼의 전분합성 유전자 변이를 탐색하고, 특이 발현 단백질체 분석 및 대조 품종과 비교하여 향상된 기능성 성분 분석 수행 - 돼지찰벼 우수 찰 특성에 수량성, 병저항성 개선된 품종 개발(3건) - 육성 품종의 기술이전(2건) 및 친환경 재배를 통한 산업화 추진 	100

제 2절. 관련분야에의 기여도

1. 민간에서 전래되는 전통지식을 활용한 신품종 개발

- 민간에서 전래되는 전통지식은 과학적 근거가 부족하지만 유용한 정보인 경우가 많다. 벼는 우리나라에서 가장 중요하고 오랫동안 재배된 식량작물로서 토종벼들은 ‘졸장벼’, ‘밀다리쌀’ 등 그 이름 전설이나 주요한 특징을 담고 있는 것을 볼 수 있다. 돼지찰벼에 대한 기록은 문헌적 기록은 다양한 문헌에서 찾아볼 수 있다.

“... 혼자먹었다 **돼지찰벼**. 어화 월선 단호리야 ...” 「논매기노래 (단호리야), 경기도 여주 민요」

“후이야 **휘휘**. 웃눈에다간 **찰벼**를 심고. 아랫눈에는 **메벼**를 심어. **수염이 빨개서 돼지찰이나**. 키가 커서 **늑대벼요**. ...” - 「새쫓는 소리 (휘휘이), 경기도 고양시 농요」

“**돼지차나락** : 키가 크고 검은 빛이 돌며 수염이 길다”

- 「한국민속종합조사보고서-경북편」-문화재관리국(1972년)

- 토종벼는 대부분 병에 약하고 수량이 낮은 경우가 많은데 ‘돼지찰벼’ 또한 키가 커서 잘 쓰러지고, 병에 약하며, 수량이 낮은 단점이 있다.
- 신품종 **효원2호**와 **효원4호**는 전통적인 교배육종을 통해 병저항성과 수량성을 개선한 찰벼 품종으로 우수한 가공특성을 띠며, 한과 등 다양한 쌀 가공식품에 이용함으로써 보다 질 좋은 쌀 가공품을 공급할 수 있을 것으로 기대된다.
- 특히 국내 쌀 생산은 지속적으로 감소하고 있는 상황인데, 이는 쌀 소비량의 감소와 쌀 수입량의 증가에 따른 현상이다. 본 연구 성과로 육성된 **효원2호**, **효원4호**는 기존의 품종과는 차별이 있는 품종으로 쌀 소비 증대와 새로운 쌀 소비 시장을 확대할 것으로 기대된다. 또한 문화적으로도 최근에는 “나고야 의정서” 발효에 따라 자국의 생물자원에 대한 이익 공유 및 전통지식에 대한 이익공유가 본격화 될 것이므로 전통지식, 전통자원을 활용한 품종개발이 중요한 의미를 갖는다고 할 수 있다.
- 본 연구에서 육성된 **효원2호**와 **효원4호**는 돼지찰벼의 우수한 찰 특성과 기존의 상업용으로 우수한 농업형질을 동시에 가지고 있어서 앞으로 농민들이 재배하기도 수월하며, 많은 생산량을 낼 수 있어서, 대중들이 전통의 쌀을 좀 더 쉽게 접근할 수 있는 기회를 제공할 것이다. 또한 본 연구에 육성된 품종들에 대하여 친환경재배적성 평가를 수행하여, 친환경 재배에도 적합함을 확인하였다. 국내 토종찰벼를 활용한 점에서 친환경재배에 보다 부합하는 품종으로 소비자에게 보다 다양한 선택의 폭을 제공할 것으로 기대된다.

2. 사회적, 기술적 측면의 기여도

- 전통지식과 연관된 토속유전자원을 활용한 신품종 육성으로 민간 R&D 활성화에 기여할 것으로 기대되며, 토종 유전자원을 활용하여 신품종을 육성함으로써 토종종자에 대한 사회적 관심 확대와 종자주권 확보에 대한 국가경쟁력 제고
- 육성된 토종종자 활용 벼 품종은 토종종자에 대한 이미지 제고와 우리 쌀의 경쟁력을 높이는 데 기여함으로써, 쌀에 기반을 둔 우리 전통문화의 계승 발전과 국민의 자긍심 함양에도 기여할 것임.
- 국내 유전자원을 이용한 품종육성으로 유전자원의 체계적인 활용에 기여

3. 경제적 측면에서의 기여도

- 육성된 우수 가공적성 쌀은 농가에 보급 재배됨으로써 쌀 분말이용률을 향상 시켜 쌀 이용의 다양화가 가능하게 됨으로 농촌경제의 활성화에 크게 기여할 것임. 따라서 쌀 소비가 확대되고 벼 재배면적이 유지됨으로써 식량안보를 달성함과 동시에 막대한 가치를 지니는 논의 공익적 기능(연간 13조 4천억원)을 보전할 수 있음.
- 육성과정에서 친환경재배적성 및 기술개발을 동시에 수행함으로써 친환경 재배단지의 확대 및 친환경 생산물을 활용한 가공제품 생산 등 유관산업의 확대를 도모할 수 있음, 차후 이러한 우수한 가공적성 품종은 일본 등 가공품으로 수출도 가능할 것임.
- 천연 특수미로 소비자와 관련 제품 생산자에게 공급함으로써 국민 건강 증진에도 기여하고 쌀 소비 확대에도 일조할 것임.
- 현재 kg당 4,500원대에 직거래되고 있으며 이는 일반 쌀의 2~3배 수준으로 고수량 저항성 품종이 개발되어 안정적인 생산으로 농가의 소득증대에 크게 기여할 것임.

제 5 장 연구개발 성과 및 성과활용 계획

제 1절. 연구개발 성과 및 활용계획

주요 연구개발 성과	활용계획
· 재래종 유전자원 유전다양성 분석	- 논문 게재 (Electronic Journal of Biotechnology, 2013)
· 재래종 유전자원 및 수집 유전자원의 주요 농업형질 특성 평가 및 유용자원 선발	- 선발 재래종 자원의 정밀 특성 평가 및 육종 소재로 활용
· 고품질, 다수성, 재배안정성 및 복합기능성 관련 후대 계통 육성	- 복합기능성(찰+거대배, 찰+유색미 등) 쌀 가공식품 신소재 개발 연구에 활용 - 고품질, 다수성의 우량품종에 재래종의 우수 특성을 도입하는 지속적인 후속 연구과제 도출
· 돼지찰벼 찰 특성 유전 분석을 위한 분리집단 육성	- 고세대 분리집단(RIL)로 개발하여 생명자원 등록 및 우수 찰 특성에 대한 유전분석 추진
· 돼지찰벼 전분합성 유전자 특이 변이 탐색	- 국제 학술대회 발표 - 국외 논문 투고 계획 - 교배 후대집단 선발을 위한 분자표지 개발로 특허 출원 추진
· 돼지찰벼 특이 발현 단백질체 분석	- 국내외 논문 투고 계획
· 육성품종의 기능성 성분 분석으로 α -tocotrienol 함량이 많은 것을 확인함. · 육성품종의 호화 물성평가 수행	- 육성품종의 상품화를 위한 자료로 활용 - 기능성 성분 함량을 식품 가공에 활용할 수 있는 후속 연구개발 과제 도출
· 재래종 찰벼의 우수 찰 특성을 갖는 다수성, 병 저항성 신품종 육성 (효원2호, 효원3호, 효원4호)	- 품종보호출원 완료(3건) - 기술이전 완료(2014.08. 2건) - 친환경 계약재배를 통한 재배면적 확대 추진
최종적으로 품종보호출원 3건, 기술이전 2건, 국외 논문 1건, 국내학술발표(3건), 국외학술발표(2건), 박사인력 양성 (1명), 홍보(2건), 전시회참여 (1건) 연구성과 도출함.	

