

발간등록번호

11-1543000-001243-01

지역연계 브랜드 쌀 품종육성 및 산업화 제품개발

(Development of Local-Brand Varieties and Their
Industrialization for Strengthening Competitiveness in Rice)

국립공주대학교

농림축산식품부

제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “지역연계 브랜드 쌀 품종육성 및 산업화 제품개발에 관한 연구” 과제의 보고서로 제출합니다.

제1세부연구과제 : 지역연계 브랜드 쌀 품종육성 및 산업화 제품개발에 관한 연구

2016 년 03 월 14 일

주관연구기관명 : 공주대학교 산학협력단

주관연구책임자 : 박 용 진

제1세부 연구책임자 : 박 용 진

참 여 연 구 원 : 김 태 성

참 여 연 구 원 : 김 규 원

참 여 연 구 원 : 라 원 희

참 여 연 구 원 : 윤 민 영

참 여 연 구 원 : 동 위

참 여 연 구 원 : 하 강

참 여 연 구 원 : 원 태 우

참 여 기 업 : 면천농협미곡종합처리장

참 여 기 업 : 해풍영농법인

참 여 기 업 : (주) 경성미가

요 약 문

I. 제 목

○ 지역연계 브랜드 쌀 품종육성 및 제품개발

II. 연구성과 목표 대비 실적

구 분	지식재산권		논문		학 술 발 표	기 술 거 래	교 육 지 도	사 업 화	기 술 인 증	인 력 양 성	정 책 활 용	홍 보 진 시	기 타
	출 원	등 록	SCI	비 SCI									
최종목표	2		1	3				2					4
1차년도	목표												
	실적					2							
2차년도	목표			1				2					
	실적	2		1	1	4		4				5	2 (특허기탁)
3차년도	목표	1		1									
	실적					3				2		3	
4차년도	목표			1									2,2 (품종출원) (명칭등록)
	실적		2	1	3	1				2		2	2,2,2** (품종출원) (명칭등록) (생판신고)
5차년도	목표	1		1									
	실적			2*	1								
소 계	목표	2		1	3			2					4
	실적	2	2	2*	3	9	5	4		4		10	8
합 계	2	2	2	3	9	5		4		4		10	8

* : 논문(SCI) 2건(중복사사, 0.5편 2건임)

** : 품종보호출원, 품종명칭등록, 품종생산수입판매신고 완료

Ⅲ. 연구개발의 목적 및 필요성

○ 연구개발의 목적

- 쌀의 부가가치 제고와 지역연계를 위한 경쟁력있는 브랜드 벼 품종을 육성하기 위해 벼 유전자원 활용 고품질 · 고 기능성 등 유용자원 탐색 및 선발, 선발된 유용자원 및 육성 중인 돌연변이 계통의 주요 특성검정, 다양한 특수미 계통 및 고품질, 고 기능성 우수계통 선발 및 육성하며, 이를 특허출원 및 품종등록 하는데 목적이 있다.

○ 연구개발의 필요성

- 벼는 세계적으로는 물론 우리나라의 가장 중요한 식량공급원일 뿐 만 아니라, 경제적으로도 대단히 중요한 위치를 점유하고 있다(2002년도 국내 쌀생산액은 10조 475억원이며 이는 농업생산액의 32.6%에 해당). 수확후의 가공처리 만으로는 고건강기능성 쌀제품 개발에 한계가 있으며, 소비자의 기호에도 부응하기 어려움으로 특수미 품종 자체를 다양화하고 이에 부가적으로 제품화기술이 수반되어야 소비자와 생산자를 모두 만족시킬 수 있다. 우리나라 쌀 생산량은 크게 증가한 반면 국민 식생활 형태 변화로 쌀소비량은 2002년 415톤에서 2007년도 379톤으로 최근 5년간 11.6% 감소했으며, 재배면적 또한 2002년 105만ha에서 2007년 95만ha로 7.8% 감소함으로써, 그에 따라 산지 RPC들의 경영이 악화되어 지역경제에 위협이 되고 있고, 각 지역에서 지속적인 수급 안정을 위해 일반쌀, 가공식품, 편의식품 등 다양한 쌀 제품의 다양화하는 전략 및 신수요 창출이 필요하다. 우리나라 쌀수입 물량은 2005년도 22만톤에서 2009년 30만톤으로 해마다 증가하여 2014년도에는 40만톤까지 증가할 것으로 추정됨에 따라 우리쌀의 경쟁력을 향상시키고 부가가치를 제고하여 쌀산업의 이윤을 극대화하여야 하며 수출지향적인 연구개발을 서둘러야 한다. 쌀에서 기능성식품 신소재의 개발을 통하여 의약과 식품의 중간형태로써 소비될 수 있는 식품산업분야를 창출하여, 식품산업계의 새로운 활력을 가져올 재료로서 건강기능성 특수미의 이용방안을 검토할 필요성이 있으며, 미질관련 다양한 유전자원을 선발하고 최근 많은 연구가 이루어지고 있는 DNA 마커 등 Molecular Designed Breeding을 이용하여 고품질 벼 신품종 개발기반을 구축하고 우량 품종개발 보급 산업기반 구축이 필요하다. 쌀의 부가가치 제고에 귀중한 재료가 될 것이나 이에 대한 유전, 육종연구가 미흡한 실정이다. 표현형 중심의 전통적인 유전자원 평가 활용에서 좀 더 나아가 유전자 정보를 이용하여 유용유전자를 갖는 자원을 평가, 선발하여 활용하는 새로운 시대의 유전자원 연구가 필요하다.

IV. 연구개발 내용 및 범위

1. 벼 유전자원 활용 고품질, 고 기능성 등 유용자원 탐색 및 선발

가. 국내고유자원 및 유전자원의 증식, 특성평가 (시험포장 계통재배)

(1) 기본농업형질 평가

나. 유전자원의 미질 및 기능성 특성평가

(1) 기능성 성분 평가

(2) 내병, 내재해 특성 평가

다. 인공교배를 통한 변이확대

(1) 육성목표 형질의 특성에 따라 지역 대표품종과 선발자원의 교배 작성

라. 교배 후대 계통 육성

(1) 계통재배 및 세대진전을 통한 품종 육성

(2) 세대진전을 통한 품종육성

2. 선발된 유용자원 및 육성 중인 돌연변이 계통의 주요 특성검정

가. 우수계통 및 품종의 특정형질 개선을 위한 돌연변이 작성

(1) MNU 및 EMS처리

나. 돌연변이 계통의 재배특성 평가 및 포장선발(EMS, MNU)

(1) 돌연변이 계통의 특성평가

(2) 돌연변이계통의 작물학적 특성

(3) 돌연변이 계통의 배유 아밀로그램(RVA)의 특성평가

3. 다양한 특수미 계통 및 고품질, 고 기능성 우수계통 선발 및 육성

가. 목적형질별 우수 고세대 계통의 생산력 예비시험

(1) 우수 고세대 계통의 기본농업형질, 수량구성요소 등 생산력 검정

나. 내병·내재해성 관련 형질의 유전분석

(1) 보유자원에 대한 내병·내재해성 관련 유전자들의 형질 연관성 분석

다. 육성품종의 지역재배적성 평가

(1) 개발예정 품종의 지역재배적성 예비평가 (재배시험: 수원, 예산, 괴산)

(2) 육성품종의 수량성, 재배안정성 및 지역재배적성 평가

(3) 지역브랜드화를 위한 재배지역 특성 분석

라. 고 브랜드 상품화를 위한 품종판별 체계 개발

(1) DNA 마커를 이용한 품종판별체계 구축

마. 지역연계 브랜드 제품개발

(1) 참여기업과 연계하여 지역연계 브랜드 제품개발

4. 고품질, 고 기능성 벼 특허출원 및 품종등록(2건)

가. 돌연변이 여교배 후대 선발계통의 품질평가 및 기능성성분 분석

(1) 중대립 저아밀로스 양질미 '예농 1호'의 육성

(2) 중대립 거대배아미 '예농 2호'의 육성

V. 연구개발결과

1. 벼 유전자원 활용 고품질, 고 기능성 등 유용자원 탐색 및 선발

가. 국내고유자원 및 유전자원의 증식, 특성평가

(1) 기본농업형질 평가

- 260개 국내 육성종의 경우 출수기 및 기본 농업형질에 대해 조사를 수행하였다. 육성 조생종 품종은 대체로 출수기간과 등숙기간이 안정적으로 나타났으며, 이들 중 극조생종, 고품질 및 복합내병성 특성에 대해 각각 진부올벼, 오대벼, 조평벼 등을 선발하여 교배모본으로 활용하였다. 총 130점의 도입자원에 대한 출수기 조사를 통해 1차년도에 선발된 러시아 도입 자원 Liman Belozernij와 3차년도 구주대학 분양자원인 AKAGE 은 극조생종 육성에 중요한 자원으로 활용 가능할 것이다.
- 일본 구주대자원에 대해 출수기, 간장, 천립중, 아밀로스함량의 농업형질을 조사하였으며, 이중에서 특히 아밀로오스 함량은 0%인 찰벼에서부터 33.4% 메벼까지 다양하게 이루어져 있으며, 총 18개 품종에서 저아밀로스인 waxy의 특성을 발견할 수 있었다. 또한 준단간형인 품종들이 많았고, 그 중 ATSUTA GAISEN, BARABARA MOCHI 2품종은 waxy의 특성을 가지고 있으면서 준단간형인 품종들인 고시히까리, 저아밀로스 품종인 밀키퀸 같은 농가에서 재배하기 어려운 장간 품종과의 교배 중간모본으로도 활용이 가능할 것으로 판단된다.
- 국내 육성종, 재래종 자원들과 분양받은 일본 구주대 자원, 미국 농업연구청 자원들 각각의 다양한 형질 및 유용한 자원들의 선발을 위해 주요 농업형질에 대한 평가를 수행한 결과 이들 유전자원들에 대한 다양한 출수기와 여러 농업형질에 대해서 생태형별 기본 정보들을 활용하여 국내 장려품종들과의 교배를 통한 중간모본 작성 및 유용형질 선발 과정을 통해 차후 유용한 육종소재가 될 수 있을 것으로 판단된다.

나. 유전자원의 미질 및 기능성 특성평가

(1) 기능성 성분 평가

- 재래종 자원에 대한 지질성분에 대한 분석 결과 쌀 지질 중 20% 내외를 차지하여 미질특성에 영향을 주는 palmitic acid(C16:0)의 함량이 높은 재래종 품종과 2개의 이중결합을 포함하는 Linoleic acid(C18:2)의 함량이 높은 재래종 품종을 선발하였다. 이들 지방산은 쌀의 전분과 결합하여 starch lipid 형태로 밥 맛 특성에 영향을 주는 것으로 알려져 있다. 본 연구과제에서는 이들의 특성을 규명하고 지역 대표품종에 우수 특성을 이전하기 위해 교배 모본으로 활용하였다.
- 일반적으로 oleic acid(C18:1) (45%) > linoleic acid(C18:2) (30%) > palmitic acid(C16:0) (20%) 수준으로 알려져 있으며, 재래종 유전자원은 oleic acid, linoleic acid, palmitic acid가 각각 평균 36.5, 36.8, 21.5% 수준으로 나타났다. 특히 밥맛과 관련이 있는 palmitic acid의 경우 17.28 ~ 27.73 정도의 변이를 보였으나, 변이계수가 7.0으로 다른 지방산에 비해 낮게 나타나 품종 간 변이가 크지 않은 것으로 나타났다.
- 국내 육성종, 도입종, 재래종 자원들을 대상으로 하였으며, 벼의 생태형(Indica, Japonica) 차이와 각 지역별 품종간의 성분함량을 비교분석하여 기능적 가치 중 함량 분석 결과를 보면 기존에 양질미로 보고된 Japonica 타입이 Indica에 비해 전체적으

로 기능성 성분 함량이 높은 것을 알 수 있고, 또한 비타민E의 주성분인 알파 토코페롤이 함량에 따라서도 좌우되는 것을 확인하였다.

- 보유자원의 Vitamin E 함량이 높은 자원들과 낮은 자원들을 대상으로 기본농업형질평가와 미질관련 연관분석으로 유용자원의 유전분석 및 이를 이용하여 기능성 성분관련 분리집단 육성, 육종기간 단축 등 품종육성에 활용 가능할 것으로 판단된다.

(2) 내병, 내재해 특성 평가

- 최근에 국내 재배품종에 대해서 균주별로 저항성 반응이 다르게 나타나는 문제가 대두 되었는데, 품종별 저항성 정도를 확인한 결과 저항성 반응이 일치하는 품종이 있는가 하면 저항성 반응이 균주별로 다르게 나타나는 품종들도 볼 수 있었다.
- 저항성 유전자를 매개로 하는 과민성반응(Hypersensitive Response; HR) 위주의 품종들은 국내장려품종과의 교배육종 및 저항성 유전자 탐색을 위한 마커개발 등의 저항성 벼 품종 육성에 이용 가능할 것으로 보인다.
- 미면, 청담, 신운봉, 흑진주, 문장, 동진찰 등의 품종들은 동일한 저항성 반응을 나타내는가 하면 수광, 영덕, 황금누리, 황금노들, 건강홍미 품종들은 균주별로 저항성과 감수성을 나타내는 등의 전혀 다른 결과를 보였고, 특히 도열병에 감수성으로 보고된 동진벼는 KI197 균주에서는 감수성을 KJ401에서는 강한 저항성을 보였다.
- 최근 병원성 균주의 레이스별 세분화와 균주특이성 저항성 결과로 인해 국내 도열병 균주에 대해서 표현형 평가 및 저항성 유전자 분석에 어려움이 많이 있었고, 이에 따라 정확한 분석결과나 재현성이 어려워 육종가들 또한 사용하기 어려웠다. 이러한 문제들을 해결하기 위해 현재 표현형 평가가 완료된 품종들 위주로 Real-Time Taqman PCR을 이용하여 균의 정확한 수치까지 확인하고 육안으로의 평가의 한계를 넘어 보다 정확한 분석을 위해 차후 보완 실험이 필요할 것으로 보인다.

다. 인공교배를 통한 변이확대

(1) 육성목표 형질의 특성에 따라 지역 대표품종과 선발자원의 교배 작성

- 우수 육성종에 배유 특성관련 우수 형질을 도입하기 위해 중간찰(du), 찰벼(wx), 거대배아미(ge) 등을 가진 계통과의 교배를 수행하였다. 또한 찰벼 유전자 도입을 위해서는 국외에서 수집된 찰벼 품종을 교배모본으로 활용하였다.
- 숙기, 내염 및 내도열병 등 재배적성 개선 및 기타 성분 특성 개선을 위해 조생종과 장려품종간의 교배, 조생종 간의 교배 및 내염성 품종인 Pocareri와 장려품종의 교배, 내도열병 재래종 자원과의 교배, Plamitic acid 고함량 재래종과의 교배 등을 수행하였다.
- 그 외 배유 돌연변이 계통의 유전자 특성을 고찰하기 위해 신동진벼, 밀양 23호 등과 교배를 수행하였다.

라. 교배 후대 계통 육성

(1) 계통재배 및 세대진전을 통한 품종 육성

- 찰벼(waxy), 당미(sugary), 거대배아미(giant embryo), 중간찰(dull), 숙기, 내염성, 도열병 저항성등 재배적성 개선 및 기타 성분 특성 개선을 위해 유전자원 및 육성종간

의 교배 계통의 세대진전을 통해 후대육성을 진행하였다.

- 우수 육성종에 배유 특성관련 우수 형질을 도입하기 위해 중간찰(du), 찰벼(wx), 거대 배아미(ge) 등을 가진 계통과의 교배를 수행하였다. 또한 찰벼 유전자 도입을 위해서는 국외에서 수집된 찰벼 품종을 교배모본으로 활용하였다.
- 숙기, 내염 및 내도열병 등 재배적성 개선 및 기타 성분 특성 개선을 위해 조생종과 장려품종간의 교배, 조생종 간의 교배 및 내염성 품종인 Pocareri와 장려품종의 교배, 내도열병 재래종 자원과의 교배, Plamitic acid 고함량 재래종과의 교배 등을 수행하였다.
- 그 외 배유 돌연변이 계통의 유전자 특성을 고찰하기 위해 신동진벼, 밀양 23호 등과 교배를 수행하였다.
- 품질다양화 및 재배적성 개선을 위해 우수 육성종과 선발 유전자원에 대해 인공교배를 수행하였다.
- 현재 장려품종으로 우수한 계통의 주남, 신동진, 한아름, 진상 등의 품종들을 대상으로 미질 관련 특성과 기능성 성분 그리고 내병·내재해성을 보유하는 국내 육성종, 재래종, 도입자원, 돌연변이 품종들의 특성형질을 도입하여 다양한 특성의 고식미 벼 품종 개발 및 미질·기능성 특성관련 유전자 연구를 위해 신규교배를 실시하였다. 이외에도 차후 각 특성형질의 유전자 변이(SNP, SSR) 탐색과 저항성 개선 고식미 품종 육성, 신규 저항성 자원 선발에도 사용 가능할 것이다.
- 새로 추가된 형질로는 벼의 중배축 신장(길이)과 관련된 형질을 가진 자원들과 침수저항성에 관련된 형질들(Escape, Quiescence)을 대상으로 신규교배를 수행하였고, 이외에도 기존의 교배자원들의 세대진전 및 여교배 등을 수행하였으며 각 형질별로 특성평가를 수행하였다.

(2) 세대진전을 통한 품종육성

- 개체별로 주당 1이삭씩 수확하는 SSD 방법을 통한 세대진전에 이용하고, 개체별로 특성을 평가하여 목적에 부합되는 개체 선발을 하여 수확 및 특성 평가를 수행하였다. 특히 찰벼, 당미, 중간찰 특성에 대해서는 종자 건조 후 배유 특성을 평가하여 개체를 선발하였고, 숙기에 대해서는 유전분석을 위한 개체별 이삭 수확 외 조생종에 대해 개체를 선발 및 수확 하였다. 내염성은 초기 세대 평가가 어려워 세대진전 후 평가를 위해 비선발 수확하였다.

2. 선발된 유용자원 및 육성 중인 돌연변이 계통의 주요 특성검정

가. 우수계통 및 품종의 특정형질 개선을 위한 돌연변이 작성

- EMS가 처리된 M₂ 식물체들을 대상으로 포장에서 재배 기간 동안 출수기, 수장, 초형 등의 표현형(Phenotype)이 조사되었다. 1차 탐색된 변이들은 출수기, 간장 길이의 변이였으며 이 밖에 이삭 마디 길이의 변화와 종피색과 까락의 유무 및 다분얼(분얼수: 49, 이삭수: 46, wild type에 비해 약 100%) 등의 차이가 있었다.
- 돌연변이가 발생된 품종 중 유용 돌연변이 품종을 선발하여, 기존 우수품종과의 교배 및 여교배를 통한 새로운 품종 육성과 차후 분자생물학적 접근을 통한 유용 형질관련

유전자들에 대해 보완 분석이 필요할 것으로 보인다.

- 전년도에 M₂세대에서 선발한 개체들을 가지고 금년도에 변이형질 관련 특성평가 및 포장선발을 수행하였다. 원품종들은 장려품종인 호품을 비롯해 수량성을 위한 한아름 2, 주남, 친농과 기능성을 위한 흥진주를 대상으로 수행하였고, 현재 선발한 개체들을 대상으로 수확 및 종실특성평가를 수행하였다.
- 기존에 보고된 내용으로는 이러한 돌연변이 처리방법으로는 벼의 배유의 저장물질에 관한 유전자원 평가나 종실 변이체로서의 변이를 이용가능하다고 보고 되어있으나, 본 실험을 통해 농업형질평가와 포장선발 결과만으로도 변이체 선발이 가능하였다.

나. 돌연변이 계통의 재배특성 평가 및 포장선발(EMS, MNU)

(1) 돌연변이 계통의 특성평가

- 돌연변이 계통 중 심복백, 거대배, 중간찰 특성을 갖는 계통에 대해 신속한 품종화를 위해 여교배를 수행하여 BC₁F₃을 육성하였다. 이들 계통에 대해 포장실험결과 BC₁F₃-128의 경우 원품종인 신동진벼에 비해 이삭길이가 긴 특성을 보였으나, 그 밖의 기본농업형질이 신동진과 거의 유사한 특성을 보였다. 또한 각 계통은 반복 간 안정적인 결과를 보여 중간찰 계통과 거대배 계통의 경우 특히 출원하였으며, 생산력검정 시험 후 품종보호출원 하였다.

(2) 돌연변이계통의 작물학적 특성

- 2 가지 변이원에 의해 선발된 56 계통에 대하여 기본 농업형질 및 종실 특성을 평가한 결과 출수기(heading date)에 대해 원모본과 비교해 보면, 신동진벼는 8월 21일이며 대부분 출수기 ±5일 내에서 출수하였고, waxy, dull, floury, white belly로 분류된 계통은 대부분 변이모본보다 다소 늦게 출수하는 경향을 나타냈다. 특히 floury의 KNUM-29계통은 변이모본보다 8일 늦게 출수하여 공시변이계통에서 가장 만생적 출수를 보였다. 공시계통수가 가장 많은 opaque로 분류된 계통의 출수기는 각각의 opaque 계통마다 약간씩 차이는 있었지만 변이모본과 ±5일 내에 대부분 출수하였고, 그 밖의 배유 및 입형특성의 변이계통에서는 변이모본보다 다소 일찍 출수하는 경향을 보였다.
- Kim et al.(1998)은 감마선 처리에 의해 유묘의 초장이 작아진다고 하였고, Seetharami-Reddi et al.(1989)은 조사선량의 증가에 따라 생육초기의 초장에서 감소가 심해진다고 하였다. 이와 같이 돌연변이원에 따른 변이계통의 출수기 변화, 간장 및 수장의 감소는 돌연변이체의 특성이라 할 수 있을 것이다(Lee et al., 1989). 한편 돌연변이 처리에 의한 변이계통은 단간화에 따라 수반된 제형질이 변화되어 저수량성으로 나타나는 경향이 있다는 보고가 있는데(Kim et al., 1976; IAEA, 1970), 공시된 변이계통에서도 대부분 간장 및 수장에서 짧아지는 경향을 나타냈다.
- 간장에서 waxy로 분류된 계통에서만 모두 간장에서 변이모본보다 장간의 특성을 보였는데, KNUM-2의 waxy 계통이 104cm로 변이모본인 신동진의 93.7cm보다 11.3cm 더 길었다. 반면 KNUM-19의 opaque 계통은 64.3cm로 모본보다 29.4cm의 짧은 특성을 나타냈고, waxy 이외 모든 계통에서 단간의 경향을 나타내며 각각의 계통에서도 변이

폭이 다양하였다.

- 수장의 특성에 있어서는 변이모본이 24.3cm를 나타냈고, KNUM-35의 심백(white core) 계통에서 이삭길이 27cm로 가장 길었으나 같은 특성의 KNUM-43이 17.7cm로 9.3cm의 넓은 변이 폭을 나타냈고, 간장에서는 큰 차이를 없었던 white core로 분류된 계통에서 이삭길이의 변이 폭이 특히 다양하였다. 그 외의 변이계통에서 수장은 간장의 패턴과 같이 변이모본보다 짧은 경향을 보였는데 생태적 특성에서 가장 대표적인 간장, 수장을 변이모본과 비교하여 보면 소수의 변이계통을 제외한 대부분이 모본과 유사하거나 다소 짧은 경향을 보였다. 이와 같은 주요 농업적 특성은 종실 수량성과 높은 상관성을 갖기 때문에 모본보다 불리한 계통은 대체적으로 종실 생산성이 떨어진다.
- 변이 모본인 신동진은 현미 길이가 6.15mm, 너비는 3.16mm, 두께가 2.1mm이며, 천립중 28.83g으로 국제미작연구소(IRRI)의 종실형 분류기준에서 중간정도의 길이, 너비, 두께를 갖으며 천립중으로 보면 대립에 속하는 자포니카 형 다수계의 품종이다. 일반적으로 대립계통은 유전적으로 소립에 대하여 열성이며, 장간, 만생 등의 특성이 함께 발현되는 등 재배에 있어 부적합한 특성을 보이는 것이 많다. 하지만 변이계통인 KNUM-47은 현미 길이가 6.34mm이고 천립중이 34.1g으로 변이모본보다 대립(large grain)의 특성을 보이면서 출수기가 늦거나 불임발생도 없고 모본과 유사한 형태적 특성을 보여 초다수계 육성이나 양조용, 사료용 등의 중간모본으로 이용할 수 있는 가능성을 시사하였다. KNUM-56은 현미 길이가 6.33mm으로 모본보다는 약간 길었으나 장폭비가 2.31로 장립(long grain)의 특성을 나타냈으나 천립중은 모본보다 다소 떨어졌다. 소립(small grain)계통인 KNUM-53은 현미의 길이가 5.1mm, 너비 2.98mm, 천립중 23.1g으로 변이체 중에서 가장 작았고, 원형립(round grain)으로 분류된 KNUM-48는 장폭비 1.57로 거의 원형에 가까운 특성을 보였다. 특히 미립내의 전분 축적이 충실하지 않고 쭈글쭈글(Winkled)한 형태의 당질미(sugary)인 KNUM-31은 현미 두께와 천립중에서 1.01mm, 14.1g으로 신동진의 약 50% 정도였고, shrunken도 유사한 경향을 보였다. 자포니카 형의 동일 품종으로 유기된 공시재료의 돌연변이 56 계통에서도 천립중 14.4g~34.1g으로 2배 이상의 변이 폭과 장/폭 비 1.57~2.31의 다양한 분포를 보였다. 변이계통은 대부분 변이모본보다 종실특성의 립장, 립폭, 립후, 천립중에 있어 작거나 적은 특성을 나타냈다. 한편 종실의 배유 및 종실형태 변이 계통이 생태적 특성과 함께 발현되는 것은 유전자의 결실부분이 커서 다면발현으로 나온 결과라 생각된다. 옥수수의 *opaque-2*나 *floury-2* (Mertz et al., 1964)에서도 고라이신 함량계통이 출현하였지만 열악한 생육특성으로 병충해에 약하며 수량이 떨어지는 등의 기피 특성으로 인해 실제 재배화가 되지 못한 예가 있다. 따라서 실제적 육종에 있어서는 종실변이 계통의 선발과 함께 낮은 수량성을 회복하기 위한 연구도 함께 수행되어야 할 것으로 생각된다.
- 신동진을 모본으로 종실 배유 및 종실형태 계통에서 다양한 단백질 변이를 찾을 수 있었고, 이들 변이는 양적 변이와 분별추출에 의해 나누어지는 구성단백질의 peptide 간 변이체 및 전분합성에 관련된 고분자량의 변이체도 있었다. 특히 배유의 특성변이에 의한 변이체에서 고분자량의 변이는 차후 전분합성의 관련 유전자 탐색, 전분 및 단백질축적 메카니즘 규명 등에 유용한 재료로 이용될 것이라 생각되며, 용매추출에 따른 구성 단백질의 다양한 변이체는 미립 단백질의 양적 개선에 따른 용도와 기능성

을 극대화할 수 있는 유전·육종의 중요한 재료가 될 것이다.

- 2년차에 특허 출원된 예농 1호와 예농 2호에 대해 현재 수원, 예산, 괴산의 증식포장에서 종자증식 및 친환경 유기농업 기술을 이용하여 재배하였고, 품종보호출원을 완료하였다.

(3) 돌연변이 계통의 배유 아밀로그램(RVA)의 특성평가

- 기 육성된 돌연변이 계통 중 배유돌연변이 계통은 배유의 특성이 waxy(*wx*, 찰), dull(*du*, 중간찰), giant embryo(*ge*, 거대배아미), shrunken(*sh*), sugary(*su*), opaque(*op*) 형태로 이들의 배유 특성은 다양한 가공적성에 적용될 수 있다.
- Waxy, dull, high amylose, floury, shrunken, sugary와 같이 배유 돌연변이 계통의 RVA 분석결과 호화개시온도는 모본(신동진벼)이 68.4였으며 waxy, dull 계통에서는 모본과 유사 하였지만, sugary, high amylose로 분류된 계통에서는 85.6, 82.4로 매우 높았고, floury, shrunken으로 분류된 계통에서는 모본보다 다소 높은 경향을 보였다. 최고점도는 중간찰(dull) 계통에서 높은 경향을 보였고, high amylose, sugary 계통에서는 낮은 경향을 나타냈으며, 그 밖의 계통에서는 모본과 비슷하였다. 강하점도는 중간찰 계통에서 모본보다 높은 경향을 보였고, high amylose, shrunken, sugary의 계통에서는 차이가 거의 없거나 매우 낮은 경향을 보였으며, floury 계통에서는 다소 낮은 경향을 보였다. 전분 노화경향과 관련된 치반점도는 아밀로스함량이 낮은 계통인 waxy, dull은 낮은 경향을 보이면서 노화가 느리게 진행되는 일반적인 밥맛 특성과 일치하였고, 그 밖의 계통에서는 모본보다 높은 경향을 나타내어 노화가 빨리 진행됨을 알 수 있었다.
- Peak time은 opaque, white core, white belly로 분류된 계통에서 모본보다 전체적으로 약간 높은 정도를 보였으며, 호화온도는 전체적으로 약간 낮은 경향을 보였지만, opaque로 분류된 KNUM-9, KNUM-13, KNUM-27, KNUM-28의 계통에서는 높은 호화온도를 나타냈다. opaque로 분류된 계통의 강하점도는 모본(102.4 RVU)보다 높거나 낮은 값을 나타내며 매우 다양한 특성범위(35.6~127.3 RVU)를 보였고, white core(53.9~147.9 RVU), white belly(92.4~128.4 RVU)에서도 유사한 경향을 보였다. 또한 치반점도 역시 opaque로 분류된 계통에서 -45.7~57.8 RVU, white core -0.8~-54.5 RVU, white belly -1.9~-37.5 RVU의 다양한 경향을 나타냈다.
- Rapid viscosity analysis에서 생성된 값들의 상관관계는 peak viscosity과 peak time, trough viscosity와 setback을 제외하고 모두 상관관계를 나타냈다. peak viscosity는 breakdown와 고도의 정의 상관($r=0.913$)을 보였으며, setback과는 부의 상관($r=10.410$)을 나타냈다. Trough viscosity는 final viscosity와 고도의 정의 상관($r=0.950$)을 보였으며, consistency와는 부의상관($r=-0.226$)을 나타냈다. Setback과 consistency와는 고도의 부의상관($r=-0.913$)을 나타냈다.

3. 다양한 특수미 계통 및 고품질, 고 기능성 우수계통 선발 및 육성

가. 목적형질별 우수 고세대 계통의 생산력 예비시험

- (1) 우수 고세대 계통의 기본농업형질, 수량구성요소 등 생산력 검증

- 중간찰, 단간, 내도복 고세대 계통의 생산력 예비시험
 - 생산력 예비시험 중간찰 계통 중 일부 계통은 출수기 등이 분리하여 생산력시험에서 제외하고 기본농업형질이 안정적으로 나타난 2개 계통을 선발하여 기본농업형질 조사를 수행하였다.
 - 화영벼와 중간찰벼를 교배한 후대 계통은 만생 계통으로 수량성이 우수할 것으로 기대되며 우수한 2개 계통을 선발하여 기본농업형질 등을 조사하였다.
- 중간찰 고세대 계통의 생산력 예비시험
 - 화영벼와 중간찰벼를 교배한 후대 계통은 만생 계통으로 수량성이 우수할 것으로 기대되며 공시된 5개 계통 중 우수한 3개 계통을 선발하여 기본농업형질 등을 조사하였으며, 수확 후 종자 및 배유특성에 대한 분석을 추진하였다.
 - 생산력 예비시험 중간찰 계통 중 기본농업형질이 안정적으로 나타난 3개 계통을 선발하여 기본농업형질 조사를 수행하였고, 추후 종자특성과 미질특성에 대한 분석을 추진하였다.
- 찰벼 계통의 생산력 예비시험
 - Sigahabute는 일본 찰벼품종으로 아밀로펙틴의 사슬구조 중 단쇄형 사슬의 비율이 높아 찰성 및 밥맛 특성이 우수한 찰벼 품종으로 주남 및 동진찰벼와 교배하여 화영벼와 중간찰벼를 교배한 후대 계통은 만생 계통으로 수량성이 우수할 것으로 기대되며 공시된 4개 계통 중 주남 후대 1계통과 동진찰 후대 계통 1계통을 각각 선발하였다. 생예-89은 포장 도열병 저항성이 우수하나 다소 키가 큰 특성이 있어 질소 과다 시용시 도복이 우려된다. 생예-92는 지엽의 형태가 완전직립에 가깝고 줄기의 자세가 반직립으로 내도복성이 강한 것으로 판단된다.
- 거대배아미 계통의 생산력 예비시험
 - 공시된 4개 계통 중 일부 조류피해가 있어 기본형질에 대한 조사를 수행하였고, 4개 계통 중 포장에서 병해 발생이 심했던 97번과 99번은 도태시키고 2개 계통을 선발하여 차년도에 생산력 재료로 선발하였다.
- 기타 유색(갈색)미 계통의 생산력 예비시험
 - 유색(갈색)미 계통인 생예-109는 당미/ 적진주 교배조합을 가지며, 출수기는 8월 5일, 간장은 73cm, 수장은 23cm로 조사되었으며, 생예-110은 화영/적진주의 교배조합을 가지며, 출수기는 8월 23일이며, 간장은 83cm, 수장은 23cm로 조사되었다. 전체적으로 균일하고, 이형주가 발견되지 않았다.
- 선발된 생산력 우수 계통의 농업형질조사
 - HJ-8은 2012년, 2013년에 난괴법 3반복으로 농업형질 검정을 실시한 결과, 기본농업형질인 출수기, 간장, 수당립수, 천립중 등의 특성에 있었고, 2013년 포장 재배시험에서 전체적으로 균일하고, 이형주가 발견되지 않았다.
 - HJ-43은 HJ-8과 같은 방법으로 검정을 실시 하였고, 출수기는 8월20일인 중생종이다. 유효분얼수(이삭수)는 14.1개로 보통이며 이삭길이는 20.9cm로 긴 편이다. 모양은 단원형이며, 현미 천립중은 26.30g이다.

나. 내병·내재해성 관련 형질의 유전분석

(1) 보유자원에 대한 내병·내재해성 관련 유전자들의 형질 연관성 분석

- 내재해성 중 종자수명(Seed Longevity)의 관련된 형질과 유전자간의 연관성 분석
 - 벼에서 중요한 특성 중에 하나인 종자수명은 종자의 생산 및 종자활력에 있어서 주요 요인으로 작용하는데, 분자유종에서의 벼의 향상된 저장능력을 가진 새로운 품종을 육종 개발하는데 유용하게 사용될 것이다.
 - 보유자원들의 종자수명 관련 유전자들에 대해서 Haplotype 분석을 진행하였고, 그 중 형질 관련 세 가지 유전자인 *Lox 1*, *Lox 2*, *Lox 3*에 대한 분석을 수행하였다.
 - *Lox 1*, *Lox 2* Haplotype에 대해서 분석 결과 각각 11개의 haplotype과 SNP와 InDel을 포함한 93개, 27개의 variation 부위를 찾을 수 있었다.
 - *Lox 3* 유전자에 대해서 분석 결과 각각 4개의 haplotype과 SNP와 InDel을 포함한 8개의 variation 부위를 찾을 수 있었다.
 - Haplotype 분석을 통해 확인된 결과는 기존에 보고되지 않은 exon 부위의 새로운 SNP와 InDel 부분이 있음을 확인하였다.
- 벼 도열병 저항성 유전자 탐색
 - YL 155, 183 / YL 87 마커 set로 보유중인 자원을 대상으로 확인한 결과 12번 염색체 상의 *Pita* 유전자는 YL 155/YL 87 분석에서는 3품종이 1024bp 밴드를 형성하였고, YL 183/YL 87 분석에서는 1품종이 밴드를 형성하였다. 야생벼에서 유래한 Pi-9 저항성 유전자 탐색을 위해 보유중인 자원을 대상으로 NBS O/U로 증폭된 DNA 단편에 제한효소 Hinf I 제한효소를 처리한 결과 500bp, 460bp, 240bp, 220bp 크기로 절단 되었으며, 5개 type으로 분류 되었다. 이 중 15품종에서 460bp와 220bp 밴드가 형성되어 Pi9-type으로 밝혀졌다.
- 벼 도열병 저항성 유전자(Pi-b, Pi-9) Haplotype 분석
 - 도입자원을 대상으로 haplotype 분석을 이용한 벼 도열병 관련 유전자의 haplotype variation 탐색을 수행하였다.
 - 벼 도열병 저항성 유전자 Pi-b, Pi-9를 이용하여 각각 39 type, 195 type의 haplotype이 확인 되었고, 더 다양한 variation을 도입자원에서 탐색 중에 있다. 추후 후속연구를 통해 variation을 이용하여 마커로 제작 후 보유중인 자원들을 대상으로 도열병 저항성 관련 유전자 탐색 및 phenotype 평가를 수행할 것이다.
 - 재래종 자원 중 도열병에 강한 저항성 또한 중간정도의 저항성을 갖는 33개 품종을 선발하였다. 선발된 33개 재래종 품종의 포장도열병 (1~9, 1 : 무병징, 9 : 고사)와 Bacterial leaf light(K1, K2, K3)에 대한 저항성 정도를 표시하였다. 이들 선발 품종에 대해서는 12개 주요 도열병 유전자에 대한 탐색을 수행하였다. 유전자 탐색에 사용된 마커는 기존에 보고된 논문 등에서 정보를 수집하여 활용하였다.
 - 벼 2번 염색체에 위치하고 있으며, 도열병에 광범위한 저항성을 보여 최근 10년간 가장 많이 활용되었던 *Pib* 유전자는 인디카 품종에서 유래된 것으로 분석된 재래종 유전자원 중에서 10개 품종에서 저항성 유전자가 탐색되었다. 포장 저항성이 가장 높게

나타났던 홍사도를 비롯하여 대체적으로 포장 저항성이 높았던 품종이 대부분 포함되었고, 발나락 등이 발벼와 호미나, 백곡나 등 찰벼 품종이 많았다.

- *Pi-ta*는 Jia 등 (2004)에 의해 개발된 마커를 사용하였다. *Pi-ta*는 우성유전자로서 본 실험에 YL155/87(*Pi-ta* 특이마커), YL183/87(*pi-ta* 특이마커) 두 개의 마커를 사용하였다. 위 마커는 *Pi-ta* 유전자를 정확히 탐색할 수 있는 마커이나 *Pi-ta*와 *Pi-ta2*를 완벽히 구분하지는 못 하는 것으로 보고되었다. 선발된 재래종 33개 유전자원 중에서 앵미, 적선, 선을 제외한 모든 품종에서 저항성 유전자가 탐색되었다.
- 현재 *Pi-b*, *Pita* 유전자에 대한 분석을 수행하였고, 차후 , *Pi-km*, *Pi-i*, *Piz*, *Pi9* 등에 대한 유전자 탐색을 수행할 계획이다. 재래종 품종의 도열병 저항성 유전자 탐색할 뿐만 아니라 포장도열병 평가에서는 저항성을 보이거나 주요 저항성 유전자를 포함하지 않은 자원에 대해서는 추후 도열병 감수성 품종 및 iso-genic 계통과 교배를 통해 육성품종에 유전자를 도입한 중간모본을 육성하고, 관련 유전자에 대한 연관마커 개발 및 유전자 동정 등의 유전연구 재료로 제공할 것이다.
- 벼 도열병 병원균(KJ401)의 형질 연관성 분석 관련 Software(PLINK, GAPIT)를 이용하여 후보유전자 선별을 수행하였다.
- 병 검정 분석결과와 유전형질 분석결과를 가지고 기존에 보고된 2개의 Software를 이용하여 연관 분석하였고, 그 중 질적형질에 이용하는 PLINK Software를 이용하여 4개의 NBS-LRR(Nucleotide-Binding Site Leucine-Rich Repeat) 후보유전자를 확인하였다.
- Anaerobic Germination 관련 유전자의 Haplotype 분석
 - Anaerobic germination 관련 3개의 유전자들의 haplotype 분석이 수행 되었다. Sub1, Sub2, Ramdy3D에서 각각 46개, 18개, 19개 부분에서 variation이 확인 되었다.
- 벼의 Pre-harvest Sprouting(수발아) 관련 유전자의 Haplotype 분석
 - 수발아 관련 유전자 4개의 Haplotype을 분석한 결과, *OsVPI*은 27그룹, *Osaba1*은 29그룹, *Alpha-amylase 3D*은 6그룹, *OsGA20ox1*은 14그룹으로 나누어 졌다. 수발아와 관련된 유전자의 exon부분의 새로운 SNP와 InDel은 nonsynonymous로 확인되었고, 이 결과를 통해 수발아 저항성을 가진 품종을 선발할 수 있고, 위에서 언급한 연구 단계에 기초하여 수발아 형질에 대한 분자적 연구를 수행하고, haplotyping을 통한 SNP 마커개발 할 수 있는 기초자료로 이용가능할 것으로 판단된다.

다. 육성품종의 지역재배적성 평가

(1) 개발예정 품종의 지역재배적성 예비평가 (재배시험: 수원, 예산, 괴산)

- 지역재배적성 예비평가 : 저아밀로스 ‘진상’벼에 대해 지역재배적성 평가
 - 지역재배적성 시험 결과 평균수량성은 515.3kg/10a로 조사 되었고 도복 및 병충해에 는 약한 결과를 보였다.
- 상품화 및 산업화를 위한 품질평가회 개최
 - 개발 육성중인 품종에 대해 대규모 생산력 시험을 수행하였고, 차후 수확된 산물에

대해 농협RPC, 농업기술센터 등과 협조하여 실제 이용자들에게 품질평가회 실시하여 지역 브랜드로서 경쟁력을 평가하였다.

(2) 육성품종의 수량성, 재배안정성 및 지역재배적성 평가

○ 육성 품종의 특허등록 (단간형의 식미 특성이 개선된 벼 신품종 ‘진상’벼 개발)

- ‘진상’은 단간형의 식미 특성이 개선된 벼 신품종으로, 유메추쿠시 계통을 모본으로 하고 밀키퀸 품종을 부분으로 인공교배하여 얻어진 수정란에 N-methyl-N-nitrosourea를 돌연변이 유기물질로 처리한 다음 수확된 종자를 전개하여 형성된 F1에서 단간이면서 돌연변이 유기물질 처리가 확인된 40%이상 불임의 특성을 지닌 개체주를 선발하고, F2 이후 단간이면서 아밀로스 함량이 낮은 특성을 지닌 계통을 선발하는 과정을 통해 육성되어 단간이면서 아밀로스 함량이 낮고 도요 식미값이 높은 우수한 식미 특성이 동일하게 안정적으로 유지되는 벼 신품종이다.
- 본 신품종은 도입 양식미인 고시히까리 등과는 달리 단간 초형이면서 아밀로스 함량이 낮고 단백질 함량이 낮으며, 알칼리붕괴도가 높고 도요 식미값이 높으며 식미특성이 월등히 우수하여 소비자 기호에 부응하는 고품질 벼 신품종인 것으로 평가되었으며, 후대에 걸쳐 우수한 유전적 형질이 균일하고 안정적으로 유지되어 벼 재배농가의 소득증대에 크게 기여할 것으로 기대된다.

○ 육성계통의 지역적 재배 적성 및 친환경 재배 적성 평가

- 2~3년차에 예산, 괴산, 수원 등의 증식포장에서 수행하였던 돌연변이 우수계통 중대립 저아밀로스 양질미 “예농1호”와 거대배아미 “예농2호”에 대한 종자증식 및 친환경 유기농업 기술을 이용하여 재배한 결과를 바탕으로 금년도 품종명칭등록 2건, 품종생산수입판매신고 2건, 품종보호출원 2건 모두 완료하였다.
- 충남 예산 시험포장에서 예농1호, 예농2호와 대조품종인 신동진벼 수량성, 재배안정성 및 지역재배적성 평가를 실시한 결과, 과중시기를 앞당겨 전년도에 비해 전체적으로 출수가 2~3일 일찍 하였고, 간장을 제외한 대부분의 특성에 있어서 변이가 작거나 비슷한 수준으로 확인하였다.
- 경남 밀양 시험포장에서 예농1호, 예농2호와 대조품종인 신동진벼 수량성, 재배안정성 및 지역재배적성 평가를 실시한 결과, 오히려 충남 예산에 비해서 대조품종과의 기본농업형질이 대부분 균일한 수준으로 확인이 가능하였고, 재배시험 중 이형주가 보이지 않았다.
- 기본농업형질인 출수기, 간장, 수장, 포기당 이삭수 등의 연차별 특성평가에 있어서 대조품종인 신동진벼에 비해 차이가 적거나 비슷한 수준으로 재배안정성 및 균일성을 확인할 수 있었다.

(3) 지역브랜드화를 위한 재배지역 특성 분석

○ 지역 농업기상 분석(충남, 경기지역)

- 본 과제를 통해 개발하고자 하는 당진군 등 충남지역의 2011년 4월부터 10월 현재까지의 농업기상은 평균 기온이 18.7℃로 4월달 최저 기온이 영하 1.4℃ 이고, 7, 8월 평균기온은 24.8℃ 수준으로 최고온도는 34℃였다. 이는 수원지역의 동 기간 평균 기온보다 1.8℃ 정도 낮은 온도이고, 최고온도도 수원지역에 비해 낮은 수준이다. 당진군 지역의 기온은 전년도(2010년)에 비해 평균온도 및 월평균최고 온도는 약 1.3~2.0℃ 정도 높은 수준이고, 평균 강수량은 205.2mm 수준으로 2011년 7월 집중적으로 내려 583mm를 기록했다. 이는 지난해 평균 강수량의 2배 수준이며, 최대 강수량은 4배 수준이다. 수원 지역과 비교해서 2011년 및 2010년 평균 강수량은 비슷한 수준이나, 수원지역의 최대강수량이 700mm에 달한 것으로 조사되었다.
- 당진군과 예산군의 일별 기온, 습도, 강수량 등은 비슷한 수준으로 조사되었다.
- 토양특성 분석(당진군, 예산군)
 - 조사지역인 당진군과 농업토양은 표토층에 있어 두 지역 모두 양토가 대부분을 차지(당진군 64%, 예산군 51%)을 차지하였고, 다음으로 당진군은 미사질양토가 25% 정도였으나 예산군의 경우에는 사양토가 34% 정도로 나타났다. 그 외 사토, 식양토는 낮은 비율로 분포하였다.
 - 당진군의 토양지형 분포는 구릉지가 2만 ha로 32.5%를 차지하였고, 선상/곡간지가 23.9%를 차지하였으며, 특히 해안평탄지가 전체 62,105ha의 28.2%인 17,529ha를 차지하여 내염성 품종에 대한 연구개발이 시급하다. 예산군의 경우 구릉지가 27.5%로 가장 많았고, 산상/곡간지가 23.6% 정도였다. 그리고 산악지가 24.9% 정도 차지했다.
 - 당진군의 토양이용현황을 보면 초지와 임지를 더한 면적이 전체의 45.3% 정도를 차지하였고, 논이 43.6%, 밭이 11.1%를 차지하고 있다. 당진군의 전반적인 토양특성을 볼 때, 현재의 초지 및 임지를 활용한 과수 면적 확대 및 밭 면적 확대 등이 가능할 것으로 보인다.
 - 예산군의 경우 당진군의 토양이용현황을 보면 초지와 임지를 더한 면적이 전체의 52.4% 정도를 차지하였고, 논이 32.8%, 밭이 14.8%를 차지하고 있다. 당진군의 전반적인 토양특성을 볼 때, 임지를 활용한 과수 및 밭 작물재배 면적 확대가 가능할 것이다.
 - 당진군과 예산군의 논 면적은 각각 27,073ha, 17,107ha로 당진군이 1.6배 수준이었으나, 당진군의 경우 염해답의 비율이 32.1%를 차지하였고, 예산군은 염해답은 없었으나 사질답이 사질답이 38.2%인 6,530ha로 조사되어 이에 대한 재배적 조치가 필요한 것으로 판단된다.

라. 고 브랜드 상품화를 위한 품종판별 체계 개발

(1) DNA 마커를 이용한 품종판별체계 구축

○ 개발 브랜드의 경쟁력 제고를 위한 품종판별 체계 구축 예비실험

- 1차 품종판별용 마커 선발 : 벼 품종판별 마커set 개발을 위해 본 연구진이 기존에 확보 하고 있는 80개 국내 품종에 대한 157개 마커의 품종다양성 정도(PIC 값)를 조

- 사하였다. 이들 가운데 품종다양성 정도가 높고, 단일 단편을 보이는 마커를 우선으로 하여 30개 SSR 마커를 선발하였다. 이들 중 hetero형이 많이 발생하는 마커와 정보가 부족한 4개 마커를 제외하고 1순위, 2순위로 마커를 선발하였다.
- 이를 기초로 하여 5~10개 내외 마커를 포함하는 마커 set을 개발 중에 있으며, 현재 3개의 마커set을 선정하여 DNA 분석이 완료된 150개 품종에 대해 품종판별 여부를 검증하였다.
 - 현재 생산력 시험 중인 계통에 대해 차년도 생산력 시험을 수행할 계획이며, 이후 우수계통에 대해 품종보호출원 및 특허출원을 진행할 계획이다. 이와 더불어 개발품종의 상품화를 위해 기존의 품종과 구별할 수 있는 DNA 마커 체계를 구축하는 것은 쌀의 품질등급 표시 의무화와 함께 중요한 마케팅 전략으로 판단되며, 개발품종의 산업화에 반드시 필요한 부분이다. 본 연구진 최근 개발된 중간찰벼 품종에 대해 몇 가지 DNA 마커를 이용하여 품종판별을 수행한 바 있다. 즉 RM21, RM 48, RM 246 등 세 개의 마커를 이용하여 기존에 유통되는 중간찰벼 품종의 DNA를 증폭하였을 때 증폭산물의 길이에 차이는 보이므로 이 3가지 마커를 조합할 경우 단편에 신품종을 기존의 중간찰벼와 구분할 수 있었다.
 - Multi-plex PCR을 통해 보다 간편한 마커세트 개발을 추진하기 위해 이들 마커 중 8개 마커를 선발하여 이들의 PCR 반응온도 및 PCR 단편의 길이에 대한 정보를 수집하였다.
 - 이들의 각각의 마커에 각각 형광물질을 달리고, 단편의 길이가 중첩되어 나타나지 않도록 할 경우 ABI 장비를 활용한 fragment analysis를 통해 한 번에 8개 마커에 대한 검사를 수행할 수 있을 것으로 판단하여, PCR 산물의 단편길이가 중첩되지 않도록 동일한 형광색으로 표지하였다.
 - 즉, 표 60과 같이 형광물질을 코딩하는 경우 RM5503과 RM418은 150개 품종에서 탐색된 PCR 단편의 길이가 각각 175~209bp, 254~320bp로 겹치지 않으므로 동일 형광색이나 혼합하여 한 번에 분석이 가능하다. 또한 RM3509와 RM1388은 동일 형광물질로 분석가능하며, RM204와 RM526의 경우 동일한 형광색을 사용가능한 것으로 나타났다. 다만 RM1812와 RM2191은 단편의 길이가 증폭되기 때문에 혼합 분석이 불가능한 것으로 나타났다. 또한 PCR 반응온도 또한 차이가 있어 차후 multi-plex PCR 적용을 위해서도 프라이머의 조정이 필요한 것으로 나타났다. 이러한 문제를 해결하기 위해 RM2191의 마커 정보를 이용하여 동일한 SSR을 포함하면서 PCR 단편의 길이를 50bp 정도 증대시키도록 프라이머를 재설계하였다.
 - 이를 위해 RM2191의 염기서열 정보와 반복염기서열을 확인하고, 주변의 염기서열 정보를 확보(www.gramene.org)하여 PCR 증폭에 문제가 없도록 forward와 reverse 프라이머를 50bp 내외에서 좌우로 시킴으로써 150개 품종의 PCR 단편의 길이가 인위적으로 200~340bp 범위에 나타나도록 프라이머 설계를 수행하고 있다.
 - 설계된 프라이머의 PCR 증폭효율을 평가한 후, 각각 마커에 대해 2개 또는 4개 마커를 동시에 증폭할 수 있는 multi-plex PCR 조건에 대한 추가적인 실험을 수행하여

최대의 효율을 갖도록 설계할 것이다.

- 선발된 8개의 마커를 사용하여 총 2개의 Marker set를 구성하고, UPGMA tree 작성을 통해 판별 정도를 평가하였다.
 - 8개의 마커 set을 사용하여 최종적으로 14개의 벼 품종을 제외한 138(91%)의 품종을 판별 하였다. 추후 국내 품종들을 판별할 수 있는 마커 set · kit 등 품종인증 및 고급 브랜드 개발을 위한 육종 소재로 사용 가능할 것이다.
- MAS를 이용한 벼의 내재해성 특성평가
- Anaerobic stress에 대한 관련 SSR 마커(RM24161, RM3769)들의 166점에 대한 genotyping을 분석하였다. RM24161에서는 18개의 특이적 variation이 발견 되었으며, RM3769에서는 2개의 target 증폭 사이즈보다 30bp 큰 amplicon과 5개 20bp 작은 amplicon들이 확인되었다.
 - K46-1는 nutritional uptake 및 early vigor에 관련된 allele specific 마커로서 166 도입자원에 genotyping시 8개의 amplicon이 마커 유래품종인 kasalath와 같은 패턴을 보였으며, 35개에서 non-amplicon, 2개의 double band 특성을 보였다.
 - 벼에서 알려진 전체 4개의 drought tolerance 관련된 각각의 QTL에 인접한 2개의 SSR 마커들이 도입자원들에 대해 screening 되었다.
 - qDTY₂₂에 인접된 RM236, RM279에서는 각각 2개의 10bp deletion 된 amplicon들이 발견 되었고, 8개의 10bp insertion pattern이 RM279에서 발견되었다. qDTY_{4.1}에는 RM335, RM518에서는 40개의 absence pattern이 166점의 도입자원에서 확인되었으며, 80개의 약 80bp 큰 variation이 RM335 마커 이용 시 탐색되었다. qDTY_{12.1}에 대해서는 RM28048과 RM28199가 사용되었으며, 6개의 small amplicon 20개의 large amplicon이 각각의 마커에서 standard size와 다르게 탐색되었다. qDTY_{3.1}의 RM520, RM16030의 genotype 확인 시 각각 9개, 25개의 large size amplicon이 발견 되었다.
- 발아능력 개선 및 유용자원 선발을 위하여 3년차부터 진행한 혐기성 발아 특성평가에 이어 금년도에는 침수저항성 검정시험을 도입종과 육성종을 대상으로 수행하였다.
- 벼의 침수저항성 검정 결과 중에 벼가 물에 잠기지 않도록 Elongation 타입으로 보이는 자원들 중에서 10품종들을 선발하였고, 대부분이 Japonica 타입으로 확인할 수 있었다.
 - 벼가 물에 장기간 침수될 경우에도 오랜 시간 생존할 수 있는 있는 Quiescence 타입의 특성을 보이는 자원들로는 총 7점을 선발하였고, Elongation 타입과는 다르게 Indica 타입의 품종들이 대부분인 것을 확인할 수 있었다.
 - 최근 국내외적으로 기후변화대응 여러 형질의 내재해성 특성평가를 연구하고 있는데, 본 연구에서는 그 중 벼의 침수저항성에 관련된 Elongation 특성 10점과 Quiescence 특성 7점을 각각 선발하였고, 이를 이용하여 여교배 육종 및 관련 형질 유전자 평가를 수행하였다.

마. 지역연계 브랜드 제품개발

(1) 참여기업과 연계하여 지역연계 브랜드 제품개발

○ 진상벼 시제품 제작 및 사업화

- 동 진상벼에 대해 면천농협, 해풍영농조합, 경성미가, 수라청농협, 팔탄농협, 여주마을정미소에서 대량 생산하여 상품화를 추진하였다. 2015년 기준 생산물 2,200t에 대한 제품화를 통해 매출 기준 44억원 내외의 사업화를 성공적으로 추진하였다.
- 동 생산물은 4kg, 5kg, 10kg 등 대형마트용과 백화점용으로 제품화하였고, 각 생산물은 지역 가공업체 및 지역자치단체 등과 연계하여 ‘당진 해나루’, ‘수라청’ 등 브랜드화를 통해 농협 하나로마트, 이마트, 롯데마트 등을 통해 판매를 추진하였고, 고급화 전략으로 소량 즉석 현미 등의 형태로 신세계 백화점 등에서 판매를 추진하였다.
- 또한 마케팅 확대를 위해 온라인 판매를 추진하여 인터넷 이마트몰 등에 동시에 판매 추진하였다.
- 차년도 생산확대를 위해 현재 육성 중인 고세대 계통 등에 대한 평가를 위해 생산자 단체들과의 원종포장 견학 및 계통 및 품종 평가회를 통해 일부 육성 계통에 대해 차년도 면천농협뿐만 아니라 여주, 이천, 수원 지역 등에서도 시범재배를 추진할 계획이다.
- 또한 본 과제를 통해 육성 중인 중간찰벼 등 기능성 벼 품종에 대한 해외시장 진출을 위해 중국 현지를 방문, 시장조사를 수행하였다.
- 중국 난징 수도연구소에서 육성된 남경 46호(2005년)는 2008년 보급을 시작하여 3년 만에 80만 ha에 재배되는 신품종으로 해외에서도 중간찰벼에 대한 소비자 선호도가 매우 높은 것을 확인하였다.

○ 참여기업별 진상벼 수확 전경 및 사업화실적 현황 (2014년)

- 과제 참여기업들의 진상미 제품생산을 통해 2015년 기준 매출액이 전년도 대비 15~20% 비율로 증가추세를 보였다.
- 중간찰벼인 “진상”의 시제품은 높은 수매단가에도 불구하고 전년도에 이어 재배면적의 증가 추세를 보이고 있고, 금년도부터 CJ제일제당에서 진상벼를 이용한 즉석밥(햇반) 시험재배를 추진하였다.

○ 진상벼 홍보 및 사업확대

- 금년도 생산확대를 위해 현재 육성 중인 고세대 계통 등에 대한 평가를 위해 생산자 단체들과의 원종포장 견학 및 계통 및 품종 평가회를 통해 일부 육성 계통에 대해 면천농협뿐만 아니라 여주, 이천, 수원 지역 등에서도 시범재배를 추진하였다.
- 참여기업인 면천농협미곡종합처리장, 해풍영농조합 및 경성미가 그리고 2012년에 새로 추가된 수라청 농협을 포함해서 작년과 마찬가지로 지역 농가와 계약재배를 통해 2013년 총 2,300t에 대한 시제품 제작 및 생산량을 보여 사업화 성공을 추진하였다.
- 2009~2013년까지 국내 유통되고 있는 주요품종인 추청, 주남, 동진1호, 남평, 일미, 운광의 재배면적은 매년 지속적으로 소폭 감소 추세를 보이고 있으나, 2012년부터 유통된 진상벼는 계약재배로서 다른 품종에 비하여 증가 추세를 보임. 비록 주요품종의 생산량과의 비교는 다소 부족하지만 재배면적의 증가추세 및 증가율, 타 품종비례 5~

10% 높은 수매단가에도 불구하고 저아밀로스, 고단백질함량, 높은 식미 특성 등 고기능성으로 인해 수요에 따른 생산량의 증가가 지속적으로 요구되고 있다.

- 진상벼는 기존의 추청 및 고시히까리 품종을 대체할 수 있는 품종으로써, 기존 품종(추청, 고시히까리) 보다 약 6억9천만원의 농가소득 증대효과를 이룰 수 있다, 이처럼 진상벼의 지역브랜드화는 지역농가 소득 증대 및 지역경제 활성화에 기여할 수 있을 것이다.

○ ‘진상 2호’ 육성

- “진상 2호”는 내도복 다수성인 주남벼를 모본으로 하고 동진찰/밀키퀸(Milky Queen) 교배후대 저아밀로스 계통을 부분으로 교배하여 F₁종자를 얻은 후, 육종기간을 단축하기 위해 F₂부터 1개체 1계통법으로 F₅세대까지 전개하고, 이후 생육, 수량성, 도복저항성 등을 검토하여 육종목표에 부합하는 우량 계통인 JS6-B-52-8-3-5-1을 선발하여 HJ-6로 계통명을 부여하고, 농가의 실증시험에서도 균일성, 재배안정성, 미질의 양질성, 다수성, 내도복성의 우수성이 인정되었다.

- 2개의 SSR마커(RM21, RM48)를 이용할 경우 현재 육성되어 있는 주요 중간찰벼 특성을 갖는 월백, 중생골드, 백진주 1, 백진주, 진상벼와 구분이 가능하고, 모본으로 사용된 주남벼와 동진찰벼의 대립유전자 특성이 ‘진상 2호’로 전달되었음을 알 수 있다. 즉 SSR마커 RM21, RM48의 2개 마커를 이용할 경우 벼 신품종 ‘진상 2호’는 유통 중간찰벼와 구분이 가능하고, 또한 RM21에서 주남벼의 단편을, RM48에서는 동진찰의 단편을 보여 모본 및 부분의 특성을 보이는 것을 알 수 있다.

○ 예농 1, 2호 사업화를 위한 시제품 제작을 위한 준비

- 2012년에는 예산과 수원에 있는 증식포장 외에 충북 괴산의 흙살림에서 친환경 유기농업 기술을 이용한 예농 1, 2호의 지역재배적성, 생산력 검정 시험 등의 친환경재배를 수행하여 예농 1호와 2호 각각 특허출원을 하였고, 2014년에는 품종보호출원을 신청하였다. 2015년부터는 시제품 제작을 위한 유기농 재배를 수행 하였으며, 2016년도부터는 현재 연계기업으로 과제에 참여중인 (주)경성미가, 면천농협미곡종합처리장, 해풍영농조합법인 등의 유통회사를 포함한 생산자, 소비자, 유통상인 종합평가를 수행할 계획이다.

○ 우수계통의 시장성 평가 및 상품화 추진

- 품종전시회

- 2014년 3월19일부터 3월26일까지 서울 KBS본관에서 개최한 “2014 국내육성 신품종대전”에 본 과제를 통해 개발된 저아밀로스 양질미 “예농1호”와 거대배아미 “예농2호”를 전시하여 벼 신품종 홍보를 수행하였다.

- “예농1호”의 시제품 제작 및 상품화

- 2년차를 시작으로 충북 괴산의 흙살림에서 유기농 재배 및 지역재배적성, 생산력 시험 등을 수행한 “예농1호”는 흙살림에서 시제품으로 제작하여 현재 온라인 판매를 추진 중에 있다.

- “예농2호”의 시제품 제작을 위한 시범재배

- 충남 서산에 위치한 농업회사법인 (주)새들만에서 “예농2호” 시제품 제작 및 상품화를 위해, 현재 시범재배 중이다.