제 2절. 특허, 품종 논문 등 지식재산권 확보계획

- 본 과제 수행을 통해 3년간 4개 지역에서 생산력 예비시험, 생산력 본시험 및 지역적응성 평가를 통해 3개 품종에 대한 품종보호 출원을 완료하였음.

민원인을 가족같이, 민원을 내일같이 풍지된 내용에 위문이 있으시면 담당자에게 문의하시기 바랍니다. 담당자: 박수진 전화: (031) 467-0111 FAX: (031) 467-0116 인터넷 홈페이지: www.seed.go.kr 430-016 경기도 안양시 만안구 안양로 184	
---	--

품종보호출원번호 통지서

출원일자: 2013.10.28	품종보호 출원번호: 출원 2013 - 452 품종명칭 출원번호: 명칭 2013 - 1390
------------------	---

작 물 명: 벼
 품종 명칭: 효원2호
 출 원 인: 부산대학교 신학협약단
 주 소: 부산광역시 금정구 부산대학교63빌딩 2-1부산대학교내

2013년10월28일

국립종자원



민원인을 가족같이, 민원을 내일같이 풍지된 내용에 위문이 있으시면 담당자에게 문의하시기 바랍니다. 담당자: 박수진 전화: (031) 467-0111 FAX: (031) 467-0116 인터넷 홈페이지: www.seed.go.kr 430-016 경기도 안양시 만안구 안양로 184	
---	--

품종보호출원번호 통지서

출원일자: 2013.10.28	품종보호 출원번호: 출원 2013 - 453 품종명칭 출원번호: 명칭 2013 - 1391
------------------	---

작 물 명: 벼
 품종 명칭: 효원5호
 출 원 인: 부산대학교 신학협약단
 주 소: 부산광역시 금정구 부산대학교63빌딩 2-1부산대학교내

2013년10월28일

국립종자원



민원인을 가족같이, 민원을 내일같이 풍지된 내용에 위문이 있으시면 담당자에게 문의하시기 바랍니다. 담당자: 하나리 전화: (031) 467-0111 FAX: (031) 467-0116 인터넷 홈페이지: www.seed.go.kr 430-016 경기도 안양시 만안구 안양로 184	
---	--

품종보호출원번호 통지서

출원일자: 2014. 5. 9	품종보호 출원번호: 출원 2014 - 314 품종명칭 출원번호: 명칭 2014 - 747
------------------	--

작 물 명: 벼
 품종 명칭: 효원4호
 출 원 인: 부산대학교 신학협약단
 주 소: 부산광역시 금정구 부산대학교63빌딩 2-1부산대학교내

2014년05월09일

국립종자원



출원: 2013-452 (2013.10.28)

출원: 2013-453 (2013.10.28)

출원: 2014-314 (2014.05.09.)

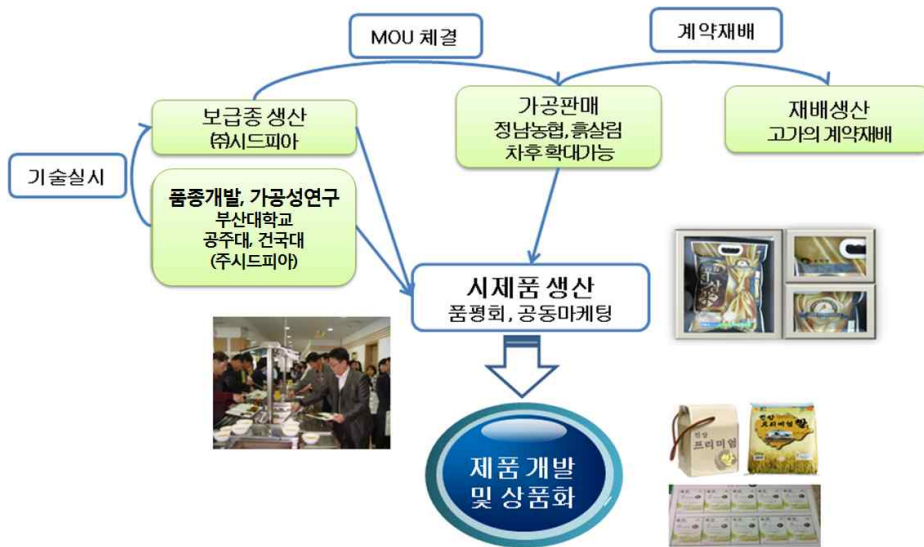
- 본 과제에서 얻어진 돼지찰벼(돈나)의 전분합성 관련 특이 유전자 부위에 대해 분자표지 마커로 개발 추진 및 논문 투고 계획
- 돼지찰벼 및 육성품종의 특이 발현 단백질체 연구 결과와 특이 유전자 변이에 대한 연관성 분석을 통해 국외 논문 투고 계획
- 육성품종 등록 후, 품종 논문 투고 계획
- 여교배를 통해 추가 육성될 품종에 대한 품종 출원 추진
- 본 과제에서 생산한 돼지찰벼 고세대 분리집단에 대해 생물자원으로 등록, 기탁 추진

제 3절. 실용화, 산업화 계획

- 개발 품종에 대한 유상 기술이전(농업회사 법인 (주)시드피아) 완료(2014.08.25.)

기술이전(중자)계약서	기술이전(중자)계약서		
<p>■ 기술명 : 찰벼 신품종 효원2호 (국립종자원 품종보호출원 2013-452)</p>	<p>■ 기술명 : 재래종 벼의 우수한 찰벼 특성을 도입한 신품종 효원4호 (국립종자원 품종보호출원 2014-314)</p>		
2014년 8월 25일	2014년 8월 25일		
계약당사자	계약당사자		
<p>“갑” 주 소 : 부산광역시 금정구 부산대학교 63번길 2(강진동) 기 관 : 부산대학교 산학협력단 단 장 : 권혁철 (인)</p>	<p>“을” 주 소 : 경기도 수원시 권선구 매실로 85 (호매실동) 회사명 : 농업회사법인 (주)시드피아 대 표 : 조유현 (인)</p>	<p>“갑” 주 소 : 부산광역시 금정구 부산대학교 63번길 2(강진동) 기 관 : 부산대학교 산학협력단 단 장 : 권혁철 (인)</p>	<p>“을” 주 소 : 경기도 수원시 권선구 매실로 85 (호매실동) 회사명 : 농업회사법인 (주)시드피아 대 표 : 조유현 (인)</p>

- 현재 충북 괴산 지역의 친환경 농가에 종자 공급 시범재배를 수행하였음.
- 기술실시를 통해 (주)시드피아에서 보급종을 생산하고, 농협 RPC 등 전문 도정업체를 통해 종자를 공급, 계약재배를 통해 생산하는 체계를 추진하고 있으며, 지속적인 재배관리 교육을 통해 지원하고, 전문 가공업체의 기존 판로를 활용, 재배면적을 확대할 계획임.