4. 고품질, 고 기능성 벼 특허출원 및 품종등록(2건)

가. 들연변이 여교배 후대 선발계통의 품질평가 및 기능성성분 분석

(1) 중대립 저아밀로스 양질미 ‘예농 1호’의 육성

- ‘예농 1’의 기본농업형질 및 종실특성은 신품종 ‘예농 1호’의 식물체 크기가 원품종인 신동진벼에 비해 평균 8.5 cm 정도 작은 특성으로 내도복성 및 수량성이 향상되었고, 이삭의 길이가 22.0mm로 조사되었고, 현미 천립중이 25.3g 수준으로 원품종의 27.73g에 비해 다소 감소한 특성을 보였으나 종자의 무게가 다소 무거운 중대립에 속하였다.
- 육성된 ‘예농 1호’는 현미 종자의 길이가 5.59mm, 폭이 2.93mm, 두께가 1.96mm로 나타나 종자의 크기가 다소 큰 편에 속하였다. 또한 신품종 ‘예농 1호’는 장폭비가 1.89로 원품종의 1.95와 비슷한 중원형의 특성을 보였다.
- ‘예농 1호’의 종실 이화학적 특성을 보면, 신동진벼는 18.87%로 양식미의 기준에 대체로 포함되었고, ‘예농 1호’는 8.76%의 아밀로스 함량을 보여 전형적인 저아밀로스 특성을 보였다. 쌀 전분특성과 관계가 깊은 알칼리 붕괴도는 수분흡수 및 밥의 퍼짐성에 밀접한 관계(Bhattacharya, 1979)가 있다고 하였는데, ‘예농 1호’는 5.9 으로 신동진 벼와 비슷한 경향을 보였다.
- 쌀가루 전분을 충분히 호화(일정 온도 이상으로 가열하면 결정성을 상실하여 전분입자가 혼합된 유동액으로 변하는 현상)한 후, 상온에서 냉각 시 탄성을 가진 겔을 형성하게 되며 시간이 지나면 전분의 재결정화를 측정할 호응집성 평가 결과에서도 신동진 벼는 5.93cm를 나타냈으나 ‘예농 1호’는 이보다 높은 7.48cm로 매우 soft한 호화특성을 보였다. 한국 사람들이 주식으로 하는 자포니카 형의 육성종에서 비슷한 아밀로스 함량과 알칼리 붕괴도를 가진 품종들 중에서는 soft 특성일수록 밥맛이 좋은 것으로 알려져 있다(김광호 등 1990). 미립의 구성성분에서 전분다음으로 많이 함유된 단백질은 신동진 벼에서는 7.9%의 현미 단백질함량을 나타냈으며 ‘예농 1호’에서는 6.8%로 낮은 수준으로 조사되었다.
- 우리나라에서 재배되고 있는 일반계 품종 중에서 밥의 윤기와 식미총평에서 양호한 품종들은 호화온도가 낮고 최고점도와 최종점도가 높다고 하였는데(Choi, 2002b), ‘예농 1호’의 호화온도는 68.3℃로 신동진과 비슷하였으나, 최고점도는 218.7로 신동진벼보다 높게 나타났으나, 최종점도는 41.3로 낮은 경향을 보였다. 호화중의 열 전단(shear)에 대한 저항성을 나타내는 강하점도는 ‘예농 1호’에서 변이모본보다 높은 경향을 보였고, 전분의 노화경향을 반영하는 치반점도는 모본보다 낮은 경향을 보이면서 노화가 느리게 진행되는 일반적인 미반특성과 일치하였다. Choi et al.(2006)은 amylogram 특성에서 강하점도가 높고 치반점도가 낮으면 식미가 양호한 것으로 보고하였는데, 중간찰 특성의 ‘예농 1호’는 신동진과 비교하여 매우 우수한 양식미적 특성

을 보였으며 차후 중간모본으로써 적극적인 검토가 있어야 할 것으로 생각된다.

- ‘예농 1호’의 기능성 성분 특성은 α -tocopherol과 γ -tocopherol에서 신동진 벼는 0.03mg/g, 0.04mg/g로 나타났으며, 예농 1호는 전체 토코페롤 함량에서도 신동진 벼와 비슷한 수준을 보였다.
- ‘예농 1호’는 신동진 벼에 비해 fructose, glucose, sucrose 등 전 유리당 함량이 1.15배 정도로 나타났고, 신동진 벼에 비해 상대적으로 glucose의 비중이 감소되었고, sucrose의 비중이 증가된 것으로 나타났다.
- 쌀 지질은 대부분 중성지질로써 glycerol에 oleic acid(C_{18:1}), linoleic acid(C_{18:2}) 등의 각종 고급지방산 3개가 에스테르 결합한 triglyceride 형태이며, 미립의 지방산 조성은 linoleic acid 50%, oleic acid 25~30%로 대부분 불포화 지방산으로 구성되어 있으며, 또한 포화 지방산인 palmitic acid(C₁₆), stearic acid(C₁₈) 등이 소량 분포되어 있다 (Godber & Juliano, 2003; Lee, 1987; Choudhury & Juliano, 1980; Fujino, 1978). 한편 미립내의 신선한 지질은 호화 시에 아밀로스와 함께 전분 내에서 용출되어 부드러운 촉감과 질감을 주는 양식미의 요건이고, 뿐만 아니라 양질의 oleic acid, linoleic acid, linolenic acid 등의 불포화 지방산은 혈중 콜레스테롤의 상승을 억제하는 것으로 알려져 있다(Choudhury & Juliano, 1980; Juliano, 1985b).
- 신동진 벼와 ‘예농 1호’의 지방산 분포비중은 linoleic acid > oleic acid > palmitic acid > stearic acid > linolenic acid 순으로 분포하였으며, 전체적으로 ‘예농 1호’가 신동진 벼의 1.3배 수준으로 높게 나타났다.
- ‘예농 1호’는 변이모본인 신동진벼와 비슷한 다수계 중대립 종자 특성을 가지고 있으나, 아밀로스함량이 신동진 벼의 18%에 보다 낮은 8.9% 수준으로 나타났고, 알칼리 붕괴도 등에서 호화가 잘 되는 특성을 보였으며, 신속점도 분석결과 변이모본인 신동진 벼에 비해 강하점도가 높고, 치반점도가 낮은 양질미의 특성을 보이는 것으로 밝혀졌다. 따라서 ‘예농 1호’는 추후 양질의 고급 쌀로서의 그 활용이 적극적으로 검토될 필요가 있는 것으로 판단된다. 기타 저장단백질, 생리활성물질인 토코페롤, 유리당 및 지방산은 변이모본과 비슷한 수준인 것으로 나타났다.

(2) 중대립 거대배아미 ‘예농 2호’의 육성

- ‘예농 2호’의 기본농업형질 및 종실특성은 ‘예농 2호’와 변이모본인 신동진벼의 주요 농업형질을 비교하였다.
- 신품종 ‘예농 2호’의 식물체 크기가 원품종인 신동진벼에 비해 8.4cm 정도 작은 특성으로 내도복성이 향상되었고, 현미천립중은 감소하였다.
- 신품종 ‘예농 2호’는 현미 종자의 길이가 5.68mm, 폭이 3.07mm, 두께가 1.99mm로 나타났다. 또한 신품종 ‘예농 2호’는 장폭비가 1.85로 원품종의 1.95에서 다소 감소한 중원형의 특성을 보였는데, 이는 원품종에 비해 현미종자의 길이와 폭이 각각 93.9%, 97.4% 수준으로 길이의 감소가 폭의 감소 보다 다소 크기 때문인 것으로 나타났다. ‘예농 2호’의 현미종자 폭은 원품종의 92.3% 수준으로 현미종자 길이의 감소와 함께

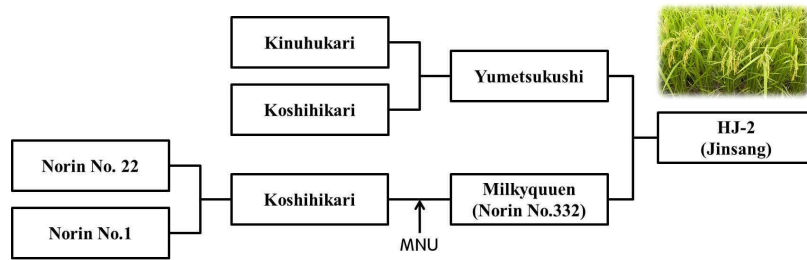
현미 1,000립중 감소의 원인인 것으로 판단된다.

- ‘예농 2호’의 이화학적 특성을 보면, 신동진벼와 예농 2호는 각각 18.87%, 20.3%로 양 식미의 기준에 대체로 포함되었고, 신동진 벼는 붕괴정도가 6으로 나타난 반면 ‘예농 2호’는 4.6 정도로 대체로 낮은 퍼짐정도를 보였으며, 쌀가루 전분을 충분히 호화(일정 온도 이상으로 가열하면 결정성을 상실하여 전분입자가 혼합된 유동액으로 변하는 현상)한 후, 상온에서 냉각 시 탄성을 가진 겔을 형성하게 되며 시간이 지나면 전분의 재결정화를 측정할 호응집성 평가에서 신동진 벼는 5.9cm를 나타냈으나 ‘예농 2호’는 이와 비슷한 6.2cm로 나타났다. 단백질 함량은 신동진 벼에서는 7.9%의 현미 단백질 함량을 나타냈으며 ‘예농 2호’에서는 8.3%로 비슷한 수준으로 나타났다.
- ‘예농 2호’는 호화온도는 68.1℃로 신동진과 비슷하였으나, 최고점도, 최종점도가 각각 202.8, 187.6로 신동진벼 보다 높게 나타났고, 최저점도 또한 85.0로 신동진 벼에 비해 높게 나타났다. 그 외 강하점도, 치반점도, 응집점도 등은 비슷하게 나타났다.
- ‘예농 2호’의 기능성 성분 특성을 보면, α -tocopherol과 γ -tocopherol에서 신동진 벼는 0.03mg/g, 0.04mg/g, 전체 토코페롤 함량은 0.13mg/g으로 나타났는데, 예농 2호는 α -tocopherol이 2.5배 높은 함량을 보였고, 전체 토코페롤 함량에서도 신동진 벼의 2배 정도로 나타났다. 미립의 저장토코페롤은 항산화 효과에 있어 $\alpha < \beta < \gamma < \delta$ 의 순서로 알려져 있으며(Niki *et al.*, 1986), 온도와 기질의 종류에 따른 조건에서 γ -, δ -tocopherol은 α -tocopherol에 비하여 우수한 항산화성이 있다고 하였는데(Koskas *et al.*, 1984; Ikeda & Fukuzumi, 1977), 예농 2호의 δ -tocopherol은 신동진 벼의 6.5배 수준으로 나타났다. 따라서 차후 예농 2호의 기능성적 연구가 더욱 검토되어야 할 것으로 생각된다. 한편 미국과 일본 등지에서는 ‘MaxLife Rice Tocotrienols’, ‘NutriRice’ 등 미강 중 토코페롤과 토코트리엔올을 활용한 수십 종의 다양한 건강보조식품 및 화장품까지 개발·시판되고 있으며, 쌀이 주곡작물인 우리나라에도 한 가지 종류의 완제품이 수입되어 판매되고 있다. 따라서 차후에 다양한 기능성 식품으로 활용 가능할 것으로 생각된다.
- 현미의 유리당 함량 분석결과, ‘예농 2호’는 신동진 벼에 비해 fructose, glucose, sucrose 등 전체 유리당 함량이 1.5배 정도로 나타났고, 신동진 벼에 비해 상대적으로 glucose의 비중이 감소되었고, sucrose의 비중이 증가된 것으로 나타났다.
- 현미의 지방산 분석은 신동진 벼와 ‘예농 2호’의 모두 지방산 분포비중은 linoleic acid > oleic acid > palmitic acid > stearic acid > linolenic acid 순으로 분포하였으며, 특히 ‘예농 2호’에 함유된 불포화 지방산인 linoleic acid, oleic acid, linolenic acid는 신동진 벼보다 2.8~4.1 배 많았고, palmitic acid, stearic acid는 4.6~5.25배 정도 높은 함량을 나타냈다.
- ‘예농 2호’의 단백질 함량은 신동진 벼 보다 다소 높은 경향을 보였고 생리활성물질의 토코페롤에서도 2배 이상 많이 함유하고 있으며 불포화지방산이 모본보다 약 3배로 다량 함유한 것으로 밝혀졌다. 따라서 ‘예농 2호’는 추후 유용한 기능성 쌀로써의 그 활용이 적극적으로 검토될 필요가 있는 것으로 판단된다.

VI. 연구성과 및 성과활용 계획

1. 단간형의 식미 특성이 개선된 벼 신품종 ‘진상’ 육성

- ‘진상’은 단간형의 식미 특성이 개선된 품종으로서 유메추쿠시 계통을 모본으로, 밀키퀸 품종을 부분으로 인공교배 하여 얻어진 수정란에 돌연변이 유기물질 MNU (*N-methyl-N-nitrosourea*)를 처리한 후, 단간이면서 아밀로스 함량이 낮은 특성을 지닌 계통을 선발하는 과정을 통해 육성되었다.



<진상벼 육성 계통도>



<진상벼의 정조사진과 현미 사진>

- ‘진상’벼는 도입 양식미인 고시히까리와는 달리 단간 초형이면서 아밀로스 함량과 단백질 함량이 낮고, 알칼리 붕괴도와 도요 식미값이 높아 식미특성이 우수한 것으로 평가되었다.



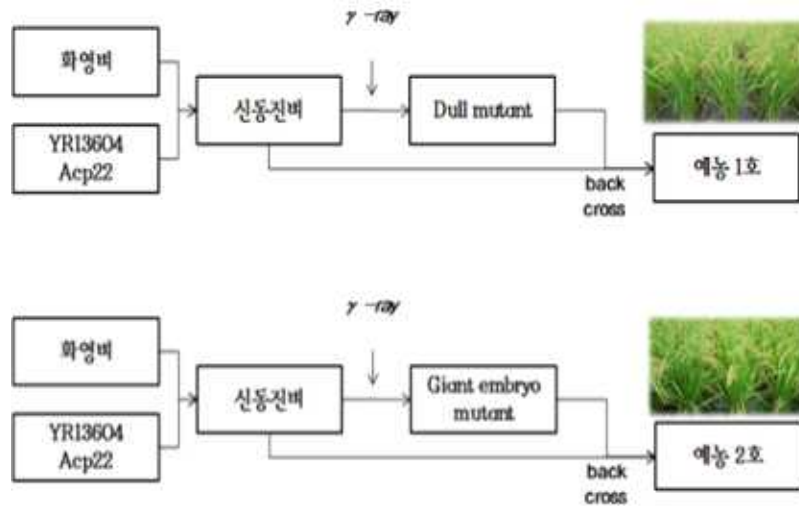
면천농협 (주)경성미가 수라청농협 청담동 신세계 SSG 푸드마켓 팔탄농협

<참여기업별 진상벼 시제품 사진>

2. 돌연변이 처리와 여교배를 통해 선발된 종실 돌연변이 양질미 신품종 ‘예농1호’, ‘예농2호’

- γ선 처리를 통해 유기된 저아밀로스 및 거대배 돌연변이체에 양질이며 다수계 품종의 모본

을 여교배하여 중대립 저아밀로스 양질미 ‘예농1호’와 신동진벼에 비해 쌀눈의 크기가 3배 이상 큰 고기능성 거대배아미 특성을 갖는 ‘예농2호’를 육성하였다.



<예농1, 2호 육성 계통도>



<(가): 2014 국내육성 신품종 대전, (나): 예농1호와 예농2호 벼의 정조사진과 현미사진, (다): 품종 간 단백질의 차이를 보여주는 SDS-PAGE>



<벼 품종육성을 위한 추진전략>

- 미질관련 유용유전자원을 선발하여 고품질, 고기능성 벼 품종육성을 위한 계통을 육성한 뒤, 육성된 벼 계통들의 이화학적 특성, 농업특성, 식미특성, 수량성, 지역재배적성 및 기능성에 따른 가공특성과 상품성 평가(참여기업과 연계)를 통해 경쟁력 있는 지역연계

브랜드 벼 품종을 개발하였다.

3. 단간형의 식미 특성이 개선된 벼 신품종 ‘진상’을 통한 성과지표

(단위 : 건수)

구분	기술실시(이전)	상품화	정책자료	교육지도	언론홍보	기타
활용건수	5	2 4			9	전시회 1

- 1) 상품화 : 면천농협(해나루 진상미), (주)경성미가(싱싱미 진상미), 수라청RPC(수라청 진상미), 팔탄농협(고소미 진상미)
- 2) 언론홍보 : 디지털농업 2012년 8월호 (42~44페이지)
- 3) 언론홍보 : 여주타임즈 (2012. 09. 10)
- 4) 언론홍보 : SBS 생방송 투데이 (2012. 09. 25)
- 5) 언론홍보 : 뉴스1 (2012. 11. 29)
- 6) 언론홍보 : 아시아뉴스 (2012.11.30)
- 7) 언론홍보 : 농민신문 (2013. 01. 09)
- 8) 언론홍보 : 경기신문 (2013. 10. 07)
- 9) 언론홍보 : 기호일보 (2013. 10. 09)
- 10) 언론홍보 : KBS1 6시 내고향 (2014. 12. 15)
- 11) 기술이전 : 단간형의 식미 특성이 개선된 벼 신품종 변종식물 ‘진상’의 노하우 (2012. 09. 05) 4건 (대상기관명 : 면천농협미곡종합처리장, (주)경성미가, 팔탄농협미곡종합처리장, 수라청농협미곡종합처리장)
- 12) 기술이전 : 거대배를 갖는 신품종 벼 (2014. 09. 15) 1건 (대상기관명 : (주)시드피아)
- 13) 기타(전시회) : 2014 국내육성 신품종 대전 (2014. 03. 19)



○ 진상벼에 대해 면천농협, 해풍영농조합, 경성미가, 수라청농협, 팔탄농협, 여주마을정미소에서 대량 생산하여 상품화를 추진하였다. 2015년 기준 생산물 2,200t에 대한 제품화를 통해 매출 기준 44억원 내외의 사업화를 성공적으로 추진하였다.

구분	제품명	제품출시일	2015년도 매출액(백만원)	해당기술의 매출액 기여율(%)
1	면천농협미곡종합처리장	2012.10.15	630	1.3%
2	(주)경성미가	2012.10.25	1,050	28.8%
3	수라청연합농협	2012.10.20	1,050	14.3%
4	팔탄농협	2012.11.01	1,050	3.3%
5	여주 마을정미소	2015.10.10	630	1.3%

- 과제 참여기업들의 진상미 제품생산을 통해 2015년 기준 매출액이 전년도 대비 15~20% 비율로 증가추세를 보였다.

4. 돌연변이 처리와 여교배를 통해 선발된 종실 돌연변이 양질미 신품종 ‘예농1호’, ‘예농2호’

구 분	지식재산권 등 명칭 (건별 각각 기재)	국 명	출원			등 록			기 타
			출원인	출원일	출원번호	등록인	등록일	등록번호	
발명특허	아밀로스 함량을 낮춘 신품종 벼		공주대학교 산학협력단	2012.10.26	10-2012-0119617	공주대학교 산학협력단	2014.11.18	10-1464828	
발명특허	거대배를 갖는 신품종 벼		공주대학교 산학협력단	2012.10.26	10-2012-0119627	공주대학교 산학협력단	2014.11.18	10-1464829	
신품종	예농1호		공주대학교 산학협력단	2014.10.15	2014-498				
신품종	예농2호		공주대학교 산학협력단	2014.10.15	2014-499				



<예농1, 2호 지식재산권(특허, 품종보호)>

기탁일자	기탁 자원	기탁인	기탁기관	기탁번호
2012. 10. 17	예농 1호 벼 종자	박용진	한국생명공학연구원 생물자원센터	KCTC12291BP
2012. 10. 17	예농 2호 벼 종자	박용진	한국생명공학연구원 생물자원센터	KCTC12292BP



<예농1, 2호 특허기탁>

SUMMARY

(영문요약문)

Selection and screening for beneficial genetic resources including high quality and high level functionality from rice germplasm: In the results of evaluation for essential agricultural characters, Jinbuol Byeo, Odae Byeo and Jopyeong with very early flowering, high quality and multiple disease resistant lines were selected from the 260 domestic breeding accessions. Liman Belozernij and AKAGE with very early flowering were selected by the assessment of flowering timing from 130 of introduced accessions. ATSUTA GAISEN and BARABARA MOCHI as intermediate parent for crossing with semi-dwarf and long stem length lines were selected by evaluation of flowering timing, stem length, thousand grain weight and amylose contents from Kaju germplasm in Japan. *Evaluation of grain quality and functional property from rice germplasm:* Hanyangjo with high level of palmitic acid and Chigyeongdo with high level of linoleic acid were selected by analysis of lipid contents from landrace. *Evaluation of disease resistance and abiotic stress tolerance:* Mimyeon, Cheongdam, Sinunbong Byeo, Heugjinju Byeo, Munjang Byeo and Dongjin Chal Byeo were classified as resistant line. Dongjin Byeo which is susceptible to rice blast was susceptible to *KII197* pathogen but high resistant to *KJ401* pathogen. *Introducing new variations through artificial breeding:* Crossings between lines with early flowering, encouraged breedings, Pocareri with salt tolerance, blast resistant landraces and landraces with high contents of Palmitic acid had been conducted to give the breedings enhanced agricultural property as well as dull, waxy, giant embryo, early flowering, salt tolerance and blast resistance. Abroad intermediate lines were used to introduce waxy genes. Pedigree cultures and inbreedings were also carried out. *Provoking genetic mutations to elite lines to enhance characteristics:* Genetic mutations to encouraged breeding Hopum and Hanareum2, Junam Byeo, Chinnong and Hongjinju were provoked and selected in field to improve yield ability and health functional ingredient. *Evaluation of characteristics of mutation pedigree:* BC₁F₃ was fostered by backcrossing of lines with chalky kernel, giant embryo and hazy seed from Shindongjin Byeo mutants. In the result of field experiment, BC₁F₃-128 was of long ear. Pedigrees of hazy seed and giant embryo were stable through repeated experiments, and were applied for a patent and protect after production performance test. *RVA characteristic test of mutant line:* RVA characteristic tests were conducted with embryonic mutants of Shindongjin Byeo. Production performance test were conducted with superb lines of various special lines, high quality lines and high functional lines. *Genetic analysis of disease resistant and abiotic stress tolerance traits:* Genome-wide association studies and haplotype analysis for disease resistant and abiotic stress tolerance traits were conducted from rice germplasm. In the results, 34 accessions showed particular response to *Pi-ta* marker and 15 accessions showed particular response to *Pi-9* marker. In

the introduced lines, 93 and 195 haplotypes were observed for each of *Pi-b* and *Pi-9* marker. Four candidate genes for *NBS-LRR* were identified. Total 26 haplotypes and 128 polymorphic loci were observed for *Lox 1*, *Lox 2* and *Lox 3* genes related with seed longevity. In the results of haplotype analysis for anaerobic germination relative genes, 46 for *Sub1*, 18 for *Sub2* and 19 for *Ramdy3D* variations were identified. Total 27 haplotypes for *OsVP1*, 29 for *Osaba1*, 6 for Alpha-amylase 3D and 14 for *OsGA20ox1* variations were showed. *Assessment of culture area adaptability*: Test for culture area adaptability on low amylose content ‘Jinsang’ showed that ‘Jinsang’ had 515.3kg/10a and was susceptible to lodging and disease resistance. Finally patent application for ‘Jinsang’ was completed. Also, Two of cultivar registrations, 2 of reporting import, production and sales and 2 of application for protection processes were completed for ‘Yenong1’ originated from superb mutant and of semi-large seed and of low amylose content and ‘Yenong2’ with giant embryo. *Development of discrimination system for valuable branding*: Total 30 SSR markers were selected for discrimination of varieties and tested to 150 varieties, 8 marker set compatible with multi-plex PCR showing 91% accuracy were established finally. Also, SSR markers for anaerobic stress, *K46-1* allele specific markers for nutritional uptake and early vigor were introduced, and the results of test using the marker showed 25 polymorphisms for anaerobic stress and 43 polymorphisms for nutritional uptake and early vigor in 166 introduced varieties. *Development of new brand for linked regions*: Myeoncheon Nong Hyup Rice Processing Complex and KYUNGSUNG MIGA landed launching of the brand of ‘Jinsang’ as well as large quantity production. Myeoncheon Nong Hyup Rice Processing Complex, HEPUNG farming/agricultural association corporation, KYUNGSUNG MIGA, Suracheong Nong Hyup, Paltan Nong Hyup and Yeojumiga worked with together and leaded successful commercialization with 4.4 billion of sales from 2,200ton of products in 2015. The sales were increasing 15–20% per year by 2015. CJ prosecuted test cultivation for instant rice with ‘Jinsang’. HEUKSALIM took charge of launching the brand of ‘Yenong1’ and ‘Yenong2’ and conducted test cultivation with environmentally friendly production technics, and finally competed the application patent and protection for the varieties by 2014. ‘Yenong1’ and ‘Yenong2’ were displayed at ‘2014 Korea New Cultivars a State Ceremony’ hosted by KBS. HEUKSALIM is now prosecuted online sale for ‘Yenong1’. ‘Yenong2’ is on the test cultivation with SAEDLEMAN to build a prototype and branding. *Application patent and registration variety for the rice with high quality and high functional property*: The characteristics of ‘Yenong1’ were high yield and medium large grain, low amylose content, well gelatinization, high breakdown and low setback indicating good quality. The characteristics of ‘Yenong2’ were high level in linoleic acid, oleic acid, linolenic acid, palmitic acid, stearic acid. Especially, ‘Yenong2’ had high content of various bioactive substances such as tocopherols and unsaturated fatty acid.

CONTENTS
(영 문 목 차)

Chapter 1 Summary and performance objectives	31
1 Objectives, necessity and scope	31
2 Achievements compared to the aim	35
Chapter 2 International and domestic level of technology	39
1 International and domestic level of technology	39
2 Significance, meaning and effects	44
Chapter 3 Methods and results	45
1 Methods	45
2 Results and discussion	84
Chapter 4 The ratio of achievement compared to the aim	162
1 Achievements and contributions	162
2 Quantitative achievements	166
Chapter 5 Achievements and application plan	170
1 Plan for practical use and industrialization	170
2 Plan to spread the developed technology	171
3 Plan for the application patient	174
4 Application plan	176
Chapter 6 Information of the latest technology	178
Chapter 7 Facilities and equipments	182
Chapter 8 Report of safety management	182
Chapter 9 References	185

목 차

제 1 장 연구개발과제의 개요 및 성과목표	31
제 1 절 연구개발의 목적, 필요성 및 범위	31
제 2 절 연구성과 목표 대비 실적	35
제 2 장 국내·외 기술개발현황	39
제 1 절 국내·외 기술개발현황	39
제 2 절 연구결과가 국내·외 기술개발현황에서 차지하는 위치	44
제 3 장 연구개발 수행 내용 및 결과	45
제 1 절 연구방법 및 내용	45
제 2 절 연구결과 및 고찰	84
제 4 장 연구개발 목표달성도 및 기여도	162
제 1 절 연구개발목표의 달성도 및 기여도	162
제 2 절 정량적 성과	166
제 5 장 연구개발 성과 및 성과활용계획	170
제 1 절 실용화·산업화 계획(기술실시 등)	170
제 2 절 교육·지도·홍보 등 기술확산 계획	171
제 3 절 특허, 품종, 논문 등 지식재산권 확보계획	174
제 4 절 추가연구, 타연구에 활용 계획	176
제 6 장 연구개발 과정에서 수집한 해외과학기술정보	178
제 7 장 연구시설·장비 현황	182
제 8 장 연구실 안전관리 이행실적	182
제 9 장 참고문헌	185

제 1 장 연구개발과제의 개요 및 성과목표

제1절 연구개발의 목적, 필요성 및 범위

1. 연구개발의 목적

- 본 연구과제는 쌀의 부가가치 제고와 지역연계를 위한 경쟁력 있는 브랜드 벼 품종을 육성을 위해, 벼 유전자원 활용 고품질 · 고 기능성 등 유용자원을 탐색과 선발하여 선발된 유용자원과 육성 중인 돌연변이 계통의 주요 특성검정을 통해 다양한 특수미 계통과 고품질 · 고 기능성 우수계통을 선발 육성하여, 고품질 · 고기능성 벼의 특허출원 및 품종등록(2 건)을 하고자 함.
- 고품질 · 고기능성 벼 품종육성을 위한 미질관련 유용 유전자원을 탐색과 선발하고, 선발된 유용자원과 육성 중인 돌연변이 계통간의 교배 및 돌연변이처리를 통한 품종다양화 계통을 육성하여, 육성된 고품질 · 고기능성 벼 계통들의 이화학적 특성, 농업특성, 식미 특성, 수량성, 지역재배적성, 및 기능성에 따른 가공특성과 상품성 평가 (참여기업과 연계)하며, 육성된 계통에 대한 가공특성, 미질특성 분석을 통한 경쟁력 있는 지역연계 브랜드 벼 품종(2 종) 개발하고자 함.

2. 연구개발의 필요성 및 범위

- 벼는 세계적으로는 물론 우리나라의 가장 중요한 식량공급원일 뿐 만 아니라, 경제적으로도 대단히 중요한 위치를 점유하고 있음 (2002년도 국내 쌀생산액은 10조 475억원이며 이는 농업생산액의 32.6%에 해당). 식량안보 이외에도 쌀을 생산하는 논의 공익적 기능은 년 13조 4천억원 (홍수조절, 지하수함양, 대기정화 등)이고, 쌀산업에 부수되는 농공업, 서비스업 등 국가 경제전반에 미치는 영향이 지대함.
- 우리나라 여러 회사들에서 특수미를 개발 시판하고 있으나, 쌀 표면에 영양성분을 코팅하거나 수확 후 가공 처리를 달리한 제품이 대부분이고, 수확 후의 가공처리 만으로는 고 건강기능성 쌀 제품 개발에 한계가 있음. 또한 소비자의 기호에도 부응하기 어려움으로 특수미 품종 자체를 다양화하고 이에 부가적으로 제품화기술이 수반되어야 소비자와 생산자를 모두 만족시킬 수 있음.
- 우리나라 쌀 생산량은 크게 증가한 반면 국민 식생활 형태 변화로 쌀 소비량은 2002년 415톤에서 2007년도 379톤으로 최근 5년간 11.6% 감소했으며, 재배면적 또한 2002년 105만ha에서 2007년 95만ha로 7.8% 감소함. 그에 따라 산지 RPC들의 경영이 악화되어 지역경제에 위협이 되고 있음으로 각 지역에서 지속적인 수급 안정을 위해 일반쌀, 가공식품, 편의식품 등 쌀 제품을 다양화하는 전략 및 신수요 창출이 필요함.
- 2008년 가공용 쌀 소비량은 26만 7,000톤으로 2007년 10만 1,000톤보다 2배 이상 증가하였으나 1인당 쌀 소비량은 2008년 75.8kg으로 10년 전인 1998년 쌀 소비량 98kg보다

23kg이나 줄어 쌀 가공식품이 쌀 소비 촉진의 대안이 될 수 있음을 시사함.

- 우리나라 쌀수입 물량은 2005년도 22만톤에서 2009년 30만톤으로 해마다 증가하여 2014년도에는 40만톤까지 증가할 것으로 추정됨에 따라 우리쌀의 경쟁력을 향상시키고 부가 가치를 제고하여 쌀산업의 이윤을 극대화하여야 하며 수출지향적인 연구개발을 서둘러야 함.
- 쌀에서 기능성식품 신소재의 개발을 통하여 의약과 식품의 중간형태로써 소비될 수 있는 식품산업분야를 창출하여, 식품산업계의 새로운 활력을 가져올 재료로서 건강기능성 특수미의 이용방안을 검토할 필요성이 있음.
- 우리쌀의 경쟁력 제고를 위해 가장 필요한 것은 품질의 고급화이며, 고건강기능성 물질이 강화된 벼 품종을 육성하여 국제신품종보호동맹(The International Union for Protection of New Varieties of Plant, UPOV) 체제하에서 종자와 쌀을 수출할 수 있도록 적극적으로 노력하여야 함. 또한 특수미의 건강기능성 성분을 의약 제품화하여 수출의 길을 열어야 함.
- 최근 일본 기능성 도입품종인 밀키퀸은 유기농으로 재배되어 고가(8,000원/1kg)에 판매되고 있으며, 소비자로부터도 호평을 얻고 있으나 로열티를 지급해야 하는 문제로 우리나라에서 자체 개발된 다양한 고기능성 고품질의 벼 품종개발이 필히 요구됨.



자료출처:<http://cafe.naver.com/happyorganic/2029>

<철원지역에서 판매되고 있는 일본 도입품종 밀키퀸 쌀 제품>

- 만약에 우리가 개발하지 않고 외국에서 개발되는 건강기능성을 강화한 쌀과 제품을 도입할 경우 엄청난 액수의 특허이용료를 지불하던지 또는 제품수입으로 인한 무역적자의 폭을 확대시킬 것임. (농산물무역적자 2005년 108억달러에서 2008년 188억달러로 해마다

증가).

* 참고 : 자포니카쌀을 '99 국제시장 가격으로 우리나라 소비량의 5% 도입 시 연간 1억달러 이상 소요됨 (25만톤/년 x US\$ 450/톤 = US\$ 112,500,000/년). 특수미 제품은 과거 '흑미'의 예를 보더라도 2배 이상 가격이 높을 것이며 만일 전체소비량의 5%에 해당하는 특수미를 수입한다면 따라서 연간 2억5천만 달러 이상을 수입해야 할 것임.

- 대규모 작물별 유전자원집단(Large Collection)을 보존하는 것은 많은 예산이 소요되므로, 본 연구를 통해 소규모 core set를 작성 제공하여 많은 연구자 혹은 육종가가 자원을 보다 더 효율적 활용하도록 하여 유전자원 활용도를 증진시켜 핵심자원을 이용 유전자원 신품종육성 제고를 통한 종자산업의 기반을 강화시켜야 함.
- 미질관련 다양한 유전자원을 선별하고 최근 많은 연구가 이루어지고 있는 DNA 마커 등 Molecular Designed Breeding을 이용하여 고품질 벼 신품종 개발기반을 구축하고 우량 품종개발 보급 산업기반 구축이 필요함.
- 벼 유전자원의 산업적 활용증진을 위해, 이용성 평가 정보 활용 시스템을 구축하고, 유용 자원의 기능성물질 고 함유 자원을 선별하여 농가, 산업체에 제공함을 목적으로 하며, 정책차원에서 중요 기능성 벼 유전자원에 대해서는 농가소득 및 농업생명산업 지원차원에서 제품개발을 통해 부가가치 창출을 위한 자원선발 활용 및 관련 산업화 기술개발이 절실한 실정임.
- 벼 유전자원의 산업화는 전통식품의 신규용도 제품개발과 비만, 골다공증, 당뇨 등의 현대병에 부응하는 6,856억\$ 이상의 건강기능성 식품시장 확대와 5억 8,105만\$에 달하는 수입대체효과를 기대할 수 있으며, 1조 4,000억원 이상의 국내기능성 음료시장, 700억원 숙취해소 음료시장 및 2조 3,000억원 국내건강식품 시장의 확대(2006년)를 촉진하고, 이에 따른 농민소득증대와 생명산업의 확대발전을 촉진하는 효과를 기대할 수 있음.
- 최근 생활이 풍요해지며 노령화사회로 진입함에 따라 질병의 양상도 변모되어 암이나 만성, 퇴행성 질환 즉 성인병으로 인한 사망률이 점점 높아지고 있음. 일상적으로 섭취하는 식품의 고기능화에 의한 식생활 개선을 꾀하고자 기능성 식품에 대한 관심이 고조되고 있음. 주곡식품인 쌀의 일상적인 소비를 통하여 암이나 성인병을 예방할 수 있다면 노령화사회에서 개개의 국민에게 돌아갈 부담을 감소시키는데 큰 역할을 할 것으로 판단됨.
- 지방과다섭취, 과음 또는 복잡한 현대사회의 스트레스에 의해서 유도되는 고지혈증, 동맥경화증 등의 만성질환은 중·장년기부터 급격히 증가하는 위험한 질환이므로 치료·예방대책 관리를 위해 지질대사 개선용 기능성식품 및 건강증진식품의 개발이 요구됨.
- 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 것임.

- 주식으로 이용되는 쌀 및 쌀 가공식품을 생리활성 효과가 우수한 기능성식품 품목으로 적극적으로 개발·이용함은 우리나라의 식문화 발전 계승의 의미에서도 의의가 큼.
- 우리나라의 벼 품종개량 기술은 수량성, 식미품질 등에서는 세계적인 수준이며 우수품종들이 다수 육성되어 있으나, 건강기능성 물질을 다량 함유하는 다양한 특수미질 품종 개발은 미흡한 실정임.
- 이미 본 연구진은 고당미, 중간찰벼, 찰벼, 향미벼, 유색미 등을 개발하여 예비분석한 결과 고당미의 경우, 농촌진흥청에서 2008년도 품종등록한 단미벼와 당함량을 비교하여 떨어지지 않고, 천립중(단미벼 13.8g, 고당미 17.8g), 수량성(단미벼 현미수량 280kg/10a, 고당미 정조수량 420kg/10a) 등 기존의 육성된 고당미 품종보다 매우 우수함이 입증된 바, 쌀의 부가가치 제고에 귀중한 재료가 될 것이나 이에 대한 유전, 육종연구가 미흡한 실정임.
- 특수미는 일반미에 비하여 지질과산화 억제 및 활성산소 라디칼 (Reactive Oxygen Species) 소거능력으로 대표되는 항산화활성과 항돌연변이 활성 및 초기 간암억제활성이 월등히 우수 항산화성 물질이 풍부할 것으로 예상되며, 내재성 면역계의 주역인 섭식세포(phagocyte)의 비정상적인 활성화를 막고, 종양괴사인자 (Tumor Necrosis Factor) 등의 사이토카인의 분비를 조절하는 biological response modifier 로 작용할 가능성이 큼. 따라서 특수미에 함유된 항산화물질 가운데 대표적인 지용성 항산화물질인 tocopherol과 oryzanol, 수용성 항산화물질인 페놀산의 함량을 평가하고, 함량과 항암 및 면역기능 증강활성과의 관련성을 조사할 필요가 있음.
- 특수미 품종들은 일반미에 비해서 생리활성 효과를 가지는 특수성분(식이섬유, 불검화물, 플라보노이드 화합물)이 다량 함유되어 있을 가능성이 큼. 또한 특수미를 발아 및 발효시키면 그 과정을 통해서 구성성분들의 변화가 예상되며, 그 결과 탄수화물, 지질, 단백질대사와 관련된 효소 및 대사산물에 기인하는 다양한 생리활성 물질 생성도 기대되므로 이들의 다각적인 검색이 필요함.
- 특수미가 보유하는 생리활성물질들이 고지혈증, 동맥경화 및 당뇨병의 예방치료에 어떠한 효과가 있는지 동물실험을 통한 영양 생리학적 검토가 필요함.
- 개발한 특수미들을 두 종 이상 결합시켜 품종을 육성함으로써 단독시 보다 월등히 우수한 건강기능성 쌀이 육성될 수 있음. 본 연구진은 이미 다양한 특수품질이 결합된 계통들을 육성 중에 있음.
- 표현형 중심의 전통적인 유전자원의 평가를 활용에서 좀 더 나아가 유전자 정보를 이용하여

유용유전자를 갖는 자원을 평가, 선발하여 활용하는 새로운 시대의 유전자원 연구가 필요함.

제2절 연구성과 목표 대비 실적

1. 정성적 성과

- 벼 유전자원 활용 고품질, 고 기능성등 유용자원 탐색 및 선발
 - 고품질, 고기능성 벼 품종육성을 위한 미질관련 유용 유전자원 탐색 및 선발함
- 선발된 유용자원 및 육성 중인 돌연변이 계통의 주요특성검정
 - 선발된 유용자원과 육성 중인 계통간의 교배 및 돌연변이처리를 통한 품종다양화 계통 육성함
- 다양한 특수미 계통 및 고품질, 고 기능성 우수계통 선발 및 육성
 - 육성된 고품질, 고기능성 벼 계통들의 이화학적 특성, 농업특성, 식미특성, 수량성, 재배 적성 및 기능성에 따른 가공특성과 상품성 평가(참여기업과 연계)함
- 고품질, 고 기능성 벼 특허출원 및 품종등록(2건)
 - 육성된 계통에 대한 가공특성, 미질특성 분석을 통한 경쟁력 있는 지역연계 브랜드 벼 품종(2종) 개발함

2. 정량적 성과

구 분	지식재산권		논문		학술 발표	기술 거래	교육 지도	사업화	기술 인증	인력 양성	정책 활용	홍보 전시	기타
	출원	등록	SCI	비SCI									
최종목표	2		1	3				2					4
1차년도	목표				2								
	실적												
2차년도	목표			1				2					
	실적	2		1	1	4		4				5	2 (특허기탁)
3차년도	목표	1		1									
	실적					3				2		3	
4차년도	목표			1									2,2 (품종출원) (명칭등록)
	실적		2	1	3	1				2		2	2,2,2** (품종출원) (명칭등록) (생판신고)
5차년도	목표	1		1									
	실적			2*	1								
소 계	목표	2		1	3			2					4
	실적	2	2	2*	3	9	5	4		4		10	8
합 계	2	2	2	3	9	5		4		4		10	8

* : 논문(SCI) 2건(중복사사, 0.5편 2건임), ** : 품종보호출원, 품종명칭등록, 품종생산수입판매신고 완료

○ 지식재산권

- 지식재산권출원 목표 4건, 실적 4건 달성 (목표대비 100% 달성)

- ① 아밀로스 함량을 낮춘 신품종 벼, 출원등록번호(10-2012-0119627)
- ② 거대배를 갖는 신품종 벼, 출원등록번호(10-2012-0119627)
- ③ 예농1호 (Yenong 1ho), 품종출원번호(2014-498)
- ④ 예농2호 (Yenong 2ho), 품종출원번호(2014-499)

- 지식재산권등록 실적 2건 달성 (당초목표에는 없었으나 초과달성함)

- ① 아밀로스 함량을 낮춘 신품종 벼, 등록번호(제 10-1464828호)
- ② 거대배를 갖는 신품종 벼, 등록번호(제 10-1464829호)

○ 논문

- SCI논문 목표 1건, 실적 1건 달성 (목표대비 100% 달성)

- ① Natural variations in OsγTMT contribute to diversity of the α_tocopherol content in rice (중복사사 0.5점)
- ② Discovery of a novel fragrant allele and development of functional markers for fragrance in rice (중복사사 0.5점)

- 비SCI논문 목표 3건, 실적 3건 달성 (목표대비 100% 달성)

- ① 신통진벼 돌연변이계통의 작물학적 특성과 저장단백질 조성변이
- ② 내도복 저아밀로스 벼 신품종 '진상'
- ③ Genetic Diversity Analysis of Rice Accessions Collected from South and Southeast Asia Using SSR Markers

○ 학술발표

- 실적 9건 달성 (당초목표에는 없었으나 초과달성함)

- ① 벼 중생 고식미 중간찰 신품종 '진상'(2011, 한국작물학회 추계학술발표회)
- ② 국내 벼 품종관별을 위한 마커 set개발(2011, 한국작물학회 추계학술발표회)
- ③ Genome-wide Association Mapping of Salt Tolerance in Rice Seedlings(2012, Plant & Animal Genomes XX Conference)
- ④ Haplotype analysis of preharvest sprouting (PHS) related genes in rice; OsVP1, Osab1, Alpha-amylase 3D and OsGA20ox1 (2013, 한국육종학회)
- ⑤ Haplotype analysis of major blast resistance (R) genes in rice; Pi9, Pia, and Pib (2013, 한국육종학회)
- ⑥ Haplotype variation in Sub1, Sub2 and Ramy3D contributing to the anaerobic germination (AG) in rice (2013, 한국육종학회)
- ⑦ Variation and haplotypes in LOX1, LOX2, and LOX3 genes related to the seed longevity in rice (2014, 한국육종학회)

- ⑧ Genome Wide Association Study on the Preharvest Sprouting Resistance in Rice (2014, 한국육종학회)
- ⑨ Haplotype variation in Submergence 1(SUB1) contributing to the anaerobic germination (AG) in rice (2014, 한국육종학회)

○ 기술거래

- 실적 5건 달성 (당초목표에는 없었으나 초과달성함)

- ① 거대배를 갖는 신품종 벼 (2014년 통상실시권, 유상) : 거대배를 갖는 신품종 벼 (New giant embryonic rice) '예농2호' (특허출원 제10-2012-0119627호)
- ② 단간형의 식미 특성이 개선된 벼 신품종 변종식물 '진상'의 노하우 (2012. 09. 05) 4건 (대상기관명 : 면천농협미곡종합처리장)
- ③ 단간형의 식미 특성이 개선된 벼 신품종 변종식물 '진상'의 노하우 (2012. 09. 05) 4건 (대상기관명 : (주)경성미가)
- ④ 단간형의 식미 특성이 개선된 벼 신품종 변종식물 '진상'의 노하우 (2012. 09. 05) 4건 (대상기관명 : 팔탄농협미곡종합처리장)
- ⑤ 단간형의 식미 특성이 개선된 벼 신품종 변종식물 '진상'의 노하우 (2012. 09. 05) 4건 (대상기관명 : 수라청농협미곡종합처리장)

○ 사업화

-사업화 목표 2건, 실적 4건 달성 (초과달성함)

- ① 면천농협 미곡종합처리장, 제품명 “당진 해나루”(매출액 300백만원)
- ② (주) 경성미가, 제품명 “싱싱미 진상미”(매출액 3,000백만원)
- ③ 수라청연합농협 미곡종합처리장, 제품명 “수라청 진상미”(매출액 2,500백만원)
- ④ 팔탄농협, 제품명 “고소미 진상미”(매출액 500백만원)

○ 인력양성

- 실적 4건 달성 (당초목표에는 없었으나 초과달성함)

- ① 리강, 2013년 8월 23일 이학박사 학위를 수여 : 2차년도(2012년)에 수행한 찰벼(waxy) 특성의 교배후대 세대진전 및 금년도(2013년) 유용 유전자원을 대상으로 기본농업형질 평가 , 전분합성 관련 미질특성평가를 수행하였다.
- ② 연경호, 2014년 8월 25일 농학석사 학위를 수여 : 3차년도(2013년)에 수행한 유용유전자원 선발 및 육종소재로 활용하기 위한 포장재배시험과 농업형질 평가 등을 수행하였다.
- ③ 왕소강, 2015년 2월 24일 이학박사 학위를 수여 : 4차년도(2014년)에 수행한 벼 육성종, 도입품종 및 분양자원들에 대한 기능성 성분(Vitamin E) 분석과 교배육종을 수행하였다.
- ④ 원땃우, 2015년 2월 24일 이학석사 학위를 수여 : 4차년도(2014년)에 수행한 벼의 내재해성(침수저항성) 특성평가 및 관련 유전자들의 형질 연관성 분석과 교배육종을 수행하였다.

○ 홍보전시

- 실적 10건 달성 (당초목표에는 없었으나 초과달성함)

<홍보실적>

No.	홍보일	매체명	제목
1	2012.08.24	디지털농업	개인육종가를 찾아서
2	2012.09.10	여주타임즈	여주에 맞는 신품종 벼
3	2012.09.25	SBS	생방송 투데이
4	2012.11.29	뉴스1	여주, 신품종벼 시식회 열어
5	2012.11.30	아시아뉴스	여주군, 신품종벼 시식회 가져
6	2013.01.09	농민신문	“쌀 품질높여 농가소득 늘리겠다”
7	2013.10.07	경기신문	‘신여주 자채’ 최고급 자리매김
8	2013.10.09	기호일보	여주쌀 신품종 육성까지 ‘4각협력’
9	2014.12.15	KBS1	6시 내고향

<전시회 참가>

No.	전시회 시작일	전시회 종료일	행사명칭	참여품목
1	2014.03.19	2014.03.26	2014 국내육성 신품종 대전	벼

○ 기타

- 특허기탁 실적 2건 달성 (당초목표에는 없었으나 초과달성함)

- ① *Oryza sativa* Yenong1(seed), 등록·기탁번호(KCTC12291BP), 등록·기탁기관(한국생명공학연구원 생물자원센터)
- ② *Oryza sativa* Yenong2(seed), 등록·기탁번호(KCTC12292BP), 등록·기탁기관(한국생명공학연구원 생물자원센터)

- 품종보호출원, 품종명칭등록 목표 4건, 실적 4건 달성 (목표대비 100% 달성)

- ① 예농1호 (Yenong 1ho), 품종출원번호(2014-498)
- ② 예농2호 (Yenong 2ho), 품종출원번호(2014-499)
- ③ 예농1호, 품종명칭 출원번호(명칭2014-1382), 품종명칭 출원기관(국립종자원)
- ④ 예농2호, 품종명칭 출원번호(명칭2014-1383), 품종명칭 출원기관(국립종자원)

- 품종생산수입판매신고 실적 2건 달성 (당초목표에는 없었으나 초과달성함)

※ 품종보호권 설정을 통해 품종(종자)의 실시(증식, 생산, 조제, 양도, 대여, 수출 또는 수입하거나 양도나 대여의 청약을 하는 행위)에 대한 효력을 갖게되므로, 본 성과 지표인 품종생산수입판매신고 2건을 달성함.

제 2 장 국내·외 기술개발현황

제1절 국내·외 기술개발현황

1. 국내 연구현황 및 문제점

- 현대사회에 물질적 풍요로 인한 지방과다섭취, 복잡한 현대사회의 스트레스와 과음 등으로 고지혈증, 동맥경화증과 같은 만성질환이 늘면서 지질대사 개선용 기능성식품 및 건강증진식품의 개발이 요구되게 됨. 그에 따라 소비자의 기호에 부응하기 위해 쌀 표면에 영양성분을 가공처리하는 건강기능성 쌀제품이 개발되기 시작함.

< 특수처리 현미/발아현미의 상품 >

상품명	제조원	가격	규격	단가(원/kg)	특징
현미나라활성현미	(주)현미나라	57,000원	8kg	7,200	압연 현미피막에 균열
현미나라활성찰흑미	(주)현미나라	65,000원	8kg	8,200	찰흑미 + 압연현미피막 균열
참숯발아현미	백의천년	40,000원	5kg	8,000	썩길이 5mm
발아검정쌀	백의천년	28,200원	3.6kg	7,800	썩길이 2mm, 흑미
발아찰쌀현미	백의천년	25,200원	3.6kg	7,000	썩길이 2mm, 찹쌀
다이어트발아현미	한성(여주)	20,000원	2kg	10,000	다이어트검증여부 미확인
발아현미	해뜰날	20,000원	2.4kg	8,300	
발아현미	성내농산	19,000원	1.8kg	10,500	코농닷컴 판매
발아현미	(주)자연나라	24,000원	2.4kg	10,000	
여주발아현미	미력	21,000원	3kg	7,000	특허출원
홍삼발아현미	성내농산	24,400원	1.5kg	16,300	홍삼첨가, 유기농법
홍삼발아현미	해뜰날	27,000원	2kg	13,500	홍삼추출액 + 발아현미
솔발아현미	(주)자연나라	50,000원	4kg	12,500	솔잎추출액 + 발아현미
인삼발아현미	(주)자연나라	60,000원	4kg	15,000	인삼추출액 + 발아현미
자연미인 발아현미	(주)nrice	-	-	-	발아현미
거대배아 발아현미	(주)신지	13,000원	800g	15,000	특수품종미 + 발아현미
정원 발아현미	정원산업	51,000원	8kg	6,400	
정원알과화현미	정원산업	42,000원	8kg	5,300	찜쌀

자료: <http://blog.naver.com/wlswndgus/80005765171>

< 기능성 코팅쌀/천연물질첨가쌀의 예>

상품명	제조사	가격	규격	단가(원/kg)	특징
다이어트 미미 (식이섬유강화쌀)	(주)신지	12,000원	1kg	12,000	홍국, 키토산, 식이섬유 강화
칼슘철분쌀	(주)대덕바이오	54,000원	6kg	9,000	식이성 칼슘철분 코팅
카로틴쌀	(주)대덕바이오	54,000원	6kg	9,000	비타민A(베타카로틴) 코팅
금쌀	(주) PN 라이스	미정	미정	미정	금 코팅
홍삼쌀	(주)한국인삼쌀	40,000원	1,120g	35,700	홍삼 엑기스 코팅 (무색)
현미홍삼쌀	(주)한국인삼쌀	45,000원	560g	80,400	현미, 홍삼 엑기스, 허브
홍삼쌀	(주)해뜰날	31,500원	900g	35,000	홍삼, 홍국 첨가(붉은색)
은단쌀	(주)한국인삼쌀	90,000원	560g	160,700	인삼 엑기스, 순은 코팅
인삼쌀	(주)한국인삼쌀	30,000원	560g	53,600	인삼 엑기스 코팅
이천인삼쌀	이천마장농협	36,000원	720g	50,000	이천쌀 + 인삼엑 코팅
울무쌀	연천농협울무공장	62,000원	6kg	10,300	울무추출액코팅
현미쭈쌀	아우내농협	3,300원	800g	4,200	쭈추출액함유
황토랑연이랑쌀	일로농협	28,000원	7kg	4,000	연잎차 추출액 함유
가시오가피쌀	강원도농업기술원	미정	미정	미정	가시오가피추출물
다시마쌀	강원도농업기술원	미정	미정	미정	다시마추출물
홍화쌀	충북도기술원	미정	미정	미정	홍화추출물
올가을새쌀 (키토산쌀)	안성인터넷직거래	12,000원	2.8kg	4,300	
키토산쌀	서산영농법인	60,000원	20kg	3,000	
소당미	(주)RNL	99,000원	3.2kg	31,000	당뇨병 개선 목적
저당건강쌀	저당건강쌀	88,000원	12kg	7,300	한약재사용, 청정, 무세미

자료: <http://blog.naver.com/wlswndgus/80005765171>

- 가공처리된 건강기능성 쌀제품들은 태생적 한계가 있어 소비자의 기호에 따라 품종자체를 다양화하려는 노력으로 최근 농촌진흥청 내 국립식량과학원 및 산하 지역농업연구소 등에서 기능성을 함유하는 다양한 벼 품종들을 개발하기 시작하였음.
- 식생활이 다양화되면서 가공용 쌀에 대한 요구가 증대되고 건강기능성 쌀의 소비가 촉진됨에 따라 식이섬유가 일반쌀보다 3~4배 많은 다이어트 쌀인 ‘고아미벼 2호’, 전통주 제조용 쌀인 ‘설갱벼’, 항산화 작용으로 노화를 방지하는 안토시아닌 함량이 높은 ‘보석흑찰벼’ 등 여러 가지 기능성을 함유하고 있는 다양한 특수미 품종들이 육성되고 있지만 점점 다양화되고 있는 식생활 소비형태 변화에 따라 보다 다양한 건강기능성 및 가공용 벼 품종개발이 요구됨.
- 최근 2008년 농촌진흥청에서 당도가 일반쌀 보다 6.4배 높으며, 장내에서 효소분해 없이 바로 흡수가 가능한 포도당이 7.9%로 일반쌀 1%에 비해 매우 높다. 또한 장내 유익한 비피더스균의 증식에 도움을 주는 식이섬유소인 라피노스가 2.1%로 일반쌀 보다 5배 높아 이유식용으로 이용할 수 있으나, 천립중(13.8g)과 생산량(현미수량 280kg/10a)이 매우 낮고 현미의 모양이 납작하여 백미로 도정하기가 힘들.
- 그간 우리나라에는 수많은 벼 장려품종이 육성 보급되어 주로 벼 품종간 전분의 이화학적 특성 차이가 연구되었는데 메벼 종실의 배유 및 배 돌연변이체 중 dull 계통의 쌀은 아밀로스 함량이 아주 낮아 전분의 점성이 강하고 팽화성이 크므로 제과용이나 스낵 식

품의 원료가 될 수 있고, 분상질 변이 계통의 쌀은 수분흡수율이 높고 호화특성이 달라 증편제조시 부품성이 크고 알콜 발효시 당도저하가 빠르며 알콜 생산량도 많아 그 이용성이 크다는 것도 밝혀졌음. 이 밖에도 sugary 유전자를 가진 고당미 계통 쌀은 sucrose, glucose, fructose 함량이 많고, 거대배(giant embryo) 변이계통 쌀은 지방함량, 비타민 B₁, B₂ 및 α-tocopherol 생산량이 많아 건강식품의 재료로 유망하다는 것이 밝혀졌으나 고 기능성함유 품종육성으로까지는 아직 연결시키지 못하고 있는 실정임.

- 튀김성이 좋고 튀김 정립율이 높은 ‘대립벼 1호’는 유과 및 강정재료로 좋고, ‘향미벼 1호’와 같이 구수한 향이 나는 품종의 쌀은 식혜제조에 유리하며, 현미 과피가 자색 또는 적색으로 착색되는 유색미(black rice)품종은 항산화활성(antioxidative activity)물질, 항 변이원성(antimutagenetic activity)물질을 함유하고 있는 것으로 밝혀지는 등 가공적성 다양화를 위한 많은 기초연구가 부분적으로 발표되었으나 이를 고생리활성 함유 쌀 생산으로 연결시키지 못하고 있는 실정임.

<건강기능성 및 가공용 벼 품종 현황>

특성		품종수	품종명	특성 및 가공적성
찰 벼		12	신선찰, 진부찰, 화선찰, 상주찰, 동진찰, 보석찰, 해평찰, 눈보라, 한강찰1호, 백설찰, 보석흑찰, 백옥찰	- 찰성 - 전통식품, 떡 가공
중간찰벼		3	백진주(아밀로스 9%), 백진주1호(11%), 만미(13%)	- 중간정도의 찰성 - 김밥, 현미밥(당노식)
유색	메벼	7	흑진주, 흑남, 적진주, 흑향, 흑광, 홍진주, 흑설	- 흑색 및 적색 종피 - 건강식 현미 혼반용, 천연색소 활용
	찰벼	4	조생흑찰, 신명흑찰, 신농흑찰, 신토흑미	- 흑색 종피, 조생종
향미	메벼	4	향미벼1호, 향미벼2호, 향남, 미향	- 구수한 향 - 혼반용, 식혜, 떡 가공
	찰벼	2	설향찰, 아랑향찰	- 구수한 향의 찰벼
기능성	고라이신	1	영안벼	- 라이신 고함유(생장발육촉진) - 영양식, 유아이유식
	난소화전분	2	고아미2호, 고아미3호	- 난소화성, 고식이섬유 - 다이어트 식품 가공
	하얀메벼	1	설갱	- 찰쌀 유사 외관 - 홍국균 쌀 제조적성
	거대배	1	큰눈	- 쌀눈 크기 3배, GAVA 고함유 - 발아현미, 혼반용
기타	고당미	1	단미	- 단맛이 나는 쌀 - 쌀과자, 음료 등
	고아밀로스	1	고아미벼	- 고 아밀로스 함량 - 분식용, 볶음밥용
	대립	1	대립벼1호	- 쌀 크기 1.5배 - 튀김과자, 양조용
	심백미	1	양조벼	- 심복백이 많은 쌀 - 양조용

*진한글자는 통일형 품종

자료출처:<http://blog.naver.com/kimmk6690/120072714541>

- 특수미 가운데 발효처리된 유색미 조추출물에 혈관확장인자가 존재함이 한국식품개발연구원에서 연구 보고되어 있으나, 유색미 이외의 특수미 품종에 대한 연구는 전무함.
- 민간요법에서 쌀의 면역계 과민반응에 대한 억제효능이 인정되고 있으나, 취반미 조추출물의 비만세포(mast cell)의 탈과립 억제활성만이 보고되어 있을 뿐, 내재성 면역 및 유도성 면역기능의 증진에 미치는 효과는 아직 체계적으로 조사되어 있지 못함.
- 국내 농업유전자원의 산업화 및 개발 수준은 국내외 식물종을 수집하여 추출물은행을

구축하고, 추출물의 비만, 고지혈증, 지방간 등의 건강기능성 물질 관련 유전자(IDPc) 등의 연구가 추진되고 있으며, 노화관련 질환치료 등을 목표로 민간기업 등이 일부 연구를 추진하는 수준임(한국생명공학연구원, 자생식물사업단).

- 항혈전, 뇌질환, 당뇨, 간질환, 알코올분해능에 효과가 있는 토종유전자원에 대한 평가와 기능성 식품개발이 진행되고 있음(강원대 한방바이오연구소).

2. 국외 연구동향 및 문제점

- 일본에서는 이미 1995년 이전에 저아밀로오스, 고아밀로오스, 거대립, 소립, 향미, 거대배, 유색미 등에 대하여 유망한 24개의 품종을 선정하여 보급하고 있어 특수미 개발에 보다 적극적이지만 특수미 품종의 다양화에는 미진한 실정임.
- 쌀의 생리활성은 주로 취반용 쌀겨에 포함된 페놀화합물의 일종인 ferulic acid 와 관련 유도체의 항산화활성이나 암세포 증식억제활성에 대한 연구가 중점적으로 수행되어 왔으며, 발효처리된 쌀겨에 AIDS 바이러스의 증식을 억제하는 인자의 존재가 보고되어 있으나, 특수미를 대상으로 한 연구는 전무함.
- 중국의 경우 흑미를 중심으로 특수미에 관한 연구가 수행되어져 왔으며 향미 및 녹미(綠米) 품종의 개발에도 적극 투자하고 있고, 미질 및 수량성을 향상시키기 위하여 성단위 농업기술원 뿐 아니라 개인 육종가에 의해 개발된 품종도 우수성이 인정되면 종자를 판매 또는 생산하여 공급하고 있다. 미고정된 품종도 생산자와 소비자에 의해 우수성이 인정되면 상업화 되고 있음.
- 1995년 인간지놈 프로젝트를 시작으로 현재 애기장대, 벼 등 180개 생명체의 전체 지놈의 염기서열분석이 완료되어 유전체 연구에 활용하고 있음.
- 현재 미국, 일본, 중국 등 선진국들은 국제농업연구소와 국가 Genebank에서는 분자생물학적 기법을 이용한 유용유전자 탐색을 대대적으로 추진 중에 있음.
- 미국을 비롯한 외국의 경우 콜레스테롤 합성에 관여하는 효소인 HMG-CoA reductase 의 저해제 개발에 성공하여 Lovastatin, pravastatin 등이 각각 1조원 이상의 매출을 보이고 있으며 또 다른 콜레스테롤 합성효소로써 squalene synthetase의 저해제를 탐색하는 연구가 시도되어 Merck사에 의한 Zaragozic acid 및 Glaxo사의 squalenolone 이 보고되고 있음.
- 콜레스테롤 흡수저해제로는 ACAT(Acyl CoA:cholesterol acyltransferase) 저해제 연구가 일본을 중심으로 활발히 진행되고 있으며, 이러한 연구는 생약부분에서는 이루어지고 있으나 식품에 대해서는 거의 없는 실정임.