<시제품 개발 및 산업화 전략>

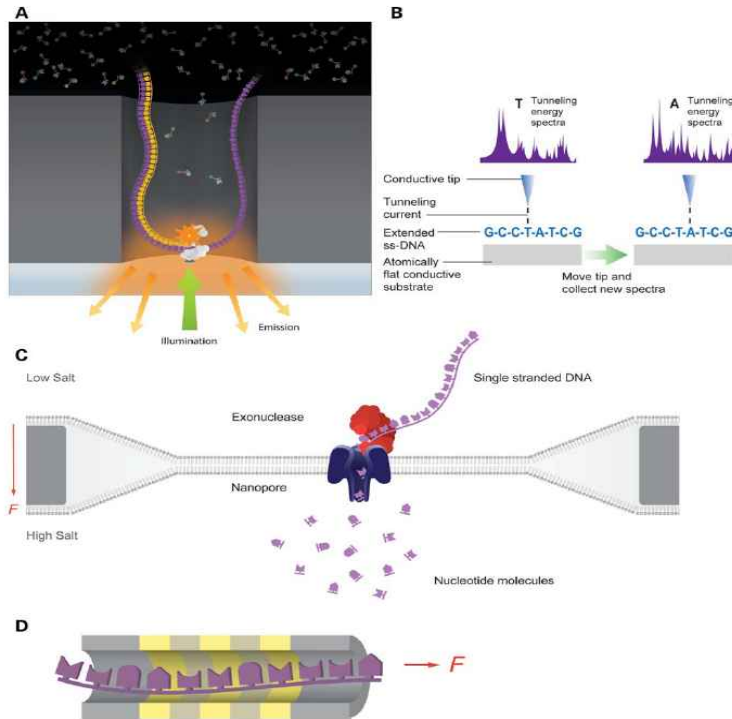
제 4절. 추가 연구의 필요성 및 타 연구에의 응용

- 2010년 나고야 의정서(ABS, Access to genetic resource and Benefic Sharing)가 채택되어 최근 본격적으로 발효(2014. 10. 12)됨에 따라 자국의 생물자원 및 전통지식에 대한 주권적 권리를 확보하는 것이 대단히 중요한 화두가 되고 있다. 본 연구에서 얻어진 국내 재래종 벼의 유용형질 및 유용특성에 대해 보다 정밀하게 평가하고, 주요 특성에 대한 database를 확립할 필요가 있다. 따라서 국내 재래종 자원을 활용한 육종소재 개발에 대한 지속적인 연구가 필요할 것으로 판단된다.
- 본 과제에서는 재래종 벼를 개선한 신품종을 개발하고, 이들의 친환경 재배시험을 수행하였으나, 재배면적 확대 및 농가소득 향상을 위해 보다 다양한 친환경 재배적성 평가가 이루어져야 할 것으로 판단되며, 단기성(조생) 찰벼 품종 육성이 요구된다.
- 본 과제에서 탐색된 전분합성 유전자 부위의 특이 변이에 대해 DNA marker로 개발, 선발 분자표지로 개발함으로써 육종의 효율성을 향상시킬 수 있을 것이다.
- 돼지찰벼 및 육성 품종의 기능성 성분 분석결과, Biochanin A, α -tocotrienol 등 함량이 높은 것으로 나타났다. 이에 대한 가공 식품으로 활용에 대해 식품 영양 및 식품 가공 전문가와의 협력을 통한 후속 연구가 필요할 것이다.

제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보

1. Plant & Animal Genome 학회 참석 (2012. 1월 San Diego, USA)

- Third generation DNA sequencing 기술 관련 최신 정보 수집



(Third-generation DNA-sequencing technologies work)

	First generation	Second generation ^a	Third generation ^a
Fundamental technology	Size-separation of specifically end-labeled DNA fragments, produced by SBS or degradation	Wash-and-scan SBS	SBS, by degradation, or direct physical inspection of the DNA molecule
Resolution	Averaged across many copies of the DNA molecule being sequenced	Averaged across many copies of the DNA molecule being sequenced	Single-molecule resolution
Current raw read accuracy	High	High	Moderate
Current read length	Moderate (800–1000 bp)	Short, generally much shorter than Sanger sequencing	Long, 1000 bp and longer in commercial systems
Current throughput	Low	High	Moderate
Current cost	High cost per base Low cost per run	Low cost per base High cost per run	Low-to-moderate cost per base Low cost per run
RNA-sequencing method	cDNA sequencing	cDNA sequencing	Direct RNA sequencing and cDNA sequencing
Time from start of sequencing reaction to result	Hours	Days	Hours
Sample preparation	Moderately complex, PCR amplification not required	Complex, PCR amplification required	Ranges from complex to very simple depending on technology
Data analysis	Routine	Complex because of large data volumes and because short reads complicate assembly and alignment algorithms	Complex because of large data volumes and because technologies yield new types of information and new signal processing challenges
Primary results	Base calls with quality values	Base calls with quality values	Base calls with quality values, potentially other base information such as kinetics

(Eric E et al. 2010. Human Molecular Genetics 19)

- Natural variation in rice : 150 rice genome re-sequencing 결과 및 결과 활용 관련 정보 수집

- 벼에서 알루미늄 저항성 연구에 대한 최신정보 수집 및 재래종 유전자원 탐색 필요

2. 미얀마 국립농업대학 Dr. Mar Mar Kyu 초청 세미나

- 미얀마 쌀 생산 전반에 대한 내용과 미얀마 재래종 벼의 특성 및 활용 현황에 대한 세미나를 개최함.(2012. 10, 공주대학교)

*별첨 : 세미나 자료

**Germplasms of Myanmar
Local Rice**

Dr. Mar Mar Kyu
Professor and Head
Department of Agronomy
Yezin Agricultural University
Myanmar

Contents

- 1. Basic Country data of Myanmar (2010-11)
- 2. Myanmar and Rice Crop
- 3. Morphological Characterization and Photoperiod Sensitivity of Meedon Group Rice Germplasm
- 4. Myanmar glutinous rice

2

1. Basic Country Data of Myanmar (2010-11)

Facts	
Land Area	676577 Square Kilometer
Population	- Whole country 59.78 million
	- Population growth 1.1 %
	- Urban population 18.343 million
	- Rural population 41.437 million
	- Population density 88 per square kilometer
GDP	- at constant price 6291.143 (kyats billion)
	- at current price 9957.062 (kyats billion)
Contribution of Agriculture sector	30% of GDP
Source : MOAI (2012)	

3

2. Myanmar and Rice Crop

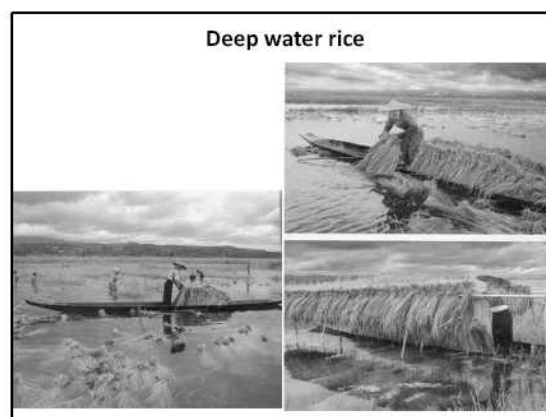
- Rice is the daily staple food for Myanmar people
- Cultivated since Pagan Era (AD-1044-1300)
- Rice suits to the ecological conditions of Myanmar
- Grown traditionally and continuously
- Stable food of the whole nations and source of foreign exchange
- Classified as the "National Priority Crop" in 1994

4

Rice varieties grown in agroecosystems of Myanmar

Agroecosystems	Number of varieties
Irrigated	21
Rain-fed	32
Deep water	8
Salt tolerance	4
Cold tolerance	1
Upland rice	2
Drought	9
Source: DAP, MOAI	

5



Cultivation of Indigenous Rice Varieties

- During the years of the first period- only local varieties were grown in Myanmar
- At present sown acreage - < 40 % for local varieties
-> 60% for HYVs & Hybrids
- Their heredity features are:
 - responsive to day length
 - only single cropping is possible
 - tall plant stature and soft stalks are liable to bend
 - presence of few effective tillers per plant
 - lesser response to fertilizers
 - low yield (2 - 3 t ha⁻¹)

7

- Good characteristics of local varieties
 - resistance to drought and flood
 - resistance to pests and diseases
 - competitive with weeds
 - high milling and cooking quality
 - ability to produce sustained yield
- The present conditions of local varieties
 - mutual exchange of varieties among farmers
 - emergence of new varieties by natural mutation
 - locally different naming for the genetically same varieties

8

Seed Bank in Myanmar

- Founded in 1990 at Yezin, under Dept. of Agricultural Research
- To preserve the local strains from disappearance and to study their features
- Seed Bank can supply information and facts for further researches
- Up to now total 7168 genetically different varieties are conserved (Rice-6984 + wild rice-184)



9

Accessions of rice germplasms conserved in Seed Bank

States and Regions	No. of accessions	States and Regions	No. of accessions
Ayeyarwaddy	263	Mon	187
Bago	393	Nay Pyi Taw	125
Chin	267	Rakhine	395
Kachin	304	Sagaing	246
Kayah	88	Yangon	206
Kayin	223	Tanintharyi	98
Magwe	128	Shan	902
Mandalay	149	Orgnatzation	3010
		Total	7168

Source: DAR

10

Characterization, Multiplication and Establishment of Cole Collection of Rice Germplasm



11

Cultivation of high quality indigenous varieties

- Indigenous varieties of high consumption quality are:
 - Pawsun, Nga-kywe, Hnan-kar, Mee-kauk, Emata-amagyi, Hnan-war-meekauk, Yebaw-yin, Yebaw-lat, Shwe-dinger* (famous in the world market)
- Sown in Ayarwaddy, Bago and Yangon Regions
- Needs to preservation of pure generic quality seeds

12

Cultivation of High Yielding Varieties

- Before 1968, Myanmar relied on indigenous varieties
- After green revolution, contacts were made with IRRI, HYVs were procured and experimental Farms were nurtured
- In 1966, IR-8 variety from IRRI were first introduced for experimental purpose and known as "Yarkyaw-1"
- In 1967, the IR-5 was introduced and known as "Yarkyaw-2"
- By now new modern varieties have introduced and grown throughout the country
- Enough time for the double or multiple cropping at end of the rainy season

13

Rice groups of Myanmar

Group	Name of group	Paddy Grain		Rice Grain	
		Length (mm)	L/B ratio	Length (mm)	L/B ratio
A	Emata	9.41 and >	3.3 and >	7.0 and >	3.0 and >
B	Letywesin	8.4 - 9.8	2.8 - 3.3	6.0 - 7.0	2.4 - 3.0
C	Ngasein	7.75 - 9.0	2.4 - 2.8	5.6 - 6.4	2.0 - 2.4
D	Meedon	7.35 - 8.6	2.0 - 2.4	5.0 - 6.0	1.6 - 2.0
E	Byat	9.0 and >	2.25 - 3.0	6.4 - 7.35	2.1 - 2.5

Source: Beale (1927)

14

Paw San Rice (Meedon group)

- “World’s Best Rice Premium” Awarded at World Rice Conference 2011 held in Ho Chi Minh, Vietnam
- Paw San can be cultivated only in two regions, Ayarwaddy Delta and Sagaing Regions (Shwe Bo)
- Harvested once per year from Nov. to Jan.
- Excellent in eating quality
- Soft texture
- Very delightful fragrance
- Double and even triple its length after cooking
- Also known as “Pearl Paw San”

15

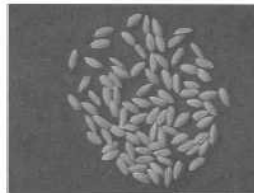
World Best Rice “Paw San”



16

Paw San and it's characteristics

- Life span – 186 -192 days
- Flowering date – Nov. last week
- Grain appearance – Opaque
- Amylose content – 21.0 %
- Eating quality – Good/
Palatable
- L/B ratio – 2.26
- Yield – 2 to 3 t ha⁻¹



17

Paw San Baykyar

- Life span – 179 -185 days
- Flowering date – Nov. third week
- Grain appearance – Opaque
- Amylose content – 21.0 %
- Eating quality – Good/
Palatable
- L/B ratio – 2.53
- Yield – 2 to 3 t ha⁻¹



18

Nga Kywe

- Life span – 179 -185 days
- Flowering date – Nov. third week
- Grain appearance – Opaque
- Amylose content – 21.8%
- Eating quality – Good
- L/B ratio – 2.49
- Yield – 2 to 3 t ha⁻¹



19

Nga Kywe Taungpyan

- Life span – 152 -158 days
- Flowering date – Oct. third week
- Grain appearance – Opaque
- Amylose content – 27.7%
- Eating quality - Hard
- L/B ratio – 2.24
- Yield – 2 to 3 t ha⁻¹



20

3. Morphological Characterization and Photoperiod Sensitivity in Meedon Rice Germplasm

Min San Thein, Thuang Kyi and MarMar Kyu

- Characterization and classification help the management of germplasm and increase the efficiency use of germplasm (Crossa et al.,1995).
- Traditionally assessment of morphological characterization is still used by many researchers.
- Photoperiod sensitive cultivar is important in hydrological problem area. It is both agriculturally important and scientifically interesting to understand the flowering time and photoperiod sensitivity.
- Limited information on the study of genetic variation and photoperiod sensitivity in Meedon group rice germplasm.

22

Objectives

- To characterize genetic variation, and
- To determine photoperiod sensitivity in Meedon rice germplasm

23

Materials and Methods

- **Materials** : 154 accessions of Meedon group rice germplasm were used
- **Site** : The experiment was conducted at Seed Bank Field, DAR, Yezin (19°49' 33" N; 96°16' 44" E; 102 masl).
- **Sowing dates** : 15 Jun 2008 for characterization
7 Jan, 7 Mar, 15 Aug, 2008 for photoperiod sensitivity study
- **Experimental design** : The accessions were arranged by 25cm x 20cm spacing with unreplicated single row of 10 hills / accession.