- 구미에서는 쌀의 배아에서 추출하여 약품화한 다양한 토코페롤, 토코트리에놀 정제들이 시판되고 있지만 이는 보통품종의 배아에서 추출한 것으로 그 추출효율이 높지 않으며, 그나마 우리나라에서는 이에 대한 연구개발이 거의 되고 있지 않음.
- 생물공학적인 방법으로 베타카로틴 (비타민A) 성분이 강화된 gold rice가 스위스에서 개발되었으나 다른 품질이나 농업적 특성에 대해서는 알려진 바 없어 그 유용성이 불확실하며 건강기능성에 대한 부분도 아직 미지의 상태임.
- 미국, 일본 등의 선진국에서는 국가보존 유전자원의 기능성 물질정보, 관련 유전자 정보, 농업적 유용형질 정보를 연계하는 종합자원정보시스템의 구축 활용하고 있으며 (USDA-ARS, 일본 NIAS), 최근에는 이와 같은 통합 자원정보를 활용하여 유용한 유전자발굴을 추진 중임. 또한, 신물질개발 국외 기업들은 국가보존자원과 함께 국제적으로 보존하는 국제연구기관의 유전자원의 기능성 성분조사 및 자원선발 활용을 위해 대규모 자원 기능성 성분 스크리닝 연구(Bio-fortification) 프로젝트를 추진 중임(IRRI, CIMMYT, ICRISAT 등).
- 농업유전자원의 대사기능별 자원 물질 및 유전자 DNA 프로파일을 구축하고자, 대사정보 DB, 관련 유전자 정보, 유전자원의 관련 유전자정보 등을 연계한 시스템 구축 운영 중임(코벨대, GDPC).

제2절 연구결과가 국내·외 기술개발현황에서 차지하는 위치

1. 고 기능성 성분을 함유한 유용유전자원 및 육성된 기능성 벼 품종들은 직접 생산에 활용
 - 본 연구에서 벼 유전자원에서 선발된 고기능성 성분을 함유한 유전자원과 육성되는 품종들은 특허출원 및 품종보호등록한 후에 직접 생산현장에서 활용되어 쌀 생산농민의 소득증대에 기여하게 되며, 생산물은 국민건강 증진에 기여할 것임. 나아가서는 종자 및 생산물의 수출도 검토할 수 있을 것임.
2. 기능성 특수미를 이용하여 개발되는 제품들의 건강기능성 상품화
 - 벼 유전자원들의 영양평가결과로 선발된 유용자원과 육성된 기능성 벼 품종에 일정 처리를 하여 생산되는 제품들은 건강기능성 상품으로 개발되어 등록 후 시판되게 되며, 생산자-기업-소비자를 모두 만족시킬 수 있는 상품으로서 역할을 할 수 있을 것임.
3. 쌀의 부가가치 제고를 위한 각종 제품의 제조기술 산업화
 - 쌀을 원료로 부가가치를 높일 수 있는 각종 제품의 개발이 시도되고 또한 신기술들이 개발 확립됨으로써 관련산업의 발전을 도모할 수 있음.

제 3 장 연구개발 수행 내용 및 결과

제1절 연구방법 및 내용

1. 벼 유전자원 활용 고품질, 고 기능성 등 유용자원 탐색 및 선발

가. 국내고유자원 및 유전자원의 증식, 특성평가 (시험포장 계통재배)

(1) 공시재료

- 재래종 유전자원 394점 및 국내 육성종 260품종 및 다수 도입품종, 육성 중인 분리세대 계통 및 30여개 고세대 생산력 예비시험 계통
- 공시재료에 대해 2011년 4월 24일 플러그 묘(계통 및 품종)와 산파상자(생산력 시험용)을 이용하여 파종하였고(그림1-a), 5월 28~30일 특성평가 및 생산력 예비시험을 수행하고자 공주대 포장과 경기도 수원에 위치한 증식포장 및 당진군에 위치한 해풍영농조합 생산포장에 이양하였다. 이양은 생산력 예비시험 포장 및 생산시험 포장은 농촌진흥청 표준재배법을 따랐고, 그 밖의 재료에 대해서는 1주 1본으로 하였고, 재식밀도는 표준재배에 비해 낮은 40*20cm 로 이양하였다(그림 1-c). 재래종 유전자원의 경우 일부 자원은 발아와 입모가 불량한 자원이 일부 존재하였다. 기타 포장관리는 표준재배법을 준용하였고, 포장조사는 출수기, 간장, 수장 등 기본농업형질을 조사하였고, 현재 출수기에 따라 조생, 중생, 만생으로 분류하여 수확 중에 있으며, 수확 및 건조 후 생산력 검정, 종자 및 배유 관련 특성 조사 및 미질 등 이화학적 특성에 대한 조사를 수행하였다.



a. 파종 (2011. 4. 20일 경) 및 못자리



2011. 5. 30 (공주대 시험포장)



2011. 5.28 (수원 증식포장)

b. 모내기



2011. 7.19 (공주대 시험포장)



2011. 7.25 (수원 증식포장)



2011. 8. 4 (대량증식포장)



2011. 8. 4 (재래종 유전자원 포장)

c. 포장 생육 전경



d. 수확기 및 수확 후 (2011. 10. 10)



그림 1. 공시재료 포장 재배시험

- 국내 육성종 332품종, 도입품종 130점, 다수 재래종 유전자원, 육성 중인 분리세대 계통 및 30여개 고세대 생산력 예비시험 계통에 대해 포장재배를 수행하였다.
- 공시재료에 대해 2012년 05월 01일 플러그 묘(계통 및 품종)와 산파상자(생산력 시험용)을 이용하여 파종하였고(그림2-a), 6월 04~05일 특성평가 및 생산력 예비시험을 수행하고자 공주대 포장과 경기도 수원에 위치한 증식포장에 이양하였다. 이양은 생산력 예비시험 포장 및 생산시험 포장은 농촌진흥청 표준재배법을 따랐고, 그 밖의 재료에 대해서는 1주 1본으로 하였고, 재식밀도는 표준재배에 비해 낮은 40*20cm 로 이

양하였다(그림 2-b).

- 재래종 유전자원의 경우 일부 자원은 발아와 입모가 불량한 자원이 일부 존재하였다. 기타 포장관리는 표준재배법을 준용하였고, 포장조사는 출수기, 간장, 수장 등 기본농업형질을 조사하였고, 현재 출수기에 따라 조생, 중생, 만생으로 분류하여 수확 중에 있으며, 수확 및 건조 후 생산력 검정, 종자 및 배유 관련 특성 조사 및 미질 등 이화학적 특성에 대한 조사를 수행하였다.



a. 파종 (2012. 05. 01일 경) 및 못자리



2012. 05. 28 (공주대 시험포장)



2012. 06. 01
(공주대 생산력 검정포장)



2012. 06. 02. (수원 증식포장)

b. 모내기



2012. 07. 11 (수원 증식포장)



2012. 07. 27 (공주대 시험포장)



2012. 07. 28
(공주대 시험포장 방조망 설치)



2012. 09. 15
(공주대 생산력 검정포장)



2012. 09. 21 (수원 증식포장)

c. 포장 생육 전경



d. 수확기 및 수확 후 (2012. 10. 18)

그림 2. 공시재료 포장 재배시험

○ 국내 육성종 332품종, 도입품종 166점, 일본 구주대학 분양 유전자원 100점(표 1)을 포함해서 돌연변이 후대 선발을 위한 계통 및 재배적성 시험을 위한 계통에 대해 포장 재배를 2013년 공주대학교 포장(총 70a)과 수원 증식포장에서 수행하였다. 4월 27일 파종 하였고, 6월 2일부터 3일까지 공주대학교 재배포장, 수원 증식포장에서 이앙을 하였다. 제초제 2회(초기제초제는 5월17일, 중기제초제는 6월5일), 살균살충제 2회(이앙 당일과 8월 5일) 각각 살포하였고, 그 밖의 방법들은 전년도(2차년도)와 동일한 방법으로 재배하였다.





그림 3. 공시재료 포장재배 시험

- 충남 예산에 위치한 공주대학교 시험포장에서 재배시험을 수행 하였고, 각 시기별 수행 날짜는 작년 기준으로 7~10일 가량 앞당겨 원활한 교배를 위해 4월 11일, 18일, 25일 총 세 번에 나누어 파종하였다. 이앙은 5월 21일 하였고, 그 밖의 방법들은 농촌진흥청 벼 표준 재배법에 준하여 실시하였다.



< 파종 및 못자리 >



< 모내기 >



< 이앙 후 포장관리 >

그림 4. 시기별 포장재배 사진

(2) 기본농업형질 평가

- 국내 육성종, 재래종 자원들과 분양받은 일본 구주대 자원, 미국 농업연구청 자원들 각각의 다양한 형질 및 유용한 자원들의 선발을 위해 주요 농업형질에 대한 평가를 수행하였다.



그림 5. 기본 농업형질 조사

- 도입자원 166점과 다수의 재래종 자원은 1, 2년차에 수행하였고, 금년도에는 100점의 구주대 자원에 대해 기본농업형질(출수기, 간장, 천립중, 아밀로스함량) 조사를 수행하였다.



그림 6. 일본 구주대학 분양 유전자원 시험포장

표 1. 일본 구주벼 분양 자원의 벼 목록

No.	Variety	No.	Variety
1	1932 M.U. 9	51	AKASHINRIKI
2	ABARE MOCHI	52	AKATEN
3	ACADIA	53	AKAYAKAN
4	ADT 27	54	AKAYARI
5	AECAL	55	AKITA 1

6	AICHI ASAHI	56	AKITA 7
7	AICHI ASAHI MOCHI	57	AKKUDICHAL
8	AICHI KIRYOYOSHI 2	58	ALBINO SEGREGANT
9	AICHI MIKAWA NISHKI 4	59	AMARELIA
10	AICHI NAKATE 17	60	AMERICA
11	AICHI SAKAE SHINRIKI	61	AMERICANA
12	AICHI SENBON ASAHI	62	AMONOQUILI
13	AICHI WASE ASAHI 2	63	AOMORI 5
14	AICHI WASE ASAHI MOCHI	64	AOMORI HEN
15	AIJAKU	65	AOMORI HEN
16	AIKAWA 44	66	{AOMORI MOCHI 5}
17	AIKOKU	67	ARABIA MOCHI
18	AIKOKU	68	ARAKI
19	AIKOKU	69	ARAKI
20	AIKOKU	70	ARAKI
21	AIKOKU 20	71	ASAGA
22	AIKOKU JUNEN	72	ASAHI
23	AIKOKU FUNEN A1	73	ASAHI
24	AIKOKU FUNEN A2	74	ASAHI 1
25	AIKOKU FUNEN A5	75	ASAHI 1
26	AIKOKU FUNEN A6	76	ASAHI 2
27	AIKOKU FUNEN A9	77	ASAHI 3
28	AIKOKU IBARAKI 2	78	ASAHI 3
29	AIOI	79	ASAHI MOCHI
30	AISAWA MOCHI 1	80	ASAHI MOCHI
31	AITOKU	81	ASAHI MOCHI
32	AITOKU 6 B	82	ASAKAZE HEN
33	AITOKU HEN 1	83	ASHIGARA SHINRIKI
34	AITOKU HEN 9	84	ASHIGARA SHINRIKI 92
35	AKAGE	85	ATSUTA GAISEN
36	AKAGI WASE	86	AWA FUKI
37	AKAHO NIMAIKAWA	87	BAEKGAGNA
38	AKAIMO	88	BAI KE HUA LUO
39	AKAINE	89	BALANCO
40	AKAKA	90	BANSEI TARO
41	AKAKUSHITA MIDASHI	91	BANSIN BYOGATA
42	AKAMAI	92	BANSHINRIKI HENSHU
43	AKAMAI B	93	BANSHINRIKI NAKA
44	AKAMOCHI	94	BAN SHIRAZASA
45	AKAMOCHI	95	BAN SHIRAZASA
46	{AKAMOCHI}	96	BAN SHIRAZASA 1
47	AKAMOCHI	97	BARABARA MOCHI
48	AKAMCHI A	98	BARABARA MOCHI
49	{AKAMOCHI B}	99	BA SHI ZI XIAN
50	AKAMOCHI C	100	BASMATI

- 금년도에는 보유중인 자원들에 대해서 유전자원 활용가능성을 평가하기 위해 각 생태형별로 국내 육성종, 재래종 유전자원과 일본 구주대학 분양자원 그리고 미국 농업연구청(Agricultural Research Service, ARS)에서 새로 분양받은 자원들에 대해서 주요 농업형질에 대한 평가를 수행하였다.



그림 7. 생태형별 포장 전경 사진

표 2. 미국농업연구청(ARS)에서 분양받은 자원 목록

No.	IT No.	Variety	Origin	Ecotype
1	KNU-USDA003	Ai-Chiao-Hong	China	Indica
2	KNU-USDA015	Binulawan	Philippines	Indica
3	KNU-USDA027	Chau	Vietnam	Indica
4	KNU-USDA033	CO18	India	Indica
5	KNU-USDA092	Leung Pratew	Thailand	Indica
6	KNU-USDA009	Baber	India	Temperate Japonica
7	KNU-USDA029	Chinese	China	Temperate Japonica
8	KNU-USDA030	Chodongji	South Korea	Temperate Japonica
9	KNU-USDA045	Early Wataribune	Japan	Temperate Japonica
10	KNU-USDA316	Lomello	Thailand	Temperate Japonica
11	KNU-USDA008	Asse Y Pung	Philippines	Tropical Japonica
12	KNU-USDA013	Basmati 217	India	Tropical Japonica
13	KNU-USDA079	NSF-TV 89	Thailand	Tropical Japonica
14	KNU-USDA048	Fortuna	United States	Tropical Japonica
15	KNU-USDA053	Gogo Lempuk	Indonesia	Tropical Japonica
16	KNU-USDA313	Khao Tot Long 227	Thailand	Aus
17	KNU-USDA318	Paung Malaung	Myanmar	Aus
18	KNU-USDA017	Black Gora	India	Aus
19	KNU-USDA031	Chuan 4	Taiwan	Aus
20	KNU-USDA040	Dhala Shaitta	Bangladesh	Aus
21	KNU-USDA051	NSF-TV 5	India	Aromatic
22	KNU-USDA011	Basmati	Pakistan	Aromatic
23	KNU-USDA014	Bico Branco	Brazil	Aromatic
24	KNU-USDA047	Firooz	Iran	Aromatic
25	KNU-USDA351	Lambayeque 1	Peru	Aromatic

- 분양받은 자원들은 Tropical japonica, Temperate japonica, Aromatic, Indica, Aus 등 총 5개의 생태형 그룹으로 나누어진 분양자원들로 탈립성, 발벼초형, 소분얼, 다분얼, 까락유무, 극만생종 등등 여러 특성의 형질들을 확인할 수 있었으며, 무엇보다 벼 불임현상이 많이 보였다. 분양자원들을 교배나 연구목적 등의 특성평가에 사용하기에 현재로서는 정확한 평가나 조사가 어렵기 때문에 국내에서 세대진전 및 선발을 하여 이용하여야 할 것으로 보였다.

나. 유전자원의 미질 및 기능성 특성평가

(1) 포장재배 시험

- 재래종 유전자원(국립 농업유전자원센터 분양) 394점에 대해 고품질, 고기능성 및 재배적성 개선에 유용한 자원을 선발하기 위해 재배실험을 수행하였다.
- 출수기 조사는 이앙 후 5일 간격으로 조사하였고, 그 결과 7/15일 경에 출수하는 극조생 품종 9월 5일 및 8월 5일 이전에 출수하는 조생종 품종이 43개 품종을 선발하여 이들중 까락이 없고, 재배품종의 특성과 유사한 품종을 선발하여 교배모본으로 활용하였다.

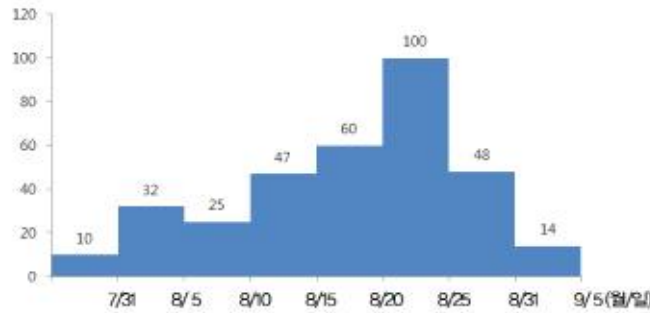


그림 8. 재래종 유전자원의 출수 특성

(2) 기능성 성분 평가

- 실험에 사용한 자원은 국내 육성종, 도입종, 재래종 자원들을 대상으로 하였으며, 벼의 생태형(Indica, Japonica) 차이와 각 지역별 품종간의 성분함량을 비교분석하여 기능적 가치를 평가하였다.



그림 9. Vitamin E 분석을 위한 시료준비

- 각 시료들을 도정기를 이용하여 현미상태로 만든 뒤 분쇄기를 이용하여 분석시료로 사용하였다.

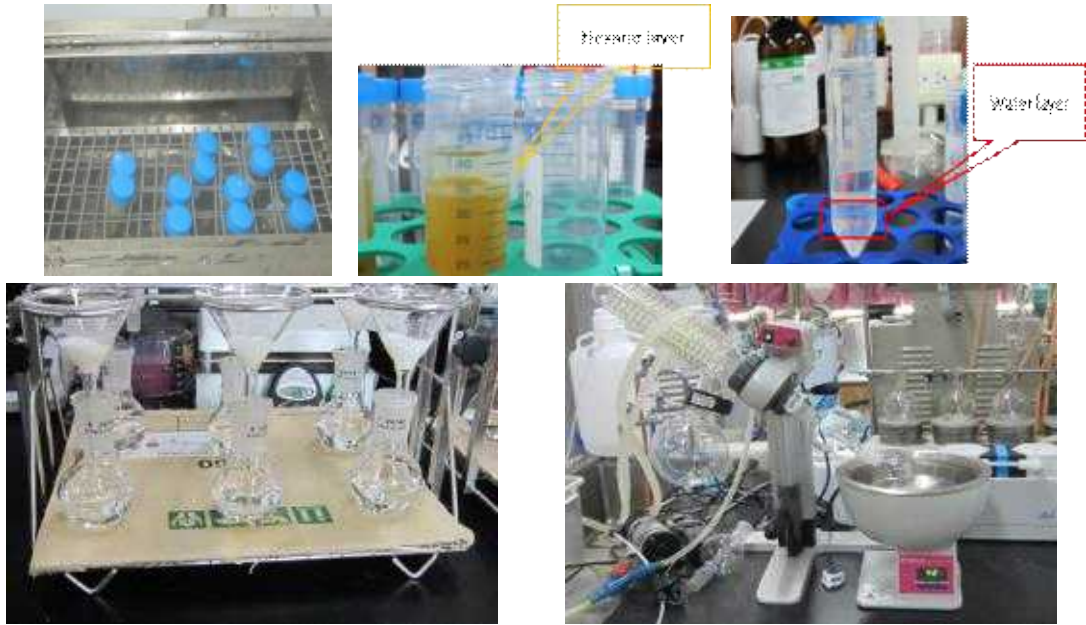


그림 10. GC 분석을 위한 실험과정

- 각 시료당 5g씩 Ascorbic acid와 EtOH을 분주하여 80°C에서 10분간 반응 시키고, 44% KOH 600 μ l를 첨가한 뒤 같은 조건으로 18분 동안 반응시켰다. 그리고 얼음위에서 Hexane과 증류수를 10ml씩 분주하고 원심분리 후 상층액을 2번에 걸쳐 분리시키고 진행하였다.
- 성분분석을 위한 기계는 GC450(Varian)을 사용하였고, 컬럼은 Agilent의 CP-SIL 8CB capillary (30 m \times 0.25 mm, 0.4 μ m film thickness)를 이용하였다.

(3) 내병, 내재해 특성 평가

○ 벼 유전자원의 내병성 검정

- 도열병 저항성 관련 유용 유전자원 선발을 위해 보유중인 국내 육성종과 도입종 자원들을 대상으로 도열병 병원균 레이스(KI197, KJ401)에 대한 저항성검정을 수행하였다.

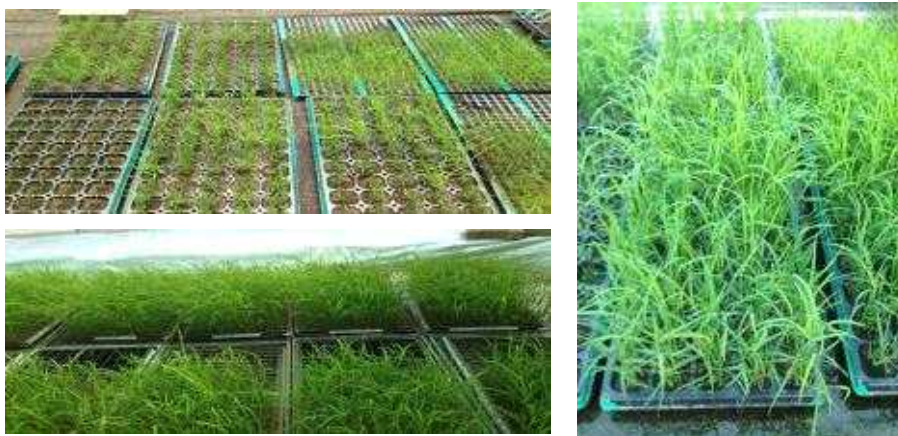
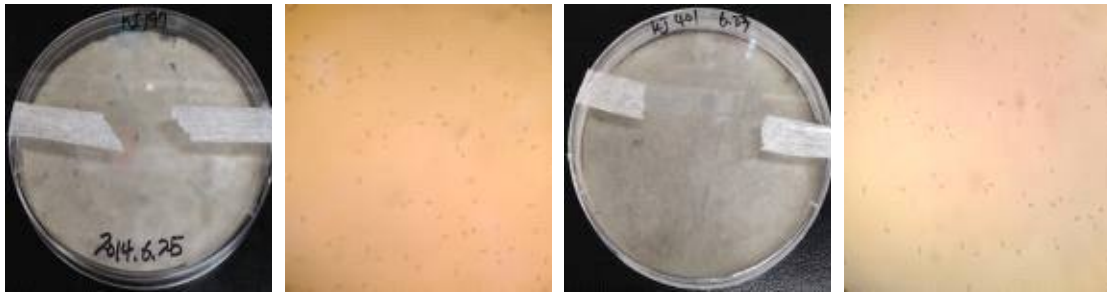


그림 11. 저항성 검정 공시재료

- 도열병 저항성 검정을 위해 보유 중인 벼 유전자원(육성종, 도입종)들과 대조구로는 기존에 도열병에 감수성으로 보고된 동진벼와 저항성으로는 Tetep 등을 사용하였고, 70% EtOH과 50% Lax를 이용하여 표면살균 후 품종별로 5립씩 파종하였다.
- 국내에서 높은 분포비율을 차지하고 있는 KJ 레이스와 레이스의 분화가 많은 것으로 보고된 KI 레이스 중 KI197과 KJ401 균주를 국립식량과학원에서 분양받아 실험에 사용 하였다.



< KI197, KJ401 포자 검경 사진 >



< 병원균 접종 및 병 발생 유도 >

그림 12. 도열병 검정 과정

- 병 접종을 위해 균주는 곰팡이 포자형성 배지인 오토밀 배지를 이용하여 22℃ Incubator 명조조건에서 15~20일 동안 키운 뒤, 배지위에 형성된 포자를 긁어내고 Miracloth(filter)를 이용하여 걸러낸 포자를 균주상태 확인을 위하여 광학현미경으로 확인하였다. 포자 형성도는 2×10^5 으로 증류수를 이용하여 희석하며 농도를 맞추고 Tween 20과 섞어 포자현탁액을 만든 뒤 접종 하였고, 24시간 Dew Chamber(습실상)에서 습실 처리 후 온실로 옮겨 6일 동안 병 발생을 유도하였다.

○ Anaerobic Germination 특성평가

- 벼의 직파재배시 무산소 조건에서의 발아능력개선을 위한 유전자원 선발을 위하여, 벼의 내재해성 특성 중 하나인 무산소 환경에서의 발아 특성 평가를 수행하였다.
- 최초 발아 후 무산소 상태에서 27~30℃ 조건으로 2주 동안 시험을 수행하여, 품종 당 유효신장율을 확인하고, 온실에서 2주 동안 생육상태를 평가 중에 있다.

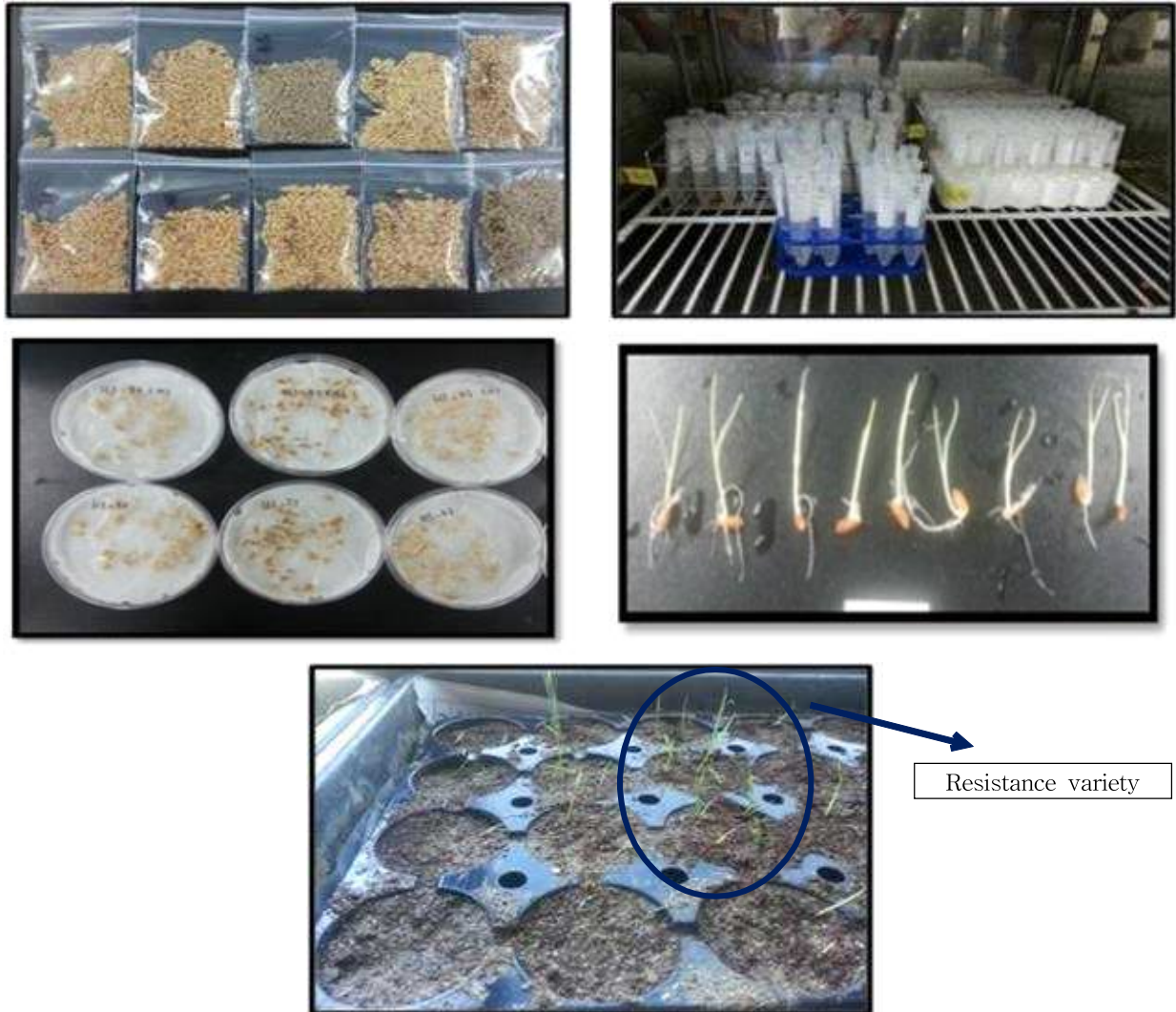


그림 13. Anaerobic 조건하에서의 저항성 검정



그림 14. Anaerobic 발아 test

- 현재 무산소성에서의 발아 특성평가는 온실 내에서 수행되고 있으며, 차후 저항성과 감수성 특성으로 표현형과 유전형의 관계를 규명할 예정이다. 이를 더욱 더 정확히 확

인하기 위해 특성평가를 통해 얻어진 phenotype data와 현재 무산소발아와 관련 되었다고 보고된 RM24161, RM3769 SSR 마커를 이용하여 분석 중에 있다.

○ Pre-harvest Sprouting(수발아) 특성평가

- 현재 보유중인 도입자원과 육성종 자원을 대상으로 벼의 내재해성 특성인 수발아에 대해서 특성 평가를 수행하였다. 수발아는 이삭 상태에서 도복이나 강우에 의해 발아 되는 현상으로 식용 및 종자용으로 사용이 불가하기 때문에 이에 대한 자원들의 평가가 중요하다.
- 보유중인 국내 육성종과 도입자원을 대상으로 출수 후 45일째 수확하여, 각 품종 당 수확한 이삭목을 광을 이용하여 25°C에서 7일간, 13°C에서 14일간 발아 테스트를 60% 진행하고, 이 중 10% 수발아 특성을 보였다.



그림 15. 배양기에서 발아시킨 이삭과 계통별 수발아 test

- 3년차에 이어 금년도에도 국내 육성종과 도입종 자원을 대상으로 수발아 특성평가에 대해 수행하였고, 실험방법은 전년도와 동일한 방법으로 수행하였다.





그림 16. 수발아 특성평가

- 각각의 분석자원에 대해서 출수 후 45일째 이삭을 수확하여, 25 °C에서 7일간, 13 °C에서 14일간 발아 테스트를 진행한 뒤 수발아 특성을 조사하였다.



< 도입품종의 수발아 테스트 결과 >



< 육성품종의 수발아 테스트 결과 >

그림 17. 품종별 수발아 반응

- 그룹별 수발아 발아율이 5% 미만으로 확인된 품종들을 각각 선발하였고, 도입종에 비해 국내 육성종 품종들이 대체적으로 수발아에 대해 저항성 품종이 많이 포함되어 있음을 확인하였다. 특히 도입품종과 육성종의 수발아에 대해서 강한 저항성을 나타낸 것으로 확인된 품종들을 대상으로, 현재 마커 분석 중에 있고 차후에 교배육종에 이용할 계획이다.

○ Seed Dormancy(휴면종자) 특성평가

- 종자휴면의 원인은 다양한 생리학적 요인으로 인해 차이가 날 수 있다. 휴면종자의 발아를 위해서는 환경적 요인과 온도, 빛 등 환경자극에 영향을 받는다. 이에 대한 벼 자원에서의 형질조사가 수행 중에 있다.

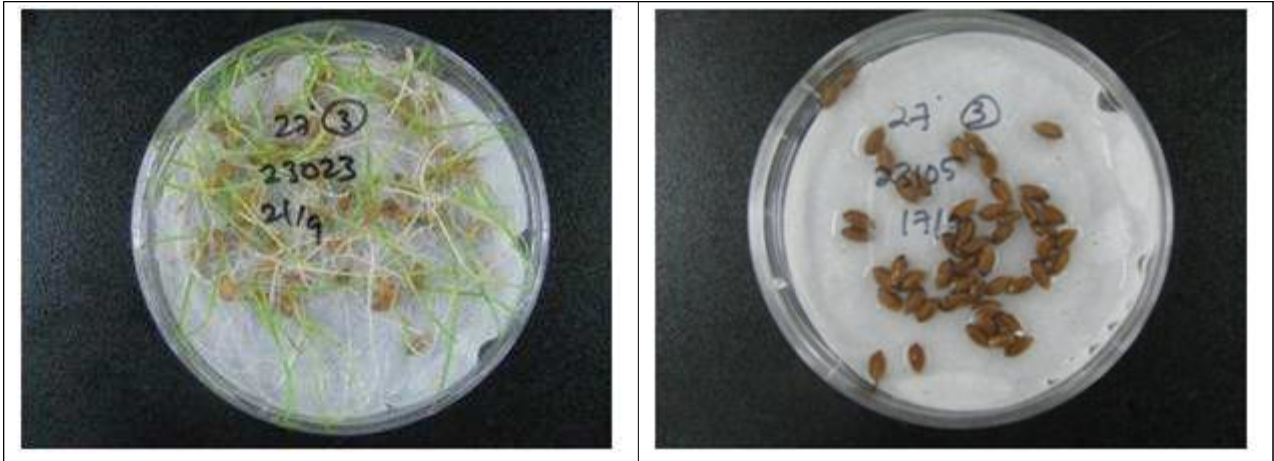


그림 18. 발아능력에 대한 계통간의 차이

- 휴면종자 확인은 ISTA(2010)에 의해 규정된 지침에 따라 측정 하였고, DI(Dormancy index)는 $(2 \times D13 + D25)/3$ 방식으로 확인 중에 있다.

○ ABA 반응평가

- Abscisic acid에 대한 반응평가는 휴면을 포함한 Pre-harvest sprouting에 중요한 특성이다. 반응이 없을시 발아율이 높으며, 반응 시 휴면에 가까운 특성이 있다.



그림 19. ABA 반응에 대한 계통간의 차이

- ABA 반응을 평가하기 위해, 각 accession당 크기가 동일한 200개의 종자(50립씩 4반복)를 선발하여 10ml의 증류수와 50uM ABA를 처리 후 27°C에서 12일간 배양을 수행함과 동시에 발아된 종자를 대상으로 발아율과 ABA반응을 측정 중에 있다.
- ※ t 검정과 ANOVA는 각 형질에 대한 유의성 검정으로 accessions간 평균값의 차이 분석은 SPSS 프로그램에 의해 수행하고, 측정된 특성들 사이의 관계는 Pearson's coefficient correlation을 통해 검정할 것이다.

다. 인공교배를 통한 변이확대

(1) 육성목표 형질의 특성에 따라 지역 대표품종과 선발자원의 교배 작성

○ 배유 특성, 숙기, 병 저항성, 지질함량 관련 교배조합

- 품질다양화 및 재배적성 개선을 위해 우수 육성종과 선발 유전자원에 대해 인공교배를 수행하였다. (그림 20).



그림 20. 변이작성을 위한 인공교배

- 육성목표 형질의 특성에 따라 지역 대표품종과 선발자원의 교배 작성

- 배유 특성, 숙기, 병 저항성, 관련 교배조합작성
- 신속 우수계통 육성을 위한 여교배 수행

- 품질다양화 및 재배적성 개선을 위해 우수 육성종과 선발 유전자원에 대해 인공교배를 수행하였다. (그림 21).



그림 21. 변이작성을 위한 인공교배

- 수발아에 강한 품종으로 알려진 온누리벼와 수발아 대단히 약한 다미벼를 선발하여 교배를 수행하였다.

- 키다리병에 저항성으로 알려진 인월벼를 선발하여 교배를 수행하였다.

- 기타 품질특성 확대를 위한 교배 및 재배적성 개선을 위한 교배를 수행하였다.

라. 교배 후대 계통 육성

(1) 계통재배 및 세대진전을 통한 품종 육성

- 2차년도에 수확한 F₂ 종자(당미 관련 4개 조합, 숙기 관련 3조합)에 대해 150~200개 체씩 포장재배하여 세대진전을 추진하였다.

표 3. 교배후대 세대진전 목록

목적형질	모본	부분
수발아 저항성	주남	온누리
	주남	다미
	온누리	다미
키다리병 저항성	주남	인월
기타 품질특성	주남	신동진su2
	주남	큰눈
재배적성 개선 (숙기)	주남	조평
	주남	진부올벼

- 2년차에 교배한 조합(수발아 저항성 3조합, 키다리병 저항성 1조합, 기타 품질특성 및 재배적성 개선 관련 각각 2조합)에 대해 F₁ 종자를 파종하여 F₂ 종자를 생산하였고, 추가적으로 지방산, 비타민 E, 수발아, 향, 내재해성 등에 대한 신규 교배를 수행하였다.



그림 22. F₁, F₂를 포함한 공시재료 시험포장

- 금년도에는 3차년도에 수행한 교배자원들에 대해서 세대진전 및 분리세대의 개체선발 및 신규교배를 수행하였다.



그림 23. 인공교배 (2014년)

- 올해에는 신규교배 보다는 기존의 교배후대 계통에 대해서 삼원교배 및 전년도와 동일한 SSD 방법으로 세대진전을 수행하였고, 분리세대를 대상으로 포장선발과 MAS를 이용한 검정방법으로 현재 후대검정 중에 있다.

표 4. 세대진전 및 신규교배 목록 (2014년)

목적형질	모본	부분	세대
Sugary	신동진su	주남	F ₂
	신동진su	녹양	F ₂
Allelic test (Sugary)	SM-30	신동진	신규교배
	SM-31	신동진	신규교배
	SM-84	Sugary2(Waxy)	신규교배
	SM-85	Sugary2(Waxy)	신규교배
PHS (Pre-harvest sprouting)	주남	HS036(제주도수집)	F ₁
	주남	KENG CHI JU	F ₁
	신동진	HS036(제주도수집)	F ₁
	신동진	KENG CHI JU	F ₁
Aroma	신동진	몽근찰벼	F ₁
	신동진	TCHAMPA	F ₁
	신동진	KENG CHI JU	F ₁
	진상	몽근찰벼	F ₁
	진상	TCHAMPA	F ₁
	진상	KENG CHI JU	F ₁
	진상	DULAR	F ₁
	한아름	TCHAMPA	F ₁
Abiotic Stress	주남	Kasalath	F ₁
	주남	N22	F ₁
	신동진	소백망수도	신규교배
	신동진	BIKOM	신규교배
	주남	IR38	신규교배
	주남	CHIEM CHANK	신규교배
Biotic Stress	신동진	그루	F ₁
	신동진	상미	F ₁
	진상	문장	F ₁
	진상	상주찰	F ₁
	한아름	태백	F ₁

	주남	고품	BC ₁ F ₁
Mesocotyl Elongation	BALA	가야	신규교배
	DHARIAL	SPIN MERE	신규교배
	샤레벼-163-1-B	안다	신규교배
	샤레벼-163-1-B	SPIN MERE	신규교배
	신동진	SPIN MERE	신규교배
Fatty acid	치경도	산두도	F ₃
	용면흑	출래산	F ₃
Heading date	오대	울조조	BC ₁ F ₁
	그루벼	울조조	F ₂

2. 선발된 유용자원 및 육성중인 돌연변이 계통의 주요 특성검정

가. 우수계통 및 품종의 특정형질 개선을 위한 돌연변이 작성

(1) MNU 및 EMS처리

- 신속한 변이고정과 변이확대를 위해 돌연변이 처리를 수행하였다. 현재 지역 장려품종인 삼광벼, 주남벼 및 본 연구진이 육성중에 있는 중간찰벼 품종에 대해 MNU(methyl nitroso urea) 처리를 수행하였다. 돌연변이 처리는 MNU를 수정란에 처리하는 방법으로 수행하였으며, 돌연변이 처리 전날 포장에서 동 식물체를 10plant 씩 실내로 옮겨 개화된 영화를 제거하고, 처리 당일 개화된 영화에 대해 MNU 처리를 수행하였다. MNU 처리는 암실에서 수행하였으며, 1.0mM 농도로 45분간 처리하였다. 처리 후 24시간 수세한 후 약 40~45일 후 종자를 수확하였다(그림 24).



그림 24. 돌연변이 처리 후 수세(24시간)

- 차후 선발된 유전자원 및 조생종 품종 등에 대해 수확이 완료된 이후 원자력연구소의 협조를 통해 종자에 γ 선 처리 및 EMS(ethyl methane sulfonate)를 처리하여 돌연변이를 확대할 계획이다.
- 우수계통 및 품종의 특정형질 개선을 위한 돌연변이 작성
 - MNU처리 : 4품종 (삼광, 주남, 추청, 도봉)
 - EMS처리 : 8품종 (삼광, 적진주, 흥진주, 주남, 호품, 한아름2호, 친농, 고시히까리, MS11)
- 신속한 변이고정과 변이확대를 위해 돌연변이 처리를 수행하였다. 현재 지역 장려품종인 삼광, 주남, 추청, 도봉 및 본 연구진이 육성중에 있는 중간찰벼 품종에 대해 MNU(methyl nitroso urea) 처리를 수행하였다. 돌연변이 처리는 MNU를 수정란에 처리하는 방법으로 수행하였으며, 돌연변이 처리 전날 포장에서 동 식물체를 10plant 씩 실내로 옮겨 개화된 영화를 제거하고, 처리 당일 개화된 영화에 대해 MNU 처리를 수행하였다. MNU 처리는 암실에서 수행하였으며, 1.0mM 농도로 45분간 처리하였다. 처리 후 24시간 수세한 후 약 40~45일 후 종자를 수확하였다(그림 25). EMS 처리는 정조 종자에 처리하는 방법으로 수행하였다(그림 26).



그림 25. 돌연변이(MNU) 처리

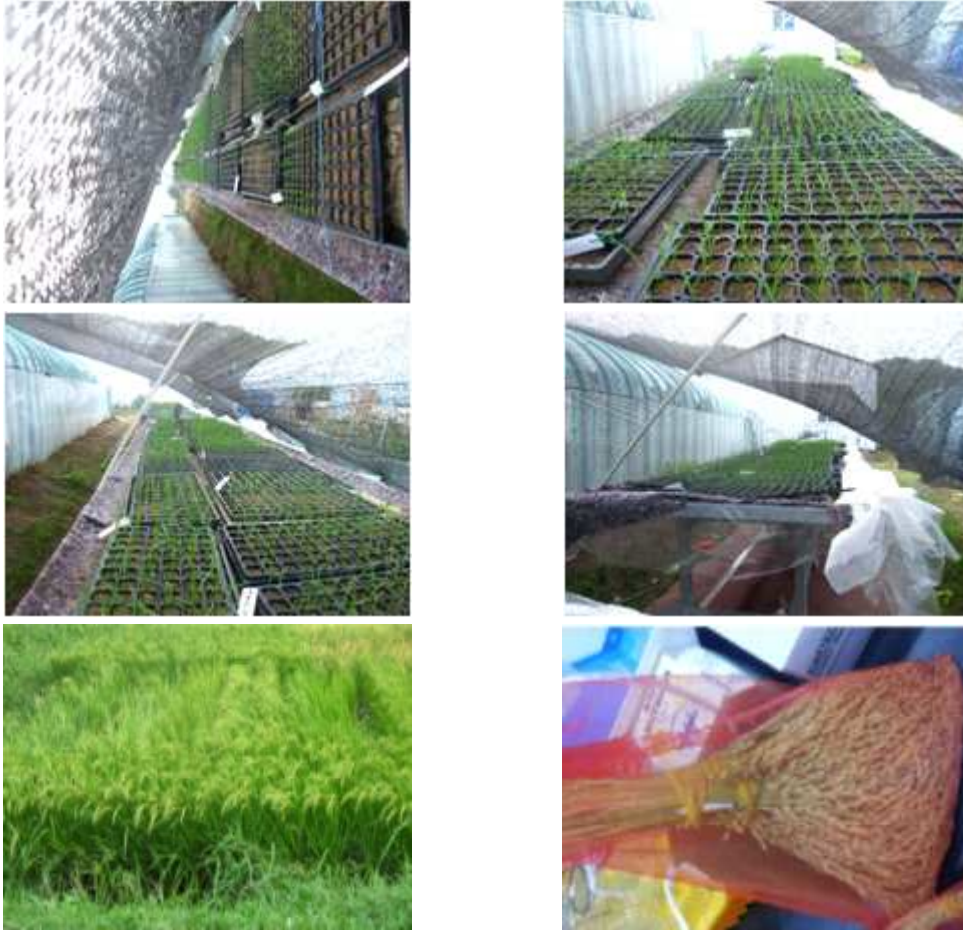


그림 26. 돌연변이(EMS) 처리된 유묘사진

나. 돌연변이 계통의 재배특성 평가 및 포장선발(EMS, MNU)

(1) MNU 계통

- 2년차에 MNU 처리를 통해 얻어진 종자(M_1)를 포장에 40x20 으로 1주 1본으로 이양하였고, 개체별로 M_2 종자를 1이삭씩 수확 하였다.



그림 27. 돌연변이 시험포장(2013년)

(2) EMS 계통

- 2년차에 EMS 처리한 1,000개체 M_1 에서 열성형질, 표현형 확인을 위해 종자 개체별 1이삭씩 수확한 M_2 종자를 품종별로 1,000립을 집단 재배하여 변이체를 선발하였다.



<출수기 및 수장(진농)>



<출수기(주남)>



<수장 및 분얼수(좌: 삼광, 우: 홍진주)>

<다분얼(한아름2호)>



<까락의 유무 및 종피색
(좌: 홍진주 원종, 우: 홍진주
돌연변이)>

<출수기 및 이삭마디길이(좌: 주남, 우: 홍진주)>

그림 28. 돌연변이 변이체 사진(2013년)

- 단기간에 새로운 품종을 개발한다거나 중간모본으로 이용하여 육종에 활용할 수 있는 방법들 중 돌연변이 유기에 의한 유전자의 결손, 중복, 삽입 등에 의한 인위적 변이작성 방법을 이용한 EMS 처리 계통을 대상으로 금년도에는 기본농업형질특성 평가를 수행하였다.

표 5. 포장선발 품종들의 기본농업형질

No.	계통번호	원품종	간장 (cm)	수장 (cm)	주당수수 (No.)	주요특성
1	74001	호품	60	25	21	반포복형, 극만생
2	74002	호품	83	21	13	
3	74003	호품	86	21	14	70% 불입, 다분얼
4	74004	한아름2	76	24	27	다분얼, 만생
5	74005	친농	63	28	33	반포복형, 까락 유, 다분얼
6	74006	친농	84	28	22	까락 유, 만생
7	74007	친농	80	25	19	까락 유, 다분얼
8	74008	친농	89	21	25	까락 유, 다분얼
9	74009	친농	70	21	35	다분얼

10	74010	친농	88	25	28	다분열
11	74011	친농	82	28	38	다분열
12	74012	친농	99	24	20	
13	74013	주남	100	26	15	장간
14	74014	주남	87	30	33	탈립성, 다분열, 만생
15	74015	주남	62	26	35	까락 유, 반포복형, 다분열
16	74016	홍진주	80	27	20	까락 유
17	74017	홍진주	95	22	17	까락 유
18	74018	홍진주	92	28	27	까락 유, 다분열

(3) 돌연변이 계통의 배유 아밀로그래프(RVA)의 특성

- 돌연변이 계통의 아밀로그래프(RVA)분석은 rapid visco analyser 기기를 이용하여 3g의 쌀가루를 25mL 증류수로 현탁액을 만들어 mixing bowl에 넣고 50℃에서 1분, 50~95℃까지 4.7분 동안에 상승시키고 95℃에서 2.5분 정도 유지시켰다가 다시 3.7분 동안에 50℃로 냉각시키면서 호화특성을 조사하였다.
- Amylograph에서 호화개시온도(gelatinization temperature), 최고점도(peak viscosity), 최저점도(hot viscosity), 최종점도(cool viscosity)를 구하고, 강하점도(breakdown)는 최고점도와 최저점도의 차이(PH)로, 응집점도(consistency)는 최종점도와 최저점도의 차이(CH)로, 그리고 치반점도(setback)는 최종점도와 최고점도의 차이(C-P)로 산출하였다.

(4) 돌연변이계통의 저장단백질 조성분석

- 선발된 변이 계통 56점에 대하여 배유형태에 따라 waxy, dull, opaque, floury, shrunken, sugary, giant embryo, white belly 및 고 amylose 특성을 보이는 11개 개체를 선발하여 종자 저장단백질에 관련된 변이체를 탐색하기 위하여 SDS-PAGE 분석을 수행하였다.

3. 다양한 특수미 계통 및 고품질, 고 기능성 우수계통 선발 및 육성

가. 목적형질별 우수 고세대 계통의 생산력 예비시험

(1) 우수 고세대 계통의 기본농업형질, 수량구성요소 등 생산력 검증

- 육성 우수 고세대 계통의 생산력 예비시험을 수행내용
 - 중간찰, 단간, 내도복 고세대 계통 생산력 예비시험
 - 교배조합 : 주남 / 추청 // HJ2 (유메추쿠시 / 밀키퀸)
 - 주요특성 : 중간찰, 단간, 내도복, 조, 중, 만생 계통
 - 공시계통 수 : 21계통(생예 32-생예 52)
 - 중간찰 고세대 계통 생산력 예비시험
 - 교배조합 : 화영 // HJ2 (유메추쿠시 / 밀키퀸)
 - 주요특성 : 중간찰, 내도복, 복합내병성
 - 공시계통 : 5계통
 - 찰벼 계통 생산력 예비시험
 - 교배조합 : 생예-89 : 주남 / Sigahabutae
생예-90 ~ 생예-91 : 동진찰 / Sigahabutae
생예-92 : Sigahabutae / 동진찰
 - 주요특성 : 찰, 내도복, 복합내병성, 다수계
 - 공시계통 : 4계통
 - 거대배아미 계통 생산력 예비시험
 - 교배조합 : 생예-97 : 화영 / 거대배 찰
생예-98 : 거대배찰 / 보석찰
생예-99 : 보석찰 / 거대배찰
생예-100 : 주남 / 추청 // 거대배찰
 - 주요특성 : 거대배, 찰
 - 공시계통 : 4계통
 - 기타 유색(갈색)미 계통 생산력 예비시험
 - 교배조합 : 생예-109 : 당미 / 적진주
생예-110 : 화영 / 적진주
 - 주요특성 : 생예-109 : 당미, 유색(갈색), 단간, 조생
생예-110 : 메벼, 유색(갈색), 내도복
 - 공시계통 : 2계통
- 육성 우수 고세대 계통의 생산력 예비시험을 수행
 - 중간찰, 단간, 내도복 고세대 계통 (1)
 - 교배조합 : 주남 / 추청 // HJ2 (유메추쿠시 / 밀키퀸)

- 주요특성 : 중간찰, 단간, 내도복, 조, 중, 만생 계통
 - 공시계통 : 6계통 (HJ-16, 17, 20, 27, 33, 36)
- 중간찰, 단간, 내도복 고세대 계통 (2) 생산력 예비시험
- 교배조합 : 화영 // HJ21 (유메추쿠시 / 밀키퀸), 화영 // HJ31 (밀키퀸 / A-3)
 - 주요특성 : 중간찰, 내도복, 복합내병성
 - 공시계통 : 2계통 (HJ- 42, 43)
- 2년차에서 선발된 고세대 8계통은 수량성이 우수할 것으로 기대되며, 기본농업형질이 우수한 2개 계통을 선발하여 수확 후 종자 및 배유특성에 대한 분석을 수행하였다.

나. 육성품종의 지역재배적성 평가

(1) 개발예정 품종의 지역재배적성 예비평가 (재배시험: 수원, 예산, 괴산)

- 2년차에 육성하여 특허출원한 예농 1호, 예농 2호에 대해 수원, 예산, 괴산(친환경 재배)의 증식포장에서 재배 및 수확하였다.



<예산 증식포장>



<수원 증식포장>



<괴산 증식포장(친환경재배)>

그림 29. 예농 1, 2호 증식포장

(2) 육성품종의 수량성, 재배안정성 및 지역재배적성 평가

- 올해 역시 우수품종인 예농1호와 예농2호를 이용하여 충남 예산과 경남 밀양에서 각각 균일성 및 농업특성 평가를 수행하였다.



< 예농1호 시험 포장 >



< 예농2호 시험 포장 >

그림 30. 충남 예산 시험포장



< 예농1호 시험 포장 >



< 예농2호 시험 포장 >

그림 31. 경남 밀양 시험포장

- 다른 보유자원들과 같은 방법으로 포장재배를 수행하였고, 특성조사는 출수기, 간장, 수장, 포기당 이삭수 등의 기본농업형질을 이용해서 대조품종인 신동진 벼와의 비교 특성 등을 조사하였다.

다. 고 브랜드 상품화를 위한 품종판별 체계 개발

(1) DNA 마커를 이용한 품종판별체계 구축

- 국내 육성 150 품종에 대한 품종판별 체계 구축을 위해 품종판별력이 우수한 3개의 마커조합을 선발하였다.
- 국내 육성종 332품종과 도입자원 166점에 대해서 기후변화에 대응한 내한발성, 수발아와 내병성 및 그밖에 내재해 특성에 대한 평가를 수행하였다.
- MAS를 이용한 벼의 내재해성 특성평가
 - 내재해성으로 알려진 anaerobic stress, drought tolerance, anaerobic germination 및 PHS에 대해 분자마커를 이용한 접근과 haplotype 분석을 수행하였다.
- 1차 품종 판별용 마커의 선발
 - 1차 품종 판별용 마커를 선발하기 위해 국내에서 육성되어지는 152점의 벼 품종 중 80개 자원을 사용하여 160개 SSR 마커로 품종 다양성 정도를 조사하여 품종 다양성 정도가 높은 30개의 마커를 선발하였다.

○ 2차 품종 관별용 마커의 선발

- 선발된 30개 마커 중 heterozygosity가 낮고, 대립유전자형이 많지 않은 8개 마커를 선발하였다.

표 6. 품종 구분용 마커 조합표

No.	Marker	No. of obs.	Allele No	Gene Diversity	Heterozygosity	PIC
1	RM204	80	15	0.8458	0.0625	0.8280
2	RM1388	80	14	0.8268	0.0125	0.8067
3	RM1306	79	10	0.7367	0.0000	0.7160
4	RM1387	76	10	0.6949	0.0000	0.6660
5	RM2191	78	9	0.7459	0.0124	0.8421
6	RM3509	69	8	0.8460	0.0000	0.8270
7	RM1812	78	9	0.7917	0.0128	0.7622
8	RM022	80	8	0.7451	0.0250	0.7018
9	RM418	81	8	0.7419	0.0123	0.7009
10	RM1067	76	8	0.6537	0.0000	0.6277
11	RM335	78	7	0.7400	0.0000	0.6941
12	RM580	80	7	0.7084	0.0125	0.6717
13	RM5503	79	6	0.7797	0.0000	0.7470
14	RM3482	74	6	0.6947	0.0000	0.6469
15	RM3288	78	6	0.6752	0.0000	0.6260
16	RM202	79	6	0.6297	0.0000	0.5904
17	RM1313	77	6	0.6237	0.0000	0.5692
18	RM229	74	5	0.7451	0.0000	0.7003
19	RM250	79	5	0.6175	0.0000	0.5635
20	MRG2392	78	5	0.6085	0.0000	0.5470
21	RM5647	79	4	0.6259	0.0000	0.5710
22	RM5471	78	4	0.6380	0.0128	0.5683
23	RM517	79	3	0.6441	0.0000	0.5716
24	RM3183	71	3	0.6185	0.0000	0.5378
25	RM1003	80	3	0.6084	0.0000	0.5254
26	RM160	79	5	0.5650	0.0000	0.5249
27	RM3726	80	5	0.6026	0.0250	0.5239
28	RM7278	73	6	0.5900	0.0000	0.5171
29	RM1376	81	4	0.5694	0.0000	0.5107

4. 고품질, 고 기능성 벼 특허출원 및 품종등록(2건)

가. 돌연변이 여교배 후대 선발계통의 품질평가 및 기능성성분 분석

- 육성(선발) 계통인 돌연변이 계통의 저장단백질 특성 평가(논문제출 1건)를 위해 사용된 공시재료는 다수계의 내도복성 및 양질미 특성을 갖는 벼에 MNU 및 γ -ray 처리를 통해 선발된 56개 전분 돌연변이 계통(농업유전자원센터 분양)과 변이모본을 2006년 4월 20일 파종·육묘하여 이식은 5월 30일 주당 1본씩(15주/1 계통) 조건과 주간을 50x15cm 간격으로 손 이식 하였다. 각각의 계통은 생육조사를 위해 3 반복으로 이식하였고, 재배관리는 농촌진흥청 농사시험연구 벼 표준 재배법에 준하여 실시하였다.

(1) 돌연변이계통의 농업형질 및 저장단백질 조성 분석

- 변이모본 및 돌연변이 계통의 출수기, 간장, 수장 등 기본 농업형질에 대해 포장조사를 수행하였고, 현미 길이, 현미 너비, 현미 두께 및 현미천립중을 평가하였다. 또한 배유의 전분특성에 따라 찰, 중간찰, 분상질, 거대배 등으로 구분하여 저장단백질 조성을 분석하였다.
- 종실의 저장단백질의 SDS-PAGE (sodium dodecyl sulfate-polyacrylamide gel electrophoresis) 분석은 Laemmli(1970)의 방법을 개량한 Kumamaru et al.(1988)의 방법으로 수행하였다.
- 시료는 현미가루 20mg을 취하여 1.5mL 튜브에 넣고 표 1의 sample buffer를 700 μ L 가해 2시간 진탕한 후 15,000 r.p.m에서 5분간 원심하여 상등액 3 μ L를 1회 전기영동의 시료로 하였다.
- Gradient gel작성 용액의 조성과 그의 조정법은 각각 표 1과 같다. 먼저 mini gel 작성용의 유리판 10조를 겔작성 box(日本EIDO)에 넣고, 미리 4 $^{\circ}$ C에 냉각시켰다. TEMED와 solution(F)를 빼고 조정한 gel용액을 각반하면서 5분간 탈기하여 4 $^{\circ}$ C에서 냉각시켰다.
- gel box를 4 $^{\circ}$ C에서 냉각시킨 ethanol 약10ml으로 충분히 적시고, gradient gel box에 gel 용액을 넣고 각반하면서 TEMED와 solution(F)를 넣어 acrylamide와 bis acrylamide의 농도구배를 만들어 혼합시키면서 micro tube pump를 이용하여 gel box의 밑 부분에서 주입시켰다.
- gel 용액 주입시간은 약 20분이 되도록 조정하여 주입완료 후 48시간 이상 상온에서 정치시켰다. 전극액은 표 1의 (M)과 같이 Laemmli(1970)의 영동완충액을 이용하였고, 영동은 정전압에서 행하였다. 80V에서 1시간, 120V에서 1시간, 150V에서 1시간, 180V에서 1시간 20분의 통전으로 행하였다. 단백질의 염색은 표 1에 나타낸 staining solution을 약 1시간 진탕하면서 염색을 한 후, destaining solution으로 약 12시간 탈









색시켰다.

(2) 육성중인 초기세대 계통의 특성평가

- 돌연변이 계통의 배유특성과 대립, 찰 등의 특성을 결합하기 위해 대립찰벼 계통 및 대립메벼 계통에 배유 돌연변이 계통을 교배한 초기세대 계통에 대해 포장 재배하였으며, 현재 기본농업형질 및 초형을 기초로 선발 중에 있으며, 선발된 개체는 차후 현미선발을 거쳐 최종적으로 내년도 전개할 계통을 선발할 계획이다(표 7).

표 7. 육성계통의 교배조합 및 주요특성

번호	교배조합	주요특성
1	Wx,대립 / 신동진 / KNUM-14(OP)	Chalky, 고도심백
2	Wx,대립 / 신동진 / KNUM-14(심백)	Chalky, 고도심백
3	메벼,대립 / KNUM-4(감마선돌연변이op)	Chalky, 고도심백
4	메벼,대립 / KNUM-6(감마선돌연변이op)	Chalky, 고도심백
5	메벼,대립 / 설갱	Chalky, 고도심백

		
6	메벼,대립 / 09-KNUM-14(감마선돌연변이심백)	심백
		
7	메벼,대립약심복백 / KNUM-4(감마선돌연변이 op)	Chalky, 고도심백, 도복강
		
8	Dull / 추청 / 거대배찰	Dull, ge
		

- 대립찰벼와 양조벼, Sigahabutae(일본 찰벼품종)을 교배한 후대(F₃)에서는 종피의 모양 및 색이 다양하게 분리되고 있어 차후 품종구분의 표현형 형질로 활용이 가능할 것으로 판단된다(그림 32).

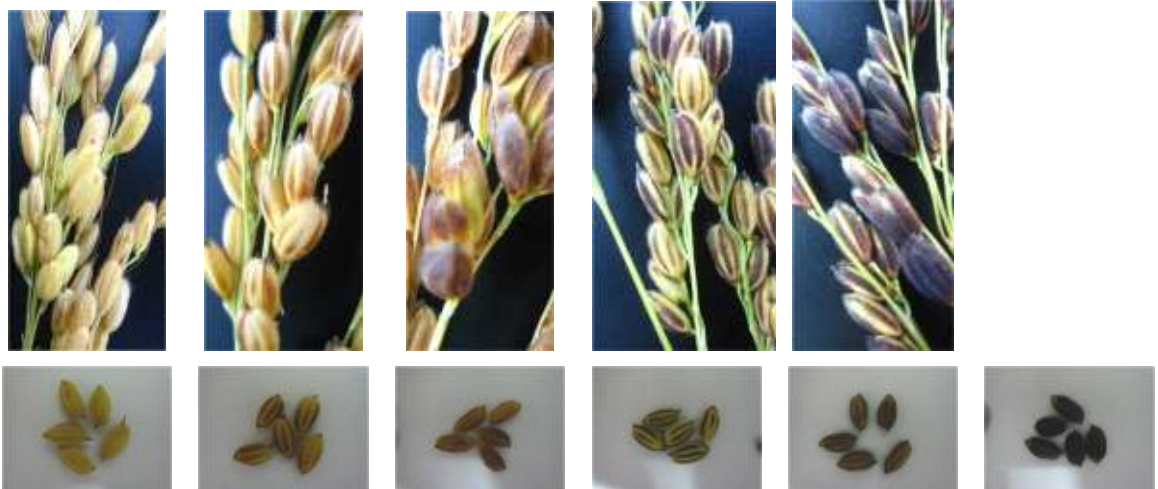


그림 32. (대립찰벼 / 양조벼 // Sigahabutae) 교배후대에서 종피색의 분리

○ 1년차 연구에서 육성된 돌연변이 여교배 계통 중 저아밀로스 특성의 여교배 후대와 거대배아미 특성의 여교배 후대에 대해 기본농업형질 및 정밀 종실특성 평가를 통해 중대립 저아밀로스 양질미 ‘예농 1호’와 거대배아미 ‘예농 2호’에 대한 특허출원을 완료하였다.

(3) 중대립 저아밀로스 양질미 ‘예농 1호’의 육성

- ‘예농 1호’는 중대립 저아밀로스 신품종 육성을 목적으로 농촌진흥청 국립식량과학원에서 육성된 벼 품종을 변이모본으로 하여 300 gray γ 선을 처리하여 M_1 종자를 얻었고, $M_2 \sim M_5$ 세대에서 저아밀로스 특성의 개체를 선발하였고, 상기 변이체를 신속히 고

정하여 유전적 소실을 막기 위해 2007년 하계에 변이모본인 벼를 반복친으로 여교배를 수행하였다. 2007년 동계에 BC₁F₁종자를 파종하였고, 2008년 BC₁F₂개체를 포장 전 개하여 개체를 선발하였고, 2009년까지 매년 포장에서 계통재배 하면서 저아밀로스 특성을 갖고 입성, 초형이 양호한 KJ07-10-5-5-3 계통을 선발 고정하였으며 선발된 계통에 대해 YN-005호로 계통명을 부여하여 중대립 저아밀로스 양질미 ‘예농 1호’를 육성하였다. 신품종의 육성과정을 그림 33과 같다.