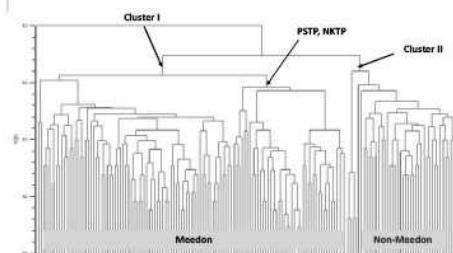
24

- **Data collection** : Data were recorded according to Descriptor of IRRI-IBPGR (1980)
- **Data analysis** :
 1. Cluster dendrogram was generated by NTSYS-pc.V.2.0. (Rohlf, 1998) using qualitative and quantitative (standardized) data (Mohammadi and Asanna, 2003)
 2. Frequency distribution of qualitative characters was calculated.
 3. Descriptive statistics were computed.
 4. Estimation of degree of association (correlation coefficients) among characters was analyzed using XLSTAT V.4.3, 1999.
 5. Photoperiod sensitivity (PS) and basic vegetative growth (BVG) were determined according to Vergara and Chang (1985).

25

Results and Discussion

Cluster analysis



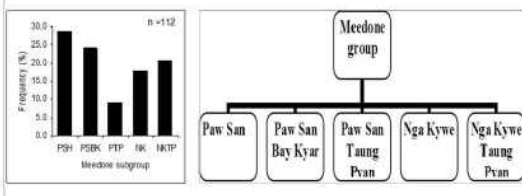
NTSYS Dendrogram among 154 accessions of Meedon group rice germplasm generated by UPGMA based on 33 morphological characters

26

Results and Discussion

Classification

Based on molecular and morphological characterization, non-Meedon rice accessions were separated, and the rest were Meedon accessions which could be further classified into 5 subgroups.

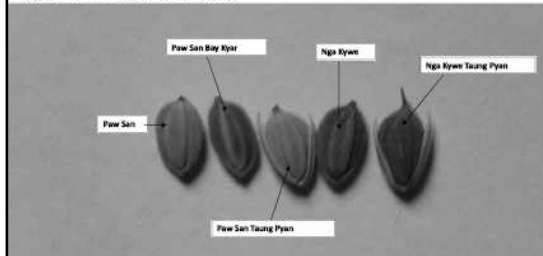


Five subgroups of Meedon rice

27

Results and Discussion

Morphological (grain) characteristics among 5 subgroups are distinguishable so that they could be as different morphotypes



Seed samples of 5 different subgroups of Meedon rice

28

Results and Discussion

Frequency distribution

- Some characters possessed high variation and some showed no variation.
- Lemma and palea color and sterile lemma length revealed as important characters for classification of Meedon rice group.

29

Frequency distribution of 2 (example) characters

Character	Class	Frequency (%)
Lemma and palea color (10 classes)	0 = straw	37.5
	4 = brown	38.4
	7 = purple furrows	24.1
Sterile lemma length (5 classes)	1 = short	70.5
	7 = extra long	29.5

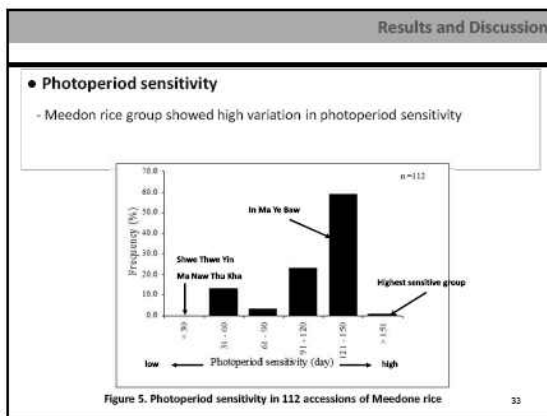
30

Descriptive statistics for 112 Meedon rice accessions				
Character	min.	max.	mean	CV (%)
Gr wt/hill (g)	21.5	46.6	32.3	22.1
Gr wt/pan (g)	2.3	5.3	3.5	19.4
Culm number	8.2	19.5	14.5	17.6
Effective tiller	6.2	12.1	9.5	13.3
Grain/panicle	70.0	129.2	109.7	13.5
Filled grain (%)	60.6	93.1	83.8	6.5
1000-grain wt.(g)	28.0	37.0	32.7	6.0
Straw wt/hill (g)	18.7	163.3	74.8	43.7
Biomass/hill (g)	47.2	219.3	125.4	32.8
Harvest index	0.24	0.68	0.43	20.8
Heading (day)	100.5	154.5	130.8	13.2
Culm length (cm)	66.7	157.7	105.9	17.5
Pan length (cm)	22.0	30.3	26.3	7.2
Gr length (mm)	7.0	10.3	7.8	5.1
Gr width (mm)	2.9	3.9	3.4	6.0
SPAD-value	25.5	41.9	33.6	12.4

23

Results and Discussion							
• Character association							
Correlation coefficients between some traits among 112 Meedon rice accessions							
	W/H	W/P	ETL	FG	STR	BIO	PLH
W/P	0.732	1.000					
ETL	0.517	-0.038	1.000				
FG	0.696	0.799	0.034	1.000			
STR	0.644	0.446	0.264	0.514	1.000		
BIO	0.791	0.560	0.355	0.599	0.976	1.000	
PLH	0.660	0.698	-0.003	0.707	0.583	0.645	1.000
50%F	0.602	0.536	0.079	0.567	0.657	0.692	0.705
Correlation coefficient 0.254 and 0.195 are significant at 1% and 5%, respectively.							

22



33

Flowering time of 112 accessions of Meedon rice germplasm under different sowing dates									
DOS	7 Jan.			7 Mar.		15 Jun.		15 Aug.	
Flow ring	Apr. May	Sep. Oct.	Nov.	Aug. Sep.	Nov.	Oct.	Nov.	Nov.	Dec.
PS	2	-	30	-	32	-	32	11	21
PSBK	17	-	10	16	11	18	9	10	17
PSTP	1	3	6	-	10	3	7	5	5
NK	4	-	16	1	19	-	20	6	14
NKTP	8	12	3	15	8	21	2	17	6
Total	32	15	65	32	80	42	70	49	63

34

Conclusion	
• Morphological characters supported for classification of Meedon group.	
• In 1927, R. A. Beale had classified Myanmar rice varieties into 5 groups, and here Meedon could be further classified into 5 subgroups.	
• Morphological variation of the germplasm was relatively high, and for classification of Meedon rice, lemma and palea color and sterile lemma length appeared to be reliable characters.	
• Some characters were highly associated with grain weight/hill.	
• Variation in agronomic traits indicates the existing of elite genotypes in Meedon rice group.	
• Under different sowing dates, most accessions flowered in November indicating the existing of strong photoperiod-sensitive accessions in the germplasm, and photoperiod sensitivity among accessions was variable.	

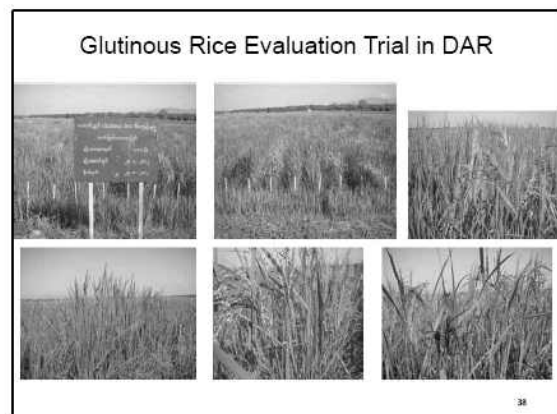
35

4. Myanmar glutinous rice	
• Local glutinous rice (784 acc.) were collected from throughout the country and conserved in Seed Bank	
• High quality glutinous rice are:	
- Wet Thasi	
- Wetsi Phyu	
- Mwe Swe	
- Nga Cheik	
- Kyet Thwa	

36

Characteristics of some glutinous rice				
Name	Life span	Grain appearance	Amylose (%)	Yield (t/ha)
Wet Thasi	159 - 164	Opaque	4.5	1.5 to 2.5
Wetsi Phyu	165 - 171	Opaque	5.78	1.7 to 2.5
Mwe Swe	165 - 171	Opaque	12.5	2 to 3
Nga Cheik	159 - 164	Opaque	7.2	1.5 to 2.5
Kyet Thwa	165 - 171	Opaque	5.8	1.5 to 2.5

37



38

제 7 장 참고문헌

- Agrama, H.A., Eizenga, G.C. and Yan W.Y. (2007). Association mapping of yield and its components in rice cultivars. *Molecular Breeding*. 19(4) : 341-356.
- Asaoka, M., Okuno, T., and Fuwa, H. (1985). Effect of environmental temperature at the milky stage on amylose content and fine structure of amylopectine of waxy and non waxy endosperm starches of rice (*Oryza sativa* L.). *Agric. Biol. Chem.* 49 : 373-379.
- Bao, J.S., Zheng, X.W., Xia, Y.W., He, P., Shu, Q.Y., Lu, X., Chen, Y., and Zhu, L.H. (2000). QTL mapping for the paste viscosity characteristics in rice (*Oryza sativa* L.). *Theor. Appl. Genet.* 100 : 280-284.
- Bradbury, P.J., Zhang, Z., Kroon, D.E. et al. (2007). TASSEL: Software for association mapping of complex traits in diverse samples. *Bioinformatics*. 23(19) : 2633-2635.
- Cao, Q., Lu, B.R., Xia, H. et al. (2006). Genetic diversity and origin of weedy rice (*Oryza sativa* f. *spontanea*) populations found in north-eastern China revealed by simple sequence repeat (SSR) markers. *Annals of Botany*. 98(6) : 1241-1252.
- Chen, L.J., Lee, D.S., Song, Z.P.; Suh, H.S. and Lu, B.R. (2004). Gene flow from cultivated rice (*Oryza sativa*) to its weedy and wild relatives. *Annals of Botany*. 93(1) : 67-73.
- Cheng F.M., Zhang, Q. F., Zhu, H. J., et al. (2007). The difference in amylose content within a panicle as affected by the panicle morphology of rice cultivars. *Journal of Cereal Science*. 46 : 49-57.
- Choi, H.C., Hong, H.C., Kim, Y.K. and Moon, H.P. (1996). Varietal variation of some grain quality and ecological characteristics and their interrelationship in Korean local rice collections. *Koran J. Breed.* 28(1) : 26-27
- Choi, H.C., Ha, C.H., and Baek, H.N. (1997). Physicochemical and structural characteristics of grain associated with palatability in Japonica rice. *Korean Journal of Breeding*. 29(1) : 15-27.
- Choi, S.J., Park, R.K., and Choi, H.O. (1979). Studies on inheritance and variability of amylose content of rice kernels. *Korean J. Breed.* 11(3) : 213-221.
- Choi, Y.H., Kim, K.H., Choi, H.C., Hwang, H. G. et al. (2006). Analysis of grain quality properties in Korea-bred Japonica rice cultivars. *Korean J. Crop Sci.* 51(7) : 624-631.
- Daviewala, A.P., Chowdari, K.V., Kumar, S. et al. (2000). Use of three different marker systems to estimate genetic diversity of Indian elite rice varieties. *Genetica*. 108(3) : 269-284.
- Ebana, K., Kojima, , Y., Fukuoka, S., Nagamine, T., and Kawase, M. (2008). Development of mini core collection of Japanese rice landrace. *Breeding Science*. 58(3) : 281-291.

- Evanno, G., Regnaut, S. and Goudet, J. (2005). Detecting the number of clusters of individuals using the software STRUCTURE: A simulation study. *Molecular Ecology*. 14(8) : 2611-2620.
- Famoso, A.N., Zhao, K., Clark, R.T., Tung, C.W. et al. (2011). Genetic architecture of aluminum tolerance in rice (*Oryza sativa*) determined through genome-wide association analysis and QTL mapping. *PLoS Genetics*. 7(8) : e1002221.
- Garris, A.J., McCouch, S.R. and Kresovich, S. (2003). Population structure and its effect on haplotype diversity and linkage disequilibrium surrounding the *xa5* locus of rice (*Oryza sativa* L.). *Genetics*. 165(2) : 759-769.
- Garris, A.J., Tai, T.H., Coburn, J., Kresovich, S. and McCouch, S. (2005). Genetic structure and diversity in *Oryza sativa* L. *Genetics*. 169(3) : 1631-1638.
- Guillemaut, P. and Marechal-Drouard, L. (1992). Isolation of plant DNA: A fast, inexpensive, and reliable method. *Plant Molecular Biology Reporter*. 10(1) : 60-65.
- Harushima, Y., Yano, M., Ashomura, A., Sato, M., Shimano, T., Kuboki, Y., Yamamoto, T., Lin, S.Y., Antonio, B.A., Parco, A., et al. (1998). A high-density genetic linkage map with 2275 markers using a single F2 population. *Genetics* 148 : 279-494.
- Hayashi, K., Hashimoto, N., Daigen, M., and Ashikawa, I. (2004). Development of PCR-based SNP markers for rice blast resistance genes at the Piz locus. *Theor. Appl. Genet.* 108 : 1212-1220.
- Hayashi, K., Hashimoto, N., Daigen, M. and ASHIKAWA, I. (2004). Development of PCR-based SNP markers for rice blast resistance genes at the Piz locus. *Theoretical and Applied Genetics*. 180(7) : 1212-1220.
- Heu M. H. and Park, S. Z. (1979). Genetic behavior of alkali digestibility in rice endosperm. (I. Alkali digestibility of hybrid seeds (F1) and F2 grains in the cross between low and high ADV parents). *Korean J. Breed.* 11(3) : 196-200.
- Hiratsuka M., Jeong, Y. H., Hong, H. C., Koh, H. J. and Choi, H. C. (2006). *Korean Journal of Breeding*. 38(4) : 231-235.
- Ishima, T., Taira, H., and Mikoshihba, K. (1974). Effect of nitrogenous fertilizer application and protein content in milled rice on organotropic quality of cooked rice. *Rep. Natl. Food Res. Inst.* 29 : 9-15.
- Jia, L., Yan, W., Zhu, C., Agrama, H.A. et al. (2012). Allelic analysis of sheath blight resistance with association mapping in rice. *PLoS ONE*, 7(3) : e32703.
- Juliano, B.O. (1971). A simplified assay for milled rice amylose. *Cereal Sci. Today* 16, 334-336.
- Juliano, B.O., Onate, L.U., and Mundo, A.M. (1965). Relation of starch composition, protein content, and gelatinization temperature to cooking and eating qualities of milled rice. *Food Technol.* 19, 1006-1011.