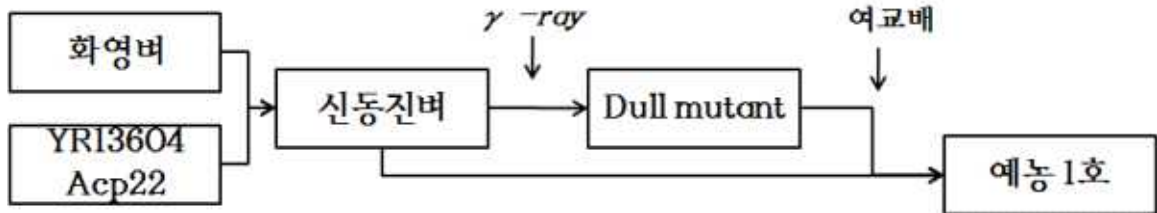


그림 33. 중대립 저아밀로스 벼 신품종 ‘예농 1호’ 육성계보도

- ‘예농 1호’의 종실 단면 전자현미경 사진은 ‘예농 1호’가 배유 전분의 아밀로스 함량이 원품종에 비해 낮은 특성을 갖는 것으로 배유의 전분 구조를 비교 관찰하기 위해 개화 후 50일 된 종자를 수확하여 수분 15% 이하로 음건 후 탈영시켜 미립의 중앙부위를 횡단면으로 잘라 Karnovsky’s fixative에 1시간 동안 약한 진공상태에서 고정한 후 4°C에서 24시간 고정시켰다. 0.05M Cacodylate buffer로 10분씩 3회 세척 후, 1% Osmium tetroxide (buffer in 0.05M cacodylate buffer)로 후고정 시켰다. 시료를 증류수로 3번 씻어 준 후 탈수과정을 거쳐 금으로 코팅하여 JSM 5410LV(JEOL) 주사 전자현미경(scanning electron microscope(SEM, x 600))으로 관찰하였다.
- ‘예농 1호’의 저장단백질 함량 특성을 평가하기 위해, 종실 저장단백질의 SDS-PAGE(sodium dodecyl sulfate-polyacrylamide gel electrophoresis)분석은 Laemmli(1970)의 방법을 개량한 Kumamaru *et al.*(1988)의 방법으로 수행하였다. 공시시료는 현미가루 20mg을 취하여 1.5mL 튜브에 넣고 그림 8-3a의 sample buffer를 700μL 가해 2시간 진탕한 후 15,000 rpm에서 5분간 원심하여 상등액 3μL를 1회 전기영동의 시료로 하였다.
- 먼저 mini gel 작성용의 유리판을 gel 작성 box(日本EIDO)에 넣고, 미리 4°C에 냉각시켰다. TEMED와 solution(F)를 빼고 조정된 gel용액을 각반하면서 5분간 탈기하여 4°C에서 냉각시켰다. gel box를 4°C에서 냉각시킨 ethanol 약10mL으로 충분히 적시고, gradient gel box에 gel 용액을 넣고 각반하면서 TEMED와 solution(F)를 넣어 acrylamide와 bis acrylamide의 농도구배를 만들어 혼합시키면서 micro tube pump를 이용하여 gel box의 밑 부분에서 주입시켰다. gel 용액 주입시간은 약 20분이 되도록 조정하여 주입완료 후 48시간 이상 상온에서 정치시켰다.
- 전극액은 그림 8-3a의 (M)과 같이 Laemmli(1970)의 영동완충액을 이용하였고, 영동은 정전압에서 행하였다. 80V에서 1시간, 120V에서 1시간, 150V에서 1시간, 180V에서 1시간 20분의 통전으로 행하였다. 단백질의 염색은 staining solution을 약 1시간 진탕

하면서 염색을 한 후, de-staining solution으로 약 12시간 탈색시켰다.

- ‘예농 1호’의 종질 이화학적 특성을 평가하기 위해, 아밀로스 함량은 출수 후 50일에 수확하여 탈곡 후 수분 함량을 15%이하로 자연 건조하여 실험실용 현미기(쌍용 SY88-TH)로 제현 후, 사미, 피해립 등을 제거한 현미를 곱게 갈아서 80 Mesh의 체로 처리하여 이용하였다. 아밀로스함량(amylose content) 분석은 Julliano(1985)의 비색 정량법에 따라 100mg의 현미가루에 95% ethanol 1mL와 1N NaOH 9mL를 가해 끓는 물속에 10분간 호화시킨 후 증류수로 100mL을 채운 다음, 그 중 5mL를 취해 1N acetic acid 1mL와 2% I₂-KI solution 2mL를 가해 증류수로 100mL까지 채우고 발색 반응시켜 620nm의 파장에서 spectrophotometer로 읽어 흡광도를 측정하여 계산하였다.
- 알칼리 붕괴도는 Bhattacharya(1979)의 방법을 적용하여 플라스틱용기(4.6x4.6x1.5cm)에 현미 3립을 양끝을 잘라내고 반으로 절단하여 1.4% KOH 용액에 침지하여 30℃ 항온기에 24시간 처리 후 쌀알이 퍼지는 정도에 따라 알칼리 붕괴도(alkali digestive value)를 1~7 등급으로 구분하여 조사하였다. 즉 쌀알이 불투명하거나 변화가 거의 없는 상태를 1로 하고 쌀알이 금이 가고 부풀리며 점차 터지는 정도에 따라 값이 높아지며, 7은 완전히 퍼져서 투명한 상태임을 나타낸다. 각각은 3반복으로 알칼리 붕괴도를 조사하여 수치화 했다.
- 호응집성은 Cagampang et al.(1973)의 방법으로 쌀가루 100mg에 95% ethanol에 0.025% thymol blue를 섞은 용액을 시험관에 넣고 교반하여 water bath에서 시험관 높이 2/3에 도달할 때 까지 끓인 후 20분간 얼음 수조에서 냉각하고 테이블의 모눈종이 위에 1시간 정치하여 구분된 특성에 따라서 gel상태의 호화전분이 흘러간 정도를 측정하여 연합(61~100mm), 중간(41~60mm), 균음(26~40mm)으로 분류하였고, 각각은 3반복하여 수치화 했다.
- 단백질 함량은 사미, 피해립 등을 제거한 현미를 비파괴적 간이방법으로 신속·간편한 Kett사의 AN-800을 사용하여 고시히카리 현미의 standard 검량치를 모델로 비교하면서 변이체간의 상대적인 값을 구하였다.
- 배유의 amylogram 특성 분석은 rapid visco analyser III기를 이용하여 3g의 쌀가루를 25mL 증류수로 현탁액을 만들어 mixing bowl에 넣고 50℃에서 1분, 50~95℃까지 4.7분 동안에 상승시키고 95℃에서 2.5분 정도 유지시켰다가 다시 3.7분 동안에 50℃로 냉각시키면서 호화특성을 조사하였다.
- 아밀로그래프에서 호화개시온도(gelatinization temperature ; °C), 최고점도(peak viscosity), 최저점도(hot viscosity), 최종점도(cool viscosity)를 구하고, 이것을 이용하여 강하점도(breakdown; 최고점도 - 최저점도), 응집점도(consistency; 최종점도 - 최저점도), 그리고 치반점도(setback; 최종점도 - 최고점도)를 산출하였다.

- ‘예농 1’의 기능성 성분 특성을 평가하기 위해, 비타민 E(tocopherol)의 분석방법은 현미를 마쇄하여 80mesh 이하의 분말 0.5g을 추출용매(MeOH:EtOAc:P.Ether=1:1:1) 20mL에 1mL internal standard(α -tocopherol acetate)를 첨가하여 30초간 mixing 후 10분간 방치한 후, No. 4 filter paper로 여과를 3회 반복하였다. 60mL 여과액의 수준으로 제거한 후, No. 4 filter paper로 여과한 다음 농축하였다. 30mL ethyl acetate를 첨가하여 녹인 후 1.5mL의 포화 KOH를 넣고 16시간 이상 방치한 후, 2회 반복하여 추출 용액과 DW를 1:2 비율로 분액하여 ethyl acetate층만 회수하여 수분을 제거한 뒤 No. 4 filter paper로 여과하였다. 여과액을 농축한 후 2mL methanol(1% BHT)용매에 녹여 0.45 μ m filter로 여과하여 HPLC(Shimadzu 10A)로 분석하였다. HPLC 조건의 column은 Supelco C₁₈, 250mmx4.6mm, 5 μ m particles, eluent는 methanol 90%, flow rate는 1.6mL/min., injection volume은 20 μ L로 하였다. detector는 UV @ 215nm, Photodiode array detector를 사용하였다(Ryynanen & Lampi, 2004).
- 현미의 유리당 분석을 위해 현미를 마쇄하여 80 mesh이하의 분말 0.5g을 75%의 추출용매인 ethanol 6mL를 첨가하여 1시간 교반하였다. No. 4 filter paper로 여과한 다음 0.45 μ m syringe filter로 여과하여 HPLC(Shimadzu 10A)로 분석하였다. 분석 column은 Supelco C₁₈, 250mmx4.6mm, 5 μ m particles, 용리액(eluent)는 (A)acetonitrille와 (B)0.04% NH₄OH, flow rate는 1.0mL/min., gradient elution은 75:25(A:B)를 30분으로 하였고, injector volume은 20 μ L로 하였다. 검출기(detector)는 UV @ 215nm, Photodiode array detector를 사용하였고, peak의 면적을 계산하고 상대적인 백분율로 나타내었다(Gnansounou *et al.*, 2005).
- 현미의 지방산 분석은 Folch *et al.*(1957)의 방법을 적용하여 80 mesh이하의 현미분말 0.5g을 chloroform과 alcohol 등의 추출용매로 지방산 분획을 추출하였다. 내부표준물질로는 pentadecanoic acid(PDA)를 사용하였으며 지방산 free acid와 methyl ester형태의 표준물질들 역시 Sigma사에서 구입한 것으로 메탄올을 녹여서 사용하였다. 추출한 지방은 Chung(1991)와 Nike *et al.*(2004)의 방법에 따라 methyl ester화 시켰다. 지방산 정량은 chromatogram에 나타난 각각의 peak를 내부표준물질을 기준으로 구하였다. 분리 및 정량시에는 Hewlett Packard 5890 series II 기종의 gas chromatograph(GC)를 사용하였으며, 일차 탐색에서는 HP-20M(0.2mm, 25m, 0.1 μ m) Hewlett Packard column으로 180 $^{\circ}$ C(infector 200 $^{\circ}$ C, detector 210 $^{\circ}$ C)에서 분리하였고, detector는 flame ionization detector(FID), carrier gas는 질소를 사용하였다. 중쇄지방산의 분리 및 정량에는 HP-5 column(0.2mm, 25m, 33 μ m)을 사용하였다.

(4) 중대립 거대배아미 ‘예농 2호’의 육성

- ‘예농 2호’는 고기능성 거대배아미 신품종 육성을 목적으로 농촌진흥청 국립식량과학원에서 육성된 벼 품종을 변이모본으로 하여 300 gray의 γ 선을 처리하여 M₁종자를 확보하였고, 이들 종자를 1주 1분 식재하여 격리재배하여 종자 임실률이 5~80%를 보이는 개체에서 M₂종자를 수확하였다. M₂ 세대부터 M₅세대까지 계통 육종법으로 세대

진전시키면서 종자에서 쌀눈의 크기가 큰 변이체를 선발하였고, 상기 변이체를 신속히 고정하여 유전적 소실을 막기 위해 변이 모본인 벼를 반복친으로 하여 BC₁F₄세대까지 여교배 및 계통선발을 수행하여 쌀눈의 크기가 변이모본에 비해 3배 정도 큰 계통을 선발하였다. 선발된 계통에 대하여, 2년간 난괴법 3반복으로 생산력검정 및 농가 실증시험을 수행한 결과 품종의 균일성과 재배안정성을 확인하여 고기능성 거대배아미 ‘예농 2호’를 육성하였다. 신품종의 육성과정을 그림 34와 같다.

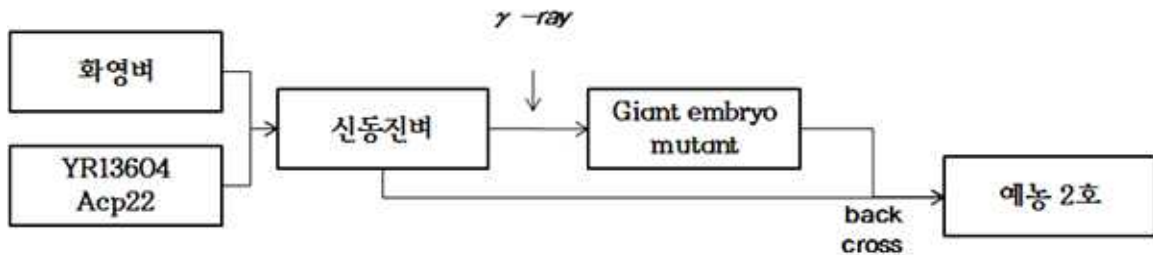


그림 34. 거대배아미 벼 신품종 ‘예농 2호’ 육성계보도

- ‘예농 2호’의 저장단백질 함량 특성을 평가하기 위해, 종실 저장단백질의 SDS-PAGE(sodium dodecyl sulfate-polyacrylamide gel electrophoresis)분석은 Laemmli(1970)의 방법을 개량한 Kumamaru *et al.*(1988)의 방법으로 수행하였다. 공시시료는 현미가루 20mg을 취하여 1.5mL 튜브에 넣고 그림 8-3a의 sample buffer를 700μL 가해 2시간 진탕한 후 15,000 rpm에서 5분간 원심하여 상등액 3μL를 1회 전기영동의 시료로 하였다.
- 먼저 mini gel 작성용의 유리판을 gel 작성 box(日本EIDO)에 넣고, 미리 4°C에 냉각시켰다. TEMED와 solution(F)를 빼고 조정한 gel용액을 각반하면서 5분 간 탈기하여 4°C에서 냉각시켰다. gel box를 4°C에서 냉각시킨 ethanol 약10mL으로 충분히 적시고, gradient gel box에 gel 용액을 넣고 각반하면서 TEMED와 solution(F)를 넣어 acrylamide와 bis acrylamide의 농도구배를 만들어 혼합시키면서 micro tube pump를 이용하여 gel box의 밑 부분에서 주입시켰다. gel 용액 주입시간은 약 20분이 되도록 조정하여 주입완료 후 48시간 이상 상온에서 정치시켰다.
- 전극액은 그림 8-3a의 (M)과 같이 Laemmli(1970)의 영동완충액을 이용하였고, 영동은 정전압에서 행하였다. 80V에서 1시간, 120V에서 1시간, 150V에서 1시간, 180V에서 1시간 20분의 통전으로 행하였다. 단백질의 염색은 staining solution을 약 1시간 진탕하면서 염색을 한 후, de-staining solution으로 약 12시간 탈색시켰다.
- ‘예농 2’의 종실 이화학적 특성을 평가하기 위해, 아밀로스 함량은 출수 후 50일에 수확하여 탈곡 후 수분 함량을 15%이하로 자연 건조하여 실험실용 현미기(쌍용 SY88-TH)로 제현 후, 사미, 피해립 등을 제거한 현미를 곱게 갈아서 80 Mesh의 체로 처리하여 이용하였다. 아밀로스함량(amylose content) 분석은 Julliano(1985)의 비색 정량법에 따라 100mg의 현미가루에 95% ethanol 1mL와 1N NaOH 9mL를 가해 끓는 물속에 10분간 호화시킨 후 증류수로 100mL을 채운 다음, 그 중 5mL를 취해

1N acetic acid 1mL와 2% I₂-KI solution 2mL를 가해 증류수로 100mL까지 채우고 발색 반응시켜 620nm의 파장에서 spectrophotometer로 읽어 흡광도를 측정하여 계산하였다.

- 알칼리 붕괴도는 Bhattacharya(1979)의 방법을 적용하여 플라스틱용기(4.6x4.6x1.5cm)에 현미 3립을 양끝을 잘라내고 반으로 절단하여 1.4% KOH 용액에 침지하여 30°C 항온기에 24시간 처리 후 쌀알이 퍼지는 정도에 따라 알칼리 붕괴도(alkali digestive value)를 1~7 등급으로 구분하여 조사하였다. 즉 쌀알이 불투명하거나 변화가 거의 없는 상태를 1로 하고 쌀알이 금이 가고 부풀리며 점차 터지는 정도에 따라 값이 높아지며, 7은 완전히 퍼져서 투명한 상태임을 나타낸다. 각각은 3반복으로 알칼리 붕괴도를 조사하여 수치화 했다.
- 호응집성은 Cagampang et al.(1973)의 방법으로 쌀가루 100mg에 95% ethanol에 0.025% thymol blue를 섞은 용액을 시험관에 넣고 교반하여 water bath에서 시험관 높이 2/3에 도달할 때 까지 끓인 후 20분간 얼음 수조에서 냉각하고 테이블의 모눈종이 위에 1시간 정지하여 구분된 특성에 따라서 gel상태의 호화전분이 흘러간 정도를 측정하여 연합(61~100mm), 중간(41~60mm), 굳음(26~40mm)으로 분류하였고, 각각은 3반복하여 수치화 했다.
- 단백질 함량은 사미, 피해립 등을 제거한 현미를 비파괴적 간이방법으로 신속·간편한 Kett사의 AN-800을 사용하여 고시히카리 현미의 standard 검량치를 모델로 비교하면서 변이체간의 상대적인 값을 구하였다.
- 배유의 amylogram 특성 분석은 rapid visco analyser III기를 이용하여 3g의 쌀가루를 25mL 증류수로 현탁액을 만들어 mixing bowl에 넣고 50°C에서 1분, 50~95°C까지 4.7분 동안에 상승시키고 95°C에서 2.5분 정도 유지시켰다가 다시 3.7분 동안에 50°C로 냉각시키면서 호화특성을 조사하였다.
- 아밀로그래프에서 호화개시온도(gelatinization temperature ; °C), 최고점도(peak viscosity), 최저점도(hot viscosity), 최종점도(cool viscosity)를 구하고, 이것을 이용하여 강하점도(breakdown; 최고점도 - 최저점도), 응집점도(consistency; 최종점도 - 최저점도), 그리고 치반점도(setback; 최종점도 - 최고점도)를 산출하였다.
- ‘예농 2’의 기능성 성분 특성을 평가하기 위해, 비타민 E(tocopherol)의 분석방법은 현미를 마쇄하여 80mesh 이하의 분말 0.5g을 추출용매(MeOH:EtOAc:P.Ether=1:1:1) 20mL에 1mL internal standard(α -tocopherol acetate)를 첨가하여 30초간 mixing 후 10분간 방치한 후, No. 4 filter paper로 여과를 3회 반복하였다. 60mL 여과액의 수준으로 제거한 후, No. 4 filter paper로 여과한 다음 농축하였다. 30mL ethyl acetate를 첨가하여 녹인 후 1.5mL의 포화 KOH를 넣고 16시간 이상 방치한 후, 2회 반복하여 추출 용액과 DW를 1:2 비율로 분액하여 ethyl acetate층만 회수하여 수분을 제거한 뒤 No. 4 filter paper로 여과하였다. 여과액을 농축한 후 2mL methanol(1% BHT)용매에 녹여 0.45 μ m filter로 여과하여 HPLC(Shimadzu 10A)로 분석하였다. HPLC 조건

의 column은 Supelco C₁₈, 250mmx4.6mm, 5 μ m particles, eluent는 methanol 90%, flow rate는 1.6mL/min., injection volume은 20 μ L로 하였다. detector는 UV @ 215nm, Photodiode array detector를 사용하였다(Ryynanen & Lampi, 2004).

- 현미의 유리당 분석을 위해 현미를 마쇄하여 80 mesh이하의 분말 0.5g을 75%의 추출용매인 ethanol 6mL를 첨가하여 1시간 교반하였다. No. 4 filter paper로 여과한 다음 0.45 μ m syringe filter로 여과하여 HPLC(Shimadzu 10A)로 분석하였다. 분석 column은 Supelco C₁₈, 250mmx4.6mm, 5 μ m particles, 용리액(eluent)는 (A)acetonitrille와 (B)0.04% NH₄OH, flow rate는 1.0mL/min., gradient elution은 75:25(A:B)를 30분으로 하였고, injector volume은 20 μ L로 하였다. 검출기(detector)는 UV @ 215nm, Photodiode array detector를 사용하였고, peak의 면적을 계산하고 상대적인 백분율로 나타내었다(Gnansounou *et al.*, 2005).
- 현미의 지방산 분석은 Folch *et al.*(1957)의 방법을 적용하여 80 mesh이하의 현미분말 0.5g을 chloroform과 alcohol 등의 추출용매로 지방산 분획을 추출하였다. 내부표준물질로는 pentadecanoic acid(PDA)를 사용하였으며 지방산 free acid와 methyl ester형태의 표준물질들 역시 Sigma사에서 구입한 것으로 메탄올을 녹여서 사용하였다. 추출한 지방은 Chung(1991)와 Nike *et al.*(2004)의 방법에 따라 methyl ester화 시켰다. 지방산 정량은 chromatogram에 나타난 각각의 peak를 내부표준물질을 기준으로 구하였다. 분리 및 정량시에는 Hewlett Packard 5890 series II 기종의 gas chromatograph(GC)를 사용하였으며, 일차 탐색에서는 HP-20M(0.2mm, 25m, 0.1 μ m) Hewlett Packard column으로 180 $^{\circ}$ C(injector 200 $^{\circ}$ C, detector 210 $^{\circ}$ C)에서 분리하였고, detector는 flame ionization detector(FID), carrier gas는 질소를 사용하였다. 중쇄지방산의 분리 및 정량에는 HP-5 column(0.2mm, 25m, 33 μ m)을 사용하였다.

제2절 연구결과 및 고찰

1. 벼 유전자원 활용 고품질, 고 기능성 등 유용자원 탐색 및 선발

가. 국내고유자원 및 유전자원의 증식, 특성평가 (시험포장 계통재배)

(1) 기본농업형질 평가

- 260개 국내 육성종의 경우 출수기 및 기본 농업형질에 대해 조사를 수행하였다. 특히 100여개 조생종 품종에 대해서는 충남 지역에서의 출수 지연 등에 대해 조사를 수행하였고, 차후 기 보고된 10개의 출수관련 유전자 및 QTL 분위에 대한 분석을 수행할 계획이다. 육성 조생종 품종은 대체로 출수기간과 등숙기간이 안정적으로 나타났으며, 이들 중 극조생종, 고품질 및 복합내병성 특성에 대해 각각 진부올벼, 오대벼, 조평벼 등을 선발하여 교배모본으로 활용하였다.
- 기타 국외 도입자원에 대한 출수기 조사를 통해 공주대 실험포장에서 7월16일 경에 출수하는 극조생 특성을 갖으면서, 초형이 우수한 러시아 품종인 Liman Belozernij 품종 또한 조숙 품종 육성을 위한 교배모본으로 활용하였다.
- 구주대학 분양자원 중 AKAGE 품종은 이앙 후 35일째에 출수하여 극조생의 특성을 보였고, 출수가 가장 느린 것은 BAN SHIRAZASA 품종으로 이앙 후 78일째였다. 자원 중에서 출수기의 변이가 다양하게 나타났으며, 극조생 자원들에 대해서 차후 조생종 품종 육성 재료로 유용하게 사용할 것으로 예상된다. 총 130점의 도입자원에 대한 출수기 조사를 통해 공주대 실험포장에서 7월16일 경에 출수하는 극조생 특성을 갖으면서, 초형이 우수한 러시아 품종인 Liman Belozernij 품종을 조숙 품종 육성을 위한 교배모본으로 오대벼(11-KB-27)와 교배하였고, 현재 F₂ 종자 수확중에 있다. 1차년도에 선발된 러시아 도입 자원 Liman Belozernij와 3차년도 구주대학 분양자원인 AKAGE은 극조생종 육성에 중요한 자원으로 활용 가능할 것이다.

표 8. 일본 구주자원의 기본농업형질

No.	Heading date	Culm length	1000 grain weight	Amylose	No.	Heading date	Culm length	1000 grain weight	Amylose
1	72	96	16	28.6	51	60	79	20	23.3
2	63	81	21	-	52	68	98	21	27.7
3	66	95	22	20.9	53	59	103	22	-
4	58	93	14	29.3	54	61	96	24	19.6
5	61	100	22	23.7	55	53	83	20	21.9
6	70	79	24	23.2	56	54	88	22	0.4
7	71	81	23	0.5	57	59	102	21	0.6
8	66	75	26	26.5	58	71	86	25	23.6
9	68	90	24	26.1	59	76	118	19	20.0
10	65	90	25	27.1	60	59	107	24	-
11	68	87	24	26.4	61	57	93	24	22.2
12	67	72	24	22.0	62	55	96	21	-

13	63	74	23	21.8	63	56	87	21	24.1
14	61	82	22	0.0	64	57	97	22	20.6
15	71	96	25	24.4	65	56	89	23	20.0
16	73	94	23	26.1	66	59	83	25	27.1
17	64	94	19	19.7	67	63	115	25	-
18	59	87	23	16.9	68	64	89	21	26.6
19	56	83	23	18.3	69	64	80	21	24.1
20	64	83	23	24.0	70	56	104	23	-
21	56	82	23	22.3	71	57	78	26	-
22	68	56	-	-	72	69	87	20	24.7
23	68	73	18	20.6	73	71	84	22	26.0
24	68	80	19	24.3	74	70	86	22	24.6
25	56	72	20	32.7	75	72	87	24	26.8
26	58	71	20	29.3	76	70	79	-	-
27	54	75	17	28.5	77	68	86	24	27.4
28	64	86	20	24.4	78	72	86	25	27.4
29	71	91	23	24.3	79	72	80	22	0.0
30	56	90	22	0.4	80	71	83	21	0.0
31	71	88	25	28.0	81	55	89	22	-
32	72	92	27	25.2	82	-	-	-	-
33	74	29	14	17.0	83	67	80	25	24.9
34	71	39	14	18.3	84	69	123	21	31.8
35	35	65	20	13.1	85	67	77	23	27.3
36	57	82	24	-	86	61	104	22	-
37	70	94	21	22.6	87	67	110	23	-
38	43	72	24	13.3	88	60	100	20	0.4
39	50	99	27	-	89	68	101	20	33.4
40	52	101	25	-	90	62	108	20	-
41	55	88	25	17.3	91	73	77	20	25.1
42	49	102	19	-	92	71	77	25	26.2
43	54	74	20	24.4	93	66	22	13	14.1
44	59	88	18	0.4	94	78	83	21	22.2
45	66	101	-	-	95	72	84	24	25.5
46	67	116	21	28.5	96	77	81	22	26.3
47	53	99	26	-	97	61	75	20	-
48	66	114	21	0.0	98	48	-	-	-
49	68	99	22	29.7	99	62	98	21	30.5
50	60	109	19	0.0	100	72	118	15	29.2

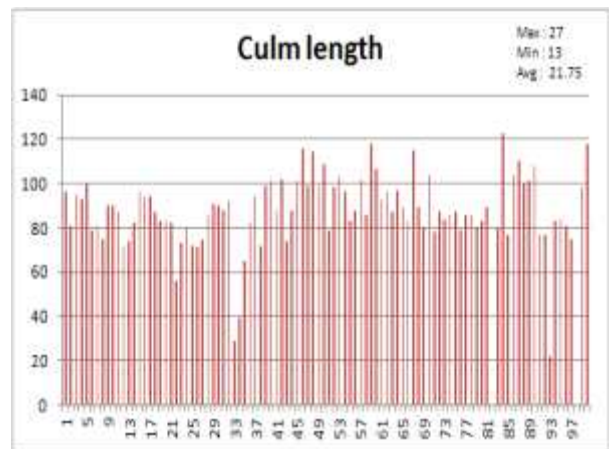
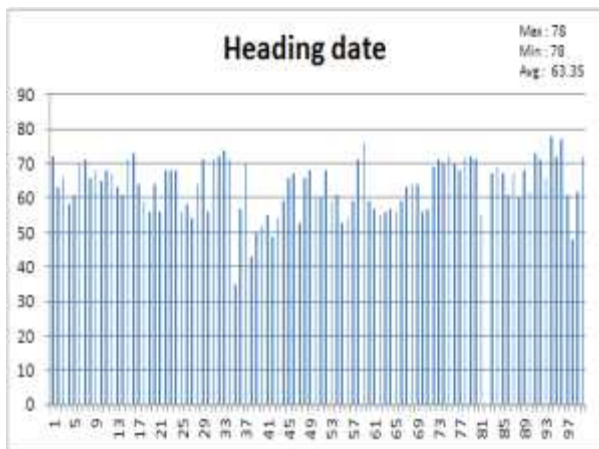




그림 35. 일본 구주자원의 기본농업형질 그래프

- 4개의 농업형질 중 특히 아밀로오스 함량은 0%인 찰벼에서부터 33.4% 메벼까지 다양하게 이루어져 있으며, 총 18개 품종에서 저아밀로스형으로 인한 waxy의 특성을 발견할 수 있었다. 또한 준단간형인 품종들이 많았고, 그 중 ATSUTA GAISEN, BARABARA MOCHI 2품종은 waxy의 특성을 가지고 있으면서 준단간형인 품종들인 고시히까리, 저아밀로스 품종인 밀키킨 같은 농가에서 재배하기 어려운 장간 품종과의 교배 중간모본으로도 활용이 가능할 것으로 판단된다.
- 국내 육성종, 재래종 자원들과 분양받은 일본 구주대 자원, 미국 농업연구청 자원들 각각의 다양한 형질 및 유용한 자원들의 선발을 위해 주요 농업형질에 대한 평가를 수행한 결과 이들 유전자원들에 대한 다양한 출수기와 여러 농업형질에 대해서 생태형별 기본 정보들을 활용하여 국내 장려품종들과의 교배를 통한 중간모본 작성 및 유용형질 선발 과정을 통해 차후 유용한 육종소재가 될 수 있을 것으로 판단된다.

표 9. 국내 벼 재래종의 주요 농업형질

No.	품종명	출수기	간장(cm)	수장(cm)	포기당 이삭수(No.)
1	흑색도(黑色稻)	7. 24	125	25	11
2	장삼도(長杉稻)	7. 18	126	19	15
3	수상조(水上租)	7. 18	131	21	18
4	노인도(老人稻)	7. 31	103	22	22
5	조석조(早石租)	7. 23	102	25	12
6	구중도(九重稻)	7. 19	80	23	21
7	저색도(猪色稻)	7. 21	85	21	5
8	저나(猪나)	7. 19	87	26	11
9	치차벼	7. 19	90	25	16
10	백망조(白芒租)	7. 20	101	26	10
11	육성재래(陸城在來)	7. 21	88	23	9
12	여벼	7. 12	115	26	10
13	긴까락샤래	7. 21	101	25	3
14	출래산(出來山)	7. 21	86	23	9
15	월조	7. 18	105	18	19

16	조도(早稻)	7. 21	100	25	12
17	흑저도(黑猪稻)	7. 23	105	20	16
18	대골도(大骨稻)	7. 21	100	23	22
19	무산도(茂山稻)	7. 21	64	17	29
20	저색도(猪色稻)	7. 21	85	21	5
21	다마궁	7. 22	94	22	16
22	백곡나(白穀나)	7. 22	84	22	9
23	모조(牟租)	7. 22	114	25	19
24	정기조생(井起早生)	7. 31	95	24	11
25	재래종도(在來種稻)	7. 31	85	25	19
26	저누(猪누)	7. 31	97	26	17
27	가위찰	7. 23	77	22	17
28	강원도(江原稻)	7. 31	90	21	16
29	찰벼	7. 31	120	30	17
30	황조(黃租)	7. 31	115	22	17

표 10. 국내 벼 육성종의 주요 농업형질

No.	품종명	출수기	간장(cm)	수장(cm)	포기당 이삭수(No.)
1	중모1011	7. 25	64	21	14
2	셋별	7. 26	49	28	38
3	상산	7. 28	65	22	17
4	조평	7. 24	74	17	20
5	오봉	7. 25	61	22	12
6	남원	7. 25	70	21	13
7	조생통일	7. 31	55	24	214
8	평원	7. 22	55	23	15
9	조생백진주	7. 22	60	24	25
10	운미	7. 24	53	22	19
11	대진	7. 21	62	21	33
12	운두	7. 21	55	18	26
13	오대1호	7. 22	58	21	23
14	원평	7. 28	68	28	16
15	흑선찰	7. 30	67	29	24
16	안산	7. 31	65	24	16
17	청백찰	7. 22	65	27	16
18	호반	7. 23	51	20	21
19	대찬	7. 30	70	22	17
20	만안	7. 24	64	23	25
21	조운	7. 23	54	23	17
22	삼남	7. 29	67	24	25
23	산들진미	7. 31	61	20	32
24	밀양21	7. 28	56	21	20
25	만나	7. 22	67	20	13
26	천마	7. 28	57	21	26
27	호남조생	7. 28	51	20	28
28	운장	7. 21	64	23	21
29	풍미	7. 31	63	20	23
30	금성	7. 28	68	21	14

표 11. 분양자원들의 주요 농업형질

No.	품종명	출수기	간장(cm)	수장(cm)	포기당 이삭수(No.)
1	1932 M.U. 9	7. 15	95	14	9
2	AICHI KIRYOYOSHI 2	7. 19	75	21	9
3	AICHI MIKAWA NISHKI 4	7. 12	90	23	11
4	AICHI NAKATE 17	8. 20	90	17	8
5	AICHI SENBON ASAHI	7. 15	68	20	8
6	AIJAKU	7. 21	92	23	9
7	AIKAWA 44	7. 15	89	22	9
8	AIKOKU FUNEN A1	7. 16	84	17	11
9	AIKOKU FUNEN A9	8. 09	-	-	-
10	AIKOKU IBARAKI 2	7. 29	83	16	8
11	AIOI	7. 18	80	19	12
12	AISAWA MOCHI 1	8. 19	83	23	8
13	AITOKU	8. 25	80	18	9
14	AITOKU 6 B	8. 02	81	22	11
15	AITOKU HEN 1	7. 27	45	15	9
16	AKAGI WASE	8. 09	75	22	4
17	AKAHO NIMAIKAWA	7. 20	94	24	11
18	AKAIMO	7. 25	55	25	5
19	AKAINE	8. 03	75	14	4
20	AKAKA	7. 15	84	25	4
21	AKAMAI	8. 19	76	19	10
22	AKAMAI B	7. 21	80	24	13
23	AKAMOCHI B	7. 18	87	22	10
24	AKAMOCHI C	7. 24	104	19	6
25	AKATEN	8. 05	90	22	20
26	AKAYAKAN	7. 18	83	25	6
27	AKAYARI	8. 24	89	24	4
28	AKITA 7	7. 17	88	24	6
29	AMARELIA	7. 21	101	21	10
30	AMERICANA	8. 24	85	25	4
31	AOMORI HEN	7. 15	94	22	5
32	AOMORI HEN	7. 18	85	22	6
33	ASAHI 2	7. 20	83	23	10
34	ASAHI 3	7. 26	70	20	14
35	ASHIGARA SHINRIKI	7. 16	71	24	10
36	ASHIGARA SHINRIKI 92	7. 18	76	22	13
37	BAI KE HUA LUO	8. 09	85	18	20
38	BANSEI TARO	8. 10	86	21	6
39	BANSHINRIKI HENSHU	8. 13	79	19	12
40	BAN SHIRAZASA 1	7. 24	80	19	14

나. 유전자원의 미질 및 기능성 특성평가

(1) 기능성 성분 평가

- 재래종 자원에 대한 지질성분에 대한 분석 결과 쌀 지질 중 20% 내외를 차지하여 미질특성에 영향을 주는 palmitic acid(C16:0)의 함량이 높은 재래종 품종과 2개의 이중

결합을 포함하는 Linoleic acid(C18:2)의 함량이 높은 재래종 품종을 선발하였다. 이들 지방산은 쌀의 전분과 결합하여 starch lipid 형태로 밥 맛 특성에 영향을 주는 것으로 알려져 있다. 본 연구과제에서는 이들의 특성을 규명하고 지역 대표품종에 우수 특성을 이전하기 위해 교배 모본으로 활용하였다(표 12).

- 일반적으로 oleic acid(C18:1) (45%) > linoleic acid(C18:2) (30%) > palmitic acid(C16:0) (20%) 수준으로 알려져 있으며, 재래종 유전자원은 oleic acid, linoleic acid, palmitic acid가 각각 평균 36.5, 36.8, 21.5% 수준으로 나타났다. 특히 밥맛과 관련이 있는 palmitic acid의 경우 17.28 ~ 27.73 정도의 변이를 보였으나, 변이계수가 7.0으로 다른 지방산에 비해 낮게 나타나 품종 간 변이가 크지 않은 것으로 나타났다(표 12).

표 12. 재래종 유전자원의 지방산 조성 변이

	C14:0	C16:0	C18:0	C18:1	C18:2	C20:0	C18:3	C22:0	SFA	MU FA	PUF A
평균	0.66	21.49	1.96	36.49	36.77	0.57	1.69	0.37	25.05	36.49	38.46
표준오차	0.01	0.08	0.02	0.12	0.10	0.00	0.01	0.00	0.08	0.12	0.10
중앙값	0.66	21.65	1.89	36.31	36.80	0.56	1.69	0.37	25.12	36.31	38.48
표준편차	0.13	1.50	0.31	2.37	1.90	0.09	0.15	0.06	1.54	2.37	1.95
분산	0.02	2.25	0.09	5.62	3.61	0.01	0.02	0.00	2.36	5.62	3.80
최소값	0.34	17.28	1.13	30.74	31.10	0.37	1.23	0.26	20.94	30.74	32.66
최대값	1.03	27.73	3.20	45.19	42.85	0.91	2.22	0.62	31.36	45.19	44.79
변이계수(%)	20.3	7.0	15.7	6.5	5.2	15.2	9.0	14.8	6.1	6.5	5.1
최대품종	원자벼	한양조	쑤벼	산두도	치경도	치경도	상도	구동나	한양조	산두도	치경도
최소품종		표도	쌀벼	울조조	산두도	돈나	흑피	작수단칸	표도	울조조	산두도

- 국내 육성종, 도입종, 재래종 자원들을 대상으로 하였으며, 벼의 생태형(Indica, Japonica) 차이와 각 지역별 품종간의 성분함량을 비교분석하여 기능적 가치 중 함량 분석 결과를 보면 기존에 양질미로 보고된 Japonica 타입이 Indica에 비해 전체적으로 기능성 성분 함량이 높은 것을 알 수 있고, 또한 비타민E의 주성분인 알파 토코페롤이 함량에 따라서도 좌우되는 것을 확인하였다.

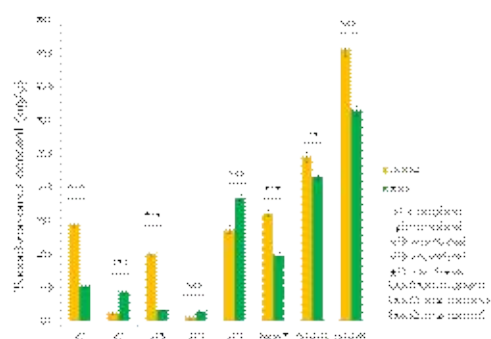
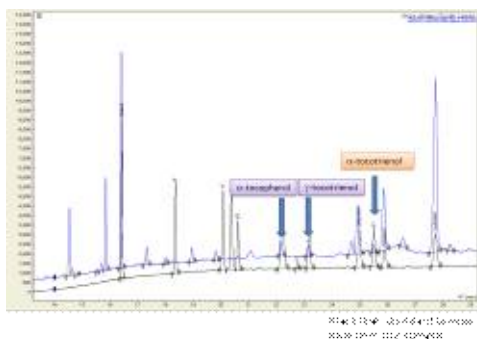


그림 36. GC Chromatogram peak와 생태형별 Vitamin E 함량

표 13. Vitamin E 함량이 높은 품종과 낮은 품종 목록

No.	aT ($\mu\text{g/g}$)	total-VE ($\mu\text{g/g}$)	품종명	생태형	종자사진	지역
1	2	19.4	DULAR	Indica		IND
2	2.1	23.5	수원347	Tongil		KOR
3	2.5	30	TCHAMPA	Indica		IRN
4	2.5	27.7	PUKHI	Indica		PAK
5	2.6	23	IR38	Indica		PHL
6	18.4	61.4	샤레벼-94-1-B	Japonica		KOR
7	20	47.1	단양-9	Japonica		KOR
8	20.1	60.9	강화도 수집	Japonica		KOR
9	20.1	49.1	무안도	Japonica		KOR
10	23	49.4	백사미	Japonica		CHN

- 보유자원의 Vitamin E 함량이 높은 자원들과 낮은 자원들을 대상으로 기본농업형질평가와 미질관련 연관분석으로 유용자원의 유전분석 및 이를 이용하여 기능성 성분관련 분리집단 육성, 육종기간 단축 등 품종육성에 활용 가능할 것으로 판단된다.

(2) 내병, 내재해 특성 평가

- 최근에 국내 재배품종에 대해서 균주별로 저항성 반응이 다르게 나타나는 문제가 대두되었는데, 품종별 저항성 정도를 확인한 결과 저항성 반응이 일치하는 품종이 있는가 하면 저항성 반응이 균주별로 다르게 나타나는 품종들도 볼 수 있었다.

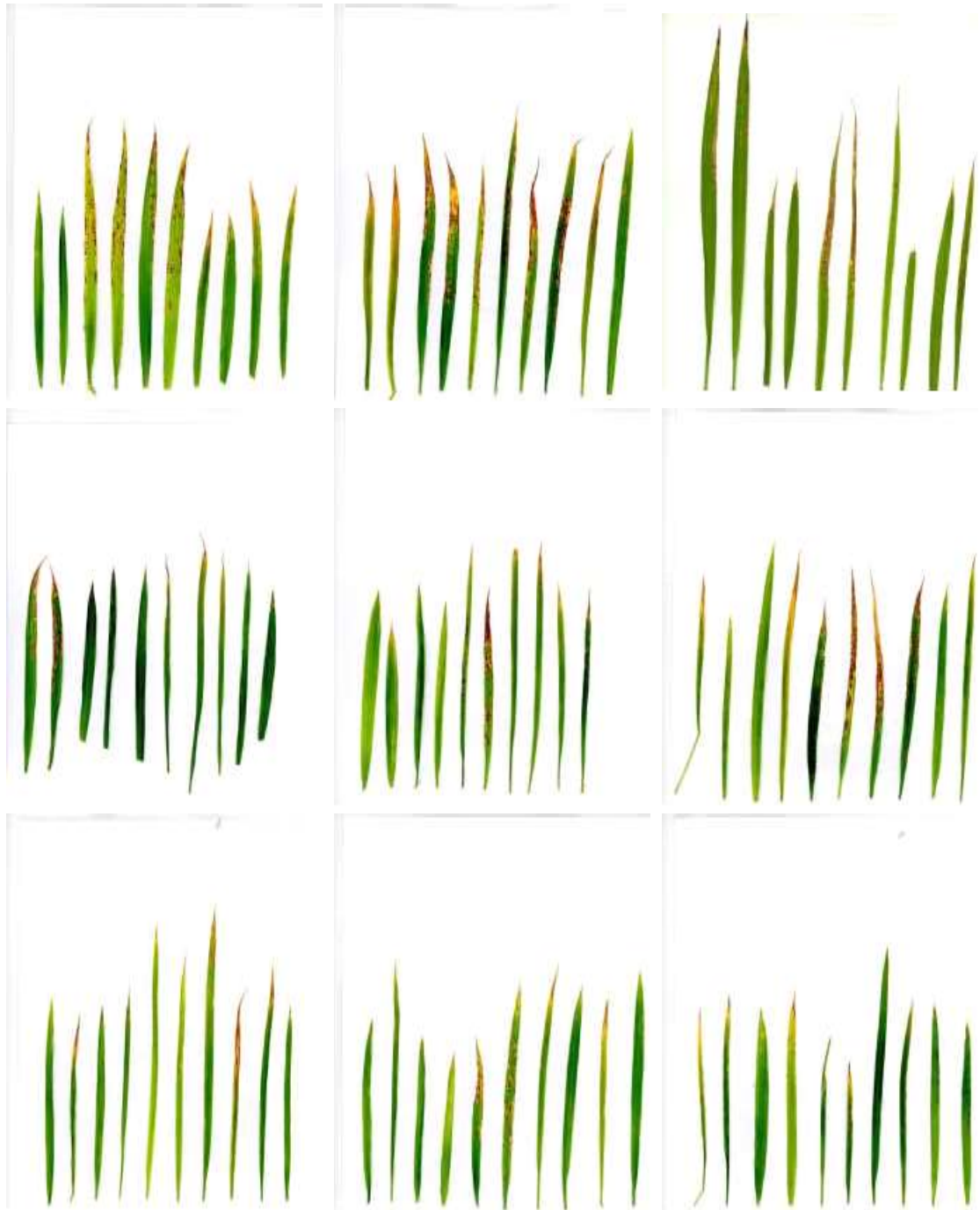


그림 37. 저항성 및 감수성 품종의 저항성 정도

- 사진에서 보이는 것처럼 저항성 유전자를 매개로 하는 과민성반응(Hypersensitive Response; HR) 위주의 품종들은 국내장려품종과의 교배육종 및 저항성 유전자 탐색을 위한 마커개발 등의 저항성 벼 품종 육성에 이용 가능할 것으로 보인다.

표 14. 벼 도열병에 대한 품종별 저항성 정도

품종	KI197			KJ401		
	R	M	S	R	M	S
미면	○			○		
수광			○	○		
적진주	○				○	
태백	○				○	
청담	○			○		
고시히까리		○				○
영덕			○	○		
화칭			○			○
동진			○	○		
통일	○				○	
밀양23호	○				○	
큰섬		○			○	
화선찰			○		○	
건강홍미	○					○
새일미		○		○		
신운봉	○			○		
호품			○		○	
황금누리			○	○		
흑진주	○			○		
농호			○		○	
황금노들			○	○		
고아미		○		○		
문장	○			○		
삼강	○				○	
오대		○				○
수라			○			○
섬진		○		○		
한강찰	○				○	
서해		○		○		
안다		○			○	
동진찰	○			○		
다산	○				○	

○ 미면, 청담, 신운봉, 흑진주, 문장, 동진찰 등의 품종들은 동일한 저항성 반응을 나타내는가 하면 수광, 영덕, 황금누리, 황금노들, 건강홍미 품종들은 균주별로 저항성과 감수성을 나타내는 등의 전혀 다른 결과를 보였고, 특히 도열병에 감수성으로 보고된 동진벼는 KI197 균주에서는 감수성을 KJ401에서는 강한 저항성을 보였다.

○ 최근 병원성 균주의 레이스별 세분화와 균주특이성 저항성 결과로 인해 국내 도열병 균주에 대해서 표현형 평가 및 저항성 유전자 분석에 어려움이 많이 있었고, 이에 따라 정확한 분석결과나 재현성이 어려워 육종가들 또한 사용하기 어려웠었다. 이러한 문제들을 해결하기 위해 현재 표현형 평가가 완료된 품종들 위주로 Real-Time Taqman PCR을 이용하여 균의 정확한 수치까지 확인하고 육안으로의 평가의 한계를 넘어 보다 정확한 분석을 위해 차후 보완 실험이 필요할 것으로 보인다.

다. 인공교배를 통한 변이확대

(1) 육성목표 형질의 특성에 따라 지역 대표품종과 선발자원의 교배 작성

- 우수 육성종에 배유 특성관련 우수 형질을 도입하기 위해 중간찰(du), 찰벼(wx), 거대배아미(ge) 등을 가진 계통과의 교배를 수행하였다. 또한 찰벼 유전자 도입을 위해서는 국외에서 수집된 찰벼 품종을 교배모본으로 활용하였다(표 15, 표 16).

표 15. 교배에 사용된 찰벼 유전자원

계통번호	계통명	비고	계통번호	계통명	비고
wx-1	히메노찰	Japan	wx-8	중국226	China
wx-2	토미치카라찰	Japan	wx-10	돈나	Korea (Landrace)
wx-3	신대정나	Japan	wx-11	Dawdam	Thailand
wx-4	시카하타메	Japan	wx-12	A-1	Butan
wx-6	중국16	China	wx-13	A-2	Butan
wx-7	중국48	China			

표 16. 배유 유용특성 이전을 위한 교배 목록

목적형질	모본	부분	비고(F ₁ 종자수)
1. Sugary (당미)	KNUM 32*	신동진 삼광 밀양23호 큰눈	
2. Giant Embryo (거대배아미)	KNUM 33	삼광 Sindongjin	
	큰눈벼	KNUM33(ge) KNUM34(ge)	(13) (10)
3. Dull (중간찰)	오대벼	du du-2 du-4 du-6 du-7	
4. Dull / 찰벼 (중간찰) / 찰벼	HJ2	wx10 wx11 wx12 wx13	
5. Waxy (찰벼)	조평	wx-1 wx-2 wx-6 wx-7 wx-10 wx-11 wx-12 wx-13	
	오대	wx-1	

		wx-2 wx-7 wx-7 wx-8	
	삼광	wx10 wx11 wx12 wx13	(16) (24) (20) (30)
	추청	wx10 wx11 wx12 wx13	(32) (30) (47) (55)
	보람찬	wx10 wx11 wx12 wx13	(26) (15) (9) (23)

* KNUM32 ; 당미계통, KNUM33, KNUM34 : 거대배아미 계통

- 숙기, 내염 및 내도열병 등 재배적성 개선 및 기타 성분 특성 개선을 위해 조생종과 장려품종간의 교배, 조생종 간의 교배 및 내염성 품종인 Pocareri와 장려품종의 교배, 내도열병 재래종 자원과의 교배, Plamitic acid 고함량 재래종과의 교배 등을 수행하였다(표 17).

표 17. 재배적성 및 성분특성 개선을 위한 교배조합

목적형질	모본	부본	비교(F ₁ 종자수)
1. 숙기관련	오대	진부올벼	(~20)
		그루	(~30)
		Liman Belozernij	(~10)
	진부올	운두	(~30)
		그루	(~30)
	조평	진부올벼	(>30)
		그루	(>30)
		Liman Belozernij	(~10)
	HJ2	진부올벼	(>30)
		그루	(>30)
		Liman Belozernij	(15)
	주남	진부올벼	(25)
그루		(15)	
Liman Belozernij		(5)	
2. 내염성	HJ2	Pocareri	(12)
	삼광	Pocareri	(37)
	추청벼	Pocareri	(40)
	보람찬	Pocareri	(6)
3. 도열병	삼광	조선도	-

저항성	삼광	한양조	(10)
	HJ2	조선도	(12)
	HJ2	한양조	-
	낙동	조선도	(18)
	낙동	한양조	(19)
	추청	조선도	(15)
	추청	한양조	(24)
4. Lipid 함량	HJ2	한양조	(35)
		산두도	(13)
		치경도	(10)

○ 그 외 배유 돌연변이 계통의 유전자 특성을 고찰하기 위해 신동진벼, 밀양 23호 등과 교배를 수행하였다.

라. 교배 후대 계통 육성

(1) 계통재배 및 세대진전을 통한 품종 육성

○ 찰벼(waxy), 당미(sugary), 거대배아미(giant embryo), 중간찰(dull), 숙기, 내염성, 도열병 저항성등 재배적성 개선 및 기타 성분 특성 개선을 위해 유전자원 및 육성종간의 교배 계통의 세대진전을 통해 후대육성을 진행하였다.(표 18).

표 18. 교배후대 세대진전 유전자원

목적형질	모본	부분
찰벼(waxy)	조평(11-KB-228)	히메노찰(11-DNA-1)
	조평(11-KB-228)	토미치카라찰(11-DNA-2)
	조평(11-KB-228)	중국16(11-DNA-6)
	조평(11-KB-228)	중국48(11-DNA-7)
	조평(11-KB-228)	중국226(11-DNA-8)
	오대(11-KB-25)	히메노찰(11-DNA-1)
	오대(11-KB-25)	토미치카라찰(11-DNA-2)
	오대(11-KB-25)	중국16(11-DNA-6)
	오대(11-KB-25)	중국48(11-DNA-7)
	오대(11-KB-25)	중국226(11-DNA-8)
당미(Sugary)	su2(11-KNUM-32)	신동진(11-KNUM-1)
	su2(11-KNUM-32)	삼광(11-KNUM-128)
	su2(11-KNUM-32)	밀양23호(11-KB-145)
	su2(11-KNUM-32)	큰눈(11-KB-181)
거대배아미 (Giant embryo)	ge(11-KNUM-33)	삼광(11-KB-128)
	ge(11-KNUM-34)	삼광(11-KB-128)
	ge(11-KNUM-34)	신동진(11-KNUM-1)
	큰눈벼(11-KB-181)	일품ge(11-ILM-25)
	큰눈벼(11-KB-181)	일품ge(11-ILM-27)
	큰눈벼(11-KB-181)	일품ge(11-ILM-28)
중간찰(Dull)	큰눈벼(11-KB-181)	신동진ge(11-KNUM-33)
	오백조(11-JA-158)	화청du(11-DNA-74)

	오백조(11-JA-158) 오백조(11-JA-158) 오백조(11-JA-158) 오백조(11-JA-158) 화청du(11-DNA-74) 화청du(11-DNA-74) 화청du(11-DNA-74) 화청du(11-DNA-74) 화청du(11-DNA-74) 화청du-2(11-DNA-77) 화청du-4(11-DNA-79) 화청du-6(11-DNA-81) 화청du-6(11-DNA-81) 화청du-6(11-DNA-81) 화청du-6(11-DNA-82) 화청du-6(11-DNA-81) EM140(du-5)(11-DNA-55) EM140(du-5)(11-DNA-55) EM140(du-5)(11-DNA-55) EM140(du-5)(11-DNA-55) EM140(du-5)(11-DNA-55)	화청du-2(11-DNA-77) 화청du-4(11-DNA-79) 화청du-6(11-DNA-81) 화청du-7(11-DNA-82) EM140(du-5)(11-DNA-55) 화청du-2(11-DNA-77) 화청du-4(11-DNA-79) 화청du-6(11-DNA-81) 화청du-7(11-DNA-82) 화청du(11-DNA-74) 화청du(11-DNA-74) 화청du(11-DNA-74) 화청du-2(11-DNA-77) 화청du-4(11-DNA-79) 화청du-2(11-DNA-77) 화청du-6(11-DNA-81) 화청du(11-DNA-74) 화청du-2(11-DNA-77) 화청du-4(11-DNA-79) 화청du-6(11-DNA-81) 화청du-7(11-DNA-82)
숙기	진부울(11-KB-26) HJ2(HJ2) 삼광(11-KB-128) 오대(11-KB-25) 조평(11-KB-228) 오대(11-KB-25) 그루벼(11-KB-15) HJ2(HJ2)	운두(11-KB-16) 진부울(11-KB-26) 진부울(11-KB-26) Liman Belozernij(11-HS-106) 그루(11-KB-15) 울조조(11-HS-68) 울조조(11-HS-68) 울조조(11-HS-68)
내염성	추청(11-KB-103) 삼광(11-KB-128) 보람찬(11-KB-231) HJ2(HJ2)	Pocareri(11-DNA-37) Pocareri(11-DNA-37) Pocareri(11-DNA-37) Pocareri(11-DNA-37)
도열병 저항성	HJ2(HJ2) 추청(11-KB-103) 추청(11-KB-103) 삼광(11-KB-128) 낙동(11-KB-101) 낙동(11-KB-101) HJ2(HJ2) HJ2(HJ2) 주남조생(11-KB-193) 주남조생(11-KB-193)	조선도(11-JA-182) 조선도(11-JA-182) 한양조(11-JA-187) 한양조(11-JA-187) 조선도(11-JA-182) 한양조(11-JA-187) 효성재래(11-JA-167) 조선도(11-JA-182) 용달이찰(11-JA-091) 포천유망(11-JA-263)

○ 우수 육성종에 배유 특성관련 우수 형질을 도입하기 위해 중간찰(du), 찰벼(wx), 거대 배아미(ge) 등을 가진 계통과의 교배를 수행하였다. 또한 찰벼 유전자 도입을 위해서는 국외에서 수집된 찰벼 품종을 교배모본으로 활용하였다(표 19, 표 20).

표 19. 교배에 사용된 찰벼 유전자원

계통번호	계통명	비고
wx-1	히메노찰	Jpn
wx-2	토미치카라찰	Jpn
wx-6	중국16	China
wx-7	중국48	China
wx-8	중국226	China

표 20. 배유 유용특성 이전을 위한 교배 목록

목적형질	모본	부분	비고(F ₁ 종자수)
1. Sugary (당미)	KNUM 32*	신동진	
		삼광 밀양23호 큰눈	
2. Giant Embryo (거대배아미)	KNUM 33 큰눈벼	삼광	(9)
		Sindongjin	(6)
		일품ge	(11)
		SM33(ge)	(2)
3. Dull (중간찰)	오백조	du	(6)
		du-2	(8)
		du-4	(7)
		du-6	(1)
		du-7	(25)
	du	du-5	(4)
		du-2	(11)
		du-4	(5)
		du-6	(11)
		du-7	(10)
	du-2	du	(1)
		du	(1)
	du-6	du	(1)
		du-2	(2)
du-4		(1)	
du-6		(9)	
du-5	du	(1)	
	du-2	(1)	
	du-4	(5)	
	du-6	(5)	
		du-7	(10)

* KNUM32 ; 당미계통, KNUM33, KNUM34 : 거대배아미 계통

- 숙기, 내염 및 내도열병 등 재배적성 개선 및 기타 성분 특성 개선을 위해 조생종과 장려품종간의 교배, 조생종 간의 교배 및 내염성 품종인 Pocareri와 장려품종의 교배, 내도열병 재래종 자원과의 교배, Plamitic acid 고함량 재래종과의 교배 등을 수행하였

다(표 21).

표 21. 재배적성 및 성분특성 개선을 위한 교배조합

목적형질	모본	부분	비교(F ₁ 종자수)
1. 숙기관련	진부올	운두	(>30)
	HJ2	진부올 벼	(>10)
		올조조	(>10)
	삼광	진부올 벼	(>20)
	오대	Liman Belozernij	10
		올조조	(>30)
	조평	그루	(10)
그루벼	올조조	(>30)	
2. 내염성	HJ2	Pocareri	(6)
	삼광	Pocareri	(>20)
	추청벼	Pocareri	(>30)
	보람찬	Pocareri	(6)
3. 도열병 저항성	HJ2	조선도	(11)
		효성재래	(5)
	추청벼	조선도	(7)
		한양조	(10)
	낙동벼	조선도	(10)
		한양조	(10)
	주남조생	용달이찰	(>30)
		포천유망	(2)
삼광벼	한양조	(5)	

○ 그 외 배유 돌연변이 계통의 유전자 특성을 고찰하기 위해 신동진벼, 밀양 23호 등과 교배를 수행하였다.

○ 품질다양화 및 재배적성 개선을 위해 우수 육성종과 선발 유전자원에 대해 인공교배를 수행하였다(표 22, 그림 38).

표 22. 교배조합 목록(2013년)

목적형질	모본	부분
Sugary	su	주남
Sugary F ₁ test	su	녹양
	F ₁ (su X 신동진)	신동진
PHS (Pre-harvest sprouting)	F ₁ (su X 신동진)	su
	주남	HS036(제주도수집)
	주남	KENG CHI JU
	신동진	HS036(제주도수집)
Aroma	신동진	KENG CHI JU
	신동진	몽근찰벼
	신동진	TCHAMPA
		KENG CHI JU

	진상 진상 진상 진상 한아름	몽근찰벼 TCHAMPA KENG CHI JU DULAR TCHAMPA
Abiotic Stress	주남 주남 신동진 신동진	Kasalath N22 Kasalath N22
Biotic Stress	신동진 신동진 진상 진상 한아름	그루 상미 문장 상주찰 태백



<Sugary>



<Sugary F₁ test>



<PHS>



<Aroma>



<Abiotic Stress>



<Biotic Stress>

그림 38. 신규교배를 위한 인공교배

- 현재 장려품종으로 우수한 계통의 주남, 신동진, 한아름, 진상 등의 품종들을 대상으로 미질 관련 특성과 기능성 성분 그리고 내병·내재해성을 보유하는 국내 육성종, 재래

중, 도입자원, 돌연변이 품종들의 특성형질을 도입하여 다양한 특성의 고식미 벼 품종 개발 및 미질·기능성 특성관련 유전자 연구를 위해 신규교배를 실시하였다. 이외에도 차후 각 특성형질의 유전자 변이(SNP, SSR) 탐색과 저항성 개선 고식미 품종 육성, 신규 저항성 자원 선발에도 사용 가능할 것이다.

- 새로 추가된 형질로는 벼의 중배축 신장(길이)과 관련된 형질을 가진 자원들과 침수저항성에 관련된 형질들(Escape, Quiescence)을 대상의 신규교배를 수행하였고, 이외에도 기존의 교배자원들의 세대진전 및 여교배 등을 수행하였으며 각 형질별로 특성평가를 수행하였다.

(2) 세대진전을 통한 품종육성

- 현재 전체 F₂ 개체에 대해 개체별로 주당 1이삭씩 수확하는 SSD 방법을 통한 세대진전에 이용하고, 개체별로 특성을 평가하여 목적에 부합되는 개체 선발을 하여 수확 및 특성 평가를 수행하였다. 특히 찰벼, 당미, 중간찰 특성에 대해서는 종자 건조 후 배유 특성을 평가하여 개체를 선발하였고, 숙기에 대해서는 유전분석을 위한 개체별 이삭 수확 외 조생중에 대해 개체를 선발 및 수확 하였다. 내염성은 초기 세대 평가가 어려워 세대진전 후 평가를 위해 비선발 수확하였다.

표 23. 교배후대 F₂ 세대진전 목록(2013년)

목적형질	모본	부분
당미(Sugary)	Sugary2(11-KNUM-32) Sugary2(11-KNUM-32) Sugary2(11-KNUM-32) Sugary2(11-KNUM-32)	신동진(11-KNUM-1) 삼광(11-KB-128) 밀양23호(11-KB-145) 큰눈(11-KB-181)
중간찰(Dull)	오백조(11-JA-158) 오백조(11-JA-158) 오백조(11-JA-158) 오백조(11-JA-158) 오백조(11-JA-158)	화청du(11-DNA-74) 화청du-2(11-DNA-77) 화청du-4(11-DNA-79) 화청du-6(11-DNA-81) 화청du-7(11-DNA-82)
숙기	오대(11-KB-25) 그루벼(11-KB-15) HJ2(HJ2)	울조조(11-HS-68) 울조조(11-HS-68) 울조조(11-HS-68)

2. 선발된 유용자원 및 육성 중인 돌연변이 계통의 주요 특성검정

가. 우수계통 및 품종의 특정형질 개선을 위한 돌연변이 작성

- EMS가 처리된 M₂ 식물체들을 대상으로 포장에서 재배 기간 동안 출수기, 수장, 초형 등의 표현형(Phenotype)이 조사되었다. 1차 탐색된 변이들은 출수기, 간장 길이의 변이였으며 이 밖에 이삭 마디 길이의 변화와 종피색과 까락의 유무 및 다분얼(분얼수: 49, 이삭수: 46, wild type에 비해 약 100%) 등의 차이가 있었다.

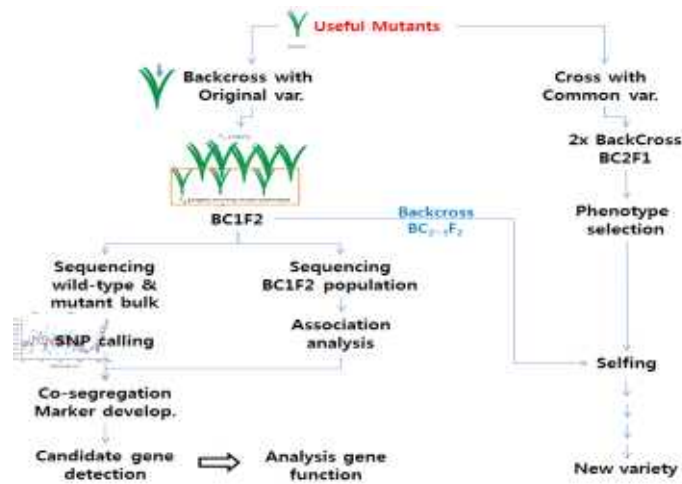


그림 39. 유용 돌연변이 품종육성 및 유용 형질관련 분석 모식도

- 돌연변이가 발생된 품종 중 유용 돌연변이 품종을 선발하여, 기존 우수품종과의 교배 및 여교배를 통한 새로운 품종 육성과 차후 분자생물학적 접근을 통한 유용 형질관련 유전자들에 대해 보완 분석이 필요할 것으로 보인다.
- 전년도에 M₂세대에서 선발한 개체들을 가지고 금년도에 변이형질 관련 특성평가 및 포장선발을 수행하였음. 원품종들은 장려품종인 호품을 비롯해 수량성을 위한 한아름 2, 주남, 친농과 기능성을 위한 홍진주를 대상으로 수행하였고, 현재 선발한 개체들을 대상으로 수확 및 종실특성평가를 수행하였다.



그림 40. 선발 품종들의 형질별 포장사진

- 기존에 보고된 내용으로는 이러한 돌연변이 처리방법으로는 벼의 배유의 저장물질에 관한 유전자원 평가나 종실 변이체로서의 변이를 이용가능하다고 보고 되어있으나, 본 실험을 통해 농업형질평가와 포장선발 결과만으로도 변이체 선발이 가능하였다.

나. 돌연변이 계통의 재배특성 평가 및 포장선발(EMS, MNU)

(1) 돌연변이 계통의 특성평가

- 돌연변이 계통 중 심복백, 거대배, 중간찰 특성을 갖는 계통에 대해 신속한 품종화를 위해 여교배를 수행하여 BC₁F₃을 육성하였다. 이들 계통에 대해 포장실험결과 BC₁F₃-128의 경우 원품종 벼에 비해 이삭길이가 긴 특성을 보였으나, 그 밖의 기본농업형질이 원품종과 거의 유사한 특성을 보였다. 또한 각 계통은 반복 간 안정적인 결과를 보여 중간찰 계통과 거대배 계통의 경우 특히 출원하였으며, 생산력검정 시험 후 품종보호출원 하였다(표 24, 그림 41).

표 24. 돌연변이 여교배 후대 계통의 기본농업형질

계통번호	교배조합	출수기	간장	수장	수수
Control	신동진	8/25	88.0	23.0	14.0
BC ₁ F ₃ -88	신동진 / KNUM-4(Dull)	8/25	86.1±3.0	22.1±1.0	13.6±1.5
BC ₁ F ₃ -103	신동진 / KNUM-33(ge)	8/26	88.1±0.7	24.3±1.3	12.6±0.5
BC ₁ F ₃ -127	신동진 / KNUM-14(op,Chalky)	8/22	79.9±2.9	25.2±2.2	13.8±1.9
BC ₁ F ₃ -128	신동진 / KNUM-34(op,Chalky)	8/22	90.3±4.1	30.1±0.6	14.8±2.4

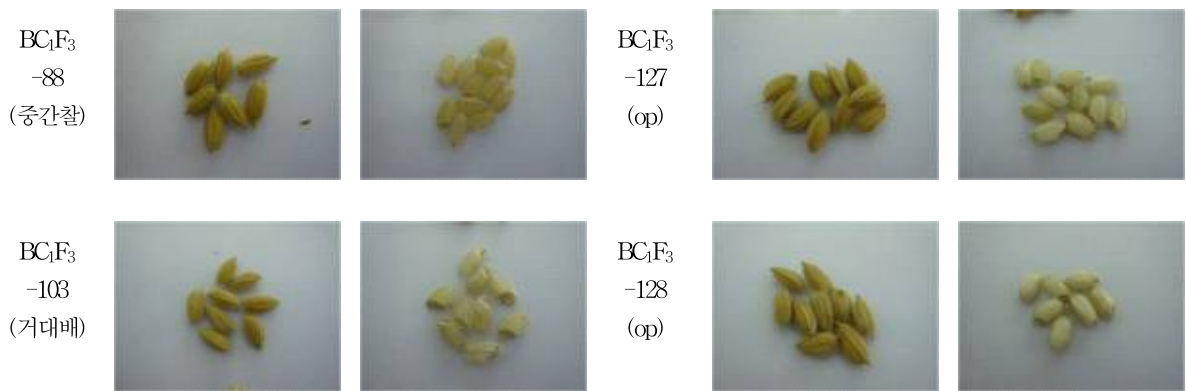


그림 41. 돌연변이 여교배 후대 계통의 종자 및 현미 사진

(2) 돌연변이계통의 작물학적 특성

○ 2 가지 변이원에 의해 선발된 56 계통에 대하여 기본 농업형질 및 종실 특성을 평가한 결과는 표 25와 같다.

표 25. Agronomical and physico-chemical properties of endosperm and grain shape mutants of Sindongjin.

	Character of endosperm	Mutagen	Heading date	Culm length (cm)	Panicle length (cm)	Grain length (mm)	Grain width (mm)	Grain L/W ratio	Grain thickness (mm)	1000 grain weight (g)
KNUM-00	Normal		8/25	93.7	24.3	6.15	3.16	1.95	2.10	27.73
KNUM-01	Waxy	MNU	8/28	95.3	20.2	5.78	2.97	1.95	2.10	26.67
KNUM-02	Waxy	MNU	8/28	104.0	26.7	6.01	3.04	1.98	2.08	28.67
KNUM-03	Waxy	MNU	8/28	101.7	20.7	5.89	3.07	1.92	2.13	29.00
KNUM-04	Dull	γ-ray	8/25	84.7	22.0	5.64	2.98	1.89	1.99	25.33
KNUM-05	Dull	γ-ray	8/29	85.7	21.7	5.74	2.94	1.96	2.09	26.67
KNUM-06	Opaque(rough)	γ-ray	8/23	70.0	23.0	5.85	2.96	1.98	1.95	24.33
KNUM-07	Opaque(rough)	MNU	8/24	70.7	22.0	5.72	2.87	1.99	1.92	22.67
KNUM-08	Opaque(rough)	γ-ray	8/28	74.3	21.0	5.83	3.02	1.93	1.97	26.33

KNUM-09	Opaque	γ-ray	8/24	86.3	22.7	5.80	3.06	1.90	2.00	26.67
KNUM-10	Opaque	MNU	8/28	73.7	21.3	5.78	2.83	2.04	1.94	23.00
KNUM-11	Opaque(winkled)	γ-ray	8/24	89.0	21.0	5.76	3.13	1.84	1.93	26.00
KNUM-12	Opaque(winkled)	γ-ray	8/25	78.3	23.0	5.82	3.06	1.90	1.94	26.00
KNUM-13	Opaque(winkled)	γ-ray	8/26	81.0	21.3	5.80	3.10	1.87	1.96	27.33
KNUM-14	Opaque	γ-ray	8/22	76.0	22.0	5.81	3.00	1.93	1.98	26.00
KNUM-15	Opaque	γ-ray	8/14	89.7	21.7	5.79	3.01	1.93	2.01	26.00
KNUM-16	Opaque, Winkled	γ-ray	8/26	86.3	22.7	5.85	3.05	1.92	1.93	25.00
KNUM-17	Opaque	γ-ray	8/24	88.0	21.7	5.95	2.96	2.01	1.93	26.00
KNUM-18	Opaque	γ-ray	8/24	66.7	21.0	5.73	2.92	1.96	1.83	22.00
KNUM-19	Opaque	γ-ray	8/25	64.3	21.3	5.50	2.67	2.06	1.74	18.67
KNUM-20	Opaque	γ-ray	8/26	80.0	23.0	5.56	2.77	2.00	1.90	21.67
KNUM-21	Floury	γ-ray	8/25	84.2	23.0	5.88	2.99	1.97	1.92	24.00
KNUM-22	Floury	γ-ray	8/25	76.3	23.3	6.05	3.07	1.97	1.72	24.67
KNUM-23	Floury(winkled)	γ-ray	8/23	88.3	20.0	5.74	2.99	1.92	1.73	20.33
KNUM-24	Floury(winkled)	γ-ray	8/23	93.3	25.3	5.72	2.92	1.96	1.74	20.67
KNUM-25	Opaque	γ-ray	8/26	74.3	21.0	5.70	2.87	1.99	1.82	21.33
KNUM-26	Shrunken	γ-ray	8/23	85.7	20.7	5.77	3.00	1.92	1.62	18.00
KNUM-27	Opaque	MNU	8/28	88.0	19.3	5.68	3.12	1.82	1.87	23.33
KNUM-28	Opaque	γ-ray	8/26	87.0	20.3	5.10	2.95	1.73	1.92	19.33
KNUM-29	Sugary	γ-ray	8/23	94.0	21.0	5.70	2.97	1.92	1.70	20.00
KNUM-30			8/23	94.0	21.0	5.77	2.99	1.93	1.71	21.00
KNUM-31	Sugary	γ-ray	8/28	86.7	20.0	5.61	2.90	1.93	1.01	13.00
KNUM-32	Giant embryo	γ-ray	8/26	85.3	21.0	5.79	3.12	1.86	2.02	25.33
KNUM-33	Giant embryo	γ-ray	8/26	87.7	23.0	5.74	3.15	1.82	2.01	26.00
KNUM-34	Giant embryo	γ-ray	8/25	88.3	20.0	5.82	2.98	1.95	1.80	19.00
KNUM-35	White core	γ-ray	8/22	88.7	27.0	5.71	3.12	1.83	2.06	25.67
KNUM-36	Opaque	γ-ray	8/25	86.7	19.3	5.62	3.22	1.74	2.11	27.67
KNUM-37	Opaque	γ-ray	8/14	89.3	24.0	5.77	3.10	1.86	2.04	25.67
KNUM-38	White core	γ-ray	8/24	90.7	24.3	6.05	3.20	1.89	2.11	29.67
KNUM-39	White core	γ-ray	8/23	91.3	22.3	5.99	3.17	1.89	2.10	29.00
KNUM-40	White belly	γ-ray	8/25	88.3	21.7	5.84	3.23	1.81	2.10	29.00
KNUM-41	White core	γ-ray	8/27	80.0	23.0	5.94	3.10	1.92	2.05	26.33
KNUM-42	White core	MNU	8/25	82.7	21.7	5.96	3.23	1.85	2.08	29.33
KNUM-43	White core	γ-ray	8/26	87.0	17.7	5.91	3.21	1.84	2.08	29.33
KNUM-44	White belly	γ-ray	8/26	83.0	21.0	5.74	3.09	1.86	2.03	25.67
KNUM-45	White belly	γ-ray	8/24	5.8	5.8	5.84	3.11	1.88	2.13	28.33
KNUM-46	White belly	γ-ray	8/25	90.3	22.0	5.95	3.07	1.94	2.04	27.67
KNUM-47	Large grain	MNU		81.7	21.3	6.34	3.34	1.90	2.15	35.00
KNUM-48	Round grain (white core)	γ-ray	8/17	88.0	22.0	5.34	3.39	1.57	2.22	28.67
KNUM-49	Round grain (white belly)	γ-ray	8/24	82.3	18.3	5.41	3.35	1.62	2.28	30.00
KNUM-50	High Amylose	γ-ray	8/26	83.0	20.3	5.54	2.91	1.90	1.57	17.33
KNUM-51	High Amylose	γ-ray	8/26	79.7	20.3	5.64	2.93	1.93	1.64	18.67
KNUM-52	Small grain	γ-ray	8/25	89.0	21.0	5.39	2.91	1.85	2.14	24.00
KNUM-53	Small grain	γ-ray	8/22	86.3	20.0	5.10	2.98	1.72	2.02	22.00
KNUM-54	Small grain	γ-ray	8/24	82.0	22.0	5.15	2.97	1.73	2.19	24.00
KNUM-55	Immature grain	MNU	8/27	72.3	25.0	5.94	2.78	2.14	1.62	19.00
KNUM-56	Long grain	γ-ray	8/25	85.0	19.0	6.33	2.74	2.31	1.99	26.67

○ 출수기(heading date)에 대해 원모본과 비교해 보면, 신동진벼는 8월 21일이며 대부분 출수기 ±5일 내에서 출수하였고, waxy, dull, floury, white belly로 분류된 계통은 대부분 변이모본보다 다소 늦게 출수하는 경향을 나타냈다. 특히 floury의 KNUM-29계

통은 변이모본보다 8일 늦게 출수하여 공시변이계통에서 가장 만생적 출수를 보였다. 공시계통수가 가장 많은 opaque로 분류된 계통의 출수기는 각각의 opaque 계통마다 약간씩 차이는 있었지만 변이모본과 ± 5 일 내에 대부분 출수하였고, 그 밖의 배유 및 입형특성의 변이계통에서는 변이모본보다 다소 일찍 출수하는 경향을 보였다.

- Kim et al.(1998)은 감마선 처리에 의해 유묘의 초장이 작아진다고 하였고, Seetharami-Reddi et al.(1989)은 조사선량의 증가에 따라 생육초기의 초장에서도 감소가 심해진다고 하였다. 이와 같이 돌연변이원에 따른 변이계통의 출수기 변화, 간장 및 수장의 감소는 돌연변이체의 특성이라 할 수 있을 것이다(Lee et al., 1989). 한편 돌연변이 처리에 의한 변이계통은 단간화에 따라 수반된 제형질이 변화되어 저수량성으로 나타나는 경향이 있다는 보고가 있는데(Kim et al., 1976; IAEA, 1970), 공시된 변이계통에서도 대부분 간장 및 수장에서 짧아지는 경향을 나타냈다.
- 간장에서 waxy로 분류된 계통에서만 모두 간장에서 변이모본보다 장간의 특성을 보였는데, KNUM-2의 waxy 계통이 104cm로 변이모본인 신동진의 93.7cm보다 11.3cm 더 길었다. 반면 KNUM-19의 opaque 계통은 64.3cm로 모본보다 29.4cm의 짧은 특성을 나타냈고, waxy 이외 모든 계통에서 단간의 경향을 나타내며 각각의 계통에서도 변이 폭이 다양하였다.
- 수장의 특성에 있어서는 변이모본이 24.3cm를 나타냈고, KNUM-35의 심백(white core) 계통에서 이삭길이 27cm로 가장 길었으나 같은 특성의 KNUM-43이 17.7cm로 9.3cm의 넓은 변이 폭을 나타냈고, 간장에서는 큰 차이를 없었던 white core로 분류된 계통에서 이삭길이의 변이 폭이 특히 다양하였다. 그 외의 변이계통에서 수장은 간장의 패턴과 같이 변이모본보다 짧은 경향을 보였는데 생태적 특성에서 가장 대표적인 간장, 수장을 변이모본과 비교하여 보면 소수의 변이계통을 제외한 대부분이 모본과 유사하거나 다소 짧은 경향을 보였다. 이와 같은 주요 농업적 특성은 종실 수량성과 높은 상관을 갖기 때문에 모본보다 불리한 계통은 대체적으로 종실 생산성이 떨어진다.
- 변이 모본인 신동진은 현미 길이가 6.15mm, 너비는 3.16mm, 두께가 2.1mm이며, 천립중 28.83g으로 국제미작연구소(IRRI)의 종실형 분류기준에서 중간정도의 길이, 너비, 두께를 갖으며 천립중으로 보면 대립에 속하는 자포니카 형 다수계의 품종이다. 일반적으로 대립계통은 유전적으로 소립에 대하여 열성이며, 장간, 만생 등의 특성이 함께 발현되는 등 재배에 있어 부적합한 특성을 보이는 것이 많다. 하지만 변이계통인 KNUM-47은 현미 길이가 6.34mm이고 천립중이 34.1g으로 변이모본보다 대립(large grain)의 특성을 보이면서 출수기가 늦거나 불임발생도 없고 모본과 유사한 형태적 특성을 보여 초다수계 육성이나 양조용, 사료용 등의 중간모본으로 이용할 수 있는 가능성을 시사하였다. KNUM-56은 현미 길이가 6.33mm으로 모본보다는 약간 길었으나 장폭비가 2.31로 장립(long grain)의 특성을 나타냈으나 천립중은 모본보다 다소 떨어졌다. 소립(small grain)계통인 KNUM-53은 현미의 길이가 5.1mm, 너비 2.98mm, 천립중 23.1g으로 변이체 중에서 가장 작았고, 원형립(round grain)으로 분류된

KNUM-48는 장폭비 1.57로 거의 원형에 가까운 특성을 보였다. 특히 미립내의 전분 축적이 충실하지 않고 주글주글(Winkled)한 형태의 당질미(sugary)인 KNUM-31은 현미 두께와 천립중에서 1.01mm, 14.1g으로 신동진의 약 50% 정도였고, KNUM-26도 유사한 경향을 보였다. 자포니카 형의 동일 품종으로 유기된 공시재료의 KNUM-56에서도 천립중 14.4g~34.1g으로 2배 이상의 변이 폭과 장/폭 비 1.57~2.31의 다양한 분포를 보였다. 변이계통은 대부분 변이모본보다 종실특성의 립장, 립폭, 립후, 천립중에 있어 작거나 적은 특성을 나타냈다. 한편 종실의 배유 및 종실형태 변이 계통이 생태적 특성과 함께 발현되는 것은 유전자의 결실부분이 커서 다면발현으로 나온 결과라 생각된다. 옥수수의 *opaque-2*나 *floury-2* (Mertz et al., 1964)에서도 고라이신 함량계통이 출현하였지만 열악한 생육특성으로 병충해에 약하며 수량이 떨어지는 등의 기피 특성으로 인해 실제 재배화가 되지 못한 예가 있다. 따라서 실제적 육종에 있어서는 종실변이 계통의 선발과 함께 낮은 수량성을 회복하기 위한 연구도 함께 수행되어야 할 것으로 생각된다.

- 신동진을 모본으로 종실 배유 및 종실형태 계통에서 다양한 단백질 변이를 찾을 수 있었고, 이들 변이는 양적 변이와 분별추출에 의해 나누어지는 구성단백질의 peptide 간 변이체 및 전분합성에 관련된 고분자량의 변이체도 있었다. 특히 배유의 특성변이에 의한 변이체에서 고분자량의 변이는 차후 전분합성의 관련 유전자 탐색, 전분 및 단백질축적 메카니즘 규명 등에 유용한 재료로 이용될 것이라 생각되며, 용매추출에 따른 구성 단백질의 다양한 변이체는 미립 단백질의 양적 개선에 따른 용도와 기능성을 극대화할 수 있는 유전·육종의 중요한 재료가 될 것이다.

- 2년차에 특히 출원된 예농 1호와 예농 2호에 대해 현재 수원, 예산, 괴산의 증식포장에서 종자증식 및 친환경 유기농업 기술을 이용하여 재배하였고, 품종보호출원을 완료하였다.

(3) 돌연변이 계통의 배유 아밀로그래프(RVA) 특성평가

- 기 육성된 신동진 돌연변이 계통 중 배유돌연변이 계통은 배유의 특성이 waxy(wx, 찰), dull(*du*, 중간찰), giant embryo(*ge*, 거대배아미), shrunken(*sh*), sugary(*su*), opaque(*op*) 형태로 이들의 배유 특성은 다양한 가공적성에 적용될 수 있다.

- 표 26에서 waxy, dull, high amylose, floury, shrunken, sugary와 같이 배유 돌연변이 계통의 RVA 분석결과 호화개시온도는 모본이 68.4였으며 KNUM-01, KNUM-02, KNUM-03, KNUM-04, KNUM-05에서는 모본과 유사 하였지만, KNUM-29, KNUM-31, KNUM-50, KNUM-51에서는 85.6, 82.4로 매우 높았고, KNUM-22, KNUM-23, KNUM-24, KNUM-26에서는 모본보다 다소 높은 경향을 보였다. 최고점도는 KNUM-04, KNUM-05에서 높은 경향을 보였고, KNUM-29, KNUM-31, KNUM-50, KNUM-51에서는 낮은 경향을 나타냈으며, 그 밖의 계통에서는 모본과 비슷하였다. 강하점도는 KNUM-04, KNUM-05에서 모본보다 높은 경향을 보였고,

KNUM-26, KNUM-29, KNUM-31, KNUM-50, KNUM-51에서는 차이가 거의 없거나 매우 낮은 경향을 보였다. 전분 노화경향과 관련된 치반점도는 아밀로스함량이 낮은 계통인 KNUM-01, KNUM-02, KNUM-03, KNUM-04, KNUM-05에서는 낮은 경향을 보이면서 노화가 느리게 진행되는 일반적인 밥맛 특성과 일치하였고, 그 밖의 계통에서는 모본보다 높은 경향을 나타내어 노화가 빨리 진행됨을 알 수 있었다.

표 26. 배유돌연변이 계통의 RVA 분석결과

계통명	배유특성	Rapid Visco Analysis							
		Peak time	Pasting temp.	Peak	Through	Final visc	Breakdown	Setback	Consistency
신동진	Normal	5.47	68.4	167.8	65.4	147.5	102.4	-20.3	37
KNUM-01 ^M	Waxy	3.00	68.3	142.4	34.6	47.9	107.8	-94.5	73.3
KNUM-02 ^M	Waxy	3.00	68.2	134.8	35.2	52.6	99.6	-82.2	64.4
KNUM-03 ^M	Waxy	3.00	68.3	132.4	32.3	44.8	100.2	-87.7	67.9
KNUM-04 ^V	Dull	4.07	68.3	218.7	41.3	66.7	177.3	-1520	136
KNUM-05 ^V	Dull	5.33	68.2	188.9	72.0	110.3	116.9	-78.6	44.9
KNUM-50 ^V	High amylose	5.93	82.4	25.5	23.8	58.9	1.8	33.4	-22
KNUM-51 ^V	High amylose	6.00	82.3	30.9	30.7	63.4	0.3	32.5	-30.4
KNUM-21 ^V	Floury	5.53	68.1	158.3	83.8	170.3	74.6	11.9	-9.2
KNUM-22 ^V	Floury	5.67	75.2	171.5	81.3	200.3	90.3	28.8	9
KNUM-23 ^V	Floury (winkled)	5.27	72.0	121.9	60.5	134.5	61.4	12.6	0.9
KNUM-24 ^V	Floury (winkled)	5.40	71.2	141.3	68.3	164.4	73.1	23.1	4.8
KNUM-26 ^V	Shrunken	5.73	70.5	154.3	82.3	157.3	72.1	3	-10.2
KNUM-29 ^V	Sugary	5.47	85.6	44.3	31.7	82.7	12.6	38.4	-19.1
KNUM-31 ^V	Sugary	6.40	85.6	32.6	30.8	69.0	1.8	36.4	-28.9

○ 표 27에서 peak time은 opaque, white core, white belly로 분류된 계통에서 모본보다 전체적으로 약간 높은 정도를 보였으며, 호화온도는 전체적으로 약간 낮은 경향을 보였지만, opaque로 분류된 KNUM-9, KNUM-13, KNUM-27, KNUM-28의 계통에서는 높은 호화온도를 나타냈다. opaque로 분류된 계통의 강하점도는 모본(102.4 RVU)보다 높거나 낮은 값을 나타내며 매우 다양한 특성범위(35.6~127.3 RVU)를 보였고, white core(53.9~147.9 RVU), white belly(92.4~128.4 RVU)에서도 유사한 경향을 보였다. 또한 치반점도 역시 opaque로 분류된 계통에서 -45.7~57.8 RVU, white core -0.8~-54.5 RVU, white belly -1.9~-37.5 RVU의 다양한 경향을 나타냈다.

표 27. 배유돌연변이 계통의 RVA 분석결과

계통명	배유특성	Rapid Visco Analysis							
		Peak time	Pasting temp.	Peak	Through	Final visc	Breakdown	Setback	Consistency
신동진	Normal	5.47	68.4	167.8	65.4	147.5	102.4	-20.3	37
KNUM-09 ^V	Opaque	5.8	75.2	140.3	71.8	157.1	68.4	16.8	-3.4
KNUM-10 ^M	Opaque	5.73	68.1	172.1	71.3	134.2	100.8	-37.9	29.4

KNUM-14 ^Y	Opaque	5.73	68	208.4	94.3	222.2	114.2	13.8	19.9
KNUM-15 ^Y	Opaque	5.67	68.1	134	80.4	176.6	53.6	42.6	-26.8
KNUM-17 ^Y	Opaque	5.93	68.2	207.7	105.2	211.1	102.5	3.4	-2.7
KNUM-18 ^Y	Opaque	5.73	68.2	216.3	96.3	217.4	120.1	1.1	23.8
KNUM-19 ^Y	Opaque	5.67	68.2	199.2	87.9	208.3	111.3	9.1	23.3
KNUM-20 ^Y	Opaque	5.73	68.3	241.1	127.3	227.8	113.8	-13.3	-13.6
KNUM-25 ^Y	Opaque	5.67	68	170.3	71	161.6	99.3	-8.7	28.3
KNUM-27 ^M	Opaque	5.53	74.4	109.4	59.1	149.5	50.3	40.1	-8.8
KNUM-28 ^Y	Opaque	5.13	74.5	49.4	11.8	46.2	37.6	-3.3	25.8
KNUM-36 ^Y	Opaque	5.53	68.2	179.8	86.4	173.6	93.4	-6.3	7
KNUM-37 ^Y	Opaque	5.73	68.1	130.5	94.9	188.3	35.6	57.8	-59.3
KNUM-06 ^M	Opaque (rough)	5.53	68.1	170	76.8	185.8	93.2	15.8	16.3
KNUM-07 ^Y	Opaque (rough)	5.73	68.2	191.7	88.2	197.7	103.5	6	15.3
KNUM-08 ^Y	Opaque (rough)	5.67	68.2	192.6	92.3	210.3	100.3	17.7	7.9
KNUM-11 ^Y	Opaque (winkled)	5.53	68.3	206.3	79	160.6	127.3	-45.7	48.3
KNUM-12 ^Y	Opaque (winkled)	5.53	68.1	191.8	79.8	172.9	112.1	-18.9	32.3
KNUM-13 ^Y	Opaque (winkled)	5.6	77.6	147.4	75.7	180.4	71.8	33	-3.9
KNUM-16 ^Y	Opaque (winkled)	5.73	68.2	214.6	99.5	194.8	115.1	-19.8	15.6
KNUM-35 ^Y	White core	5.6	68.1	206.3	92.9	178.1	113.4	-28.3	20.5
KNUM-38 ^Y	White core	5.53	68.1	214.8	84.5	160.3	130.3	-54.5	45.8
KNUM-39 ^Y	White core	5.67	68.1	270.3	122.4	234.2	147.9	-36.2	25.5
KNUM-41 ^Y	White core	5.47	68.2	190.2	79.8	162.4	110.3	-27.8	30.5
KNUM-42 ^M	White core	5.4	68.1	92	38.1	91.2	53.9	-0.8	15.8
KNUM-43 ^Y	White core	5.73	68.2	217.8	104.6	203.6	113.2	-14.2	8.6
KNUM-40 ^Y	White belly	5.47	68.2	217.5	89.1	180	128.4	-37.5	39.3
KNUM-44 ^M	White belly	5.53	68.2	166.5	74.1	159.7	92.4	-6.8	18.3
KNUM-45 ^M	White belly	5.53	68.1	170.3	77.8	168.4	92.5	-1.9	14.7
KNUM-46 ^M	White belly	5.8	68.3	203.8	96.9	195.5	106.9	-8.3	10

○ Rapid viscosity analysis에서 생성된 값들의 상관관계는 표 28에서와 같이 peak viscosity과 peak time, trough viscosity와 setback을 제외하고 모두 상관관계를 나타냈다. peak viscosity는 breakdown와 고도의 정의 상관($r=0.913$)을 보였으며, setback과는 부의 상관($r=10.410$)을 나타냈다. Trough viscosity는 final viscosity와 고도의 정의 상관($r=0.950$)을 보였으며, consistency와는 부의상관($r=-0.226$)을 나타냈다. Setback과 consistency와는 고도의 부의상관($r=-0.913$)을 나타냈다.

표 28. RVA 분석 항목의 통계치 및 상관관계

	PV	TV	FV	BD	SB	C	PT
Average	167.68	74.41	155.29	93.28	-12.40	18.87	5.44
Range	244.83	115.50	189.42	177.08	209.83	195.33	3.40
Maximum	270.33	127.33	234.17	177.33	57.83	136.00	6.40
Minimum	25.50	11.83	44.75	0.25	-152.00	-59.33	3.00
Std. Dev.	54.14	25.88	52.13	35.90	38.95	31.39	0.65
Correlations							
TV	0.825**						
FV	0.732**	0.950**					
BD	0.913**	0.524**	0.419**				
SB	-0.410**	0.124	0.321**	-0.708**			
C	0.364**	-0.226*	-0.304*	0.712**	-0.913**		
PT	0.048	0.452**	0.562**	-0.254*	0.686**	-0.663**	

3. 다양한 특수미 계통 및 고품질, 고 기능성 우수계통 선발 및 육성

가. 목적형질별 우수 고세대 계통의 생산력 예비시험

(1) 우수 고세대 계통의 기본농업형질, 수량구성요소 등 생산력 검정

○ 중간찰, 단간, 내도복 고세대 계통의 생산력 예비시험

- 생산력 예비시험 중간찰 계통 중 일부 계통은 출수기 등이 분리하여 생산력시험에서 제외하고 기본농업형질이 안정적으로 나타난 2개 계통을 선발하여 기본농업형질 조사를 수행하였다(표 29).

표 29. 중간찰, 단간, 내도복 고세대 계통의 생산력 시험

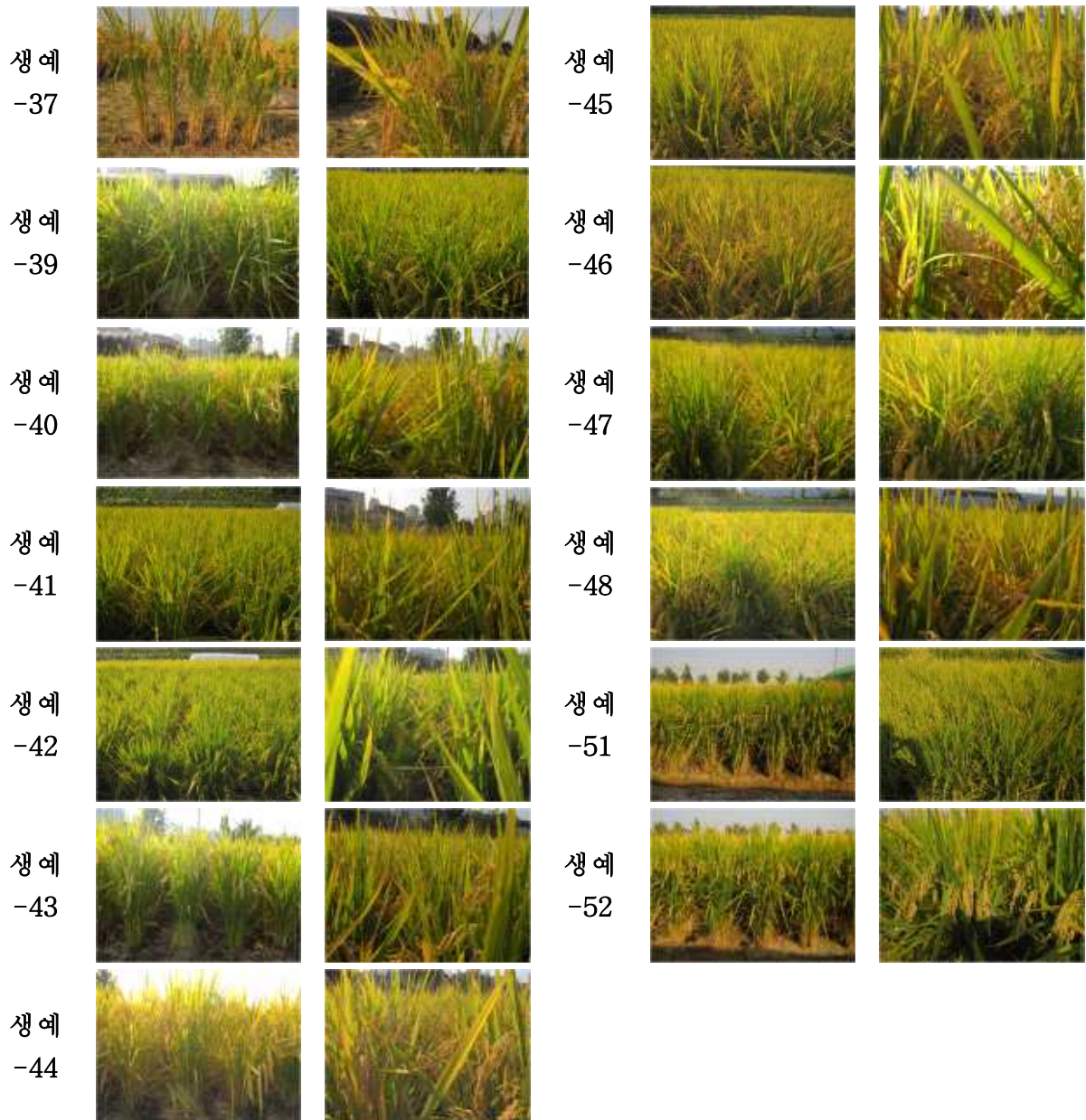


표 30. 중간찰, 단간, 내도복 고세대 계통의 기본농업형질

계통번호	교배조합	출수기	간장	수장	수수
생예-37	주남 / 추청 // 유메추쿠시 / 밀키퀸	8/16	83.2±3.4	20.9±0.9	24.2±1.6
생예-44	주남 / 추청 // 유메추쿠시 / 밀키퀸	8/20	88.8±3.8	19.7±1.5	18.6±2.1

- 화영벼와 중간찰벼를 교배한 후대 계통은 만생 계통으로 수량성이 우수할 것으로 기대되며 우수한 2개 계통을 선발하여 기본농업형질 등을 조사하였다(표 31, 표 32).

표 31. 중간찰, 단간, 내도복 고세대 계통의 생산력 시험

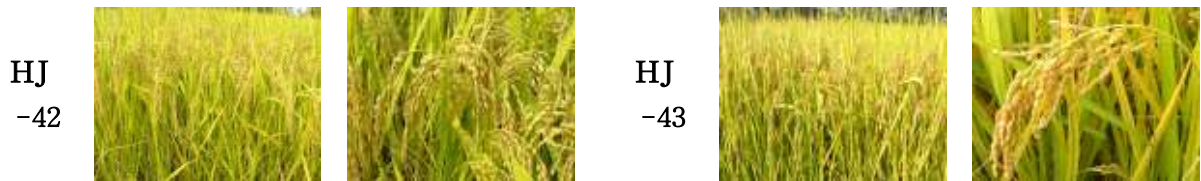


표 32. 중간찰, 단간, 내도복 고세대 계통의 기본농업형질

계통번호	교배조합	출수기	간장	수장
HJ-42	화영 // 유메추쿠시 / 밀키퀸	8.27	83.0±1.5	22.7±1.3
HJ-43	화영 // 밀키퀸 / A-3	8.24	85.9±3.4	23.2±1.3

○ 중간찰 고세대 계통의 생산력 예비시험

- 화영벼와 중간찰벼를 교배한 후대 계통은 만생 계통으로 수량성이 우수할 것으로 기대되며 공시된 5개 계통 중 우수한 3개 계통을 선발하여 기본농업형질 등을 조사하였으며, 수확 후 종자 및 배유특성에 대한 분석을 수행할 예정이다(표 33, 표 34).

표 33. 중간찰 고세대 계통의 생산력 시험

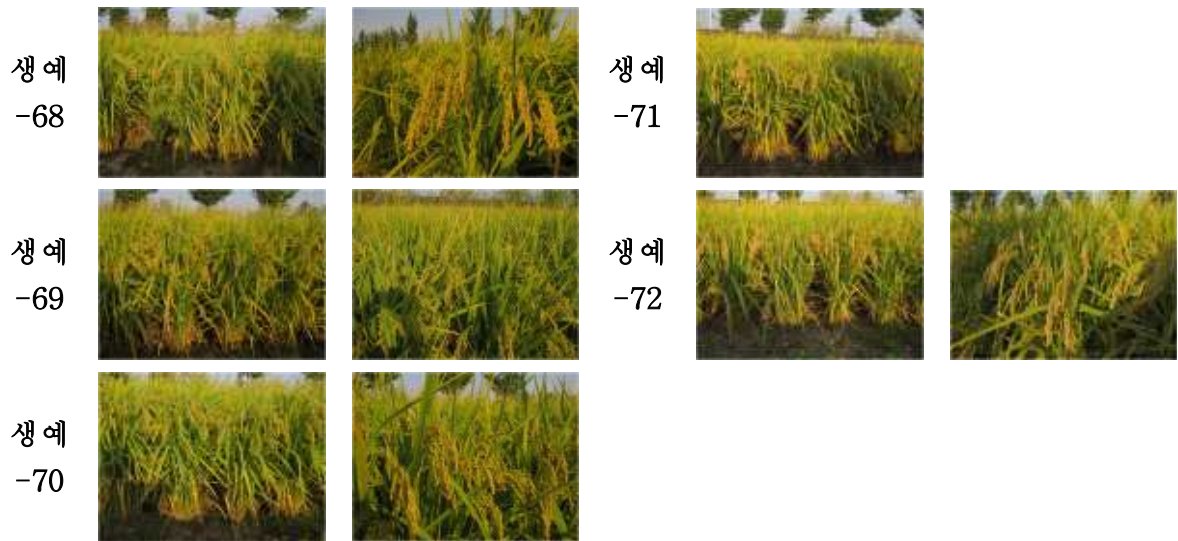


표 34. 중간찰 고세대 계통의 기본농업형질

계통번호	교배조합	출수기	간장	수장	수수
생예-68	화영 // 유메추쿠시 / 밀키퀸	8/31	104.1±3.3	21.7±1.2	22.3±1.5
생예-71	화영 // 유메추쿠시 / 밀키퀸	8/29	95.6±3.5	20.4±2.1	19.3±0.6
생예-72	화영 // 유메추쿠시 / 밀키퀸	8/28	93.2±2.6	20.2±0.8	18.0±1.9

- 생산력 예비시험 중간찰 계통 중 기본농업형질이 안정적으로 나타난 3개 계통을 선발하여 기본농업형질 조사를 수행하였고, 추후 종자특성과 미질특성에 대한 분석을 수행할 예정이다(표 35, 표 36).

표 35. 중간찰 고세대 계통의 생산력 시험

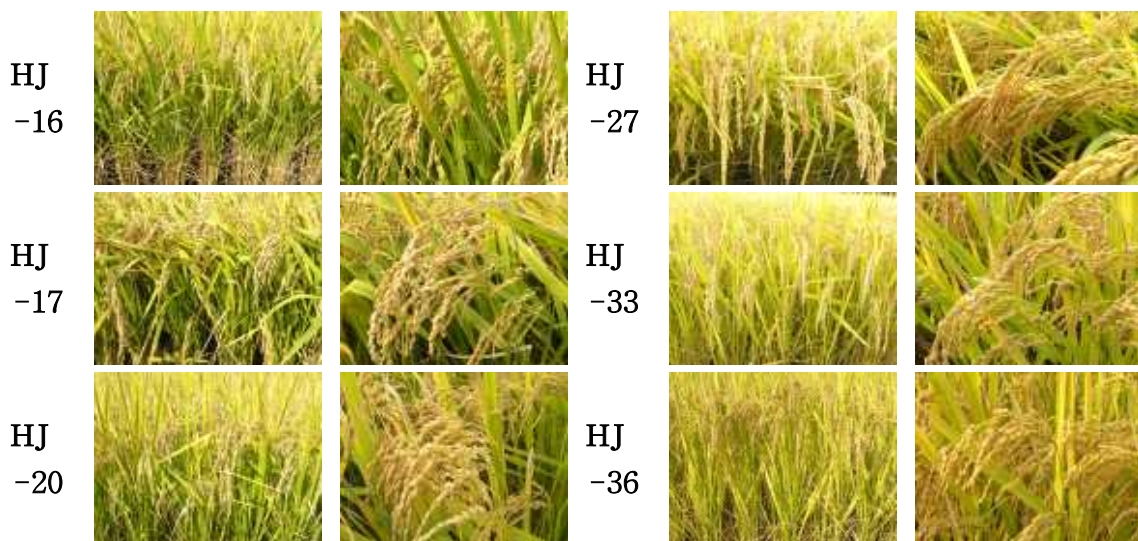


표 36. 중간찰 고세대 계통의 기본농업형질

계통번호	교배조합	출수기	간장	수장
HJ-16	주남 / 추청 // 유메추쿠시 / 밀키퀸	8.21	77.4±3.2	21.9±5.3
HJ-17	주남 / 추청 // 유메추쿠시 / 밀키퀸	8.21	74.6±4.0	20.4±2.4
HJ-20	주남 / 추청 // 유메추쿠시 / 밀키퀸	8.25	65.0±1.6	19.7±1.0
HJ-27	주남 / 추청 // 유메추쿠시 / 밀키퀸	8.26	86.7±3.7	20.1±1.0
HJ-33	주남 / 추청 // 유메추쿠시 / 밀키퀸	8.14	71.3±2.1	20.8±1.1
HJ-36	주남 / 추청 // 유메추쿠시 / 밀키퀸	8.25	82.7±2.5	20.6±2.4

○ 찰벼 계통의 생산력 예비시험

- Sigahabute는 일본 찰벼품종으로 아밀로펙틴의 사슬구조 중 단쇄형 사슬의 비율이 높아 찰성 및 밥맛 특성이 우수한 찰벼 품종으로 주남 및 동진찰벼와 교배하여 화영벼와 중간찰벼를 교배한 후대 계통은 만생 계통으로 수량성이 우수할 것으로 기대되며 공시된 4개 계통 중 주남 후대 1계통과 동진찰 후대 계통 1계통을 각각 선발하였다. 생예-89은 포장 도열병 저항성이 우수하나 다소 키가 큰 특성이 있어 질소 과다 시용시 도복이 우려된다. 생예-92는 지엽의 형태가 완전직립에 가깝고 줄기의 자세가 반직립으로 내도복성이 강한 것으로 판단된다. 이들 2개 계통에 대해서는 종자특성, 수량성 및 전분특성에 대한 추가적인 조사를 수행할 것이다(표 37, 표 38).

표 37. 찰벼 계통의 생산력 예비시험

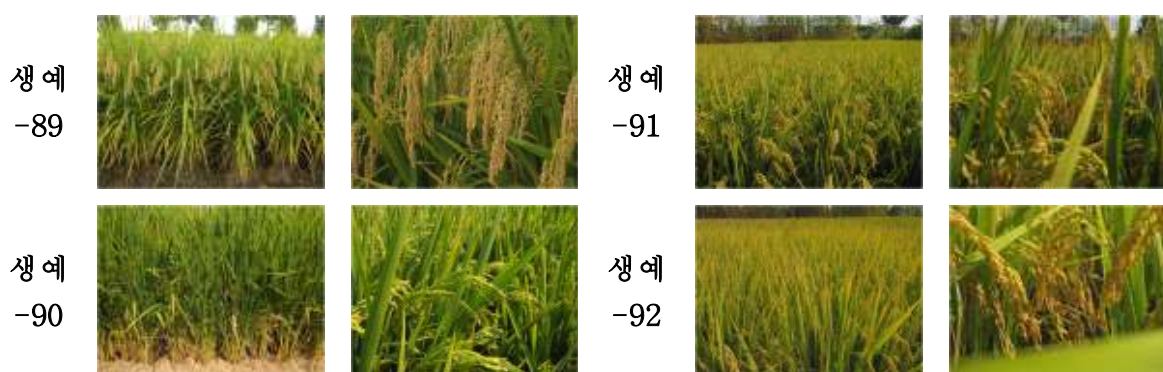


표 38. 찰벼 계통의 기본농업형질

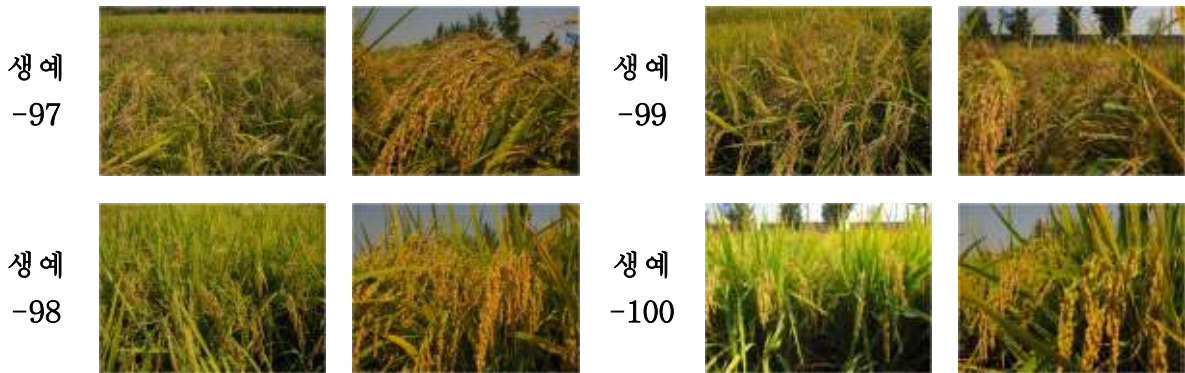
계통번호	교배조합	출수기	간장	수장	수수
생예-89	주남 / Sigahabutae	8/30	104.1±3.3	21.7±1.2	22.3±1.5
생예-92	동진찰 Sigahabutae	8/28	-	-	-

○ 거대배아미 계통의 생산력 예비시험

- 공시된 4개 계통 중 일부 조류피해가 있어 기본형질에 대한 조사를 수행하였고, 4개 계통 중 포장에서 병해 발생이 심했던 97번과 99번은 도태시키고 2개 계통을 선발하

여 차년도에 생산력 재료로 선발하였다(표 39).

표 39. 거대배아미 계통의 생산력 예비시험



○ 기타 유색(갈색)미 계통의 생산력 예비시험

- 유색(갈색)미 계통인 생예-109는 당미/ 적진주 교배조합을 가지며, 출수기는 8월 5일, 간장은 73cm, 수장은 23cm로 조사되었으며, 생예-110은 화영/적진주의 교배조합을 가지며, 출수기는 8월 23일이며, 간장은 83cm, 수장은 23cm로 조사되었다. 전체적으로 균일하고, 이형주가 발견되지 않았다 (표 40, 표 41).

표 40. 유색미 계통의 생산력 예비시험



표 41. 유색미 계통의 기본농업형질

계통번호	교배조합	출수기	간장	수장	수수
생예-109	당미 / 적진주	8/ 5	73	23	-
생예-110	화영 / 적진주	8/23	84	23	-

○ 선발된 생산력 우수 계통의 농업형질조사

- HJ-8은 2012년, 2013년에 난괴법 3반복으로 농업형질 검정을 실시한 결과, 기본농업형질인 출수기, 간장, 수당립수, 천립중 등의 특성에 있었고, 2013년 포장 재배시험에서 전체적으로 균일하고, 이형주가 발견되지 않았다.



그림 42. 선발된 계통의 시험포장(HJ-8)

표 42. HJ-8 계통의 기본농업형질

구분	년도	출수기	간장(cm)	수장(cm)	포기당 이삭수(No.)	이삭수 벼알수(No.)	현미 천립중(g)
HJ-8	2012	8/19	77.90±2.33	20.70±2.70	14.90±1.80	110.10±3.89	20.70±0.17
	2013	8/20	76.9±2.04	20.6±1.01	14.3±1.60	105.4±4.29	21.2±0.28
	평균		77.38	20.66	14.58	107.77	20.97
	변이계수		0394	0.29	3.07	3.06	1.85

- HJ-43은 HJ-8과 같은 방법으로 검정을 실시 하였고, 출수기는 8월20일인 중생종이다. 유효분얼수(이삭수)는 14.1개로 보통이며 이삭길이는 20.9cm로 긴 편이다. 모양은 단 원형이며, 현미 천립중은 26.30g이다.



그림 43. 선발된 계통의 시험포장(HJ-43)

표 43. HJ-43 계통의 기본농업형질

구분	년도	출수기	간장(cm)	수장(cm)	포기당 이삭수(No.)	이삭수 벼알수(No.)	현미 천립중(g)
HJ-43	2012	8/24	85.50±1.94	21.60±0.63	13.80±1.30	109.40±4.45	21.0±0.24
	2013	8/20	85.6±1.42	20.9±1.04	14.1±1.16	101.6±2.98	21.3±0.30
	평균		85.56	21.23	13.95	105.48	21.17
	변이계수		0.10	2.50	1.52	5.25	1.11

나. 내병·내재해성 관련 형질의 유전분석

(1) 보유자원에 대한 내병·내재해성 관련 유전자들의 형질 연관성 분석

○ 내재해성 중 종자수명(Seed Longevity)의 관련된 형질과 유전자간의 연관성 분석

- 벼에서 중요한 특성 중에 하나인 종자수명은 종자의 생산 및 종자활력에 있어서 주요 요인으로 작용하는데, 분자육종에서의 벼의 향상된 저장능력을 가진 새로운 품종을 육종 개발하는데 유용하게 사용될 것이다.
- 보유자원들의 종자수명 관련 유전자들에 대해서 Haplotype 분석을 진행하였고, 그 중 형질 관련 세 가지 유전자인 *Lox 1*, *Lox 2*, *Lox 3*에 대한 분석을 수행하였다.

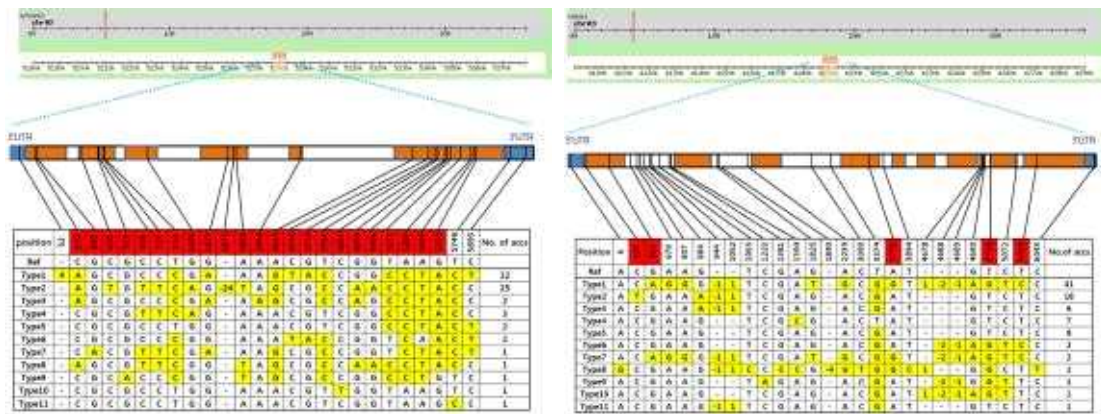


그림 44. *Lox 1*, *Lox 2*의 Haplotype

- *Lox 1*, *Lox 2* Haplotype에 대해서 분석 결과 각각 11개의 haplotype과 SNP와 InDel을 포함한 93개, 27개의 variation 부위를 찾을 수 있었다.

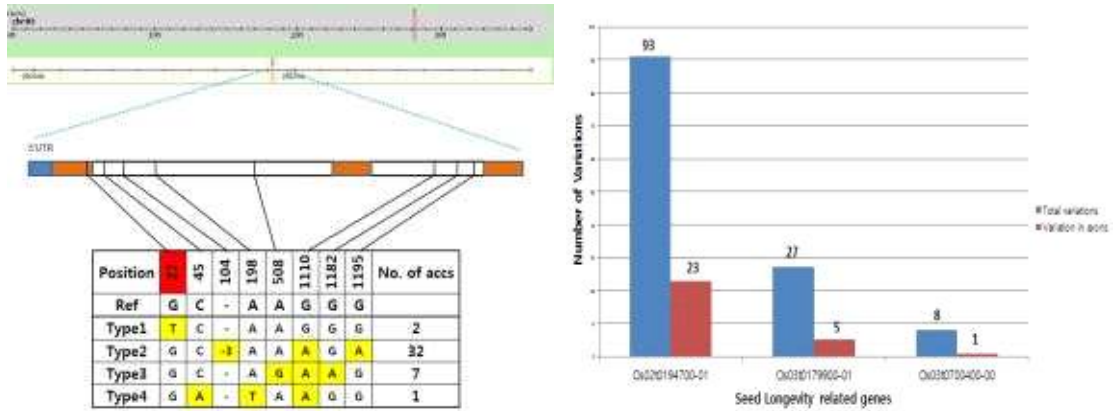


그림 45. *Lox 3*의 Haplotype과 종자수명과 연관된 세 가지 유전자의 변이 개수

- *Lox 3* 유전자에 대해서 분석 결과 각각 4개의 haplotype과 SNP와 InDel을 포함한 8개의 variation 부위를 찾을 수 있었다.
- Haplotype 분석을 통해 확인된 결과는 기존에 보고되지 않은 exon 부위의 새로운 SNP와 InDel 부분이 있음을 확인하였다.

○ 벼 도열병 저항성 유전자 탐색

- YL 155, 183 / YL 87 마커 set로 보유중인 자원을 대상으로 확인한 결과 12번 염색체 상의 *Pita* 유전자는 YL 155/YL 87 분석에서는 3품종이 1024bp 밴드를 형성하였고, YL 183/YL 87 분석에서는 1품종이 밴드를 형성하였다. 야생벼에서 유래한 Pi-9 저항성 유전자 탐색을 위해 보유중인 자원을 대상으로 NBS O/U로 증폭된 DNA 단편에 제한효소 Hinf I 제한효소를 처리한 결과 500bp, 460bp, 240bp, 220bp 크기로 절단 되었으며, 5개 type으로 분류 되었다. 이 중 15품종에서 460bp와 220bp 밴드가 형성되어 Pi9-type으로 밝혀졌다.

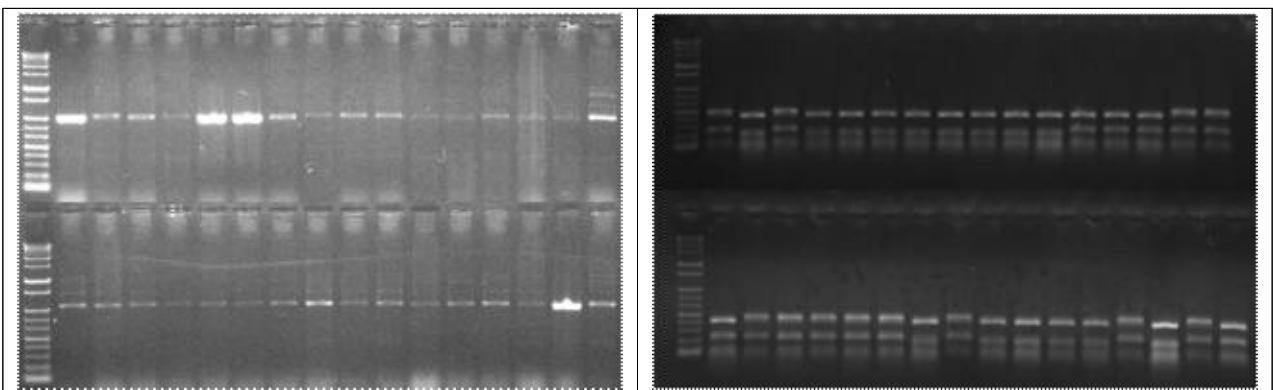


그림 46. 도열병 저항성 유전자 마커 검정(좌: *Pita*, 우: *Pi-9*)

○ 벼 도열병 저항성 유전자(*Pi-b*, *Pi-9*) Haplotype 분석

- 도입자원을 대상으로 haplotype 분석을 이용한 벼 도열병 관련 유전자의 haplotype variation 탐색을 수행하였다.

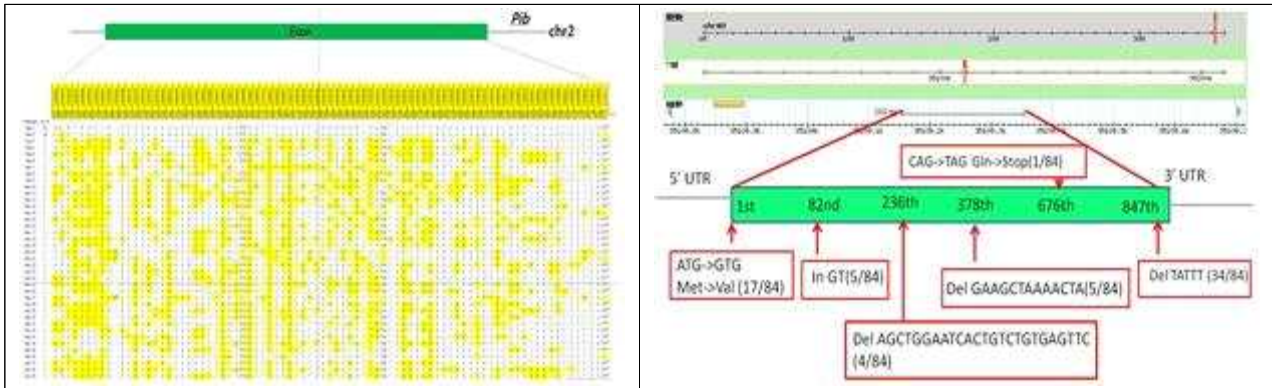


그림 47. Pi-b 유전자의 haplotype 분석(39 type)

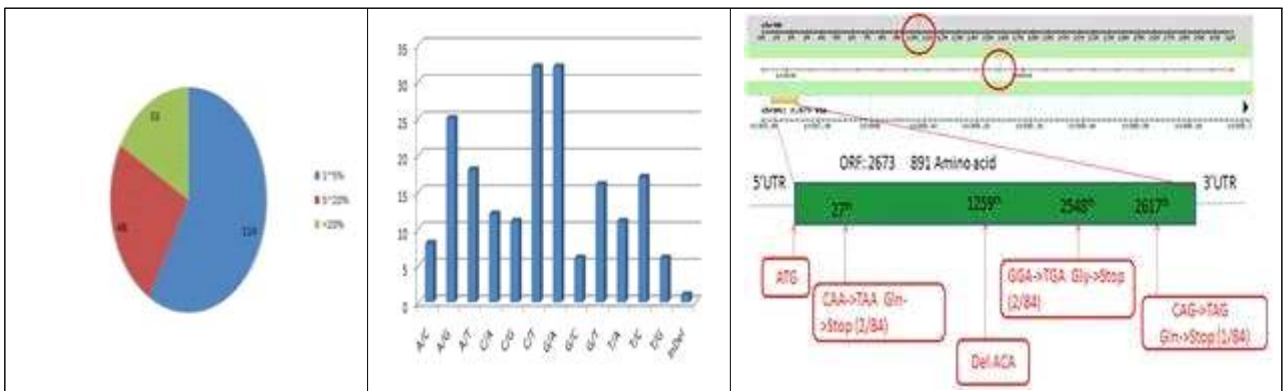


그림 48. Pi-9 유전자의 haplotype 분석(195 type)

- 벼 도열병 저항성 유전자 Pi-b, Pi-9를 이용하여 각각 39 type, 195 type의 haplotype 이 확인 되었고, 더 다양한 variation을 도입자원에서 탐색 중에 있다. 추후 후속연구를 통해 variation을 이용하여 마커로 제작 후 보유중인 자원들을 대상으로 도열병 저항성 관련 유전자 탐색 및 phenotype 평가를 수행할 것이다.

- 재래종 자원 중 도열병에 강한 저항성 또한 중간정도의 저항성을 갖는 33개 품종을 선발하였다. 표 44는 선발된 33개 재래종 품종의 포장도열병 (1~9, 1 : 무병징, 9 : 고사)와 Bacterial leaf light(K1, K2, K3)에 대한 저항성 정도를 표시하였다. 이들 선발 품종에 대해서는 12개 주요 도열병 유전자에 대한 탐색을 수행하였다. 유전자 탐색에 사용된 마커는 기존에 보고된 논문 등에서 정보를 수집하여 활용하였다(표 45).