- Kim Y. D., Ha, K. Y., Yang, S. J. et al. (1996). Comparison of physicochemical properties between japonica and indica waxy rice. *Korean Journal of Breeding*. 28(4) : 429-435.
- Kim, B.R., Roh, J.H., Choi, S.H., Ahn, S.W., and Han, S.S. (2004). Durability of rice cultivars to blast in Korea by sequential planting method. *Korean J. Breed.* 36, 350-356.
- Kim, K. H. and H. S. Lee. (1990). Gel consistency of Korean rice varieties. *Korean J. Breed.* 21(4) : 275-282.
- Kim, S. K., J. C. Chae, M. S. Lim, and J. H. Ree. 1985. Interrelationship between amylose content and physical properties of milled rice. *Korean J. Crop Sci.* 30(3) : 320-325.
- Kumar, S., Bisht, I.S. and Bhat, K.V. (2010). Population structure of rice (*Oryza sativa*) landraces under farmer management. *Annals of Applied Biology*, 156 (1) : 137-146.
- Kwak, T. S. (2005). Comparison of amylogram properties among several subspecies of rice. *Korean J. Crop Sci.* 50(3) : 186-190.
- Kwon, S.J., Ahn, S. N., Suh, J. P. et al. (2000). Genetic diversity of Korean native rice varieties. *Korean J. Breed.* 32(2) : 186-193
- Kwon, S.J., Cho, Y.C., Kwon, S.W., Oh, C.S., Suh, J.P., Shin, Y.S., Kim, Y.G., Holligan, D., Wessler, S.R., Hwang, H.G., et al. (2008). QTL mapping of agronomic traits using an RIL population derived from a cross between temperate japonica cultivars in rice (*Oryza sativa* L.). *Breed. Sci.* 58, 271-279.
- Kwon, S.W. (2008) Analysis of quantitative trait loci associated with eating quality using a RIL population in japonica rice. In Ph. D. Thesis, Seoul Natl' Univ., Korea, p.111.
- Kwon, S.W., Cho, Y.C., Kim, Y.G., Suh, J.P., Jeung, J.U., Roh, J.H., Lee, S.K., Jeon, J.S., Yang, S.J., and Lee, Y.T. (2008). Development of near-isogenic japonica rice lines with enhanced resistance to *Magnaporthe grisea*. *Mol. Cells* 25 : 407-416.
- Lee, J.H., Jiang, W.Z., Qiao, Y.L. et al. (2011). Shotgun proteomic analysis for detecting differentially. *Proteomics* 11 : 455-468
- Lee, J.R., Ma, K.H., Lee, G.A. et al. (2013). Analysis of Grain Quality Related Properties in Korean Rice Land-races Germplasm. *Korean J. Crop Sci.* 58(4):468-473
- Lestari, P., Ham, T.H., Lee, H.H., Woo, M.O., Jiang, W., Chu, S.H., Kwon, S.W., Ma, K.H., Lee, J.H., Cho, Y.C., et al. (2009). PCR marker-based evaluation of the eating quality of japonica rice (*Oryza sativa* L.). *J. Agric. Food Chem.* 57, 2754-2762.
- Li, X., Cho, H.B., Choi, J.E. et al. (2011). Genetic Analysis of Bacterial Blight(*Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*) Resistance in Korean Native Rice. *Korean J. Intl. Agri.* 23(5) : 503~506
- Li, Z., Wan, J., Xia, J., and Yano, Y. (2003). Mapping of quantitative trait loci controlling physico-chemical properties of rice grains (*Oryza sativa* L.). *Breed. Sci.* 53, 209-215.

- Liu Z. H., F. M. Cheng, W. D. Cheng, and G. P. Zhang. (2005). Positional variations in phytic acid and protein content within a panicle of japonica rice. *Journal of Cereal Science*. 41 : 297-303.
- Liu, K. and Muse, S.V. (2005). PowerMarker: An integrated analysis environment for genetic marker analysis. *Bioinformatics*. 21(9) : 2128-2129.
- Liu, Z., F. Cheng, and G. Zhang. (2005). Grain phytic acid content in japonica rice as affected by cultivar and environment and its relation to protein content. *Food Chemistry*. 89 : 49-52.
- Londo, J.P., Chiang, Y.C., Hung, K.H., Chiang, T.Y. and Schaal, B.A. (2006). Phylogeography of Asian wild rice, *Oryza rufipogon*, reveals multiple independent domestications of cultivated rice, *Oryza sativa*. *PNAS*. 103(25) : 9578-9583.
- Mckhann, H.I., Camilleri, C., Berard, A. et al. (2004). Nested core collections maximizing genetic diversity in *Arabidopsis thaliana*. *The Plant Journal*. 38(1) : 193-202.
- Nei, M., Tajima, F. and Tatenno, Y. (1983). Accuracy of estimated phylogenetic trees from molecular data. *Journal of Molecular Evolution*. 19(2) : 153-170.
- Ni, J., Colowit, P.M. and Mackill, D.J. (2002). Evaluation of genetic diversity in rice subspecies using microsatellite markers. *Crop Science*. 42(2) : 601-607.
- Nishimura, M., Yamauchi, F., Ohuchi, K., and Hamamura, K. (1985). Evaluation of the eating quality of recent rice varieties and lines in Hokkaido - The relation between organoleptic and physicochemical qualities of milled rice harvested in an extremely cool year and a very hot year during the summer. *Res. Bull. Hokkaido Natl. Agric. Exp. Stn*. 144 : 77-89.
- Ogata, T., Yoshimura, A., Matsue, Y., Tsunematsu, H., and Iwata, N. (1996). QTL analysis for palatability and physicochemical properties of milled rice. *Breed. Sci.* 46 (Suppl. 2) : 201.
- Otsuki, H., Shimizu, H., Uehara, Y., Yagi, T., Ogawa, N., Ashikawa, I., Shimizu, H., Kuroda, K., et al. (1997). QTL analysis of taste in rice. *Breed. Sci.* 47 (Suppl. 2) : 147.
- Park, E.J., Kang, J.H., and Kim, K.H. (2008). Characterization of Amino Acid Contents in Grain of Core Collections of Korean Native Rice. *Korean J. Breed. Sci.* 40(3) : 269~277
- Park S.Z. and Heu, M. H. (1981). Genetic behavior of alkali digestibility in rice endosperm. (II. Alkali digestibility of hybrid seeds (F1) and F2 grains in the crosses among low, intermediate and high ADV parents). *Korean J. Breed.* 13(1) : 14-19.
- Pritchard, J.K. and Przeworski, M. (2001). Linkage disequilibrium in humans: Models and data. *American Journal of Human Genetics*. 69(1) : 1-14.
- Qian, W., Ge, S. and Hong, D.Y. (2001). Genetic variation within and among populations of a wild rice *Oryza granulata* from China detected by RAPD and ISSR markers. *Theoretical and Applied Genetics*. 102(2) : 440-449.