표 44. 재래종 자원의 포장도열병 및 Bacterial leaf light 저항성 특성

계통번호	자원번호	계통명	포장 도열병	BLB		
				K1	K2	K3
11-JA-086	IT010151	가위찰	7	-	-	-

11-JA-087	IT110944	산두찰벼	6	1	2	2	RMM
11-JA-089	IT010565	이천7일찰	7	1	2	2	RMM
11-JA-091	IT010628	조선(朝鮮)	6	1	2	1	RMR
11-JA-092	IT010480	용달이찰벼	5	1	3	3	RSS
11-JA-100	IT010555	육성재래	7	1	3	2	RSM
11-JA-102	IT010727	흑피(黑皮)	7	-	-	-	
11-JA-103	IT010728	흑피(黑皮)	7	1	3	3	RSS
11-JA-104	IT010726	흑목(黑木)	7	2	1	2	MRM
11-JA-109	IT010376	산두도(山豆稻)	7	3	2	3	SMS
11-JA-111	IT010582	재래륙도(在來陸稻)	7	1	2	1	RMR
11-JA-122	IT010417	소두조(小豆租)	6	2	1	2	MRM
11-JA-127	IT009118	홍도(紅稻)	5	3	3	3	SSS
11-JA-160	IT009128	홍사도(紅四稻)	3	3	3	3	SSS
11-JA-161	IT006538	사두초	5	3	3	3	SSS
11-JA-162	IT007559	앵미	6	3	3	3	SSS
11-JA-163	IT173444	자광도(무망)	6	3	3	2	SSM
11-JA-167	IT009221	효성재래중	5	3	3	3	SSS
11-JA-179	IT006818	수상조(水上租)	7	3	3	3	SSS
11-JA-180	IT005500	노인다리	7	3	3	3	SSS
11-JA-182	IT008530	조선도(朝鮮稻)	9	3	2	2	SMM
11-JA-184	IT224681	적선	6	1	3	3	RSS
11-JA-185	IT226487	선	6	1	3	3	RSS
11-JA-187	IT009060	한양조(漢陽租)	3	1	3	3	RSS
11-JA-258	IT008413	조도(早稻)	5	3	2	3	SMS
11-JA-262	IT010577	장망재래	7	3	3	3	SSS
11-JA-263	IT010704	포천유망찰	5	3	3	1	SSR
11-JA-265	IT010339	밭나락	7	-	-	-	
11-JA-266	IT006622	상도(霜稻) 1	6	1	3	3	RSS
11-JA-330	IT009078	향곡(香曲)	6	1	1	2	RRM
11-JA-360	IT229901	점조(粘租)	7	3	2	2	SMM
11-JA-368	IT229903	호미나	6	3	1	1	SRR
11-JA-389	IT006303	백곡나(白穀나)	7	1	3	3	RSS

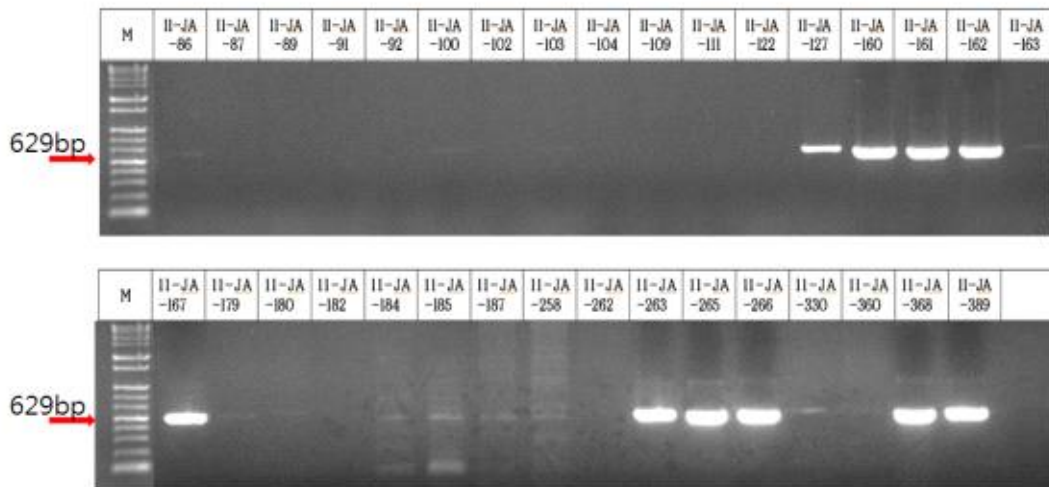
표 45. 도열병 저항성 유전자 탐색에 사용된 마커 정보

저항성 유전자	염색체 번호.	마커명	Annealing 온도(°C)	Exp. Size(bp)	참고문헌
<i>Pi-b</i>	2	NSb	57	629	
<i>Pi-5</i>	9	JJ817	60	1450	Cho <i>et al.</i> 2007
<i>Pi-a</i>	11	Yca72*	60	870/635	
<i>Pi-9</i>	6	pB8	55	700	Liu <i>et al.</i> 2002
		pBA14	55	400	
		NBS-O/U*	60	928	Qu <i>et al.</i> 2006
<i>Pi-i</i>	9	JJ80	56	442	
		JJ81	56	343	Yi <i>et al.</i> 2004
		JJ113	56	484	
<i>Pi-ta, ta2</i>	12	YL155/87	58	1042	
		YL183/87	55	1042	Jia <i>et al.</i> 2004
		YL100/102	55	403	
<i>Pit</i>	1	t256	60	322	
<i>Pi-z</i>	6	z4792	60	340	
		z60510	60	356	
<i>Pi-zt</i>	6	zt4792	60	340	
		zt6057	60	360	Hayashi <i>et al.</i> 2006
<i>Pi-k</i>	11	k6415	60	140	
<i>Pi-km</i>	11	k6441	60	404	
<i>Pi-kp</i>	11	k39575	60	158	

* 제한효소 Hinf I 처리

- 벼 2번 염색체에 위치하고 있으며, 도열병에 광범위한 저항성을 보여 최근 10년간 가장 많이 활용되었던 *Pib* 유전자는 인디카 품종에서 유래된 것으로 분석된 재래종 유전자원 중에서 10개 품종에서 저항성 유전자가 탐색되었다(그림 48). 포장 저항성이 가장 높게 나타났던 홍사도를 비롯하여 대체적으로 포장 저항성이 높았던 품종이 대부분 포함되었고, 말나락 등이 발벼와 호미나, 백곡나 등 찰벼 품종이 많았다.

A : Pi-b (marker : Nsb)



B : Pi-ta, ta2 (marker : YL183/YL87)

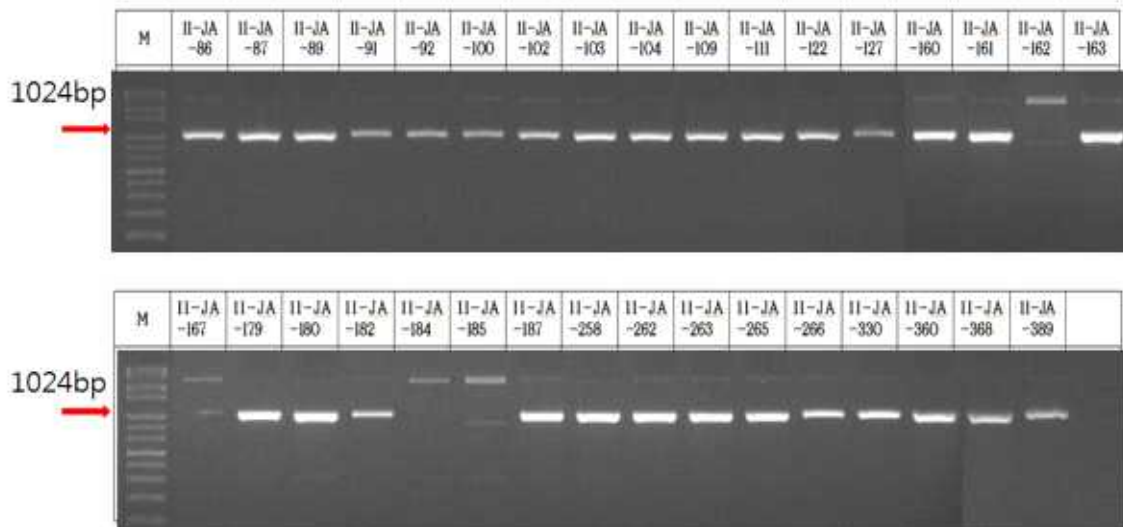


그림 48. 포장 선발 재래종 품종의 도열병 저항성 유전자 탐색

- *Pi-ta*는 Jia 등 (2004)에 의해 개발된 마커를 사용하였다. *Pi-ta*는 우성유전자로서 본 실험에 YL155/87(*Pi-ta* 특이마커), YL183/87(*Pi-ta* 특이마커) 두 개의 마커를 사용하였다. 위 마커는 *Pi-ta* 유전자를 정확히 탐색할 수 있는 마커이나 *Pi-ta*와 *Pi-ta2*를 완벽히 구분하지는 못 하는 것으로 보고되었다. 선발된 재래종 33개 유전자원 중에서 앵미, 적선, 선을 제외한 모든 품종에서 저항성 유전자가 탐색되었다.
- 현재 *Pi-b*, *Pita* 유전자에 대한 분석을 수행하였고, 차후, *Pi-km*, *Pi-i*, *Piz*, *Pi9* 등에 대한 유전자 탐색을 수행할 계획이다. 재래종 품종의 도열병 저항성 유전자 탐색뿐만 아니라 포장도열병 평가에서는 저항성을 보이거나 주요 저항성 유전자를 포함하지 않은 자원에 대해서는 추후 도열병 감수성 품종 및 iso-genic 계통과 교배를 통해 육성품종에 유전자를 도입한 중간모본을 육성하고, 관련 유전자에 대한 연관마커 개발

및 유전자 동정 등의 유전연구 재료로 제공할 것이다.

- 벼 도열병 병원균(KJ401)의 형질 연관성 분석 관련 Software(PLINK, GAPIT)를 이용하여 후보유전자 선발을 수행하였다.

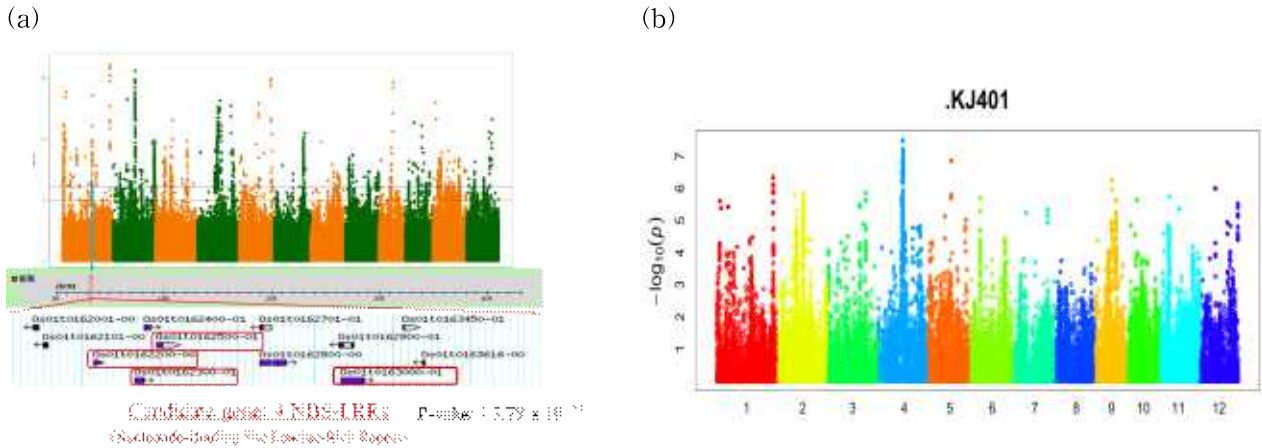


그림 49. 형질연관 분석 결과 (a: PLINK, b: GAPIT)

- 병 검정 분석결과와 유전형질 분석결과를 가지고 기존에 보고된 2개의 Software를 이용하여 연관 분석한 결과 그림 49와 같은 결과를 보였고, 그 중 질적형질에 이용하는 PLINK Software를 이용하여 4개의 NBS-LRR(Nucleotide-Binding Site Leucine-Rich Repeat) 후보유전자를 확인하였다.

○ Anaerobic Germination 관련 유전자의 Haplotype 분석

- Anaerobic germination 관련 3개의 유전자들의 haplotype 분석이 수행 되었다. Sub1, Sub2, Ramdy3D에서 각각 46개, 18개, 19개 부분에서 variation이 확인 되었다.

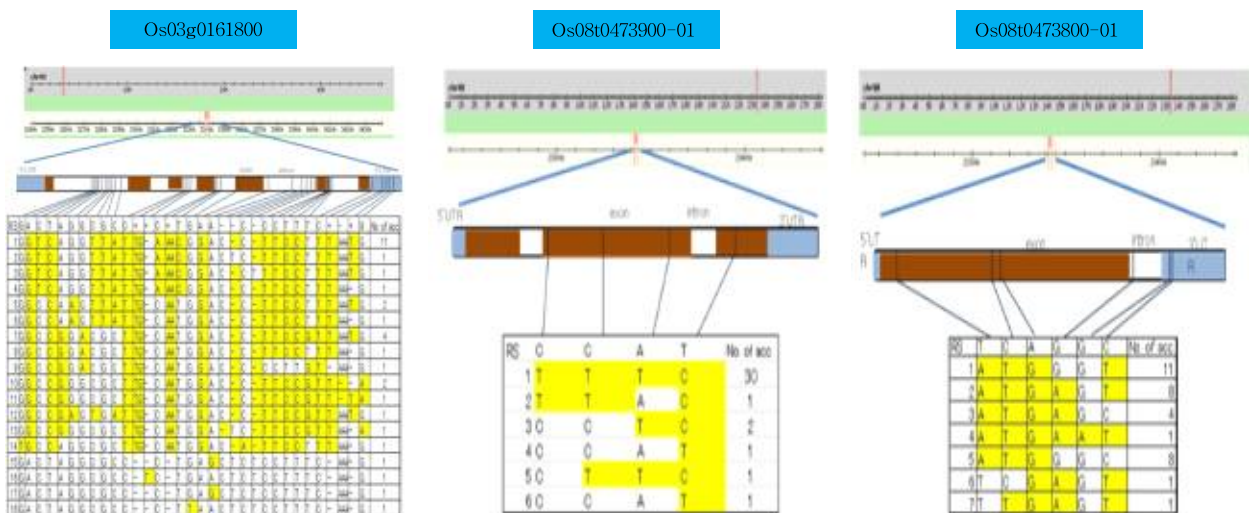
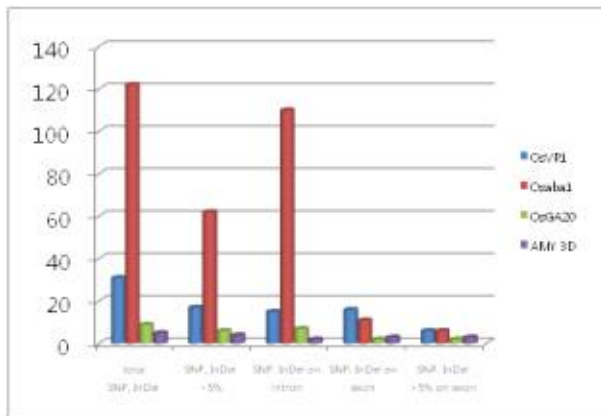


그림 50. 도입품종 간 anaerobic germination과 관련된 3개의 유전자[Sub2, Ramdy3D (Os08t0473900-01) and Ramdy3D (Os08t0473800-01)]의 haplotype.

○ 벼의 Pre-harvest Sprouting(수발아) 관련 유전자의 Haplotype 분석

- 수발아 관련 유전자 4개의 Haplotype을 분석한 결과, *OsVP1*은 27그룹, *Osabak1*은 29 그룹, *Alpha-amylase 3D*은 6그룹, *OsGA20ox1*은 14그룹으로 나누어 졌다. 수발아와 관련된 유전자의 exon부분의 새로운 SNP와 InDel은 nonsynonymous로 확인되었고, 이 결과를 통해 수발아 저항성을 가진 품종을 선발할 수 있고, 위에서 언급한 연구 단계에 기초하여 수발아 형질에 대한 분자적 연구를 수행하고, haplotyping을 통한 SNP 마커개발 할 수 있는 기초자료로 이용가능할 것으로 판단된다.

(a)



(b)

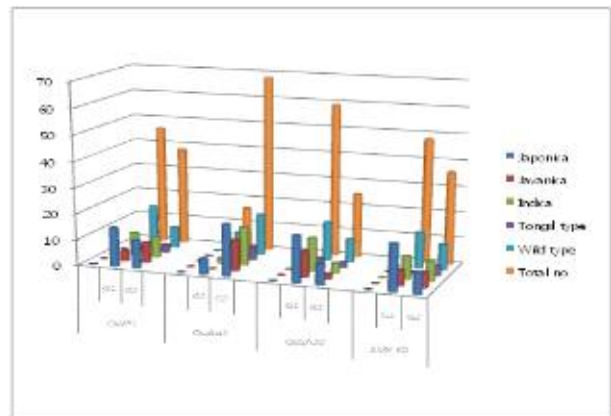


그림 51. (a) : 도입자원의 다양한 벼 품종 염기서열에서 발견되어진 4개의 PHS에 연관된 SNP와 InDel. (b) : 도입자원 중 PHS에 연관된 4개의 유전자에 haplotype 차이를 보이거나 차이가 없는 것 그리고 그것들의 개수와 벼 품종의 타입. Nipponbare의 reference 유전자와 이 4개의 유전자를 비교하였을 때 G1그룹은 차이가 없었고 G2그룹은 차이를 보였다.

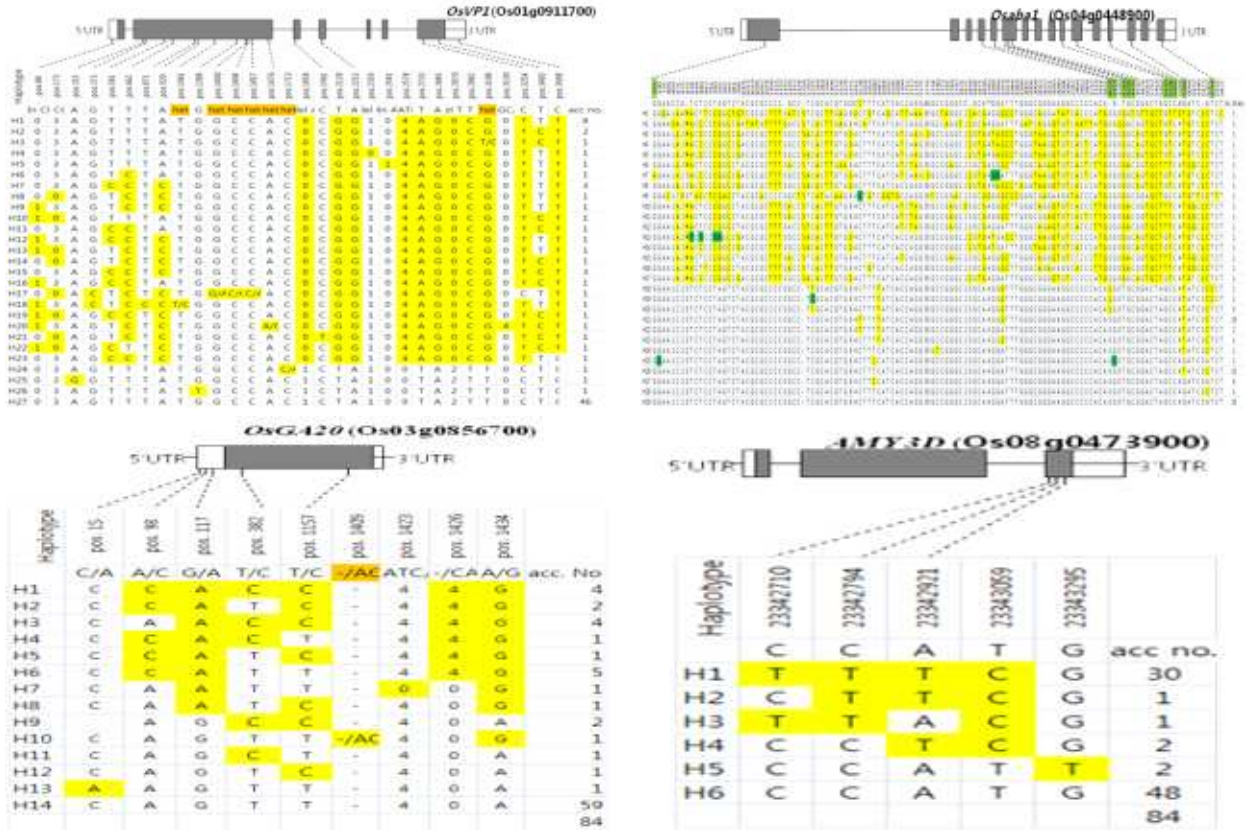


그림 52. *OsVP1*, *Osaba1*, *Alpha-amylase 3D*, *OsGA20ox1*의 haplotype variation.

다. 육성품종의 지역재배적성 평가

(1) 개발예정 품종의 지역재배적성 예비평가 (재배시험: 수원, 예산, 괴산)

○ 지역재배적성 예비평가 : 저아밀로스 ‘진상’벼에 대해 지역재배적성 평가

- 지역재배적성 시험 결과 평균수량성은 515.3kg/10a로 조사 되었고 도복 및 병충해에 는 약한 결과를 보였다.

표 46. 저 아밀로스 ‘진상’벼의 지역재배적성 평가

재배지역	내냉성 (유묘, 0-9)	내도복성 (0-9)	잎도열병 (0-9)	목도열병 (0-9)	흰빛잎 마름병 (0-9)	벼멸구	수량성 (kg/10a)
수원	3	5	7	7	5	약	516
여주	3	5	6	7	5	약	518
서천	3	4	6	7	5	약	512

○ 상품화 및 산업화를 위한 품질평가회 개최

- 개발 육성중인 품종에 대해 대규모 생산력 시험을 수행하였고, 차후 수확된 산물에 대해 농협RPC, 농업기술센터 등과 협조하여 실제 이용자들에게 품질평가회 실시하여 지역 브랜드로서 경쟁력을 평가하였다.



그림 53. 진상벼 시식 테스트 진행 및 결과

(2) 육성품종의 수량성, 재배안정성 및 지역재배적성 평가

○ 육성 품종의 특허등록 (단간형의 식미 특성이 개선된 벼 신품종 ‘진상’벼 개발)

- ‘진상’은 단간형의 식미 특성이 개선된 벼 신품종으로, 유메추쿠시 계통을 모본으로 하고 밀키퀸 품종을 부분으로 인공교배하여 얻어진 수정란에 N-methyl-N-nitrosourea를 돌연변이 유기물질로 처리한 다음 수확된 종자를 전개하여 형성된 F1에서 단간이면서 돌연변이 유기물질 처리가 확인된 40%이상 불임의 특성을 지닌 개체주를 선발하고, F2 이후 단간이면서 아밀로스 함량이 낮은 특성을 지닌 계통을 선발하는 과정을 통해 육성되어 단간이면서 아밀로스 함량이 낮고 도요 식미값이 높은 우수한 식미 특성이 동일하게 안정적으로 유지되는 벼 신품종이다.
- 본 신품종은 도입 양식미인 고시히까리 등과는 달리 단간 초형이면서 아밀로스 함량이 낮고 단백질 함량이 낮으며, 알칼리붕괴도가 높고 도요 식미값이 높으며 식미특성이 월등히 우수하여 소비자 기호에 부응하는 고품질 벼 신품종인 것으로 평가되었으며, 후대에 걸쳐 우수한 유전적 형질이 균일하고 안정적으로 유지되어 벼 재배농가의 소득증대에 크게 기여할 것으로 기대된다.

표 47. 지역브랜드 개발 대상 진상벼와 대조품종(추청)의 기본농업형질

구분	년도	출수기	간장(cm)	수장(cm)	포기당 이삭수(No.)	이삭수 벼알수(No.)	현미 천립중(g)
추청	2009	8.20	85.8±1.13	19.3±0.57	10.9±1.40	88.5±3.40	20.3±0.20
	2010	8.23	84.9±0.72	19.0±0.59	10.5±1.57	87.1±2.96	20.2±0.30
	평균		85.34	19.16	10.69	87.78	20.25
	변이계수		0.75	0.89	2.05	1.10	0.52
진상벼	2009	8.11	76.2±0.60	19.6±0.64	11.2±1.47	90.2±3.38	21.1±0.22
	2010	8.12	75.2±0.62	19.3±0.64	10.9±1.52	89.0±3.70	20.9±0.29
	평균		75.70	19.44	11.03	89.58	21.00
	변이계수		0.85	1.06	1.60	0.98	0.61

표 48. 지역브랜드 개발 대상 진상벼와 대조품종(추청)의 수량관련 농업형질

구분	정조				현미				정현비율 (%)	수량성 (kg/10a)
	길이 (mm)	폭 (mm)	두께 (mm)	장폭 비	길이 (mm)	폭 (mm)	두께 (mm)	장폭 비		
추청	6.82	3.18	2.25	2.14	4.83	2.86	2.02	1.69	82.5	453
진상	6.94	3.3	2.28	2.10	4.86	2.91	2.04	1.67	81.2	457

표 49. 지역브랜드 개발 대상 진상벼와 대조품종(추청)의 미질특성

구분	투명도 (1-9)	심/복백 (0-9)	알카리붕괴도 (1-7)	아밀로스함량 (%)	단백질함량 (%)	도요식미값
추청	1	1	6.3	19.1	7.0	72
진상	5	중간찰	6.4	11.9	6.8	76

○ 육성계통의 지역재배적성 평가 및 친환경 재배 적성 평가

- 품종 출원 자료(예농 1호, 예농 2호)

표 50. 예농 1호의 기본농업형질

구분	년도	출수기	간장(cm)	수장(cm)	포기당 이삭수(No.)	이삭수 벼알수(No.)	현미 천립중(g)
신동진	2011	8.20	94.7±2.3	25.0±1.5	11.6±2.1	103±6.7	27.93±0.18
	2012	8.21	93.7±1.9	24.3±0.9	12.4±1.5	92±5.5	27.73±0.10
	평균		94.2	24.7	12.0	97.5	27.83
	변이계수		0.75	2.01	4.7	7.98	0.51
예농1 호	2011	8.23	86.1±3.1	22.2±1.0	13.6±1.5	110±4.1	26.31±0.18
	2012	8.25	85.2±1.9	21.8±1.4	12.6±1.3	98±3.2	26.0±0.11
	평균		85.7	22.0	13.1	104	26.86
	변이계수		0.74	1.29	5.40	8.16	0.84

표 51. 예농 2호의 기본농업형질

구분	년도	출수기	간장(cm)	수장(cm)	포기당 이삭수(No.)	이삭수 벼알수(No.)	현미 천립중(g)
신동진	2011	8.20	94.7±2.3	25.0±1.5	11.6±2.1	103±6.7	27.93±0.18
	2012	8.21	93.7±1.9	24.3±0.9	12.4±1.5	92±5.5	27.73±0.10
	평균		94.2	24.7	12.0	97.5	27.83
	변이계수		0.75	2.01	4.7	7.98	0.51
예농2 호	2011	8.17	88.1±0.7	22.3±1.3	12.6±0.6	108±4.7	23.80±0.11
	2012	8.18	87.1±1.8	21.3±1.1	13.0±1.1	98±4.5	23.44±0.18
	평균		87.6	22.8	12.8	103	23.62
	변이계수		0.81	3.24	2.21	6.87	1.08

- 이상의 재배시험 결과로 연차 간 안전성이 검증되어 현재 품종보호출원 완료함.

○ 육성품종의 수량성, 재배안정성 및 지역재배적성 평가

- 2~3년차에 예산, 괴산, 수원 등의 증식포장에서 수행하였던 돌연변이 우수계통 중대립 저아밀로스 양질미 “예농1호”와 거대배아미 “예농2호”에 대한 종자증식 및 친환경 유기농업 기술을 이용하여 재배한 결과를 바탕으로 금년도 품종명칭등록 2건, 품종생산수입판매신고 2건, 품종보호출원 2건 모두 완료하였다.

- 충남 예산 시험포장에서 예농1호, 예농2호와 대조품종인 신동진벼 수량성, 재배안정성 및 지역재배적성 평가를 실시한 결과, 과중시기를 앞당겨 전년도에 비해 전체적으로 출수가 2~3일 일찍 하였고, 간장을 제외한 대부분의 특성에 있어서 변이가 작거나

비슷한 수준으로 확인하였다.

표 52. 충남 예산 시험포장에서 조사된 예농1호, 예농2호의 기본농업형질

구분	년도	출수기	간장(cm)	수장(cm)	포기당 이삭수(No.)
신동진	2014	8.19	94.2	23	11
예농1호	2014	8.23	84.7	21.3	12
예농2호	2014	8.16	86.7	22.5	13

- 경남 밀양 시험포장에서 예농1호, 예농2호와 대조품종인 신동진벼 수량성, 재배안정성 및 지역재배적성 평가를 실시한 결과, 오히려 충남 예산에 비해서 대조품종과의 기본 농업형질이 대부분 균일한 수준으로 확인이 가능하였고, 재배시험 중 이형주가 보이지 않았다.

표 53. 경남 밀양 시험포장에서 조사된 예농1호, 예농2호의 기본농업형질

구분	년도	출수기	간장(cm)	수장(cm)	포기당 이삭수(No.)
신동진	2014	8.16	89.3	20.56	9
예농1호	2014	8.20	77.7	19.3	9
예농2호	2014	8.15	80.93	18.83	11

- 기본농업형질인 출수기, 간장, 수장, 포기당 이삭수 등의 연차별 특성평가에 있어서 대조품종인 신동진벼에 비해 차이가 적거나 비슷한 수준으로 재배안정성 및 균일성을 확인할 수 있었다.

표 54. 대조품종(신동진)과 육성품종의 농업형질 비교

구분	년도	출수기	간장(cm)	수장(cm)	포기당 이삭수(No.)	이삭당 벼알수(No.)	현미 천립중(g)
신동진	2013	8.21	93.7	24.3	12.4	92	27.73
	2014	8.17	91.75	21.78	10	89	26.13
	평균	8.19	92.73	23.04	11.2	90.5	26.93
예농1호	2013	8.25	85.2	21.8	12.6	98	26
	2014	8.22	80.7	20.3	10.5	94	25.64
	평균	8.24	82.9	21.05	11.6	96	25.82
예농2호	2013	8.18	87.1	21.3	13	100	23.44
	2014	8.16	83.05	20.67	12	97	22.98
	평균	8.17	85.4	20.98	11	98.5	23.21

(3) 지역브랜드화를 위한 재배지역 특성 분석

○ 지역 농업기상 분석(충남, 경기지역)

- 본 과제를 통해 개발하고자 하는 당진군 등 충남지역의 2011년 4월부터 10월까지의

농업기상은 평균 기온이 18.7℃로 4월달 최저 기온이 영하 1.4℃ 이고, 7, 8월 평균기온은 24.8℃ 수준으로 최고온도는 34℃였다. 이는 수원지역의 동 기간 평균 기온보다 1.8℃ 정도 낮은 온도이고, 최고온도도 수원지역에 비해 낮은 수준이다. 당진군 지역의 기온은 전년도(2010년)에 비해 평균온도 및 월평균최고 온도는 약 1.3~2.0℃ 정도 높은 수준이고, 평균 강수량은 205.2mm 수준으로 2011년 7월 집중적으로 내려 583mm를 기록했다. 이는 지난해 평균 강수량의 2배 수준이며, 최대 강수량은 4배 수준이다. 수원 지역과 비교해서 2011년 및 2010년 평균 강수량은 비슷한 수준이나, 수원지역의 최대강수량이 700mm에 달한 것으로 조사되었다(표 55, 표 56, 그림 54).

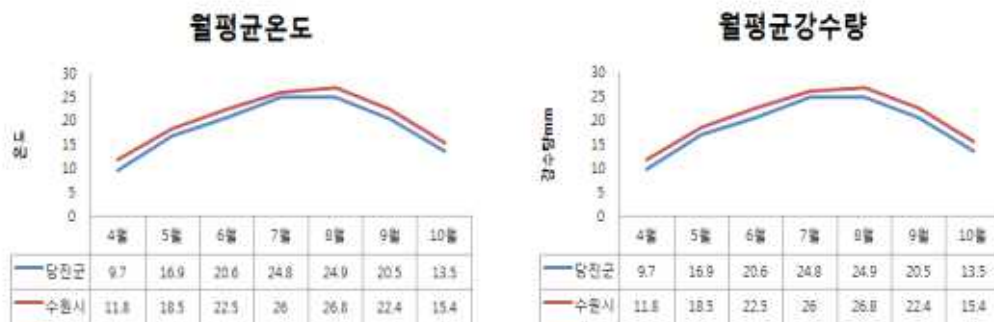


그림 54. 당진군과 수원시의 월평균기온 및 월평균강수량 변이

표 55. 당진군 지역의 농업기상 월별 기온 및 강수량

날짜	기온				편차	강수량	
	2011년			2010년		2011년	2010년
	평균	최고	최저	평균			
평균	18.7	28.8	9.3	16.5	1.5	205.2	97.8
최대	24.9	34	18.4	23.6	2.4	583.5	157.5
최소	9.7	20.3	-1.4	7.2	0.2	0	53.5
4월	9.7	20.3	-1.4	7.2	2.4	103	53.5
5월	16.9	28.6	6.1	14.9	2	99	114.5
6월	20.6	31.2	11.9	20.4	0.2	388.5	65.5
7월	24.8	34	18.4	23.6	1.1	583.5	157.5
8월	24.9	34	17	-	-	199.5	-
9월	20.5	30.8	9.1	-	-	63	-
10월	13.5	22.5	4.2	-	-	-	-

표 56. 수원시 지역의 농업기상 월별 기온 및 강수량

날짜	기온				편차	강수량	
	2011년			2010년		2011년	2010년
	평균	최고	최저	평균			
평균	20.5	30.6	10.8	19.1	0.6	229.2	97.9
최대	26.8	36.3	19.9	26.1	2	715	144.5
최소	11.8	20.5	0	9.7	-0.8	0	58.5
4월	11.8	20.5	5.5	9.7	2	166	58.5
5월	18.5	31	0	17.3	1.2	81.5	103
6월	22.5	32.8	13.6	23.3	-0.8	389.5	85.5
7월	26	36.3	19.5	26.1	-0.1	715	144.5
8월	26.8	36	19.9	-	-	219	-
9월	22.4	33.5	10.5	-	-	33.5	-
10월	15.4	24.1	6.5	-	-	-	-

- 당진군과 예산군의 일별 기온, 습도, 강수량 등은 비슷한 수준으로 조사되었다(그림 55, 표 57).

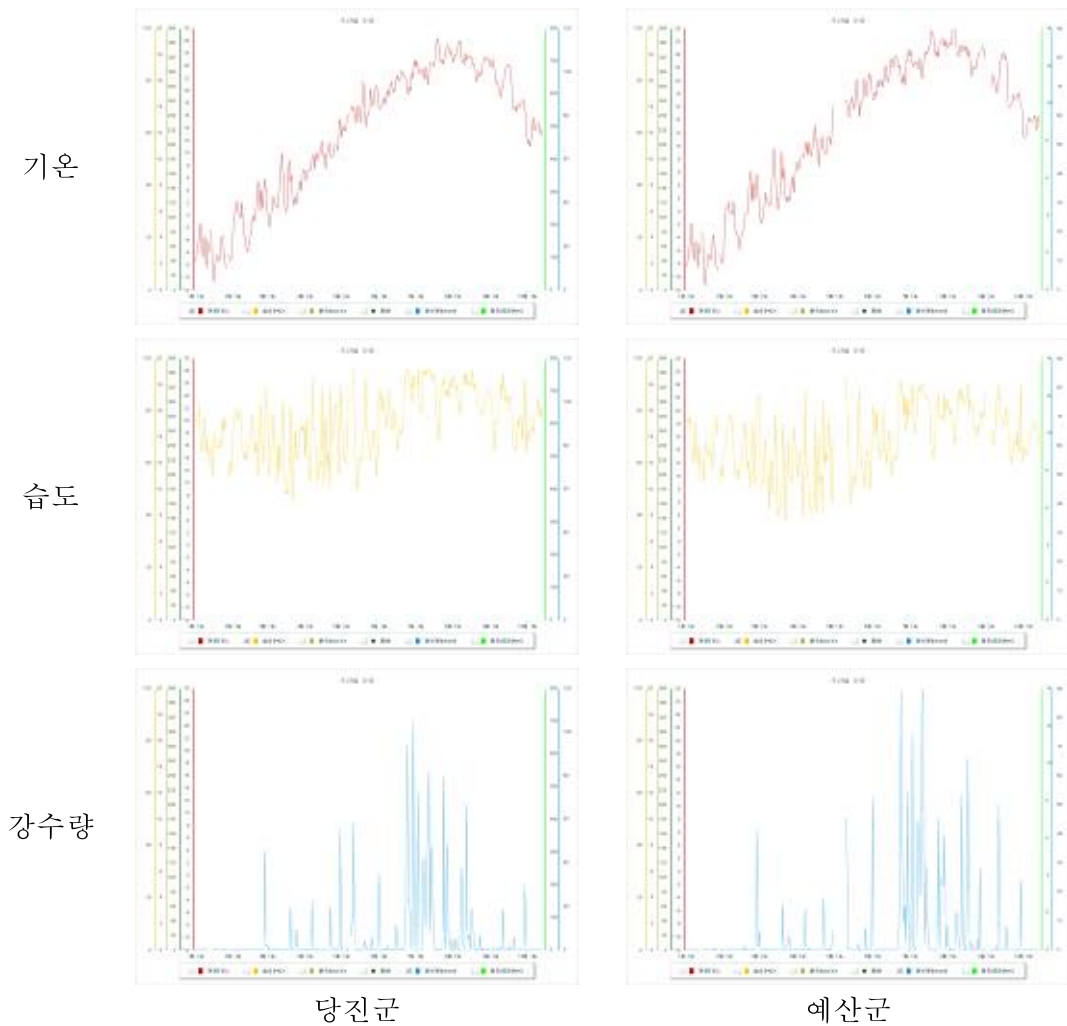


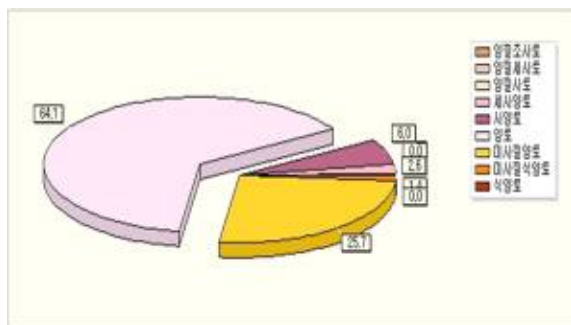
그림 55. 당진군과 예산군의 기온, 습도, 강수량 변이

표 57. 당진군, 예산군 및 수원지역의 2011년 농업기상 비교

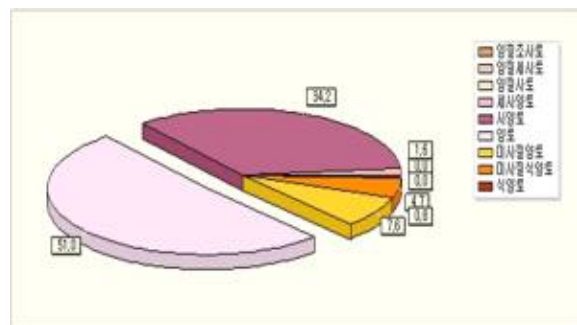
월		기온			습도			강수량		
		예산군	당진군	수원시	예산군	당진군	수원시	예산군	당진군	수원시
4월	평균	10			57			1.5		
	최대	16.4	15.6	13.9	89	93	92	18.5	56	133
	최저	6.5	5.6	8.2	39	50	35	0	0	0
5월	평균	17.7			62			4.4		
	최대	21.3	21.5	23.2	92	97	95	45.5	59	38
	최저	14.5	12.6	13.5	45	50	47	0	0	0
6월	평균	21			73			10.4		
	최대	25	25	26.1	92	96	95	90	106.5	155.5
	최저	17.1	17.1	18.7	55	65	51	0	0	0
7월	평균	24.4			81			19.4		
	최대	27.7	28.5	30.4	91	97	96	90	83	167
	최저	20.3	21	22.2	62	68	30	0	0	0
8월	평균	24.5			80			7.1		
	최대	28	28.1	30.4	91	96	92	67.5	68	70
	최저	20.7	21.5	23.6	67	78	48	0	0	0
9월	평균	19.3			74			3.3		
	최대	24.4	25	28.1	90	94	93	51	29.5	19
	최저	15.9	15.8	16.3	60	64	52	0	0	0
10월	평균	13.4			69			0		
	최대	14.7	15.8	17	76	85	81	0	0	0
	최저	11.4	11.1	13	63	69	44	0	0	0

○ 토양특성 분석(당진군, 예산군)

- 조사지역인 당진군과 농업토양은 표토층에 있어 두 지역 모두 양토가 대부분을 차지 (당진군 64%, 예산군 51%)을 차지하였고, 다음으로 당진군은 미사질양토가 25% 정도 였으나 예산군의 경우에는 사양토가 34% 정도로 나타났다. 그 외 사토, 식양토는 낮은 비율로 분포하였다(그림 56).



당진군

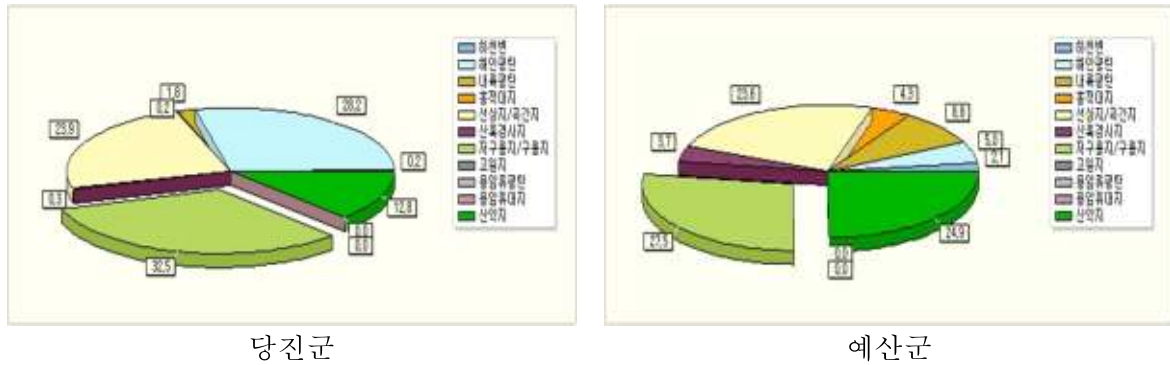


예산군

	단위(ha, %)									
	양질 조사토	양질 세사토	양질 사토	세사 양토	사양토	양토	미사질 양토	미사질 식양토	식양토	합계
당진군	12	139	0	1,591	3,751	39,782	15,963	866	0	62,104
	-	0.2	-	2.6	6.0	64.1	25.7	1.4	-	
예산군	0	19	23	827	17,822	26,626	3,978	2,456	429	52,180
	-	0.0	0.0	1.6	34.2	51.0	7.6	4.7	0.8	

그림 56. 당진군, 예산군의 표토 특성

- 당진군의 토양지형 분포는 구릉지가 2만 ha로 32.5%를 차지하였고, 선상/곡간지가 23.9%를 차지하였으며, 특히 해안평탄지가 전체 62,105ha의 28.2%인 17,529ha를 차지하여 내염성 품종에 대한 연구개발이 시급하다. 예산군의 경우 구릉지가 27.5%로 가장 많았고, 산상/곡간지가 23.6% 정도였다. 그리고 산악지가 24.9% 정도 차지했다(그림 57).

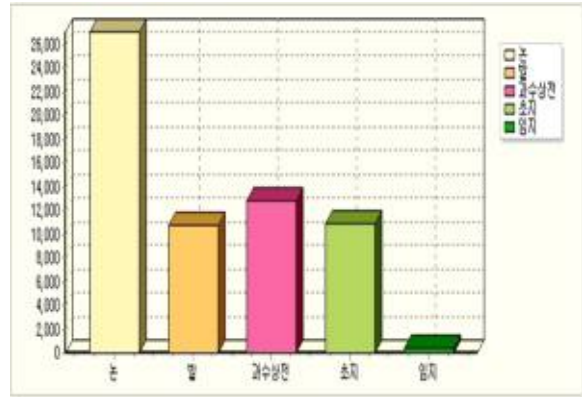
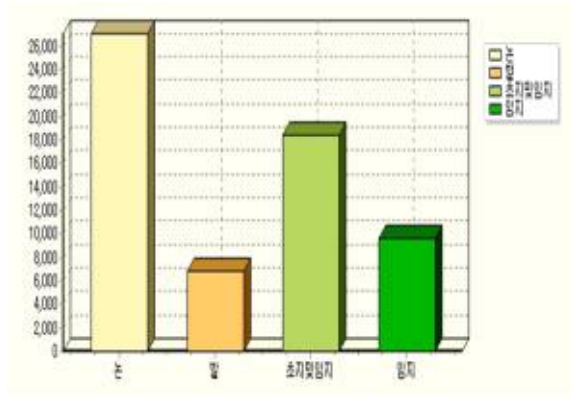


	단위(ha, %)									
	하천변	해안 평탄	내륙 평탄	홍적 대지	선상지 곡간지	산록 경사지	구릉지	산악지	기타 ^a	합계
당진군	133	17,529	1,128	123	14,842	207	20,178	7,965	4,313	62,105
	0.2	28.2	1.8	0.2	23.9	0.3	32.5	12.8	6.9	100
예산군	1,094	2,634	4,606	2,232	12,315	1,948	14,350	12,997	2,157	52,176
	2.1	5.0	8.8	4.3	23.6	3.7	27.5	24.9	4.1	100

^a: 하천범람지, 하해범람지, 암석지, 제방, 저수지 등

그림 57. 당진군, 예산군의 토양지형 분포

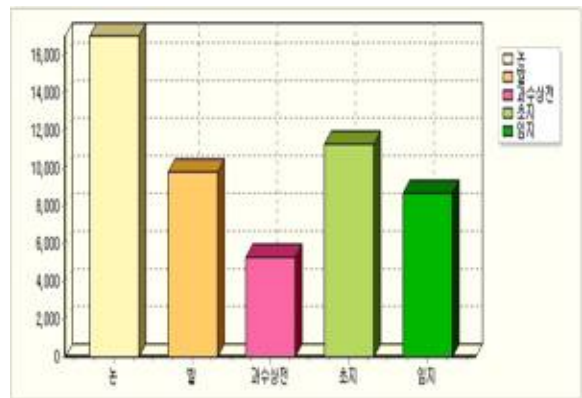
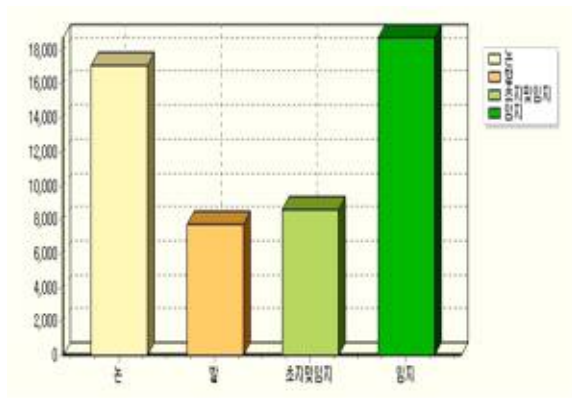
- 당진군의 토양이용현황을 보면 초지와 임지를 더한 면적이 전체의 45.3% 정도를 차지하였고, 논이 43.6%, 밭이 11.1%를 차지하고 있다. 당진군의 전반적인 토양특성을 볼 때, 현재의 초지 및 임지를 활용한 과수 면적 확대 및 밭 면적 확대 등이 가능할 것으로 보인다(그림 58).



	논	밭	초지및임지 / 임지	단위 (ha)
이용현황	27,073	6,890	초지 : 18,455, 임지 : 9,688	합계 62,106
토지 이용추천	27,072	10,842	과수 : 12,819, 초지 : 10,895, 임지 : 477	합계 62,105

그림 58. 당진군의 토지이용 현황 및 발전방향

- 예산군의 경우 당진군의 토양이용현황을 보면 초지와 임지를 더한 면적이 전체의 52.4% 정도를 차지하였고, 논이 32.8%, 밭이 14.8%를 차지하고 있다. 당진군의 전반적인 토양특성을 볼 때, 임지를 활용한 과수 및 밭 작물재배 면적 확대가 가능할 것이다(그림 59).

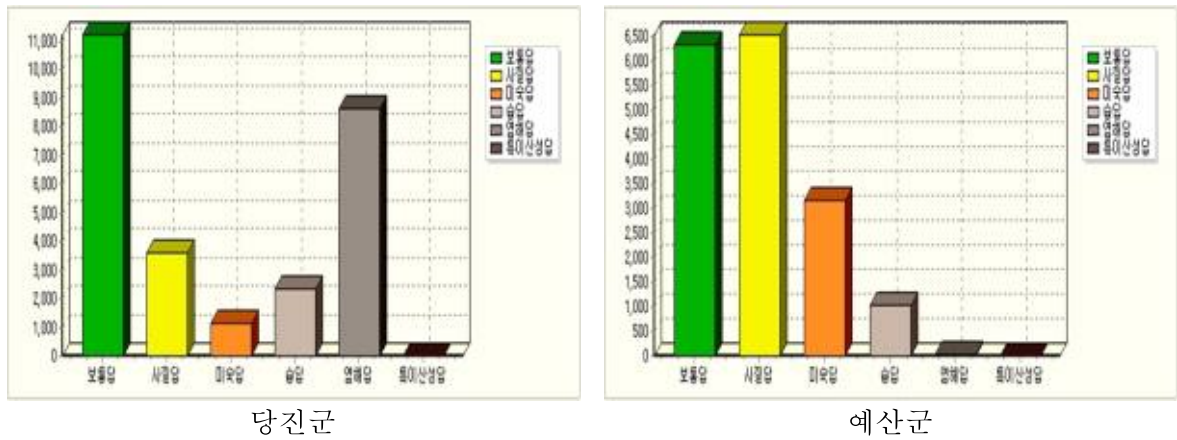


	논	밭	초지및임지 / 임지	단위 (ha)
이용현황	17,107	7,721	초지 : 8,595, 임지 : 18,755	합계 52,178
토지 이용추천	17,059	9,827	과수 : 5,306, 초지 : 11,299, 임지 : 8,687	합계 52,178

그림 59. 예산군의 토지이용 현황 및 발전방향

- 당진군과 예산군의 논 면적은 각각 27,073ha, 17,107ha로 당진군이 1.6배 수준이었으나, 당진군의 경우 염해답의 비율이 32.1%를 차지하였고, 예산군은 염해답은 없었으나 사질답이 사질답이 38.2%인 6,530ha로 조사되어 이에 대한 재배적 조치가 필요한 것

으로 판단된다(그림 60).



	보통답	사질답	미숙답	습답	염해답	합계	단위 (ha)
당진군	11,230	3,638	1,156	2,371	8,678	27,073	
예산군	6,321	6,530	3,176	1,048	32	17,107	

그림 60. 당진군, 예산군 논 토양의 재배특성

라. 고 브랜드 상품화를 위한 품종판별 체계 개발

(1) DNA 마커를 이용한 품종판별체계 구축

○ 개발 브랜드의 경쟁력 제고를 위한 품종판별 체계 구축 예비실험

- 1차 품종판별용 마커 선발 : 벼 품종판별 마커set 개발을 위해 본 연구진이 기존에 확보 하고 있는 80개 국내 품종에 대한 157개 마커의 품종다양성 정도(PIC 값)를 조사하였다. 이들 가운데 품종다양성 정도가 높고, 단일 단편을 보이는 마커를 우선으로 하여 30개 SSR 마커를 선발하였다. 이들 중 hetero형이 많이 발생하는 마커와 정보가 부족한 4개 마커를 제외하고 1순위, 2순위로 마커를 선발하였다(표 57).

표 57. 벼 품종판별을 위한 1차 선발 마커목록

No.	마커명	조사품종수	대립유전자 수	Heterozygosity	PIC	비고
1	RM204	80	15	0.0625	0.8280	2순위
2	RM3509	69	8	0.0000	0.8270	1순위
3	RM2191	80	17	0.1125	0.8234	제외
4	RM1388	80	14	0.0125	0.8067	2순위
5	RM1812	78	9	0.0128	0.7622	1순위
6	RM3476	49	10	0.0000	0.7600	제외
7	RM5503	79	6	0.0000	0.7470	1순위
8	RM1359	69	8	0.0000	0.7470	1순위
9	RM1306	79	10	0.0000	0.7160	2순위
10	RM3766	80	8	0.0250	0.7018	2순위
11	RM418	81	8	0.0123	0.7009	2순위
12	RM229	74	5	0.0000	0.7003	1순위
13	RM335	78	7	0.0000	0.6941	1순위
14	RM580	80	7	0.0125	0.6717	1순위
15	RM1387	76	10	0.0000	0.6660	2순위
16	RM3482	74	6	0.0000	0.6469	1순위
17	RM1067	76	8	0.0000	0.6277	2순위
18	RM3808	79	6	0.0759	0.6261	2순위
19	RM3288	78	6	0.0000	0.6260	2순위
20	RM29	77	4	0.5065	0.5916	제외
21	RM202	79	6	0.0000	0.5904	2순위
22	RM517	79	3	0.0000	0.5716	1순위
23	RM5647	79	4	0.0000	0.5710	2순위
24	RM1313	77	6	0.0000	0.5692	2순위
25	RM5471	78	4	0.0128	0.5683	2순위
26	RM250	79	5	0.0000	0.5635	2순위
27	RM4	73	5	0.8630	0.5496	제외
28	MRG2392	78	5	0.0000	0.5470	2순위
29	RM3183	71	3	0.0000	0.5378	2순위
30	RM1003	80	3	0.0000	0.5254	2순위

표 58. 실험에 사용된 마커의 조합표

마커 set	마커조합
marker set 1	RM204 + RM3509 + RM1388 + RM1812 + RM5503
marker set 2	RM3766 + RM418 + RM580 + RM1387 + RM3482
marker set 3	RM204 + RM1388 + RM1812 + RM3808 + RM335

- 이를 기초로 하여 5~10개 내외 마커를 포함하는 마커 set을 개발 중에 있으며, 현재 3개의 마커set을 선정(표 58)하여 DNA 분석이 완료된(기 확보 결과) 150개 품종에 대해 품종판별 여부를 검증하였다(그림 61).



그림 61. 선발된 3개의 마커 set를 이용한 국내육성 벼 150품종의 판별

- 개발품종의 상품화를 위해 기존의 품종과 구별할 수 있는 DNA 마커 체계를 구축하는 것은 쌀의 품질등급 표시 의무화와 함께 중요한 마케팅 전략으로 판단되며, 개발 품종의 산업화에 반드시 필요한 부분이다. 본 연구진 최근 개발된 중간찰벼 품종에 대해 몇 가지 DNA 마커를 이용하여 품종판별을 수행한 바 있다. 즉 RM21, RM 48, RM 246 등 세 개의 마커를 이용하여 기존에 유통되는 중간찰벼 품종의 DNA를 증폭하였을 때 증폭산물의 길이에 차이는 보이므로 이 3가지 마커를 조합할 경우 단번에 신품종을 기존의 중간찰벼와 구분할 수 있었다(그림 62).

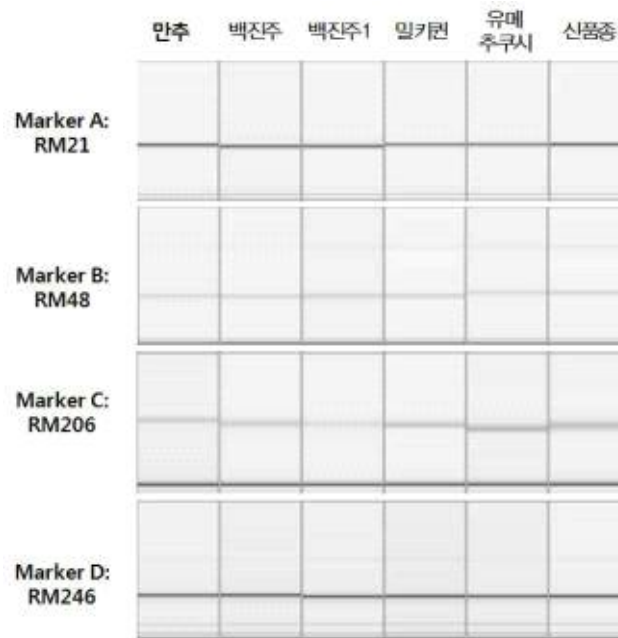


그림 62. 중간찰벼 신품종의 DNA profile

- Multi-plex PCR을 통해 보다 간편한 마커세트 개발을 추진하기 위해 이들 마커 중 8개 마커를 선발하여 이들의 PCR 반응온도 및 PCR 단편의 길이에 대한 정보를 수집하였다(표 59).

표 59. 품종 구분용 마커 조합표

번호	마커명	PCR 반응온도	PCR 단편길이
1	RM204	58	102 ~ 194
2	RM3509	58	138 ~ 176
3	RM1388	58	187 ~ 243
4	RM1812	58	126 ~ 160
5	RM5503	58	175 ~ 209
6	RM2191	58	151 ~ 291

7	RM526	58	237 ~ 263
8	RM418	58	254 ~ 320

- 이들의 각각의 마커에 각각 형광물질을 달리하고, 단편의 길이가 중첩되어 나타나지 않도록 할 경우 ABI 장비를 활용한 fragment analysis를 통해 한 번에 8개 마커에 대한 검사를 수행할 수 있을 것으로 판단하여, PCR 산물의 단편길이가 중첩되지 않도록 동일한 형광색으로 표지하였다(표 3-5).

표 60. 품종 구분용 마커 조합표.

형광	번호	마커명	PCR 반응온도	PCR 단편길이
Green	5	RM5503	58	175 ~ 209
	8	RM418	58	254 ~ 320
Blue	2	RM3509	58	138 ~ 176
	3	RM1388	58	187 ~ 243
Yellow	1	RM204	58	102 ~ 194
	7	RM526	58	237 ~ 263
Red	4	RM1812	58	126 ~ 160
	6	RM2191	55	151 ~ 291

- 즉, 표 60과 같이 형광물질을 코딩하는 경우 RM5503과 RM418은 150개 품종에서 탐색된 PCR 단편의 길이가 각각 175~209bp, 254~320bp로 겹치지 않으므로 동일 형광색이나 혼합하여 한 번에 분석이 가능하다. 또한 RM3509와 RM1388은 동일 형광물질로 분석가능하며, RM204와 RM526의 경우 동일한 형광색을 사용가능한 것으로 나타났다. 다만 RM1812와 RM2191은 단편의 길이가 중복되기 때문에 혼합 분석이 불가능한 것으로 나타났다. 또한 PCR 반응온도 또한 차이가 있어 차후 multi-plex PCR 적용을 위해서도 프라이머의 조정이 필요한 것으로 나타났다. 이러한 문제를 해결하기 위해 RM2191의 마커 정보를 이용하여 동일한 SSR을 포함하면서 PCR 단편의 길이를 50bp 정도 증대시키도록 프라이머를 재설계하였다(그림 63).
- 이를 위해 RM2191의 염기서열 정보와 반복염기서열을 확인하고, 주변의 염기서열 정보를 확보(www.gramene.org)하여 PCR 증폭에 문제가 없도록 forward와 reverse 프라이머를 50bp 내외에서 좌우로 시킴으로써 150개 품종의 PCR 단편의 길이가 인위적으로 200~340bp 범위에 나타나도록 프라이머 설계를 수행하고 있다.

마커명	반복서열	forward-염기서열	reverse-염기서열
RM02191	{AT}23	gataagcaatttagaaccaca	actagaccagggaattatg

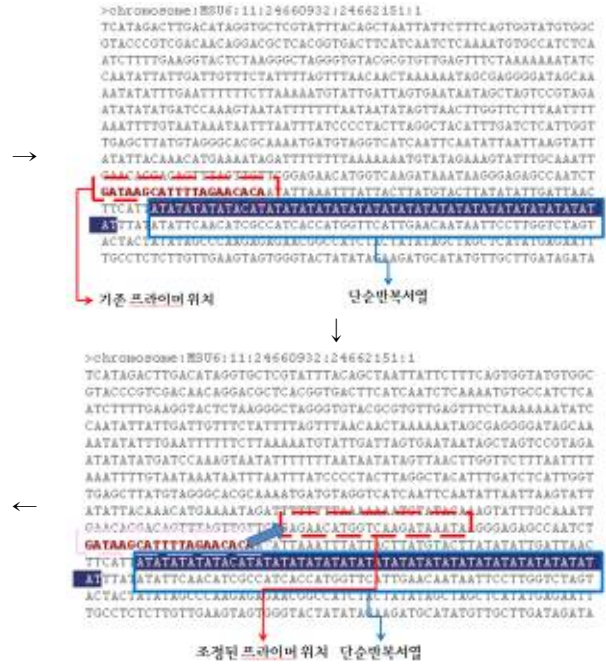
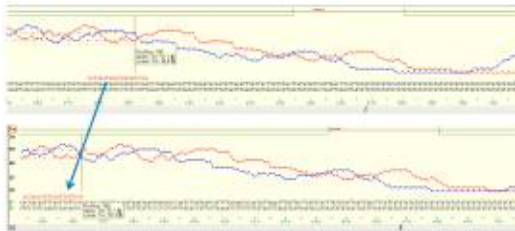
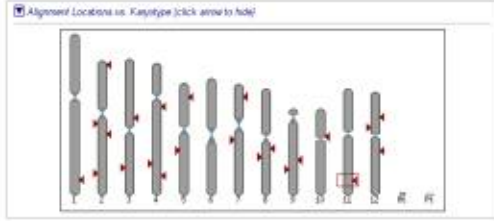


그림 63. 프라이머 염기서열 정보를 이용한 PCR 단편의 크기 조정 및 primer 재설계

- 설계된 프라이머의 PCR 증폭효율을 평가한 후, 각각 마커에 대해 2개 또는 4개 마커를 동시에 증폭할 수 있는 multi-plex PCR 조건에 대한 추가적인 실험을 수행하여 최대의 효율을 갖도록 설계할 것이다.
- 선발된 8개의 마커를 사용하여 총 2개의 Marker set를 구성하고, UPGMA tree 작성을 통해 판별 정도를 평가하였다.

표 61. 본 연구에서 사용된 마커 조합표

마커 set	마커조합
marker set 1	RM204 + RM1388 + RM1306 + RM1387
marker set 2	RM2191 + RM3509+ RM1812 + RM022

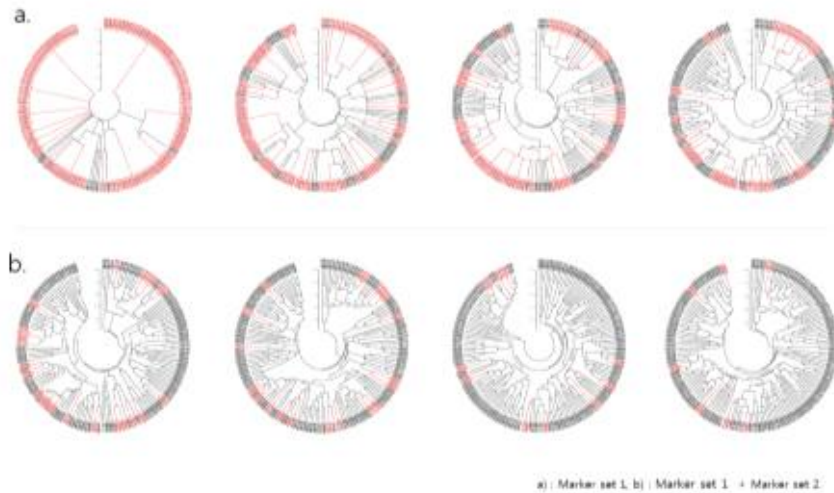


그림 64. UPGMA를 이용한 벼 품종판별

- 8개의 마커 set을 사용하여 최종적으로 14개의 벼 품종을 제외한 138(91%)의 품종을 판별 하였다. 추후 국내 품종들을 판별할 수 있는 마커 set · kit 등 품종인증 및 고급 브랜드 개발을 위한 육종 소재로 사용 가능할 것이다.

○ MAS를 이용한 벼의 내재해성 특성평가

- Anaerobic stress에 대한 관련 SSR 마커(RM24161, RM3769)들의 166점에 대한 genotyping을 분석하였다. RM24161에서는 18개의 특이적 variation이 발견 됐으며, RM3769에서는 2개의 target 증폭 사이즈보다 30bp 큰 amplicon과 5개 20bp 작은 amplicon들이 확인되었다. 현재 genotyping 결과와 phenotyping의 관계를 분석 중에 있다.

anaerobic germination	AG1	9	RM3769- RM24161 (L)	Khao Hlan On	$r^2=34%$ for survival	Angaji et al. (2010)
-----------------------	-----	---	------------------------	--------------	------------------------	----------------------



그림 65. 보고된 두 개의 마커(RM24161와 RM3769)를 이용하여 anaerobic stress 특성에 대한 다형성 확인

- K46-1는 nutritional uptake 및 early vigor에 관련된 allele specific 마커로서 166 도입자원에 genotyping시 8개의 amplicon이 마커 유래품종인 kasalath와 같은 패턴을 보였으며, 35개에서 non-amplicon, 2개의 double band 특성을 보였다. 차후 nutritional uptake 및 early vigor에 대한 형질 조사할 것이다.

nutrition uptake/early vigor	<i>Pup1</i>	12	K20-2Bsp, K46-1 (G)	Kasalath	30% higher grain yield	Chin <i>et al.</i> (2011)
------------------------------	-------------	----	---------------------	----------	------------------------	---------------------------

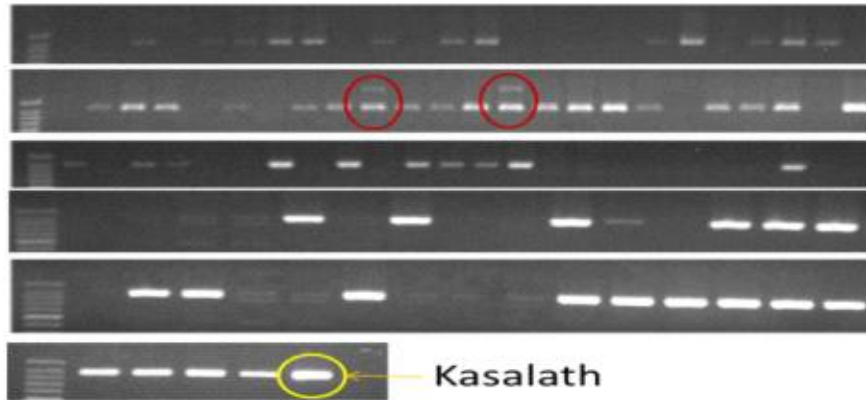


그림 66. 보고된 두 개의 마커(K20-2Bsp와 K46-1)를 이용하여 nutritional uptake / early vigor 특성에 대한 다형성 확인

- 벼에서 알려진 전체 4개의 drought tolerance 관련된 각각의 QTL에 인접한 2개의 SSR 마커들이 도입자원들에 대해 screening 되었다.
- qDTY₂₂에 인접된 RM236, RM279에서는 각각 2개의 10bp deletion 된 amplicon들이 발견 되었고, 8개의 10bp insertion pattern이 RM279에서 발견되었다. qDTY_{4.1}에는 RM335, RM518에서는 40개의 absence pattern이 166점의 도입자원에서 확인되었으며, 80개의 약 80bp 큰 variation이 RM335 마커 이용 시 탐색되었다. qDTY_{12.1}에 대해서는 RM28048과 RM28199가 사용되었으며, 6개의 small amplicon 20개의 large amplicon이 각각의 마커에서 standard size와 다르게 탐색되었다. qDTY_{3.1}의 RM520, RM16030의 genotype 확인 시 각각 9개, 25개의 large size amplicon이 발견 되었다.

<i>qDTY_{2.2}</i>	2	RM236-RM279 (L)	Aday sel	13% additive effect	Swamy <i>et al.</i> (2012)
---------------------------	---	--------------------	----------	------------------------	-------------------------------

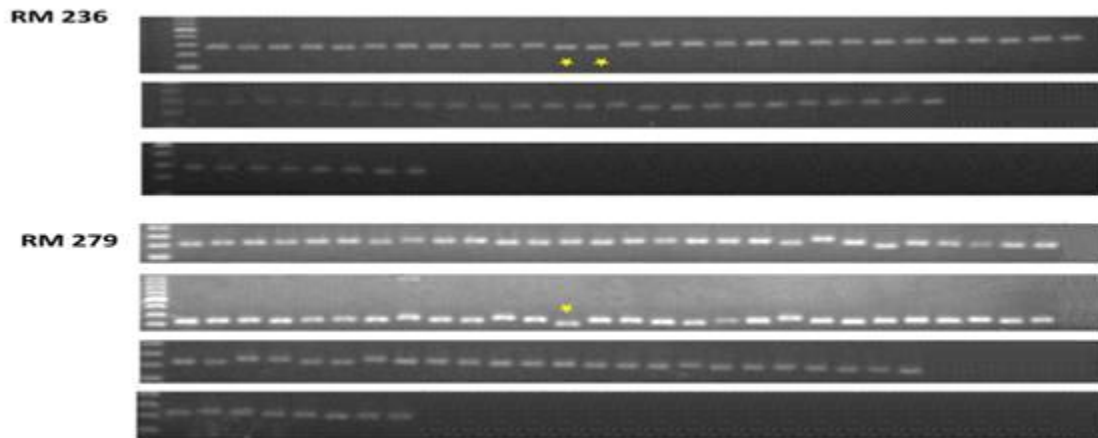


그림 67. 보고된 두 개의 마커(RM236와 RM279)를 사용하여 drought 1 특성에 대한 다형성 확인

<i>qDTY_{4.1}</i>	4	RM335-RM518 (L)	Aday sel	14% additive effect	Swamy <i>et al.</i> (2012)
---------------------------	---	--------------------	----------	------------------------	-------------------------------

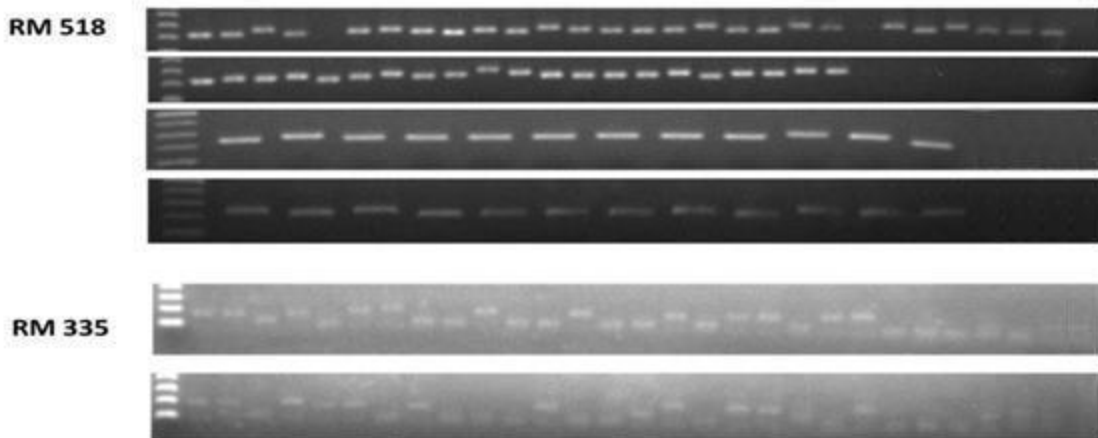


그림 68. 보고된 두 개의 마커(RM518와 RM335)를 사용하여 drought 2 특성에 대한 다형성 확인

<i>qDTY_{12.1}</i>	12	RM28048- RM28199 (L)	Way Rarem	0.5 ton ha ⁻¹ higher yield	Bernier <i>et al.</i> (2007)
----------------------------	----	-------------------------	--------------	--	---------------------------------

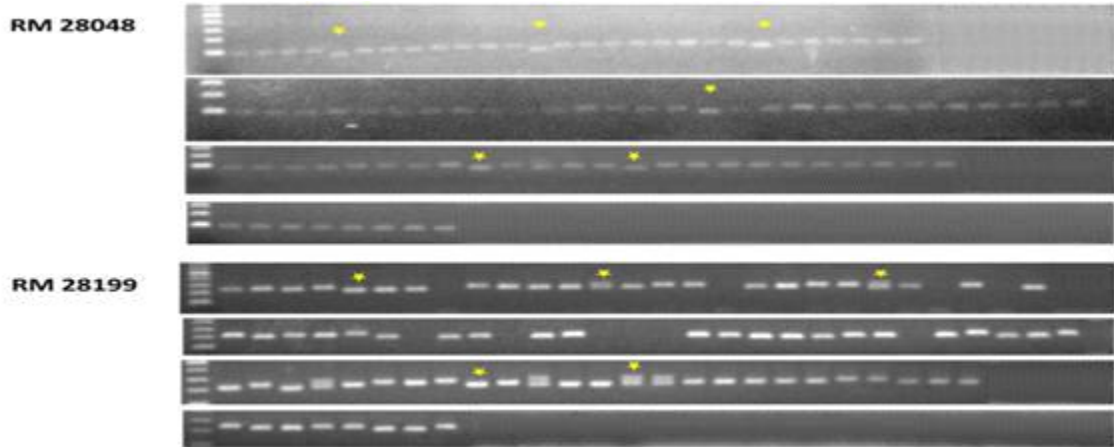


그림 69. 보고된 두 개의 마커(RM28048와 RM28199)를 사용하여 drought 3 특성에 대한 다형성 확인

Drought 4

<i>qDTY_{3.1}</i>	3	RM520- RM16030 (L)	Apo	$r^2=30\%$ for yield	Venuprasad <i>et al.</i> (2009)
---------------------------	---	-----------------------	-----	----------------------	---------------------------------

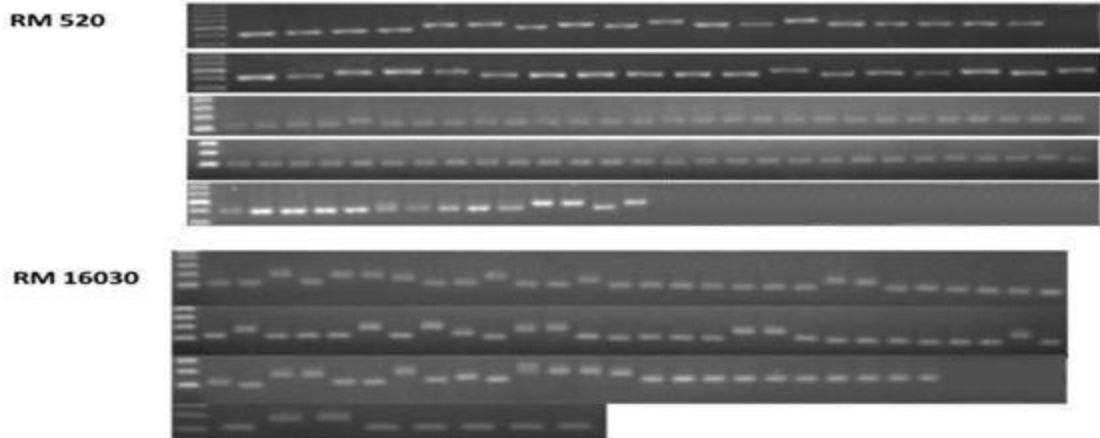


그림 70. 보고된 두 개의 마커(RM520와 RM16030)를 사용하여 drought 4 특성에 대한 다형성 확인

- 발아능력 개선 및 유용자원 선발을 위하여 3년차부터 진행한 혐기성 발아 특성평가에 이어 금년도에는 침수저항성 검정시험을 도입종과 육성종을 대상으로 수행하였다.



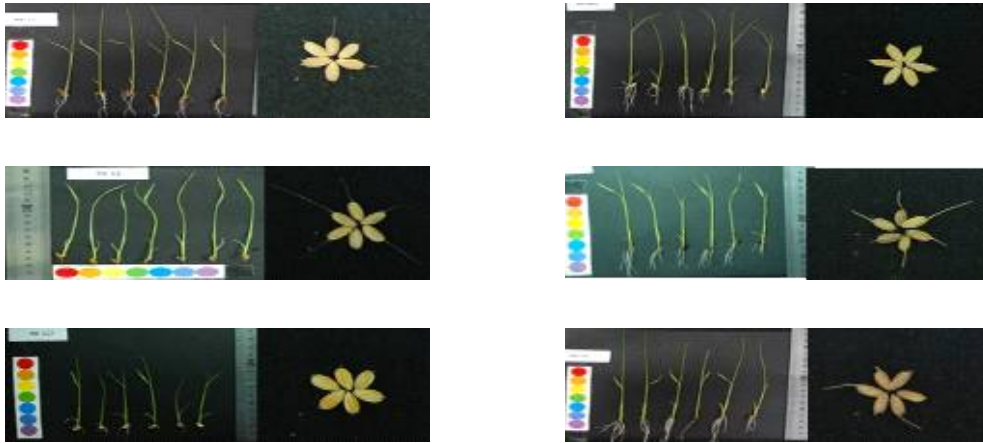


그림 71. Elongation (escape) type

- 벼의 침수저항성 검정 결과 중에 벼가 물에 잠기지 않도록 Elongation 타입으로 보이는 자원들 중에서 10품종들을 선발하였고, 대부분이 Japonica 타입으로 확인할 수 있었다.

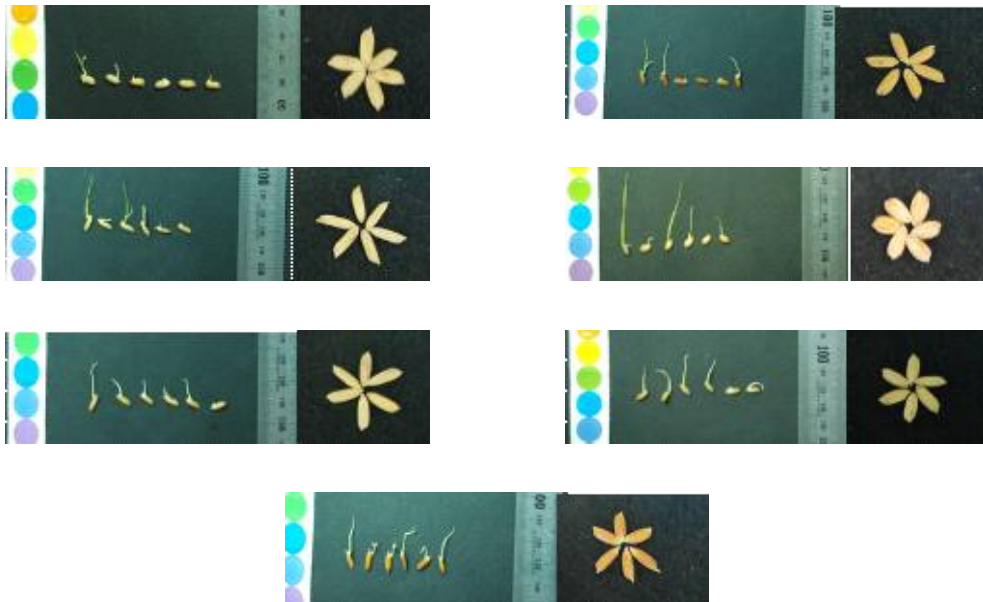


그림 72. Quiescence type

- 벼가 물에 장기간 침수될 경우에도 오랜 시간 생존할 수 있는 있는 Quiescence 타입의 특성을 보이는 자원들로는 총 7점을 선발하였고, Elongation 타입과는 다르게 Indica 타입의 품종들이 대부분인 것을 확인할 수 있었다.
- 최근 국내외적으로 기후변화대응 여러 형질의 내재해성 특성평가를 연구하고 있는데,

본 연구에서는 그 중 벼의 침수저항성에 관련된 Elongation 특성 10점과 Quiescence 특성 7점을 각각 선발하였고, 이를 이용하여 여교배 육종 및 관련 형질 유전자 평가를 수행하였다.

마. 지역연계 브랜드 제품개발

(1) 참여기업과 연계하여 지역연계 브랜드 제품개발

○ 진상벼 시제품 제작 및 사업화

- 동 진상벼에 대해 면천농협, 해풍영농조합, 경성미가, 수라청농협, 팔탄농협, 여주마을정미소에서 대량 생산하여 상품화를 추진하였다. 2015년 기준 생산물 2,200t에 대한 제품화를 통해 매출 기준 44억원 내외의 사업화를 성공적으로 추진하였다.

면천농협



(주)경성미가



수라청 농협



청담동 신세계 SSG 푸드마켓



- 동 생산물은 4kg, 5kg, 10kg 등 대형마트용과 백화점용으로 제품화하였고, 각 생산물은 지역 가공업체 및 지역자치단체 등과 연계하여 ‘당진 해나루’, ‘수라청’ 등 브랜드화를 통해 농협 하나로마트, 이마트, 롯데마트 등을 통해 판매를 추진하였고, 고급화 전략으로 소량 즉석 현미 등의 형태로 신세계 백화점 등에서 판매를 추진하였다.
- 또한 마케팅 확대를 위해 온라인 판매를 추진하여 인터넷 이마트몰 등에 동시에 판매 추진하였다.



출처 : 인터넷 에누리닷컴



출처 : 인터넷 이마트몰



수라청 진상미

출처 : (주)올참

<http://www.orcham.com/front/productdetail.php?productcode=001001000000000016>

- 차년도 생산확대를 위해 현재 육성 중인 고세대 계통 등에 대한 평가를 위해 생산자 단체들과의 원종포장 견학 및 계통 및 품종 평가회를 통해 일부 육성 계통에 대해 차년도 면천농협뿐만 아니라 여주, 이천, 수원 지역 등에서도 시범재배를 추진할 계획이다.



1. 진상벼 원종포장 견학
2. 고세대 육성계통 포장 견학
3. 생산자 단체 회의

- 또한 본 과제를 통해 육성 중인 중간찰벼 등 기능성 벼 품종에 대한 해외시장 진출을 위해 중국 현지를 방문, 시장조사를 수행하였다.

- 중국 난징 수도연구소에서 육성된 남경 46호(2005년)는 2008년 보급을 시작하여 3년 만에 80만 ha에 재배되는 신품종으로 해외에서도 중간찰벼에 대한 소비자 선호도가 매우 높은 것을 확인하였다.



1, 2 : 난징 수도연구소 방문.
 3 : 중간찰 향미, 남경46호
 4, 5 : 대형마트 등 시장조사

○ 참여기업별 진상벼 수확 전경 및 사업화실적 현황



< 해풍영농조합 > < 먼친농협미곡종합처리장 > < ㈜경성미가 >



< 당진 해나루 > < 싱싱미 진상미 > < 수라청 진상미 > < 고소미 진상미 >

구분	제품명	제품사진	제품출시일	매출액(백만원)	해당기술의 매출액 기여율(%)
1	면천농협미곡종합처리장		2012.10.15	630	1.3%
2	(주)경성미가		2012.10.25	1,050	28.8%
3	수라청연합농협		2012.10.20	1,050	14.3%
4	팔탄농협		2012.11.01	1,050	3.3%
5	여주 마을정미소		2015.10.10	630	1.3%
매출액 합계 (개발제품(기술) 총 매출액)				4,410 백만원	

- 과제 참여기업들의 진상미 제품생산을 통해 2015년 기준 매출액이 전년도 대비 15~20% 비율로 증가추세를 보였다.

○ 진상벼의 즉석밥(햇반) 시제품 제작을 위한 시범재배



그림 73. CJ제일제당에서 시범재배 중인 “진상“ 벼

- 중간찰벼인 “진상”의 시제품은 높은 수매단가에도 불구하고 전년도에 이어 재배면적의 증가 추세를 보이고 있고, 금년도부터 CJ제일제당에서 진상벼를 이용한 즉석밥(햇반) 시험재배를 추진하였다.

○ 농협 RPC를 통한 농가실증 사례



그림 74. 수라청 RPC의 수매관리 및 판매현황

- 본 과제 참여기업 중 하나인 수라청 RPC의 진상미 시제품의 이용현황

○ 진상벼 홍보 및 사업확대

- 금년도 생산확대를 위해 현재 육성 중인 고세대 계통 등에 대한 평가를 위해 생산자 단체들과의 원종포장 견학 및 계통 및 품종 평가회를 통해 일부 육성 계통에 대해 먼 천농협뿐만 아니라 여주, 이천, 수원 지역 등에서도 시범재배를 추진하였다.

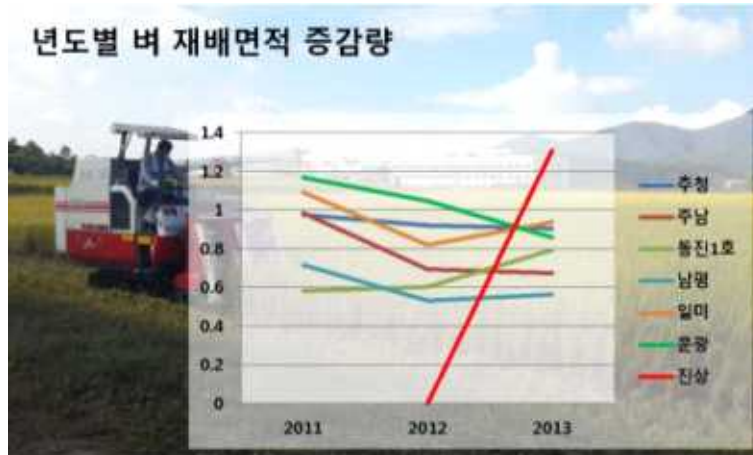


그림 76. 진상벼 재배면적 증감량

표 62. 국내 주요품종 재배면적 비교

(단위 : a)

연도	추청	주남	동진1호	남평	일미	운광	진상
2009	126,628	91,163	190,147	116,018	71,575	30,659	-
2010	126,282	101,633	167,350	112,490	67,495	46,170	-
2011	123,203	100,040	97,197	80,512	73,713	53,969	-
2012	113,491	69,360	58,569	42,788	60,381	56,497	284
2013	102,629	46,707	46,494	24,089	56,583	48,505	400

*출처 : 한국농촌경제연구원 2013년 쌀 수급전망

- 2009~2013년까지 국내 유통되고 있는 주요품종인 추청, 주남, 동진1호, 남평, 일미, 운광의 재배면적은 매년 지속적으로 소폭 감소 추세를 보이고 있으나, 2012년부터 유통된 진상벼는 계약재배로서 다른 품종에 비하여 증가 추세를 보임. 비록 주요품종의 생산량과의 비교는 다소 부족하지만 재배면적의 증가추세 및 증가율, 타 품종비례 5~10% 높은 수매단가에도 불구하고 저아밀로스, 고단백질함량, 높은 식미 특성 등 고기능성으로 인해 수요에 따른 생산량의 증가가 지속적으로 요구되고 있다.
- 진상벼는 기존의 추청 및 고시히까리 품종을 대체할 수 있는 품종으로써, 기존 품종(추청, 고시히까리) 보다 약 6억9천만원의 농가소득 증대효과를 이룰 수 있다, 이처럼 진상벼의 지역브랜드화는 지역농가 소득 증대 및 지역경제 활성화에 기여할 수 있을 것이다.

표 63. 진상벼의 재배면적, 생산량 및 농가소득 증대효과(최소기준)

계약재배업체	재배면적	생산량	농가소득 증가 (기존 재배품종 보다 10% 소득 증가)
당진면천농협	10만평 (330,580m ²)	100t	연 3,000만원 이상
수라청 연합 농협 RPC	80만평 (2,644,640m ²)	800t	연 2억 4000만원 이상
팔탄농협	80만평 (2,644,640m ²)	800t	연 2억 4000만원 이상
(주)경성미가	60만평 (1,983,480m ²)	600t	연 1억 8000만원 이상
합 계	230만평 (7,603,340m ²)	2,300t	연 6억 9000만원 이상



그림 77. 2013년 대농민, RPC, 농업기술센터 대상 육종포장 소개 및 진상벼 재배기술 교육

- ‘진상 2호’ 육성
 - “진상 2호”는 내도복 다수성인 주남벼를 모본으로 하고 동진찰/밀키퀸(Milky Queen) 교배후대 저아밀로스 계통을 부분으로 교배하여 F₁종자를 얻은 후, 육종기간을 단축하기 위해 F₂부터 1개체 1계통법으로 F₅세대까지 전개하고, 이후 생육, 수량성, 도복저항성 등을 검토하여 육종목표에 부합하는 우량 계통인 JS6-B-52-8-3-5-1을 선발하여 HJ-6로 계통명을 부여하고, 농가의 실증시험에서도 균일성, 재배안정성, 미질의 양질성, 다수성, 내도복성의 우수성이 인정되었다.

표 64. ‘진상 2호’의 DNA 특성

마커명	화영	월백	중생골드	백진주1	백진주	진상	주남	동진찰	Milky Queen	진상2 (HJ6)
RM21	151	155	155	151	151	155	151	147	155	151
RM48	216	232	232	216	216	232	216	212	232	212

- 2개의 SSR마커(RM21, RM48)를 이용할 경우 현재 육성되어 있는 주요 중간찰벼 특성을 갖는 월백, 중생골드, 백진주 1, 백진주, 진상벼와 구분이 가능하고, 모본으로 사용된 주남벼와 동진찰벼의 대립유전자 특성이 '진상 2호'로 전달되었음을 알 수 있다. 즉 SSR마커 RM21, RM48의 2개 마커를 이용할 경우 벼 신품종 '진상 2호'는 유통 중간찰벼와 구분이 가능하고, 또한 RM21에서 주남벼의 단편을, RM48에서는 동진찰의 단편을 보여 모본 및 부분의 특성을 보이는 것을 알 수 있다.

○ 예농 1, 2호 사업화를 위한 시제품 제작을 위한 준비

- 2012년에는 예산과 수원에 있는 증식포장 외에 충북 괴산의 흙살림에서 친환경 유기농업 기술을 이용한 예농 1, 2호의 지역재배적성, 생산력 검정 시험 등의 친환경재배를 수행하여 예농 1호와 2호 각각 특허출원을 하였고, 2014년에는 품종보호출원을 완료하였다. 2015년부터는 시제품 제작을 위한 유기농 재배를 수행 하였으며, 2016년도부터는 현재 연계기업으로 과제에 참여중인 (주)경성미가, 면천농협미곡종합처리장, 해풍영농조합법인 등의 유통회사를 포함한 생산자, 소비자, 유통상인 종합평가를 수행할 계획이다.

○ 우수계통의 시장성 평가 및 상품화 추진

- 품종전시회



그림 78. 2014 국내육성 신품종대전

- 2014년 3월19일부터 3월26일까지 서울 KBS본관에서 개최한 “2014 국내육성 신품종대전”에 본 과제를 통해 개발된 저아밀로스 양질미 “예농1호”와 거대배아미 “예농2호”를 전시하여 벼 신품종 홍보를 수행하였다.
- “예농1호”의 시제품 제작 및 상품화

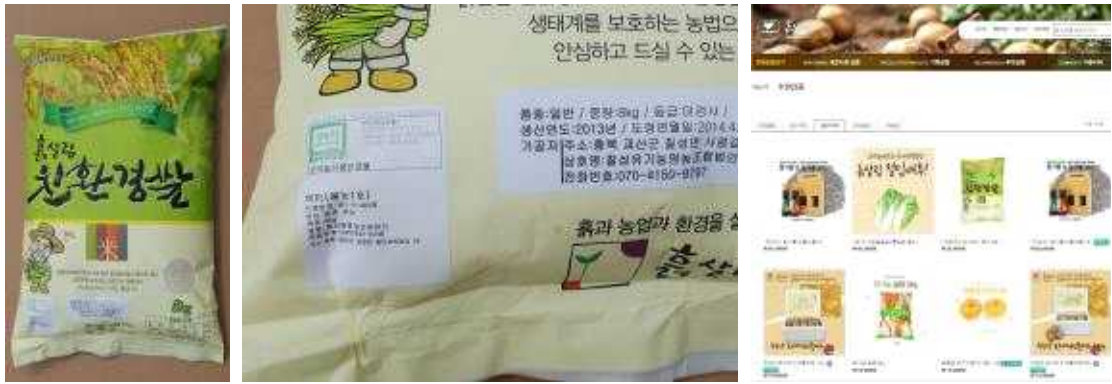


그림 79. (주)흙살림의 “예농1호” 시제품(8kg) 사진

- 2년차를 시작으로 충북 괴산의 흙살림에서 유기농 재배 및 지역재배적성, 생산력 시험 등을 수행한 “예농1호”는 흙살림에서 시제품으로 제작하여 현재 온라인 판매를 추진 중에 있다.

- “예농2호”의 시제품 제작을 위한 시범재배



그림 80. 농업회사법인 (주)새들만에 방문하여 “예농2호” 시제품 제작 논의

- 충남 서산에 위치한 농업회사법인 (주)새들만에서 “예농2호” 시제품 제작 및 상품화를 위해, 현재 시범재배 중이다.

4. 고품질, 고 기능성 벼 특허 출원 및 품종등록(2건)

가. 들연변이 여교배 후대 선발계통의 품질평가 및 기능성성분 분석

(1) 중대립 저아밀로스 양질미 ‘예농 1호’의 육성

- ‘예농 1’의 기본농업형질 및 종실특성은 표 65에 나타난 바와 같이, 신품종 ‘예농 1호’의 식물체 크기가 원품종인 신동진벼에 비해 평균 8.5 cm 정도 작은 특성으로 내도복성 및 수량성이 향상되었고, 이삭의 길이가 22.0mm로 조사되었고, 현미 천립중이 25.3g 수준으로 원품종의 27.73g에 비해 다소 감소한 특성을 보였으나 종자의 무게가 다소 무거운 중대립에 속하였다.

표 65. 예농 1호의 기본농업형질 특성

품종 및 계통	출수기	간장 (cm)	수장 (cm)	현미 1,000립중 (g)
신동진벼(A)	8월 21일	93.7	24.3	27.73
예농 1호(B)	8월 21일	84.7	22.0	25.33

표 66. 예농 1호의 종실 특성

품종	길이	폭	두께	장폭비
신동진벼(A)	6.05mm	3.11mm	2.07mm	1.95
예농 1호(B)	5.59mm	2.93mm	1.96mm	1.89

- 육성된 ‘예농 1호’는 현미 종자의 길이가 5.59mm, 폭이 2.93mm, 두께가 1.96mm로 나타나 종자의 크기가 다소 큰 편에 속하였다. 또한 신품종 ‘예농 1호’는 장폭비가 1.89로 원품종의 1.95와 비슷한 중원형의 특성을 보였다.
- ‘예농 1호’의 종실 이화학적 특성을 보면, 신동진벼는 18.87%로 양식미의 기준에 대체로 포함되었고, ‘예농 1호’는 8.76%의 아밀로스 함량을 보여 전형적인 저아밀로스 특성을 보였다. 쌀 전분특성과 관계가 깊은 알칼리 붕괴도는 수분흡수 및 밥의 퍼짐성에 밀접한 관계(Bhattacharya, 1979)가 있다고 하였는데, ‘예농 1호’는 5.9으로 신동진벼와 비슷한 경향을 보였다.

표 67. 예농 1호의 종실 이화학적 특성

품종	아밀로스 함량 (%)	알칼리 붕괴도	호응집성 (cm)	단백질함량 (%)
신동진벼(A)	18.87	6.0	5.93	7.9
예농 1호(B)	8.76	5.9	7.48	6.8

- 쌀가루 전분을 충분히 호화(일정 온도 이상으로 가열하면 결정성을 상실하여 전분입

자가 혼합된 유동액으로 변하는 현상)한 후, 상온에서 냉각 시 탄성을 가진 겔을 형성하게 되며 시간이 지나면 전분의 재결정화를 측정할 호응집성 평가 결과에서도 신동진 벼는 5.93cm를 나타냈으나 ‘예농 1호’는 이보다 높은 7.48cm로 매우 soft한 호화특성을 보였다. 한국 사람들이 주식으로 하는 자포니카 형의 육성종에서 비슷한 아밀로스 함량과 알칼리 붕괴도를 가진 품종들 중에서는 soft 특성일수록 밥맛이 좋은 것으로 알려져 있다(김광호 등 1990). 미립의 구성성분에서 전분다음으로 많이 함유된 단백질은 신동진 벼에서는 7.9%의 현미 단백질함량을 나타냈으며 ‘예농 1호’에서는 6.8%로 낮은 수준으로 조사되었다.

- 우리나라에서 재배되고 있는 일반계 품종 중에서 밥의 윤기와 식미총평에서 양호한 품종들은 호화온도가 낮고 최고점도와 최종점도가 높다고 하였는데(Choi, 2002b), ‘예농 1호’의 호화온도는 68.3℃로 신동진과 비슷하였으나, 최고점도는 218.7로 신동진벼보다 높게 나타났으나, 최종점도는 41.3로 낮은 경향을 보였다. 호화중의 열 전단(shear)에 대한 저항성을 나타내는 강하점도는 ‘예농 1호’에서 변이모본보다 높은 경향을 보였고, 전분의 노화경향을 반영하는 치반점도는 모본보다 낮은 경향을 보이면서 노화가 느리게 진행되는 일반적인 미반특성과 일치하였다. Choi et al.(2006)은 amylogram 특성에서 강하점도가 높고 치반점도가 낮으면 식미가 양호한 것으로 보고하였는데, 중간찰 특성의 ‘예농 1호’는 신동진과 비교하여 매우 우수한 양식미적 특성을 보였으며 차후 중간모본으로써 적극적인 검토가 있어야 할 것으로 생각된다.

표 68. 예농 1호의 RVA 점성 특성

품종	호화온도 (°C)	최고점도	최저점도	최종점도	강하점도	치반점도
신동진	68.4	167.8	65.4	147.5	102.4	-20.3
예농 1호	68.3	218.7	41.3	66.7	177.4	-152.0

- ‘예농 1호’의 기능성 성분 특성은 표 69에서와 같이 α-tocopherol과 γ-tocopherol에서 신동진 벼는 0.03mg/g, 0.04mg/g로 나타났으며, 예농 1호는 전체 토코페롤 함량에서도 신동진 벼와 비슷한 수준을 보였다.

표 69. 예농 1호의 비타민 E 관련 성분의 특성

품종	벼 토코페롤				합계
	α	β	γ	δ	
신동진벼(A)	0.03 (23.0)	0.04 (30.8)	0.04 (30.8)	0.02 (15.4)	0.13
예농 1호(B)	0.03 (20.0)	0.04 (26.7)	0.05 (33.3)	0.03 (20.0)	0.15

- ‘예농 1호’는 신동진 벼에 비해 fructose, glucose, sucrose 등 전 유리당 함량이 1.15배 정도로 나타났고, 신동진 벼에 비해 상대적으로 glucose의 비중이 감소되었고, sucrose의 비중이 증가된 것으로 나타났다(표 70).

표 70. 예농 1호의 유리당 조성 및 함량 특성

품종	벼 유리당			합계
	Fructose	Glucose	Sucrose	
신동진벼(A)	0.18 (1.58%)	0.29 (2.55%)	10.92 (95.96%)	11.38
예농 1호(B)	0.21 (1.60%)	0.15 (1.14%)	12.75 (97.25%)	13.11

- 쌀 지질은 대부분 중성지질로써 glycerol에 oleic acid(C_{18:1}), linoleic acid(C_{18:2}) 등의 각종 고급지방산 3개가 에스테르 결합한 triglyceride 형태이며, 미립의 지방산 조성은 linoleic acid 50%, oleic acid 25~30%로 대부분 불포화 지방산으로 구성되어 있으며, 또한 포화 지방산인 palmitic acid(C₁₆), stearic acid(C₁₈) 등이 소량 분포되어 있다 (Godber & Juliano, 2003; Lee, 1987; Choudhury & Juliano, 1980; Fujino, 1978). 한편 미립내의 신선한 지질은 호화 시에 아밀로스와 함께 전분 내에서 용출되어 부드러운 촉감과 질감을 주는 양식미의 요건이고, 뿐만 아니라 양질의 oleic acid, linoleic acid, linolenic acid 등의 불포화 지방산은 혈중 콜레스테롤의 상승을 억제하는 것으로 알려져 있다(Choudhury & Juliano, 1980; Juliano, 1985b).
- 표 71에서와 같이 신동진 벼와 ‘예농 1호’의 지방산 분포비중은 linoleic acid > oleic acid > palmitic acid > stearic acid > linolenic acid 순으로 분포하였으며, 전체적으로 ‘예농 1호’가 신동진 벼의 1.3배 수준으로 높게 나타났다.

표 71. 예농 1호의 지방산 조성 및 함량 특성

품종	포화지방산(mg/g, %)		불포화지방산(mg/g, %)			합계 (mg/g)
	팔미트산 (C ₁₆)	스테아르산 (C ₁₈)	올레산 (C _{18:1})	리놀레산 (C _{18:2})	리놀렌산 (C _{18:3})	
신동진벼	7.36 (20.7)	0.56 (1.6)	11.84 (33.4)	15.18 (42.7)	0.58 (1.6)	35.51
예농1호	9.94 (21.2)	0.88 (1.9)	15.79 (33.7)	19.53 (41.7)	0.74 (1.6)	46.87

- ‘예농 1호’는 변이모본인 신동진벼와 비슷한 다수계 중대립 종자 특성을 가지고 있으나, 아밀로스함량이 신동진 벼의 18%에 보다 낮은 8.9% 수준으로 나타났고, 알칼리 붕괴도 등에서 호화가 잘 되는 특성을 보였으며, 신속점도 분석결과 변이모본인 신동

진 벼에 비해 강하점도가 높고, 치반점도가 낮은 양질의 특성을 보이는 것으로 밝혀졌다. 따라서 '예농 1호'는 추후 양질의 고급 쌀로서의 그 활용이 적극적으로 검토될 필요가 있는 것으로 판단된다. 기타 저장단백질, 생리활성물질인 토코페롤, 유리당 및 지방산은 변이모본과 비슷한 수준인 것으로 나타났다.

(2) 중대립 거대배아미 '예농 2호'의 육성

- '예농 2호'의 기본농업형질 및 종실특성은 표 72, 표73에 나타난 바와 같이 '예농 2호'와 변이모본인 신동진벼의 주요 농업형질을 비교하였다.
- 표 72에 나타난 바와 같이, 신품종 '예농 2호'의 식물체 크기가 원품종인 신동진벼에 비해 8.4cm 정도 작은 특성으로 내도복성이 향상되었고, 현미천립중은 감소하였다.
- 신품종 '예농 2호'는 현미 종자의 길이가 5.68mm, 폭이 3.07mm, 두께가 1.99mm로 나타났다. 또한 신품종 '예농 2호'는 장폭비가 1.85로 원품종의 1.95에서 다소 감소한 중원형의 특성을 보였는데, 이는 원품종에 비해 현미종자의 길이와 폭이 각각 93.9%, 97.4% 수준으로 길이의 감소가 폭의 감소 보다 다소 크기 때문인 것으로 나타났다. '예농 2호'의 현미종자 폭은 원품종의 92.3% 수준으로 현미종자 길이의 감소와 함께 현미 1,000립중 감소의 원인인 것으로 판단된다(표 73).

표 72. 예농 2호의 기본농업형질 특성

품종 및 계통	출수기	간장 (cm)	수장 (cm)	(a)현미 1,000립중 (g)
신동진벼(A)	8월 25일	93.67	24.33	27.73
예농 2호(B)	8월 26일	85.3	21.0	25.33

표 73. 예농 2호의 종실특성

품종	길이	폭	두께	장폭비
신동진벼(A)	6.05mm	3.11mm	2.07mm	1.95
예농 2호(B)	5.68mm	3.07mm	1.99mm	1.85
B/A(%)	93.9	97.4	92.3	95.9

- '예농 2호'의 이화학적 특성을 보면, 신동진벼와 예농 2호는 각각 18.87%, 20.3%로 양식미의 기준에 대체로 포함되었고, 신동진 벼는 붕괴정도가 6으로 나타난 반면 '예농 2호'는 4.6 정도로 대체로 낮은 퍼짐정도를 보였으며, 쌀가루 전분을 충분히 호화(일정 온도 이상으로 가열하면 결정성을 상실하여 전분입자가 혼합된 유동액으로 변하는 현

상)한 후, 상온에서 냉각 시 탄성을 가진 겔을 형성하게 되며 시간이 지나면 전분의 재결정화를 측정한 호응집성 평가에서 신동진 벼는 5.9cm를 나타냈으나 ‘예농 2호’는 이와 비슷한 6.2cm로 나타났다. 단백질 함량은 신동진 벼에서는 7.9%의 현미 단백질 함량을 나타냈으며 ‘예농 2호’에서는 8.3%로 비슷한 수준으로 나타났다(표 74).

표 74. 예농 2호의 이화학적 특성

품종	아밀로스 함량 (%)	알칼리 붕괴도	호응집성 (cm)	단백질함량 (%)
신동진벼(A)	18.87	6.0	5.93	7.9
예농 2호(B)	20.36	4.8	6.20	8.3

- ‘예농 2호’는 호화온도는 68.1℃로 신동진과 비슷하였으나, 최고점도, 최종점도가 각각 202.8, 187.6로 신동진벼 보다 높게 나타났고, 최저점도 또한 85.0로 신동진 벼에 비해 높게 나타났다. 그 외 강하점도, 치반점도, 응집점도 등은 비슷하게 나타났다(표 75).

표 75. 예농 2호의 아밀로그래프 특성

품종	호화온도 (℃)	최고점도	최저점도	최종점도	강하점도	치반점도
신동진	68.4	167.8	65.4	147.5	102.4	-20.3
예농 2호	68.0	202.8	85.0	187.6	117.8	-15.2

- ‘예농 2호’의 기능성 성분 특성을 보면, 표 76에서와 같이 α-tocopherol과 γ-tocopherol에서 신동진 벼는 0.03mg/g, 0.04mg/g, 전체 토코페롤 함량은 0.13mg/g으로 나타났는데, 예농 2호는 α-tocopherol이 2.5배 높은 함량을 보였고, 전체 토코페롤 함량에서도 신동진 벼의 2배 정도로 나타났다. 미립의 저장토코페롤은 항산화 효과에 있어 $\alpha < \beta < \gamma < \delta$ 의 순서로 알려져 있으며(Niki *et al.*, 1986), 온도와 기질의 종류에 따른 조건에서 γ-, δ-tocopherol은 α-tocopherol에 비하여 우수한 항산화성이 있다고 하였는데(Koskas *et al.*, 1984; Ikeda & Fukuzumi, 1977), 예농 2호의 δ-tocopherol은 신동진 벼의 6.5배 수준으로 나타났다. 따라서 차후 예농 2호의 기능성적 연구가 더욱 검토되어야할 것으로 생각된다. 한편 미국과 일본 등지에서는 ‘MaxLife Rice Tocotrienols’, ‘NutriRice’ 등 미강 중 토코페롤과 토코트리에놀을 활용한 수식 중의 다양한 건강보조식품 및 화장품까지 개발·시판되고 있으며, 쌀이 주곡작물인 우리나라에도 한 가지 종류의 완제품이 수입되어 판매되고 있다. 따라서 차후에 다양한 기능성 식품으로 활용 가능할 것으로 생각된다.

표 76. 예농 2호의 비타민E 관련 성분 함량 특성

품종	토코페롤 함량(mg/g)				합계 (mg/g)
	α-토코페롤	β-토코페롤	γ-토코페롤	δ-토코페롤	
신동진벼	0.03	0.04	0.04	0.02	0.13
예농2호	0.07	0.04	0.03	0.13	0.27

- 현미의 유리당 함량 분석결과, ‘예농 2호’는 신동진 벼에 비해 fructose, glucose, sucrose 등 전체 유리당 함량이 1.5배 정도로 나타났고, 신동진 벼에 비해 상대적으로 glucose의 비중이 감소되었고, sucrose의 비중이 증가된 것으로 나타났다(표 77).

표 77. 예농 2호의 유리당 함량 특성

품종	벼 유리당(mg/g, %)			합계 (mg/g)
	Fructose	Glucose	Sucrose	
신동진벼	0.18 (1.58)	0.29 (2.55)	10.92 (95.96)	11.38
예농2호	0.26 (1.51)	0.18 (1.05)	16.77 (97.44)	17.21

- 현미의 지방산 분석은 신동진 벼와 ‘예농 2호’의 모두 지방산 분포비중은 linoleic acid > oleic acid > palmitic acid > stearic acid > linolenic acid 순으로 분포하였으며, 특히 ‘예농 2호’에 함유된 불포화 지방산인 linoleic acid, oleic acid, linolenic acid는 신동진 벼보다 2.8~4.1 배 많았고, palmitic acid, stearic acid는 4.6~5.25배 정도 높은 함량을 나타냈다(표 78).

표 78. 예농 2호의 지방산 함량 및 조성 특성

품종	포화지방산		불포화지방산			합계
	palmitic acid (C ₁₆)	stearic acid (C ₁₈)	oleic acid (C _{18:1})	linoleic acid (C _{18:2})	linolenic acid (C _{18:3})	
신동진벼(A)	7.36 (20.7%)	0.56 (1.6%)	11.84 (33.4%)	15.18 (42.7%)	0.58 (1.6%)	35.51
예농 2호(B)	37.88 (30.4%)	2.60 (2.1%)	38.63 (31.0%)	43.05 (34.6%)	2.40 (1.9%)	124.56
(B)/(A)	5.15	4.64	3.26	2.84	4.14	3.51

- ‘예농 2호’의 단백질 함량은 신동진 벼 보다 다소 높은 경향을 보였고 생리활성물질의 토코페롤에서도 2배 이상 많이 함유하고 있으며 불포화지방산이 모본보다 약 3배로

다량 함유한 것으로 밝혀졌다. 따라서 ‘예농 2호’는 추후 유용한 기능성 쌀로써의 그 활용이 적극적으로 검토될 필요가 있는 것으로 판단된다.

제 4 장 연구개발 목표달성도 및 기여도

제1절 연구개발목표의 달성도 및 기여도

구분 (연도)	세부과제명	최종 연구목표	연구개발 수행내용	달성도 (%)
최종 (2010/ 2015)	지역연계 브랜드 쌀 품종육성 및 산업화 제품개발	1. 벼 유전자원 활용 고품질, 고 기능성 등 유용자원 탐색 및 선발	○ 고품질, 고기능성 벼 품종육성을 위한 미질관련 유용 유전자원 탐색 및 선발	100
		2. 선발된 유용자원 및 육성 중인 돌연변이 계통의 주요 특성검정	○ 선발된 유용자원과 육성 중인 계통간의 교배 및 돌연변이처리를 통한 품종다양화 계통육성	100
		3. 다양한 특수미 계통 및 고품질, 고 기능성 우수 계통 선발 및 육성	○ 육성된 고품질, 고기능성 벼 계통들의 이화학적 특성, 농업특성, 식미특성, 수량성, 지역재배적성 및 기능성에 따른 가공특성과 상품성 평가(참여기업과 연계)	100
		4. 고품질, 고 기능성 벼 특허 출원 및 품종등록(2건)	○ 육성된 계통에 대한 가공특성, 미질특성 분석을 통한 경쟁력 있는 지역연계 브랜드 벼 품종(2종) 개발	100

1. 벼 유전자원 활용 고품질, 고 기능성 등 유용자원 탐색 및 선발

- 벼 유전자원 활용 고품질, 고 기능성 등 유용자원 탐색 및 선발을 위해 기본농업형질 평가를 한 결과, 260점의 국내 육성종 내 극조생종, 고품질 및 복합내병성 특성을 가진 진부올벼, 오대벼, 조평벼 등을 선발하였다. 130점의 도입자원에 대한 출수기 특성 조사를 통해 극 조생종인 Liman Belozernij, AKAGE 자원을 선발하였다. 일본 구주대자원에 대해 출수기, 간장, 천립중, 아밀로스함량의 농업형질을 조사하여 준단간형, 장간품종에 교배 중간모본으로 활용 가능한 ATSUTA GAISEN, BARABARA MOCHI 자원을 선발하였다. 본 결과는 이들 유전자원들에 대한 다양한 출수기와 여러 농업형질에 대해서 생대형별 기본 정보들을 활용하여 국내 장려품종들과의 교배를 통한 중간모본 작성 및 유용형질 선발 과정을 통해 차후 유용한 육종소재가 될 수 있을 것으로 판단된다.
- 유전자원의 미질 및 기능성 특성평가는 재래종 자원에 대한 지질성분에 대해 분석한 결과 palmitic acid(C16:0)의 함량이 높은 재래종인 한양조 품종과 Linoleic acid(C18:2)의 함량이 높은 재래종인 치경도 품종을 선발하였다. 선발된 자원은 미질 및 기능성 측면에서 개선이 필요한 벼 자원에 교배 및 육성을 통해 고품질, 고기능성 품종 개발에 활용

가능 할 것으로 사료된다.

- 내병, 내재해 특성 평가를 통해 동일한 저항성 반응을 나타내는 미면, 청담, 신운봉, 흑진주, 문장, 동진찰 등의 품종을 선발하였고, 특히 도열병에 감수성으로 보고된 동진벼는 KI197 병원균에 대해서 감수성을 나타낸 반면, KJ401 병원균에 대해서는 강한 저항성을 보였다. 선발된 자원은 내병, 내재해적 측면에서 육종 시 이용 가능한 중간모본으로 활용 가능 할 것으로 보인다.

2. 선발된 유용자원 및 육성 중인 돌연변이 계통의 주요 특성검정

- 인공교배를 통한 변이확대를 위해 중간찰(du), 찰벼(wx), 거대배아미(ge), 숙기, 내염성, 내도열병 특성에 대해 재배적성 개선 및 기타 성분 특성 개선을 위해 조생종과 장려품종간의 교배, 조생종 간의 교배 및 내염성 품종인 Pocareri와 장려품종의 교배, 내도열병 재래종 자원과의 교배, Plamitic acid 고함량 재래종과의 교배 등을 수행하였다. 특히 찰벼 유전자 도입을 위해서는 국외에서 수집된 찰벼 품종을 교배모본으로 활용하였다. 이러한 교배 후대 계통 육성을 위해 계통재배 및 세대진전을 수행하여, 신규 품종 육성을 위해 중요한 연구적 가치가 있을 것으로 판단된다.
- 우수계통 및 품종의 특정형질 개선을 위한 돌연변이 작성은 장려품종인 호품을 비롯해 수량성 개선을 위한 한아름2, 주남, 친농과 기능성 성분 개선을 위한 홍진주를 대상으로 EMS를 처리하여 돌연변이를 유기시켰고, 농업형질평가와 포장선발하여 변이체를 선발하였다. 선발된 자원은 현재 재배되고 있는 변이모본의 특정형질 개선에 이용될 수 있을 것으로 판단된다.
- 돌연변이계통의 작물학적 특성은 벼에 2 가지(γ -ray, MNU) 변이원을 처리하여 선발된 56 변이계통에 대하여 기본 농업형질 및 종실 특성을 평가한 결과, 변이모본의 출수기는 8월 21일로 변이계통들은 대부분 출수기 ± 5 일 내에서 출수하였고, waxy, dull, floury, white belly로 분류된 변이계통들은 대부분 변이모본보다 다소 늦게 출수하는 경향을 나타냈다. 선발된 계통에 대해 신속한 품종화를 위해 여교배를 수행하여 BC₁F₃을 육성하였다. 육성된 돌연변이 계통에 대해 포장실험결과 BC₁F₃-128계통의 경우 변이 모본에 비해 이삭길이가 긴 특성을 보였다. 선발된 계통 중 중간찰 계통과 거대배 계통은 반복간 안정적인 결과를 보여 특히 출원하였으며, 생산력검정 시험 후 품종보호출원 하였다. 앞으로 지역연계 기업과의 기술이전을 통해 시제품제작이 이루어질 것으로 보여진다.

3. 다양한 특수미 계통 및 고품질, 고 기능성 우수계통 선발 및 육성

- 다양한 특수미 계통 및 고품질, 고 기능성 우수계통 선발 및 육성을 위해 목적형질별 우수 고세대 계통의 생산력 예비시험을 추진하였다. 우수 고세대 계통, 화영벼와 중간찰벼를 교배한 후대 계통, 중간찰 고세대 계통, 찰벼 계통의 생산력 예비시험을 통해 안정적인 기본농업형질을 보이는 계통을 선발하여 육성하였다.
- 내병·내재해성 관련 형질의 유전분석을 위해 보유자원에 대한 내병·내재해성 관련 유전자들의 형질 연관성 분석을 수행하였다. 벼 도열병 저항성 유전자 탐색 결과를 보면, 보유중인 벼 유전자원 및 재래종 자원을 대상으로 Pi-ta 저항성 유전자의 특이 마커 set를 이용하여 34개 자원이 Pi-ta 저항성 관련 특이 밴드가 확인되었다. Pi-9 저항성 유전자

는 벼 자원의 DNA에 제한효소 처리를 통해 15개 유전자원에서 Pi-9 저항성 관련 특이 밴드가 확인되었다. 벼 도열병 저항성 유전자(Pi-b, Pi-9)의 Haplotype 분석 결과, 도입 자원에서 각각 39, 195개 haplotype이 확인되었다. 벼 도열병 병원균(KJ401)에 대한 특성조사를 실시한 표현형과 유전형간의 연관성 분석을 수행하기 위해 질적형질과 유전형질 간 연관분석에 이용되는 PLINK Software를 이용하여 4개의 NBS-LRR(Nucleotide-Binding Site Leucine-Rich Repeat) 후보유전자를 확인하였다. 내재해 특성 중 종자수명(Seed Longevity) 형질에 연관된 *Lox 1*, *Lox 2* 유전자에서 동일하게 11개의 haplotype을 보였고, 각각 93개, 27개의 variation 부위를 찾을 수 있었다. 또한 *Lox 3* 유전자에 대해서 분석 결과 각각 4개의 haplotype과 8개의 variation 부위를 찾을 수 있었다. 벼의 Anaerobic Germination 관련 유전자의 Haplotype 분석 결과, Sub1, Sub2, Ramdy3D에서 각각 46개, 18개, 19개의 variation이 확인 되었다. 벼의 Pre-harvest Sprouting(수발아) 관련 유전자 4개의 Haplotype을 분석한 결과, *OsVP1*은 27 haplotype, *Osaba1*은 29 haplotype, *Alpha-amylase 3D*은 6 haplotype, *OsGA20ox1*은 14 haplotype의 variation을 나타냈다. 본 결과를 통해 앞으로 DNA 마커 등 Molecular Designed Breeding을 이용하여 고품질 벼 신품종 개발기반을 구축 가능할 것으로 보여진다.

- 육성품종의 지역재배적성 평가를 위해 저아밀로스 ‘진상’벼의 지역재배적성 예비평가(재배시험: 수원, 예산, 괴산)를 수행한 결과 평균수량성은 515.3kg/10a로 조사 되었고 도복 및 병충해에는 약한 결과를 보였다. 육성품종의 수량성, 재배안정성 및 지역재배적성 평가를 통해 육성 품종의 특허등록 (단간형의 식미 특성이 개선된 벼 신품종 ‘진상’벼 개발)을 완료하였다. 본 과제를 통해 특허출원 및 등록(예농 1호, 예농 2호)이 완료된 육성계통의 지역재배적성 평가 및 친환경 재배 적성 평가를 통해 예산, 괴산, 수원 등의 증식포장에서 돌연변이 우수계통 중대립 저아밀로스 양질미 “예농1호”와 거대배아미 “예농2호”에 대한 종자증식 및 친환경 유기농업 기술을 이용하여 재배한 결과를 바탕으로 품종명칭등록 2건, 품종생산수입판매신고 2건, 품종보호출원 2건 모두 완료하였다.
- 고 브랜드 상품화를 위한 품종관별 체계 개발을 위해 DNA 마커를 이용한 품종관별체계를 다음과 같이 구축하였다. 예비실험을 통해 1차로 품종관별용 30개 SSR 마커를 선별하고 150개 품종에 대해 품종관별 여부를 검증한 후, 최종 138(91%) 품종을 관별하는 Multi-plex PCR용 마커 8 set을 구축하였다. Anaerobic stress에 대한 관련 SSR 마커와, nutritional uptake 및 early vigor 탐지용 K46-1 allele specific 마커를 이용하여 도입자원에 대한 벼 내재해성 특성평가를 실시하였다. 그 결과 166 도입종은 anaerobic stress 특성에 대하여 25개의 다형성을 보였고 nutritional uptake 및 early vigor 특성에 대하여는 43개의 다형성을 확인하였다.
- 지역연계 브랜드 제품개발 위해 참여기업과 연계하여 지역연계 브랜드 제품개발을 추진하였다. 진상벼 시제품 제작 및 사업화는 진상벼에 대해 해풍영농조합 및 경성미가에서 대량 생산하여 상품화를 추진하였다. 본 참여업체 및 신규 수라청농협, 팔탄농협, 여주마을정미소과의 제품화를 통해 2015년 기준 생산물 2,200t에 대한 제품화를 통해 매출 기준 44억원 내외의 사업화를 성공적으로 추진하였다. 참여기업별 사업화실적 현황을 보면, 과제 참여기업들의 진상미 제품생산을 통해 2015년 기준 매출액이 전년도 대비 15~20% 비율로 증가추세를 보였다. 또한 CJ제일제당에서 진상벼를 이용한 즉석밥(햇반) 시험재배를 추진하였다. 예농 1, 2호 사업화를 위한 시제품 제작을 위한 준비는 2012년

에는 예산과 수원에 있는 증식포장 외에 충북 괴산의 흙살림에서 친환경 유기농업 기술을 이용한 예농 1, 2호의 지역재배적성, 생산력 검정 시험 등의 친환경재배를 수행하여 예농 1호와 2호 각각 특허출원을 하였고, 2014년에는 품종보호출원을 완료하였다. 우수 계통의 시장성 평가 및 상품화 추진을 위해 2014년 3월19일부터 3월26일까지 서울 KBS 본관에서 개최한 “2014 국내육성 신품종 대전”에 본 과제를 통해 개발된 저아밀로스 양질미 “예농1호”와 거대배아미 “예농2호”를 전시하여 벼 신품종 홍보를 수행하였다. ‘예농 1호’의 시제품 제작 및 상품화는 충북 괴산에 위치한 농업회사법인 흙살림과 연계하여 유기농 재배 및 지역재배적성, 생산력 시험 등을 수행하여 “예농1호”를 시제품으로 제작하여 현재 온라인 판매를 추진 중에 있다. ‘예농2호’의 시제품 제작을 위한 시범재배는 충남 서산에 위치한 농업회사법인 (주)새들만에 방문하여 ‘예농2호’ 시제품 제작 및 상품화를 위해 현재 시범재배 중이다.

4. 고품질, 고 기능성 벼 특허출원 및 품종등록(2건)

- 고품질, 고 기능성 벼 특허출원 및 품종등록(2건)을 위해 돌연변이 여교배 후대 선발계통의 품질평가 및 기능성성분 분석을 추진하였다. 먼저 중대립 저아밀로스 양질미 ‘예농 1호’는 변이모본과 비슷한 다수계 중대립 종자 특성을 가지고 있으나, 아밀로스함량이 변이모본 벼의 18%에 보다 낮은 8.9% 수준으로 나타났고, 알칼리 붕괴도 등에서 호화가 잘 되는 특성을 보였으며, 신숙점도 분석결과 변이모본인 변이모본에 비해 강하점도가 높고, 치반점도가 낮은 양질미의 특성을 보이는 것으로 밝혀졌다. 다음으로, 중대립 거대배아미 ‘예농 2호’에 함유된 불포화 지방산인 linoleic acid, oleic acid, linolenic acid는 변이모본 보다 2.8~4.1 배 많았고, palmitic acid, stearic acid는 4.6~5.25배 정도 높은 함량을 나타냈다. ‘예농 2호’의 단백질 함량은 변이모본 보다 다소 높은 경향을 보였고 생리활성물질의 토코페롤에서도 2배 이상 많이 함유하고 있으며 불포화지방산이 모본보다 약 3배로 다량 함유한 것으로 밝혀졌다. 본 연구를 통해 육성된 품종은 지역연계 기업과의 기술이전 및 시제품 제작, 홍보를 추진하여 지역연계 고 부가가치적 고품질 고 기능성 품종 개발이 이루어질 것으로 보여진다.

제2절 정량적 성과

구 분	지식재산권		논문		학 술 발 표	기 술 거 래	교육 지도	사업 화	기술 인증	인 력 양 성	정 책 활 용	홍 보 전 시	기타
	출 원	등 록	SCI	비 SCI									
최종목표	2		1	3				2					4
1차년도	목표												
	실적					2							
2차년도	목표			1				2					
	실적	2		1	1	4		4				5	2 (특허기탁)
3차년도	목표	1		1									
	실적					3				2		3	
4차년도	목표			1									2,2 (품종출원) (명칭등록)
	실적		2	1	3	1				2		2	2,2,2** (품종출원) (명칭등록) (생판신고)
5차년도	목표	1		1									
	실적			2*	1								
소 계	목표	2		1	3			2					4
	실적	2	2	2*	3	9	5	4		4		10	8
합 계	2	2	2	3	9	5		4		4		10	8

* : 논문(SCI) 2건(중복사사, 0.5편 2건임)

** : 품종보호출원, 품종명칭등록, 품종생산수입판매신고 완료

○ 지식재산권

- 지식재산권출원 목표 2건, 실적 2건 달성 (목표대비 100% 달성)

- ① 아밀로스 함량을 낮춘 신품종 벼, 출원등록번호(10-2012-0119627)
- ② 거대배를 갖는 신품종 벼, 출원등록번호(10-2012-0119627)

- 지식재산권등록 실적 2건 달성 (당초목표에는 없었으나 초과달성함)

- ① 아밀로스 함량을 낮춘 신품종 벼, 등록번호(제 10-1464828호)
- ② 거대배를 갖는 신품종 벼, 등록번호(제 10-1464829호)

○ 논문

- SCI논문 목표 1건, 실적 1건 달성 (목표대비 100% 달성)

- ① Natural variations in OsγTMT contribute to diversity of the α_tocopherol content in

rice (중복사사 0.5점)

- ② Discovery of a novel fragrant allele and development of functional markers for fragrance in rice (중복사사 0.5점)

- 비SCI논문 목표 3건, 실적 3건 달성 (목표대비 100% 달성)

- ① 신동진벼 돌연변이계통의 작물학적 특성과 저장단백질 조성변이
- ② 내도복 저아밀로스 벼 신품종 ‘진상’
- ③ Genetic Diversity Analysis of Rice Accessions Collected from South and Southeast Asia Using SSR Markers

○ 학술발표

- 실적 9건 달성 (당초목표에는 없었으나 초과달성함)

- ① 벼 중생 고식미 중간찰 신품종 ‘진상’(2011, 한국작물학회 추계학술발표회)
- ② 국내 벼 품종관별을 위한 마커 set개발(2011, 한국작물학회 추계학술발표회)
- ③ Genome-wide Association Mapping of Salt Tolerance in Rice Seedlings(2012, Plant & Animal Genomes XX Conference)
- ④ Haplotype analysis of preharvest sprouting (PHS) related genes in rice; OsVP1, Osabal, Alpha-amylase 3D and OsGA20ox1 (2013, 한국육종학회)
- ⑤ Haplotype analysis of major blast resistance (R) genes in rice; Pi9, Pia, and Pib (2013, 한국육종학회)
- ⑥ Haplotype variation in Sub1, Sub2 and Ramy3D contributing to the anaerobic germination (AG) in rice (2013, 한국육종학회)
- ⑦ Variation and haplotypes in LOX1, LOX2, and LOX3 genes related to the seed longevity in rice (2014, 한국육종학회)
- ⑧ Genome Wide Association Study on the Preharvest Sprouting Resistance in Rice (2014, 한국육종학회)
- ⑨ Haplotype variation in Submergence 1(SUB1) contributing to the anaerobic germination (AG) in rice (2014, 한국육종학회)

○ 기술거래

- 실적 5건 달성 (당초목표에는 없었으나 초과달성함)

- ① 거대배를 갖는 신품종 벼 (2014년 통상실시권, 유상) : 거대배를 갖는 신품종 벼 (New giant embryonic rice) ‘예농2호’ (특허출원 제10-2012-0119627호)
- ② 단간형의 식미 특성이 개선된 벼 신품종 변종식물 ‘진상’의 노하우 (2012. 09. 05) 4건 (대상기관명 : 면천농협미곡종합처리장)
- ③ 단간형의 식미 특성이 개선된 벼 신품종 변종식물 ‘진상’의 노하우 (2012. 09. 05) 4건 (대상기관명 : (주)경성미가)
- ④ 단간형의 식미 특성이 개선된 벼 신품종 변종식물 ‘진상’의 노하우 (2012. 09. 05) 4건 (대상기관명 : 팔탄농협미곡종합처리장)
- ⑤ 단간형의 식미 특성이 개선된 벼 신품종 변종식물 ‘진상’의 노하우 (2012. 09. 05) 4건 (대상기관명 : 수라청농협미곡종합처리장)

○ 사업화

- 사업화 목표 2건, 실적 4건 달성 (초과달성함)

- ① 면천농협 미곡종합처리장, 제품명 “당진 해나루”(매출액 300백만원)
- ② ㈜ 경성미가, 제품명 “싱싱미 진상미”(매출액 3,000백만원)
- ③ 수라청연합농협 미곡종합처리장, 제품명 “수라청 진상미”(매출액 2,500백만원)
- ④ 팔탄농협, 제품명 “고소미 진상미”(매출액 500백만원)

○ 인력양성

- 실적 4건 달성 (당초목표에는 없었으나 초과달성함)

- ① 리강, 2013년 8월 23일 이학박사 학위를 수여 : 2차년도(2012년)에 수행한 찰벼(waxy) 특성의 교배후대 세대진진 및 금년도(2013년) 유용 유전자원을 대상으로 기본농업형질 평가, 전분합성 관련 미질특성평가를 수행하였다.
- ② 연경호, 2014년 8월 25일 농학석사 학위를 수여 : 3차년도(2013년)에 수행한 유용유전자원 선발 및 육종소재로 활용하기 위한 포장재배시험과 농업형질 평가 등을 수행하였다.
- ③ 왕소강, 2015년 2월 24일 이학박사 학위를 수여 : 4차년도(2014년)에 수행한 벼 육성종, 도입품종 및 분양자원들에 대한 기능성 성분(Vitamin E) 분석과 교배육종을 수행하였다.
- ④ 원텃우, 2015년 2월 24일 이학석사 학위를 수여 : 4차년도(2014년)에 수행한 벼의 내재해성(침수저항성) 특성평가 및 관련 유전자들의 형질 연관성 분석과 교배육종을 수행하였다.