- Rakshit, S., Rakshit, A., Matsumura, H. et al. (2007). Large-scale DNA polymorphism study of *Oryza sativa* and *O. rufipogon* reveals the origin and divergence of Asian rice. *Theor. Appl. Genet.* 114(4) : 731-743.
- Sano, Y. (1984). Differential regulation of waxy gene expression in rice endosperm. *Theor. Appl. Genet.* 68 : 467-473.
- Schuelke, M. (2000). An economic method for the fluorescent labeling of PCR fragments. *Nature Biotechnology.* 18(2) : 233-234.
- Shivrain, V.K., Burgos, N.R., Agrama, H.A. et al. (2010). Genetic diversity of weedy red rice (*Oryza sativa*) in Arkansas, USA. *Weed Research*, 50(4) : 289-302.
- Singh, S., Sidhu, J.S., Huang, N., Vikal, Y., Li, Z., Brar, D.S., Dhaliwal, H.S., and Khush, G.S. (2001). Pyramiding three bacterial blight resistance genes (*xa5*, *xa13* and *Xa21*) using marker-assisted selection into indica rice cultivar PR106. *Theor. Appl. Genet.* 102 : 1011-1015.
- Son, J. R., J. H. Kim, J. I. Lee, Y. H. Youn, J. K. Kim, H. G. Hwang, and H. P. Moon. (2002). Trend and further research of rice quality evaluation. *Korean J. Crop. Sci.* 47(S) : 33-54.
- Sugiura, N., Tsuji, T., Fujii, K., Kato, T., Saka, N., Touyama, T., Hayano-Saito, Y., and Izawa, T. (2004). Molecular marker assisted selection in a recurrent backcross breeding for the incorporation of resistance to rice stripe virus and panicle blast in rice (*Oryza sativa* L.). *Breed. Res.* 6, 143-148.
- Suh, J.P., Cho, Y.C., Kwon, S.J., Choi, I.S., Hong, H.C., Kim, Y.G., Ahn, S.N., and Hwang, H.G. (2006). Identification of QTLs for grain quality on RIL population derived from a cross between japonica rices. *Korean J. Breed.* 38 : 105-112.
- Suh, J.P., Yang, S.J., Jeung, J.U., Pamplona, A., Kim, J.J., Lee, J.H., Hong, H.C., Yang, C.I., Kim, Y.G., and Jena, K.K. (2011). Development of elite lines conferring Bph18 gene-derived resistance to brown planthopper (BPH) by marker-assisted selection and genome-wide background analysis in japonica rice (*Oryza sativa* L.). *Field Crops Res.* 120 : 215-222.
- Sun, C.Q., Wang, X.K., Li, Z.C., Yoshimura, A. and Iwata, N. (2001). Comparison of the genetic diversity of common wild rice (*Oryza rufipogon* Griff.) and cultivated rice (*O. sativa* L.) using RFLP markers. *Theor. Appl. Genet.* 102(1) : 157-162.
- Takayuki, U., Nakamura, Y. and Ishikura, N. (1995). Activity of starch synthase and the amylose content in rice endosperm. *Phytochemistry.* 40(6) : 1613-1616.
- Takeuchi, Y., Nonoue, Y., Ebitani, T., Suzuki, K., Aoki, N., Sato, H., Ideta, O., Hirabayashi, H., Hirayama, M., Ohta, H., et al. (2007). QTL detection for eating quality including glossiness, stickiness, taste and hardness of cooked rice. *Breed. Sci.* 57 : 231-242.

- Tamura, K., Dudley, J., Nei, M. and Kumar, S. (2007). MEGA4: Molecular evolutionary genetics analysis (MEGA) software version 4.0. *Molecular Biology Evolution*, 24(8) : 1596-1599.
- Tan, Y.F., Li, J., Yu, S., Xing, Y., and Xu, G. (1999). The three important traits for cooking and eating quality of rice grains are controlled by a single locus in an elite rice hybrid, Shanyou 63. *Theor. Appl. Genet.* 99 : 642-648.
- Tanaka, I., Kobayashi, A., Tomita, K., Takeuchi, Y., Yamagishi, M., Yano, M., Sasaki, T., and Horiuchi, H. (2006). Detection of quantitative trait loci for stikiness and appearance based on eating quality test in japonica rice cultivars. *Breed. Res.* 8 : 39-47.
- Tanaka, K., Ohnishi, S., Kishimoto, N., Kawasaki, T., and Baba, T. (1995). Structure, organization, and chromosomal location of the gene encoding a form of rice soluble starch synthase. *Plant Physiol.* 108 : 677-683.
- Umemoto, T., Yano, M., Satoh, H., Shomura, A., and Nakamura, Y. (2002). Mapping of a gene responsible for the difference in amylopectin structure between japonica-type and indica-type rice varieties. *Theor. Appl. Genet.* 104 : 1-8.
- Wada, T., Ogata, T., Tsubone, M., Uchimura, Y., and Matsue, Y. (2008). Mapping of QTLs for eating quality and physicochemical properties of the japonica rice 'Koshihikari'. *Breed. Sci.* 58, 427-435.
- Wada, T., Uchimura, Y., Ogata, T., Tsubone, M., and Matsue, Y. (2006). Mapping of QTLs for physicochemical properties in japonica rice. *Breed. Sci.* 56 : 253-260.
- Wang, Z.X., Sakaguchi, S., Oka, Y., Kitazawa, N., and Minobe, Y. (2005). Breeding of semi-dwarf Koshihikari by using genomic breeding method. *Breed. Res.* 7 (Suppl. 1 and 2), 217.
- Wen, W., Mei, H., Feng, F., Yu, S., Huang, Z. et al. (2009). Population structure and association mapping on chromosome 7 using a diverse panel of Chinese germplasm of rice (*Oryza sativa* L.). *Theor. Appl. Genet.* 119(3) : 459-470.
- Yamamoto, Y., and Ogawa, T. (1992). Eating quality in japanese rice cultivars. *Jpn. J. Breed.* 42 : 177-183.
- Yan, W.G., Rutger, J.N., Bryant, R.J. et al. (2007). Development and evaluation of a core subset of the USDA rice germplasm collection. *Crop Science.* 47(2) : 869-876.
- Yang, G.P., Maroof, M.A.S., Xu, C.G., Zhang, Q. and Biyashev, R.M. (1994). Comparative analysis of microsatellite DNA polymorphism in landraces and cultivars of rice. *Molecular and General Genetics.* 245(2) : 187-194.
- Yoon, M. R., C. E. Kim, H. J. Koh, and M. Y. Kang. (2007). Physicochemical properties of rice kernels affected on palatability. *Korean J. Crop Sci.* 52(1) : 45-50

주 의

1. 이 보고서는 농림축산식품부에서 시행한 생명산업기술개발사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표할 때에는 반드시 농림축산식품부에서 시행한 생명산업기술개발사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니 됩니다.