○ 홍보전시

- 실적 10건 달성 (당초목표에는 없었으나 초과달성함)

<홍보실적>

No.	홍보일	매체명	제목
1	2012.08.24	디지털농업	개인육종가를 찾아서
2	2012.09.10	여주타임즈	여주에 맞는 신품종 벼
3	2012.09.25	SBS	생방송 투데이
4	2012.11.29	뉴스1	여주, 신품종벼 시식회 열어
5	2012.11.30	아시아뉴스	여주군, 신품종벼 시식회 가져
6	2013.01.09	농민신문	“쌀 품질높여 농가소득 늘리겠다”
7	2013.10.07	경기신문	‘신여주 자채’ 최고급 자리매김
8	2013.10.09	기호일보	여주쌀 신품종 육성까지 ‘4각협력’
9	2014.12.15	KBS1	6시 내고향

<전시회 참가>

No.	전시회 시작일	전시회 종료일	행사명칭	참여품목
1	2014.03.19	2014.03.26	2014 국내육성 신품종 대전	벼

○ 기타

- 특허기탁 실적 2건 달성 (당초목표에는 없었으나 초과달성함)

- ① *Oryza sativa* Yenong1(seed), 등록·기탁번호(KCTC12291BP), 등록·기탁기관(한국생명공학연구원 생물자원센터)
- ② *Oryza sativa* Yenong2(seed), 등록·기탁번호(KCTC12292BP), 등록·기탁기관(한국생명공학연구원 생물자원센터)

- 품종보호출원, 품종명칭등록 목표 4건, 실적 4건 달성 (목표대비 100% 달성)

- ① 예농1호 (Yenong 1ho), 품종출원번호(2014-498)
- ② 예농2호 (Yenong 2ho), 품종출원번호(2014-499)
- ③ 예농1호, 품종명칭 출원번호(명칭2014-1382), 품종명칭 출원기관(국립종자원)
- ④ 예농2호, 품종명칭 출원번호(명칭2014-1383), 품종명칭 출원기관(국립종자원)

- 품종생산수입판매신고 실적 2건 달성 (당초목표에는 없었으나 초과달성함)

- ※ 품종보호권 설정을 통해 품종(종자)의 실시(증식, 생산, 조제, 양도, 대여, 수출 또는 수입하거나 양도나 대여의 청약을 하는 행위)에 대한 효력을 갖게되므로, 본 성과 지표인 품종생산수입판매신고 2건을 달성함.

제 5 장 연구개발 성과 및 성과활용 계획

제1절 실용화 · 산업화 계획(기술실시 등)

- 본 연구 개발 과제의 사업화 목표는 2건이나 2건을 초과 달성하여, 이미 다음과 같은 4건의 산업화를 기 수행한 바 있음.
- 면천농협(해나루 진상미), (주)경성미가(싱싱미 진상미), 수라청RPC(수라청 진상미), 팔탄농협(고소미 진상미)로 산업화가 수행되었으며, 면천농협 미곡종합처리장, 제품명 “당진 해나루”로 매출액 300백만원, (주) 경성미가, 제품명 “싱싱미 진상미”로 매출액 3,000백만원, 수라청연합농협 미곡종합처리장, 제품명 “수라청 진상미”로 매출액 2,500백만원, 팔탄농협, 제품명 “고소미 진상미”로 매출액 500백만원의 수익을 얻는 등 산업화가 이미 성공적으로 추진되고 있음.
- 본 연구개발과제를 통해 육종된 ‘진상벼’는 이미 대형마트용과 백화점용으로 제품화하였으며, ‘당진 해나루’, ‘수라청’ 등 브랜드화를 통해 농협 하나로마트, 이마트, 롯데마트 등을 통해 판매를 추진하고 있을 뿐 아니라, 고급화 전략으로 소량 즉석 현미 등의 형태로 신세계 백화점 등에서 판매를 추진하는 한편 온라인 판매를 추진하여 인터넷, 이마트몰 등에 대한 동시 판매를 추진하는 등 산업화를 완료 또는 진행 중임.
- 또한, 거대배를 갖는 신품종 벼 (New giant embryonic rice) ‘예농2호’의 기술실시를 기 수행한 바 있음 (통상실시권, 유상).

면천농협



(주)경성미가



수라청 농협



청담동 신세계 SSG 푸드마켓



- 또한 현대인들의 기호에 맞게 헛반 용으로 판매할 계획으로 CJ제일제당을 통한 시험재배를 추진하고 있음.



<CJ제일제당에서 시범재배 중인 “진상“ 벼>

- 예농 1, 2호 사업화를 위하여 2015년부터 시제품 제작을 위한 유기농 재배를 기 수행한 바 있으며, 현재 연계기업으로 과제에 참여중인 (주)경성미가, 면천농협미곡종합처리

장, 해풍영농조합법인 등의 유통회사를 포함한 생산자, 소비자, 유통상인 종합평가를 수행할 계획임.



<㈜흙살림의 “예농1호” 시제품(8kg) 사진>

- “예농2호”의 시제품 제작을 위한 시범재배



<농업회사법인 ㈜새들만에 방문하여 “예농2호” 시제품 제작 논의>

- ‘진상 2호’ 육성 중. 내도복 다수성인 주남벼를 모본으로 하고 동진찰/밀키퀸(Milky Queen) 교배후대 저아밀로스 계통을 부분으로 교배한 ‘진상 2호’를 육성 중에 있음.

제2절 교육 · 지도 · 홍보 등 기술확산 계획

- 본 연구개발과제를 통해 육종된 품종에 대한 기술 확산 차원에서 이미 농민, 생산자단체들과의 원종포장 견학 및 재배기술 교육을 실시하였으며, 이를 토대로 면천농협, 여주, 이천, 수원 등에서 시범재배를 추진한 바 있음.



1. 진상벼 원종포장 견학
2. 고세대 육성계통 포장 견학
3. 생산자 단체 회의



<2013년 대농민, RPC, 농업기술센터 대상 육종포장 소개 및 진상벼 재배기술 교육>

○ 한편 기술확산을 위해 2014년 3월19일부터 3월26일까지 서울 KBS본관에서 개최한 “2014 국내육성 신품종 대전”에 본 과제를 통해 개발된 저아밀로스 양질미 “예농1호”와 거대배아미 “예농2호”를 전시하여 벼 신품종 홍보를 수행하는 등, 언론홍보와 전시회를 통한 다양한 홍보활동을 다음과 같이 지속적으로 수행해 왔음.

- 언론홍보 : 디지털농업 2012년 8월호 (42~44페이지)
- 여주타임즈 (2012. 09. 10)
- SBS (2012. 09. 25)
- 뉴스1 (2012. 11. 29)
- 아시아뉴스 (2012.11.30)
- 농민신문 (2013. 01. 09)
- 경기신문 (2013. 10. 07)
- 기호일보 (2013. 10. 09)
- KBS1 6시 내고향 (2014. 12. 15)
- 전시회 : 2014 국내육성 신품종 대전 (2014. 03. 19)



<방송 및 전시회 (국내육성 신품종대전) 등을 통한 개발제품 홍보>



<진상벼 관련 보도자료>

제3절 특허, 품종, 논문 등 지식재산권 확보계획

- 본 과제를 통해 개발된 신품종의 지적 재산권 확보를 위해서는 본 품종을 타 품종과 구별할 수 있는 판별체계확립이 우선되어야 함.
- 따라서, 개발 신품종의 지적 재산권 확보를 위해 기존의 품종과 구별할 수 있는 다양한 DNA 마커 체계를 기 구축한 바 있음.
- 3가지 RM 마커를 조합할 경우 신품종을 기존의 중간찰벼와 구분할 수 있음.

	만주	백진주	백진주1	일기민	유메 추우시	신품종
Marker A: RM21						
Marker B: RM48						
Marker C: RM206						
Marker D: RM246						

<중간찰벼 신품종의 DNA profile>

- 2개의 RM 마커를 이용할 경우 본 연구개발에서 육종된 ‘진상’ 벼를 비슷한 특성을 갖는 월백, 중생골드, 백진주 1, 백진주 등 유통 중간찰벼와 구분이 가능하였음.

<‘진상 2호’의 DNA 특성>

마커명	화영	월백	중생골드	백진주1	백진주	진상	주남	동진찰	Milky Queen	진상2 (HJ6)
RM21	151	155	155	151	151	155	151	147	155	151
RM48	216	232	232	216	216	232	216	212	232	212

- Multi-plex PCR을 통해 보다 간편한 마커세트 개발을 추진하기 위해 이들 마커 중 8개 마커를 선발하여 이들의 PCR 반응온도 및 PCR 단편의 길이에 대한 정보를 확보하였음.

<품종 구분용 마커 조합표>

번호	마커명	PCR 반응온도	PCR 단편길이
1	RM204	58	102 ~ 194
2	RM3509	58	138 ~ 176
3	RM1388	58	187 ~ 243
4	RM1812	58	126 ~ 160

5	RM5503	58	175 ~ 209
6	RM2191	58	151 ~ 291
7	RM526	58	237 ~ 263
8	RM418	58	254 ~ 320

- 이와 같은 신품종판별 마커체계를 바탕으로 돌연변이 우수계통 중대립 저아밀로스 양질미 “예농1호”와 거대배아미 “예농2호”에 대해 발명특허등록, 품종명칭등록이 이미 되어 있는 바, 품종보호등록을 위하여 다음과 같이 품종출원 완료하였으며 이를 통해 품종등록을 추진 중임.
 - 예농1호 (Yenong 1ho), 품종출원번호(2014-498)
 - 예농2호 (Yenong 2ho), 품종출원번호(2014-499)

- SCI 논문 1건, 비SCI 논문 3건을 다음과 같이 발표하였음.
 - Natural variations in OsγTMT contribute to diversity of the α_tocopherol content in rice (중복사사 0.5점)
 - Discovery of a novel fragrant allele and development of functional markers for fragrance in rice (중복사사 0.5점)
 - 신동진벼 돌연변이계통의 작물학적 특성과 저장단백질 조성변이
 - 내도복 저아밀로스 벼 신품종 ‘진상’
 - Genetic Diversity Analysis of Rice Accessions Collected from South and Southeast Asia Using SSR Markers

- 다음과 같은 9건의 학술발표를 추가적으로 기 달성하였음.
 - 벼 중생 고식미 중간찰 신품종 ‘진상’(2011, 한국작물학회 추계학술발표회)
 - 국내 벼 품종판별을 위한 마커 set개발(2011, 한국작물학회 추계학술발표회)
 - Genome-wide Association Mapping of Salt Tolerance in Rice Seedlings(2012, Plant & Animal Genomes XX Conference)
 - Haplotype analysis of preharvest sprouting (PHS) related genes in rice; OsVP1, Osab1, Alpha-amylase 3D and OsGA20ox1 (2013, 한국육종학회)
 - Haplotype analysis of major blast resistance (R) genes in rice; Pi9, Pia, and Pib (2013, 한국육종학회)
 - Haplotype variation in Sub1, Sub2 and Ramy3D contributing to the anaerobic germination (AG) in rice (2013, 한국육종학회)
 - Variation and haplotypes in LOX1, LOX2, and LOX3 genes related to the seed longevity in rice (2014, 한국육종학회)
 - Genome Wide Association Study on the Preharvest Sprouting Resistance in Rice (2014, 한국육종학회)
 - Haplotype variation in Submergence 1(SUB1) contributing to the anaerobic germination (AG) in rice (2014, 한국육종학회)

제4절 추가연구, 타연구에 활용 계획

1. 연구개발결과의 활용방안

- 고 기능성 유용유전자원 및 육성된 기능성 벼 품종들은 직접 생산에 활용
 - 본 연구에서 벼 유전자원에서 선발된 고기능성 성분을 함유한 유전자원과 육성되는 품종들은 특허출원 및 품종보호등록한 후에 직접 생산현장에서 활용되어 쌀 생산농민의 소득증대에 기여하게 되며, 생산물은 국민건강 증진에 기여할 것임. 나아가서는 종자 및 생산물의 수출도 검토할 수 있을 것임.

- 기능성 특수미를 이용하여 개발되는 제품들의 건강기능성 상품화에 활용
 - 벼 유전자원들의 영양평가결과로 선발된 유용자원과 육성된 기능성 벼 품종에 가공 처리를 하여 생산되는 제품들은 건강기능성 상품으로 개발되어 등록 후 시판되게 되며, 생산자-기업-소비자를 모두 만족시킬 수 있는 상품으로서 역할을 할 수 있을 것임.

- 기능성 벼 mapping 집단의 유전자지도 작성 및 육종모본 육성
 - 벼 품질 육종 시 기초자료 및 재료로 활용함으로써 육종의 효율화를 기할 수 있음.

- 미질 관련 유전자 동정
 - 기능성 특수미 육종에 있어서 보다 과학적이고 체계적인 품종육성이 가능함.

- 쌀의 부가가치 제고를 위한 각종 제품의 제조기술 산업화
 - 쌀을 원료로 부가가치를 높일 수 있는 각종 제품의 개발이 시도되고 또한 신기술들이 개발 확립됨으로써 관련산업의 발전을 도모할 수 있음.

2. 기대성과

(1) 기술적 측면

- 기능성 벼 품종이 육성되고 그 작물학적, 영양학적(기능적), 이화학적 가치가 평가됨으로써 후속으로 벼를 이용하는 가공 기술·제품 등이 개발이 이루어지고, 세계적으로 관련분야의 기술 발달의 시발점이 될 것임.
- 미질에 관여하는 새로운 유전자가 탐색되고 유전자지도가 작성되어 유전연구의 발전에 기여하게 되며, 유전자 클로닝의 기반이 마련됨.
- 다양한 건강기능성 물질을 함유하는 기능성 벼 품종들이 육성됨으로써, 그 효능이 대해 생리·생화학적으로 구명하면 쌀은 주로 에너지를 얻기 위한 주식의 개념으로부터 종합건강식품 및 가공식품의 원료로 자리매김하게 되어 특수미 벼 품종 육성이 더욱 활성화 될 것이며, 이 분야의 세계적인 기술적 우위를 점유할 수 있음.

(2) 경제적·산업적 측면

- 지역에 특화된 기능성 벼 품종이 육성되면 농가에 보급 재배됨으로써 쌀을 이용한 가

공원료로 제공될 수 있으므로 쌀 이용의 다양화가 가능하게 됨으로 농촌경제의 활성화에 크게 기여할 것임. 따라서 부가적인 국가적 노력이 없어도 쌀 소비가 확대되고 벼 재배면적이 유지됨으로써 식량안보를 달성함과 동시에 막대한 가치를 지니는 논의 공익적 기능(연간 13조 4천억원)을 보전할 수 있음.

- 기능성 쌀은 일본 등 외국에서도 이미 시장이 형성되어 있는 만큼 다른 기능성 벼 품종보다 생산량이 많은 본 연구결과로 얻어진 기능성 벼 품종은 국제시장도 개척할 수 있을 것으로 기대되어 종자 또는 쌀이나 향후 그를 이용한 쌀 가공품의 수출도 가능함.
- 육성된 기능성 벼 품종은 쌀에 대한 천연식품으로서의 이미지 제고와 우리 쌀의 경쟁력을 높이는 데 기여함으로써, 쌀에 기반을 둔 우리 전통문화의 계승 발전과 국민의 자긍심 함양에도 기여할 것임.
- 기능성 쌀을 새로운 천연 특수미로 소비자와 관련 제품 생산자에게 공급함으로써 국민 건강 증진에도 기여하고 쌀소비 확대에도 일조할 것임.
- 기능성 벼 품종이 개발 보급되면 벼농사의 일정부분을 점유하게 될 것이고, 그 가치는 과거의 예(흑미)로 보아 일반쌀의 2배를 훨씬 웃돌 것으로 보임. 이 특수미를 전체 논의 2% 만이라도 재배할 경우 1천억원 정도의 추가소득 (2008년 우리나라 쌀생산액 9조37백억원 x 2% x $\frac{1}{2}$ = 1천억원)이 발생하여 농가의 소득증대에 크게 기여하게 됨.
- 다양한 기능성 벼 품종과 제품이 개발되면 물론 천연건강식품에 대한 선호도가 증대되어 국내시장에서 소비되겠지만 우리 쌀의 품질경쟁력이 향상됨으로써 국제시장도 개척할 수 있을 것으로 기대되는 한편 종자의 수출 또는 제품과 관련된 기술(특허)의 수출도 가능함.
- 개발되는 기능성 쌀을 직접 이용하는 기능성 식품산업과 원료로 이용하는 식품 및 제약 등의 산업분야도 활성화되어 농업 이외의 산업·경제적 효과를 기대할 수 있음.
- 고기능성 품종과 제품이 생산된다면 산업화 기대효과는 약 15,870백만원(직접효과-5,760백만원, 경제적 파급효과-4,250백만원, 부가가치 창출효과-5,860백만원)으로 추산됨.

제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보

1. 기후 변화 대응을 위한 내 수발아/침수성 관련 연구 현황

- 2010년 PNAS에 게재된 연구에서 일본 Group은 Japonica(Nipponbare) 와 Indica(Kasalath) 를 이용한 map based cloning으로 수발아 조절 유전자인 *Sdr4* (Seed dormancy 4)를 발표. 염색체 7번에 위치한 *Sdr4*의 기능은 휴면을 유도하고 휴면 후 발아를 억제함.
- Japonica 생태형은 휴면의 깊이를 상대적으로 약하게 하는 Nipponbare 형 *Sdr4-n* 대립 유전자를 (*Sdr4-n*) 가지며, 이 때문에 수발아에 상대적으로 민감해 짐. 반면에 Kasalath *Sdr4* 대립유전자인 *Sdr4-k*는 상대적으로 깊은 휴면을 유도해 수발아에 저항성을 부여하고 *Sdr4-k*의 Val₂₇₃-Ile₂₇₄가 수발아 저항성 FNP (Functional Nucleotide Polymorphism)라고 보고됨.
- 밀에서 염색체 3A에 있는 *TaPHS1*은 *MOTHER OF FLOWERING TIME (TaMFT)*의 homolog이고 수발아 저항성을 유도한다고 보고 되었음.
- 또한 밀에서 수발아는 깊지 않은 휴면상태에서 더 증가가 되고, 휴면을 일으키는 ABA 호르몬에 감응성이 높은 밀 돌연변이체는 수발아에 대한 저항성이 높아 졌다는 연구결과가 발표되었음. 이 이외에 수발아는 GA 호르몬, 종피색 등 많은 pathway로부터 영향을 받는다고 알려져 있음.

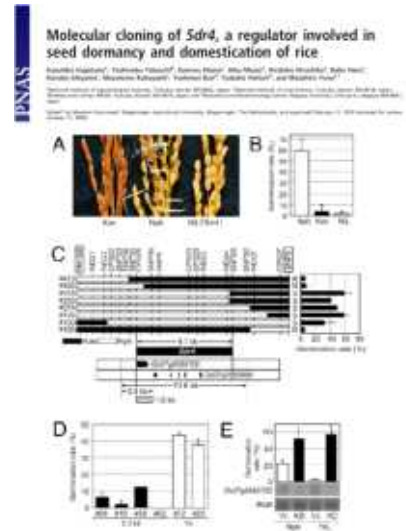


그림 81. PNAS에 게재된 벼 유래 수발아 관련 유전자 (*Sdr4*) 동정 사례

- *Sub1A*는 내침수성(flood resistance)에 관여하는 유전자로서 Indica 및 Aus 생태형(Ecotype)의 벼 자원에서만 발견되었음(즉, Japonica 생태형에서는 유전자자체가 삭제됨). 이 유전자는 벼가 물에 2주 동안 잠길 때, 휴지(Quiescent)상태로 변환되어 절간신장이 촉진되지 않는 대신 침수상태에서 죽지 않고 배수 후에 생육이 유지되는 진정 저항성으로 배수 후 도복에 대해 강한 형질을 나타냄. 2006년 *Sub1A*유전자가 동정되면서 flood resistance에 대한 품종 육성이 가속화 되었고, 그 결과 2010년에 홍수 피해가 심각한 필리핀, 인도네시아 그리고 방글라데시에서 *Sub1A*기반 mega variety가 출시되었음.

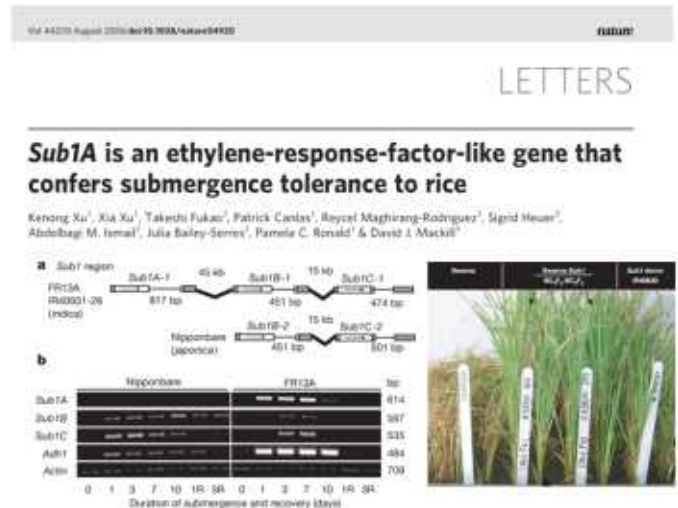


그림 82. Nature지에 게재된 내 침수성 관련 유전자 *Sub1A* 연구 사례

- 이후에 수발아와 내홍수성에 포장실험에 대한 연구가 일부 추진되었고, 2010년에 PNAS에 발표된 *Sdr4*

와 2006년에 “Nature지”에 발표된 *Sub1A* 이외에 아직까지 벼 유전자원에서 벼 육종에 효과적으로 활용될 수 있는 추가적인 신규 유전자원 및 관련 유전자의 동정사례는 전무한 실정임.

2. 벼의 유전체재분석 및 GWAS분야

- 2013년까지 세계적으로 벼 등 진핵생물 154종, 박테리아 1,772종, 세균류 120종 이상의 염기서열 분석이 완료(2,046종)되었고, 1,127종의 염기서열 분석이 진행 (일부는 완료) 중에 있음.
- 벼는 *Arabidopsis* 이외에 유전체학 연구가 가장 많이 된 작물로서 유전체 재분석 분야에서도 국제적으로 앞서가고 있음.
- 2010년 중국의 Bin Han group이 517 벼 landrace를 대상으로 유전체 재분석을 시작한 이래, 2012년 1,083점의 *O. sativa*, 446점의 *O. rufipogon* 및 15점의 *Oryza*속 자원을 대상으로 44,100 SNP array를 이용하여 genotype분석을 추진하여 그 결과를 2012년 10월에 Nature communication에 게재하였음.
- 미국 코넬대학 벼 유전자원 연구팀은 국제미작연구소 자원을 대상으로 하여, 세계 82개 국가에서 수집된 413개의 벼 유전자원을 선발하여 44,100 SNP array를 이용하여 genotyping을 실시하고, 34개 농업관련 형질을 조사하였음. 413개의 벼 유전자원은 5개의 생태형으로 구분되었는데, 87점의 indica 생태형, 57점의 Aus 생태형, 96점의 Temperate japonica 생태형, 97점의 Tropical japonica 생태형, 14점의 Aromatic 생태형, 62점의 고도로 혼합된 Admixture 형태로 구분되었음.
- 2012년 중국의 Wen Wang group은 다양한 벼 생태형 40점과 야생종 10점에 대해 15X의 Depth로 resequencing하였고 그 재배 벼의 기원 및 진화에 관한 연구결과를 Nature Biotechnology에 게재 했음.
- 일본의 벼 유전자원 연구팀은 Yano박사가 주도하고 있는데, 현재 32개 재배벼 품종과 2개의 야생벼를 선정하여 >36X depth 수준으로 whole genome resequencing을 추진하고 있음. 그 중 2014년에 벼 Aus 생태형 대표품종인 Kasalath 품종의 표준 genome sequence를 완성 보고하였다. 또한 18개 다양한 유용자원을 선정하여 RILs (Recombinant Inbred Lines) 및 CSSLs (Chromosome Segment Substitution Lines)의 육성을 추진하고 있음. 각 자원별 유전자 정보제공을 위하여, Multiple Genome Viewer를 개발하여 각 자원이 보유하는 sequence

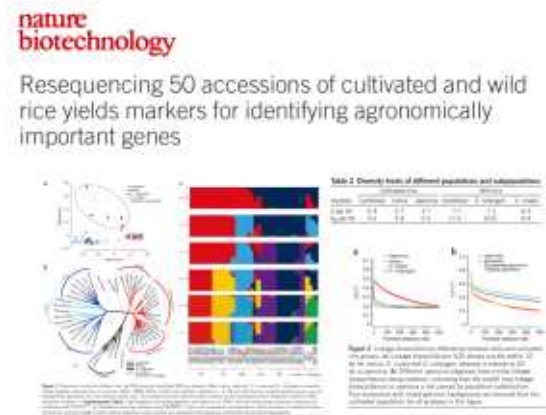


그림 83. 다양한 벼 생태형 40점과 야생종 10점에 대해 15X의 depth로 resequencing 한 연구 사례

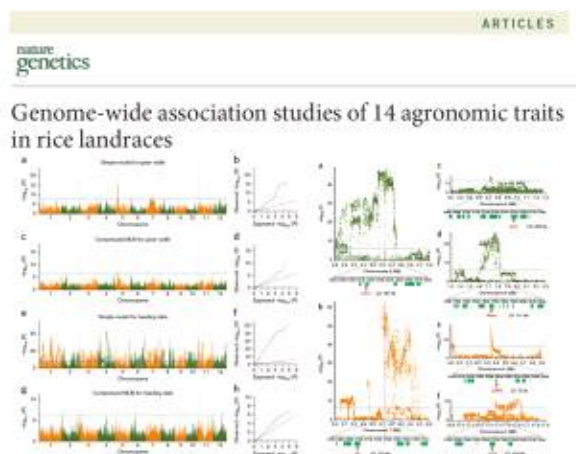


그림 84. Bin Han group에서 발표한 벼 기반 GWAS 연구사례

variation을 제공하여, Forward 및 Reverse Genetics를 수행하도록 기반을 구축하고 있음.

- 2014년 국제미작연구소 (IRRI, International Rice Research Institute, BGI(Beijin Genome Institute), CAS (China Academy of Science)의 컨소시엄으로 전세계에서 수집된 약 3000점의 유전자원 및 품종의 유전체 재 분석을 완료하였음.

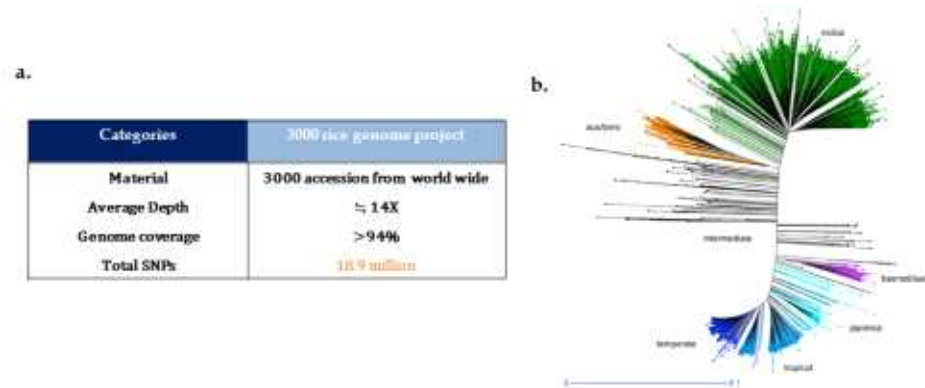


그림 85. IRRI, CAS 및 BGI의 컨소시엄에 의해 완성된 3000 genome project의 주요 결과. a. 기본 Sequencing 통계. b. 3000점의 Phylogenetic tree

- 이러한 선진국들의 벼 유전체 연구에 대한 적극적인 투자와 노력은 벼 유전자원의 유전자 수준에서의 자산 확보에 대한 중요성을 직접적으로 나타내 주고 있음.
- 동일 종(species)내에서 개체 간 형질의 차이가 나는 근본적 원인은 개체들 간의 genome variation 때문으로, 다양한 형질을 보이는 유전집단에서 특정 형질과 genome variation의 상관분석을 하여 특정형질에 관여하는 대립유전자를 탐색할 수 있음. 그리고 이러한 연구분야를 Genome-wide association study (GWAS)라 함
- GWAS의 이점 중 하나는 작물의 표현형질에 상관이 있는 유용유전자를 대량으로 발굴할 수 있다는 것임. 최근 벼에서는 517개의 유전자원 genome 정보를 이용하여 14개의 농업형질에 관여하는 대립유전자를 보고하여 GWAS의 대량분석 가능성을 제시하였음.
- 하지만 유전자원에 대한 표현형질의 평가 분야에 병목현상이 있는데, 이는 기존의 GWAS 분석에 활용되는 표현형질은 morphology 및 환경반응 phenotype이 주를 이루고 있고, 이들의 정밀한 표현형 평가에 시간과 노동력이 genome 분석보다 많이 필요하기 때문임.
- 따라서 최근 GWAS기반 유전체 연구 동향은 외부로 드러나는 표현형 평가뿐만 아니라 transcriptome, proteome, metabolome 분석에서 얻어지는 대량의 유전자 및 대사물질 각각의 발현량 및 함량을 표현형으로 하여 GWAS 분석이 수행하여 이로부터 이들 유전자의 발현 및 대사물질 함량에 관여하는 유전자를 대량으로 동정하고자 시도함.
- 그 예로 일본 동경이화학연구소(RIKEN) Saito박사 연구팀은 벼를 대상으로 국외에서는 이미 다수 재배작물의 metabolomics 연구를 추진하여 연구결과를 보고하였고, 식미가 우수한 Japonica벼와 수량성이 우수한 Indica 벼 간의 87 back-crossed inbred lines (BILs)을 대상으로 GC-TOF-MS, CE-TOF-MS, LC-IT-TOF-MS, LC-Q-TOF-MS 등 4종류의 platform을 동원하여 739종의 metabolite를 대상으로 metabolomic QIL (mQIL) analysis를 수행한 결과 802 QIL을 동정한 바 있음.
- 그 중 flavonoid content에 관여하는 c-Glycosyl-transferase (Os06g0288300)를 mapping하였고 서로 다른 유전적 배경과 chromosomal segment substitution line (CSSL)에서 확인이 되었음.

- 또한 벼를 대상으로 90%까지의 유전적 다양성을 포함하는 core collection을 포장에서 재배하고 성분들의 metabolome 연구를 통해 Predictive metabolome-trait model이 개발되기도 하였으며, Multi-platform metabolomics 정보를 3개 품종의 SNP에 의한 Genome-wide genotyping과 연결함으로써 영양성분과 식미에 주요한 Metabolic signatures를 구명하기도 하였음.
- Omics기반 GWAS 연구는 세계적으로도 초기단계에 있으므로, 국내연구진이 도전적으로 연구를 추진하여 선도적인 연구진행을 추진할 필요성이 있는 분야로 평가됨.

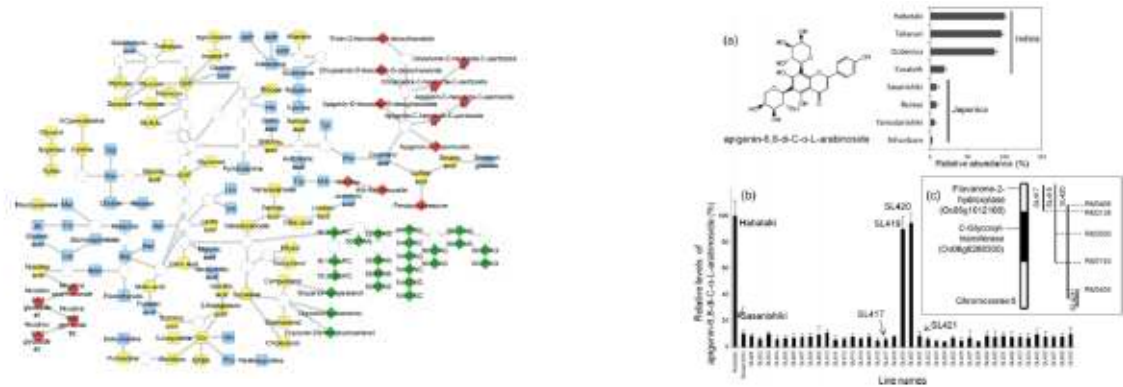


그림 86. 일본 RIKEN 연구소에서 진행한 BIL 대상 Metabolic profiling 결과(좌)와 mQTL로 flavonoid 함량에 관여하는 c-Glycosyl-transferase (Os06g0288300)를 mapping 한 연구사례

제 7 장 연구시설 · 장비 현황

(해당없음)

제 8 장 연구실 안전관리 이행실적

1. 연구실 안전조치 이행계획

- 본 과제는 DNA 관련 실험, 특성평가를 위한 성분 분석 실험 및 포장 재배실험 등을 포함하고 있어 관련 화학물질 사용 등의 위험요소가 있으므로 다음의 공주대학교 연구실 안전관리 계획을 준수하여 연구실 인력의 안전을 최우선으로 하겠습니다.

2. 공주대학교 연구실 안전관리 계획

(1) 목 적

- 대학에 과학기술분야 연구실안전을 확보함과 동시에 연구실 사고로 인한 피해를 적절하게 보상할 수 있도록 함으로써 연구자원을 효율적으로 관리하고 나아가 과학기술 연구·개발활동 활성화에 기여
 - ※ 우리 대학의 과학기술분야 학부생, 대학원생 및 타 소속 학생, 연구원, 개별 프로젝트 진행 연구원들은 개별프로젝트 담당자 또는 소속연구소에서 주관하여 연구실 안전 환경 조성에 관한 법을 준수하여야 함.

(2) 관련 법령

- 「연구실 안전환경 조성에 관한 법률」 및 「공주대학교 실험·실습실 안전관리규정」
 - ※ “연구실”이라 함은 대학 등에 과학기술분야 연구개발 활동을 위하여 설치된 시설·장비·연구실험실·연구재료 등의 연구시설을 말함.
 - ※ “연구활동종사자”라 함은 대학·연구기관 등에서 과학기술분야 연구개발활동에 종사하는 연구원·대학생·대학원생 및 연구보조원

(3) 연구실 안전점검

- 가. 연구실 안전관리담당자 지정(공주대학교 실험·실습실 안전관리규정 제4조) 및 각 캠퍼스별 안전환경관리자 지정
- 나. 일상점검: 매일 실험전 연구활동종사자가 체크리스트를 토대로 점검하고 기록
- 다. 정기점검(짝수해)
 - 1년마다 일정자격과 장비를 갖춘 전문가들이 점검하는 것으로 전문 점검기관에 위탁하여 실시
 - 정밀안전진단을 실시한 경우는 정기점검을 실시한 것으로 인정
- 라. 정밀안전진단(홀수해)
 - 시약 또는 실험 장비를 사용하여 실험을 하는 실은 매 2년 일정자격을 갖춘 전문가들이 점검하는 것으로 전문 점검기관에 위탁하여 실시
- 마. 점검 후 조치
 - 정기 또는 정밀점검 완료후 각 실별 등급사항 및 지적사항에 대하여는 학교홈페이지 등에 공지
 - 점검 지적사항 중 간단한 보수 또는 구매는 연구실 안전관리비 내에서 보완 및 개선하도록 하

고, 단과대에서 처리가 어려운 사항은 시설과로 요청하여 보완

※ 점검사항은 반드시 공지할 수 있도록 하고, 필요시 홈페이지 행정공시란에 게시된 내용 참조

(4) 연구실 안전교육

가. 비상연락망 구성

- 각 실험실에는 비상시 활용할 수 있는 연락망(지도교수, 병원, 소방서, 당직실)을 반드시 게시하여야 함

나. 실험실 (연구실) 안전수칙 게시: 각 실험실 특성에 맞는 안전수칙을 제작 게시하고 교육함으로써 안전사고 방지 유도

다. 신규자(집합) 교육

- 학기초 신입생을 대상으로 2시간을 집합교육 시행(연구실 안전환경관리자 또는 실험 담당교수가 시행)
- 실험·실습 첫 시간은 안전교육의 시간으로 지정 반드시 안전교육 후 실험·실습에 임하도록 조치

라. 정기교육

- 모든 연구활동 종사자는 반기 6시간 이상(년 12시간)을 받아야 하며 온라인 교육으로 시행
- 불참자에게 대한 실험·실습 참여 제한 등 요청

마. 각 실험실에서 사용하는 시약에 대해서 반드시 MSDS를 비치하고 실험시마다 MSDS에 대하여 교육 후 실험에 임할 것

바. 행정사항

- 항상 일상점검 기록을 유지하고, 교육시 교육내용 및 참석인원을 반드시 기록 관리토록 하여야 함.

(5) 보험가입

가. 과학기술분야 연구활동 종사자에 대한 상해보험 가입 또는 만기 도래 보험에 대한 연장조치

나. 보험 가입 시 보상액 등이 반드시 법적금액 이상을 반영

(6) 연구실 안전관리비 계상

가. 기성회 회계 예산 및 연구과제 예산 편성시 연구실 안전관리비를 반영하고, 반영된 안전관리비는 목적 외 사용금지

나. 연구실 안전관리비는 연구실 안전점검, 연구종사자 교육, 상해보험가입, 안전장비 및 안전을 위한 비품구입 등에 사용

(7) 건강검진 실시

가. 관련법에 의해 과학기술분야 연구활동 종사자에 대하여 유해물질 및 유해인자를 취급하는 경우 일반건강검진 및 특수건강검진을 실시하도록 함

(8) 연구실 폐기물처리

가. 실험·실습시 발생하는 각종 폐기물은 관련 규정에 적합하게 처리

(9) 사고 발생시 처리

- 가. 사고 발생시는 각 실에 표기되어 있는 비상연락망을 통하여 인근 병원으로 이송
- 나. 사고 발생시 보고단계를 거쳐 보고하고 필요시 보험처리
- 다. 인명사고 등의 중대한 사고 발생시 해당 연구담당자 또는 지도교수는 소속기관에 사고처리 위원회 구성을 요청하고, 대외언론, 사고조사 및 보상절차를 협의

(10). 법 이행사항 입력

- 법 이행사항은 년 1회 캠퍼스별 연구실안전정보망 <http://www.labs.or.kr> 에 입력

가. 연구실 안전점검 실시

- 연간 1회 이상 의무적으로 반드시 실시
- 점검업체 : 가스안전공사
- 안전진단 실시 후 반드시 진단결과에 의거 가스, 전기시설 등 보완설치

나. 참여연구원의 교육훈련

- 매년 1회 이상 실험실습실 안전교육 실시 또는 참여

다. 실험실습실 온라인 안전교육 실시

- 연구개발인력교육원 등을 통한 연구활동종사자를 대상으로 온라인 안전교육실시
- 교육내용 : 연구실 안전환경 조성법령 및 유해,위험요인 관련 외

라. 기타 : 실험실습실 안전수칙 제작 부착

제 9 장 참고문헌

1. 김광호, 최해춘. 1990. 양질미의 이화학적특성과 식미평가기술. 쌀 품질 고급화 및 다양화 개발. 농진청 수입개방대책. 45 : 85-94.
2. Bhattaharya, K. R. 1979. Gelatinization temperature of rice starch and its determination. Chemical aspects of rice grain quality, IRRI. 231-250.
3. Cagampang, G. B., Perez, C. M. and Juliano, B. O. 1973. A gel consistency test for eating quality of rice. J. Sci. Food Agric. Dec.; 24(12) : 1589-1594.
4. Cho, Y. C., Kwon, S. W., Choi, I. S., Lee, S. K., Jeon, J. S., Oh, M. K. and Kim, Y. G. (2007). Identification of major blast resistance genes in Korean rice varieties (*Oryza sativa* L.) using molecular markers. J. Crop Sci. Biotech, 10, 265-276.
5. Choi, H. C. 2002b. Current status and perspectives in varietal improvement of rice cultivars for high-quality and value-added products. Korea. J. Crop Sci. 47 : 15-32.
6. Choi, I. D., Son, J. R., Hong, H. C., Lee J. H. and Kim, K. J. 2006. Indigestible carbohydrate contents and physical properties of Goami2 harvested at the maximized milling quality. Food Science and Biotechnology. 15 : 254-259.
7. Choudhury, N. H. and Juliano, B. O. 1980. Lipids in developing and mature rice grain, Phytochemistry. 19 : 1063-1069.
8. Chung, O. K. 1991. Cereal lipids. Handbook of cereal science and technology. Marcel Dekker. New York. 497-553.
9. Echt, C. S. and Schwartz, D. 1981. Evidence for the inclusion of controlling elements the structural gene at the waxy locus in maize. Genetics. Oct.; 99(2) : 275-284.
10. Folch, J., Lees, M. and Slonanestanley, G. H. 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. Journal of Biological Chemistry. 226 : 497-509.
11. Fujino, Y. 1978. Rice lipids. Cereal Chem. 55(5) : 559-571.
12. Gnansounou, E., Dauriat, A., Wyman, C. E. 2005. Refining sweet sorghum to ethanol and sugar : Economic trade-offs in the context of north china. Bioresource

Technology. 96 : 985-1002.

13. Godber, J. S. and Juliano, B. O. 2003. Rice lipids. Pages_ in Rice Chemistry and Technology, 3rd ed. ET Champagne, ed. Am Assoc Cereal Chemists, St Paul, MN, USA.
14. Hayashi, K., Yoshida, H. and Ashikawa, I. (2006). Development of PCR-based allele-specific and InDel marker sets for nine rice blast resistance genes. Theoretical and Applied Genetics, 113(2), 251-260.
15. IAEA. 1970. Crop plant characters to be improved by mutation breeding. Manual on Mutation Breeding(Tech. Rep. Seri. No. 119). Vienna. 149-176.
16. Ikeda, N. and Fukuzumi, K. 1977. Synergistic antioxidant effect of nucleic acid and tocopherols. JAOCS. 54 : 360.
17. Jia, Y., Wang, Z., Fjellstrom, R. G., Moldenhauer, K. A., Azam, M. A., Correll, J. and Rutger, J. N. (2004). Rice Pi-ta gene confers resistance to the major pathotypes of the rice blast fungus in the United States. Phytopathology, 94(3), 296-301.
18. Juliano, B. O. 1985. Biochemical properties of rice. In : Juliano, B. O. (eds.), Rice: Chemistry and Technology. American Association of Cereal Chemists. St Paul, Minnesota, USA. pp. 175-205.
19. Juliano, B. O. 1985b. Polysaccharides, proteins, and lipids of rice. In Rice : Chemistry and Technology, 2d ed. Juliano, B. O. ed., AACC. St Paul, MN, USA. 59-174.
20. Kim, J. S., Shin, I. C., Lee, Y. K., Kim, J. K. and Song, H. S. 1998. Effects of gamma ray on the seedling growth of rice varieties. Korean J. Breed. 30(3) : 227-231.
21. Kim, Y. S., Park, K. Y., Lee, D. K. and Kim, I. H. 1976. Studies on the mutation breeding of naked barley. J. Korean Soc. Crop. Sci. 21(1) : 82-86.
22. Koskas, J. P., Cillard. J. and Cillard. P. 1984. Autoxidation of linoleic acid and behavior of its hydroperoxides with and without tocopherols. JAOCS. 57 : 252.
23. Kumamaru, T., Satoh, H., Iwata, N., Omura, T. and Tanaka, K. 1988. Mutants for rice storage proteins 1. Screening of mutants for rice storage proteins of protein bodies in the starchy endosperm. Theor. Appl. Genet. 76 : 11-16.

24. Laemmli, U. K. 1970. Cleavage of structural protein during the assembly of the head of bacteriophage T4. *Nature*. 227 : 680-685.
25. Lee, B. Y. 1987. Studies on properties of high yield line korean rice ph. D Thesis. : 100-110.
26. Lee, S. H., Han, O., Lee, H. Y., Kim, S. S. and Chung, D. H. 1989. Physicochemical properties of rice starch by amylose content. *Korean J. Food Sci. Technol.* 21(6) : 766-771.
27. Liu, G., Lu, G., Zeng, L. and Wang, G. L. (2002). Two broad-spectrum blast resistance genes, Pi9 (t) and Pi2 (t), are physically linked on rice chromosome 6. *Molecular Genetics and Genomics*, 267(4), 472-480.
28. Mertz, E. T., Bates, L. S. and Nelson, D. E. 1964. Mutant gene that changes protein composition and increases lysine content of maize endosperm. *Science*. 145 : 279-280.
29. Nike, L. Ruibal-Mendieta, Adrien, D., Dominique, L. D., Eric, M., Yvan, L. and Marc, M. 2004. The oleate/palmitate ratio allows the distinction between whole meals of spelt (*Triticum spelta* L.) and winter wheat (*T. aestivum* L.). *Journal of Cereal Science*. 39 : 413-415.
30. Ryyananen, M. and Lampi, A.-M., 2004. A small-scale sample preparation method with HPLC analysis for determination of tocotrienols in cereals. *Journal of Food Composition and Analysis*. 17 : 749-765.
31. Seetharami-Reddi, T. V. V., Raju, B. S. K., Sanjeeva-Reddi, T. 1989. Gamma ray induced seedling injury and chlorophyll mutants in two varieties of rice. *Indica J. Bot.* 12(1) : 19-21.
32. Yamagata, H., Sugimoto, T., Tanaka, K. and Kasai, Z. 1982. Biosynthesis of storage proteins in developing rice seeds. *Plant Physiol.* 70 : 1094-1100.

<첨부>

특허, 논문, 제품(시장) 분석보고서

신청과제명	지역연계 브랜드 쌀 품종육성 및 산업화 제품개발		
주관연구책임자	박 용 진	주관기관	공주대학교

1. 본 연구관련 국내외 기술수준 비교

개발기술명	관련기술 최고보유국	현재 기술수준		기술개발 목표수준	비고
		우리나라	연구신청팀		
기능성 미질관련 유용 유전자원 탐색 및 유 용물질 분석	미국	60%	60%	80%	
기능성 벼 계통들의 농업특성 및 이화학적 특성 등 미질관련 특 성평가	일본	80%	60%	90%	
벼 유용성분 및 기능성 물질 분석을 통한 경쟁 력 있는 품종개발	일본	90%	90%	100%	
벼 유전자원 및 육성계 통에서 발굴한 기능성 성분 이용 제품 개발	한국/일본	80%	70%	90%	
벼 유용 유전자원 및 우수 육성 계통 이용 기능성 제품 산업화	일본	90%	70%	100%	

2. 특허분석

가. 특허분석 범위

대상국가	국내, 국외(미국, 일본, 유럽)
특허 DB	특허정보원 DB(www.kipris.or.kr), Aureka DB
검색기간	20000101 ~ 20151230 (최근 15년간)
검색범위	제목 및 초록

나. 특허분석에 따른 본 연구과제와의 관련성

개발기술명		기능성 미질관련 유용 유전자원 탐색 및 유용물질 분석	기능성 미질관련 유용 유전자원 탐색 및 유용물질 분석
Keyword		anthocyanin*gene	fravonoid*gene
검색건수		25	41
유효특허건수		20	35
핵심특허 및 관련성	특허명	ANTHOCYANIN SYNTHESIS REGULATORY GENE, AND USE THEREOF	Flavanoid 3',5' hydroxylase gene sequences and uses theref
	보유국	일본	미국
	등록년도	2007	2007
	관련성(%)	50	50
	유사점	anthocyanin 유전자 관련	flavonoid 합성 관련 유전자
	차이점	anthocyanin 생산 조절 유전자	유전자 조작에 활용
핵심특허 및 관련성	특허명	GENES THAT DETERMINE PLANT COLOR AND USES THEREOF	Method of crossing flower color genotypes
	보유국	미국	일본
	등록년도	2006	2007
	관련성(%)	75	50
	유사점	식물 안토시아닌 유전자	
	차이점	감자에서 안토시아닌 생산	flavinoid 합성 유전 연구
핵심특허 및 관련성	특허명	RICE PLANT HAVING REDDISH PURPLE OR RED LEAF, AND METHOD FOR CREATING THE SAME	METHOD OF CONSTRUCTING YELLOW FLOWER BY REGULATING FLAVONOID SYNTHESIS SYSTEM
	보유국	일본	일본
	등록년도	2003	2005
	관련성(%)	50	50
	유사점	안토시아닌 벼	flavonoid
	차이점	고전 육종법 이용	유전자 조작법을 이용한 식물색 조절

개발기술명		벼 유용성분 및 기능성물질 분석을 통한 경쟁력 있는 품종개발	벼 유전자원 및 육성계통에서 발굴한 기능성성분 이용 제품 개발
Keyword		벼, 기능성, 품종	당뇨, 벼, 인슐린
검색건수		144	3
유효특허건수		2	3
핵심특허 및 관련성	특허명	레스베라크롤 및 피세이드를 함유한 쌀	당뇨 환자용 음료수 및 그 제조 방법
	보유국	대한민국	대한민국
	등록년도	2009 Mar	2006 Jan.
	관련성(%)	80	50
	유사점	항암, 항고지혈증, 항산화 성분을 함유하는 쌀 개발	쌀을 당뇨에 이용
차이점	유전자 조작 이용	쌀의 최적유전자원선발에 대한 자원의 특허화 할 것이고 물질에 대한 용도와 제법에 대한 특허를 출원할 예정임	
핵심특허 및 관련성	특허명	이소플라본 생합성 형질전환 벼 및 그 제조방법	Blood glucose lowering effects of brown rice in normal and diabetic subjects
	보유국	대한민국	Canada
	등록년도	2007 Jan	2006 May.
	관련성(%)	80	30
	유사점	항산화 물질 함유 벼 개발	단순 효능 효과검색
차이점	유전자 조작 이용	현미의 이용과 차별화로 당뇨조절 관여물질 최적자원선발과 유도체 복합효능	
핵심특허 및 관련성	특허명		Glycemic response of rice, wheat and finger millet based diabetic food formulations in normoglycemic subjects
	보유국		India
	등록년도		2007 Aug.
	관련성(%)		50
	유사점		혼합제제임
차이점		glycemic 지수 이외의 지표에 관심	

개발기술명		벼 유전자원 및 육성계통에서 발굴한 기능성성분 이용 제품 개발	벼 유용 유전자원 및 우수 육성 계통 이용 기능성 제품 산업화
Keyword		벼, 기능성, 제품	벼, 기능성, 유전자원
검색건수		314	5
유효특허건수		86	3
핵심특허 및 관련성	특허명	항산화 활성을 갖는 유색미를 이용한 식혜의 제조방법	보라벨리 품종의 감자로부터 추출된 항산화활성 물질의 제조방법, 그를 함유하는 기능성 식품 및 화장품
	보유국	대한민국	대한민국
	등록년도	2002	2006
	관련성(%)	90	50
	유사점	유색미에 있는 항산화물질로 제품개발	항산화 물질의 제조 및 그를 함유하는 기능성 식품 및 제품개발
차이점	기능성물질을 추출하는 벼 재료의 차이	벼에 함유하고 있는 항산화물질을 이용 항산화 물질을 제조하고 이를 이용한 제품 및 식품개발	
핵심특허 및 관련성	특허명	고식이섬유성 쌀(고아미2호)를 이용한 알코올 발효액 및 이를 이용한 저알코올 발효음료 제조방법	미강 내 토크트리에놀의 대량생산방법 및 이를 이용한 고기능성 토크트리에놀 제제
	보유국	대한민국	대한민국
	등록년도	2008	2008
	관련성(%)	90	30
	유사점	기능성 쌀을 이용한 제품개발	벼를 이용
차이점	고식이섬유쌀에 발효제의 첨가	왕겨 내 기능성 물질 이용과 현미 내 기능성 물질 이용	
핵심특허 및 관련성	특허명	프로폴리스의 기능성이 함유된 쌀 및 이의 제조방법	근적외선 분광기를 이용한 미강과 현미에 함유된 비타민함량 측정 방법
	보유국	대한민국	대한민국
	등록년도	2009	2005
	관련성(%)	70	40
	유사점	기능성물질을 이용한 제품개발	벼를 이용한 물질분석
차이점	쌀표면에 기능성물질 코팅	분석방법	

개발기술명		벼 유용 유전자원 및 우수 육성 계통 이용 기능성 제품 산업화	벼 유용 유전자원 및 우수 육성 계통 이용 기능성 제품 산업화
Keyword		벼, 기능성, 제품	벼, 기능성, 식품
검색건수		314	356
유효특허건수		86	97
핵심특허 및 관련성	특허명	왕겨탄 미세분말을 유효성분으로 함유하는 알러지 질환의 예방 및 개선용 화장품 개선물	항산화 활성을 갖는 유색미를 이용한 식체의 제조방법
	보유국	대한민국	대한민국
	등록년도	2009	2002
	관련성(%)	50	90
	유사점	벼가 함유하고 있는 기능성 물질 이용 제품의 산업화	항산화 활성을 갖는 유색미를 이용한 식품개발
차이점	현미 내 함유하는 기능성물질이 아닌 왕겨 함유 기능성물질 이용	유색미와 백미의 혼합	
핵심특허 및 관련성	특허명	효소분해와 진공건조를 이용한 기능성 미강의 제조방법	발아현미를 이용한 발효식품의 제조방법
	보유국	대한민국	대한민국
	등록년도	2009	2002
	관련성(%)	50	70
	유사점	벼가 함유하고 있는 기능성 물질 이용 제품의 산업화	현미의 발아과정에서 발생하는 기능성물질이용
차이점	현미 내 함유하는 기능성물질이 아닌 왕겨 함유 기능성물질이용	현미자체의 기능성물질 함유 품종 이용	
핵심특허 및 관련성	특허명	쌀과 연을 이용한 아토피 피부염 개선용 기능성 화장품 및 그 제조방법	미강으로부터 추출한 식이섬유 혼합물을 이용한 육제품의 제조방법
	보유국	대한민국	대한민국
	등록년도	2009	2008
	관련성(%)	40	40
	유사점	벼를 이용한 기능성 제품개발	벼의 식이섬유물질을 이용한 육가공 제품의 제조
차이점	연잎을 이용	왕겨이용	

3. 논문분석

가. 논문분석 범위

대상국가	한국, 미국, 일본, 유럽
논문 DB	Google(www.google.co.kr), pubmed DB(www.ncbi.nlm.nih.gov), Springerlink(www.springerlink.com)
검색기간	19810101 ~ 20151230 (최근 25년간)
검색범위	제목, 초록 및 키워드

나. 논문분석에 따른 본 연구과제와의 관련성

개발기술명		기능성 미질관련 유용 유전자원 탐색 및 유용물질 분석	기능성 벼 계통들의 농업특성 및 이화학적 특성 등 미질관련 특성평가
Keyword		core-collection*plant	rice, mutant, endosperm
검색건수		134	32
유효논문건수		57	21
핵심논문 및 관련성	논문명	Developing a Mini Core of Peanut for Utilization of Genetic Resources	Structures and Properties of Amylopectin and Phytoglycogen in the Endosperm of sugary-1 Mutants of rice
	학술지명	Crop Sci	Journal of cereal Science
	저자	Hari D. Upadhyaya, Paula J. Bramel, Rodomiro Ortiz, and Sube Singh	Kit-Sum Wong, Akiko Kubo, Jay-lin Jane, Kyuya harada, Hikaru Satoh, Yasunori Nakamura
	게재년도	2002	2003
	관련성(%)	50	80
	유사점	유전자원 활용을 위한 core-collection 선정	돌연변이처리로 얻어진 sugary 돌연변이체 구조 및 특성평가
	차이점	땅콩	sugary mutant의 모본과 특성 차이
핵심논문 및 관련성	논문명	Microsatellite diversity and broad scale geographic structure in a model legume: building a set of nested core collection for studying naturally occurring variation in <i>Medicago truncatula</i>	Genetic analysis of endosperm mutants in rice <i>Oryza sativa</i> L.
	학술지명	BMC Plant Biol	Theor Appl Genet
	저자	J Ronfort, T Bataillon, S Santoni, M Delalande, JL David, and JM Prosperi	R.P.Kaushik, G.S. Khush
	게재년도	2006	1991
	관련성(%)	75	70
	유사점	microsatellite, core-collection	벼, 돌연변이처리, 미질관련 형질의 유전분석
	차이점	model legumes	Mutant의 모본과 돌연변이 계통의 특성차이
핵심논문 및 관련성	논문명	PowerCore: a program applying the advanced M strategy with a heuristic search for establishing core sets	Properties and Component of the Flourey and Sugary Mutant Rice Cultivars Developed in the Hokuriku Region
	학술지명	Bioinformatics	Food Sci. Technol. Res.
	저자	Kyu-Won Kim, Hun-Ki Chung, Gyu-Taek Cho, Kyung-Ho Ma, Dorothy Chandrabalan, Jae-Gyun Gwag, Tae-San Kim, Eun-Gi Cho, and Yong-Jin Park	Noriyuki Homma, Keiko Morohashi, Youchi Yoshii, Heitarou Hosokawa, Kiyoyuki Miura
	게재년도	2007	2006
	관련성(%)	50	90
	유사점	core-collection 선정	벼를 돌연변이처리로 얻어진 돌연변이 품종개발
	차이점	프로그램 개발	Mutant의 모본과 돌연변이 계통의 특성차이

개발기술명		기능성 벼 계통들의 농업특성 및 이화학적 특성 등 미질관련 특성평가	벼 유용성분 및 기능성물질 분석을 통한 경쟁력 있는 품종개발
Keyword		rice, endosperm, starch	anthocyanin*gene*rice
검색건수		24	18
유효논문건수		13	10
핵심논문 및 관련성	논문명	새로운 벼 배유돌연변이 계통의 쌀 품질특성 비교	Chalcone isomerase gene from rice (<i>Oryza sativa</i>) and barley (<i>Hordeum vulgare</i>): physical, genetic and mutation mapping
	학술지명	작물시험연구논총	Gene
	저자	송진, 송정춘, 김선림, 황종진, 홍하철, 임상중	A Druka, D Kudrna, N Rostoks, R Brueggeman, D von Wettstein, and A Kleinhofs
	게재년도	2000	2003
	관련성(%)	70	75
	유사점	배유돌연변이 계통의 미질관련 특성비교	벼의 안토시아닌 합성 유전자
	차이점	저아밀로스 특성	유전자 구조 연구
핵심논문 및 관련성	논문명	배유돌연변이체 쌀전분의 이화학적 특성 비교	Metabolic engineering of rice with soybean isoflavone synthase for promoting nodulation gene expression in rhizobia
	학술지명	Korean J. Food Sci. Technol.	J. Exp. Bot
	저자	강미영, 한지연, 남석현	VS Sreevidya, C Srinivasa Rao, SB Sullia, Jagdish K. Ladha, and Pallavolu M. Reddy
	게재년도	2000	2006
	관련성(%)	70	50
	유사점	배유돌연변이체 이용 이화학적 특성비교	벼, 안토시아닌 유전자
차이점	아밀로스함량 차이에 따른 변이 계통 차이	콩 유전자의 벼에 도입	
핵심논문 및 관련성	논문명	몇 가지 벼 배유돌연변이 계통의 품질특성	Chalcone synthase in rice (<i>Oryza sativa</i> L.): detection of CHS protein in seedlings and molecular mapping of <i>chs</i> locus
	학술지명	한국육종학회지	Plant Mol. Biol
	저자	송진, 송정춘, 김선림, 황종진, 홍하철, 임상중	A.R. Reddy, B. Scheffler, G. Madhuri, M.N. Srivastava, A. Kumar, P.V. Satyanarayana, S. Nair, M. Mohan,
	게재년도	2000	1996
	관련성(%)	70	75
	유사점	벼 배유돌연변이 계통의 품질비교	벼, chs gene
차이점	돌연변이 계통의 기능성 차이	chs gene cloning	

개발기술명		벼 유용성분 및 기능성물질 분석을 통한 경쟁력 있는 품종개발	벼 유전자원 및 육성계통에서 발굴한 기능성성분 이용 제품 개발
Keyword		rice, mutant, sugary	rice, food, mutant
검색건수		17	11
유효논문건수		12	8
핵심논문 및 관련성	논문명	Comparative Study of the Physicochemical Properties of Rice Endosperm Components Expressing Sugary-2 Mutant in Different Genetic Backgrounds	Development of Coenzyme Q10-Enriched Rice Using Sugary and Shrunken Mutants
	학술지명	J. Korean Soc. Appl. Biol. Chem.	Biosci. Biotechnol. Biochem.
	저자	Mi-Ra Yoon, Hee-Jong Koh, Sang-Chul Lee, Mi-Young Kang	Sakiko Takahashi, Toshikazu Ohtani, Hikaru Satoh, Yasunori Nakamura, Makoto Kawamukai, Koh-ichi Kadowaki
	게재년도	2009	2010
	관련성(%)	80	60
	유사점	유전적으로 다른 sugary 벼 품종의 배유 이화학적 특성비교	벼 돌연변이체에서 식품보조제인 Coenzyme Q10 개발
	차이점	sugary 모본 및 배유 특성차이	기능성물질의 차이
핵심논문 및 관련성	논문명	New Endosperm Mutations Induced by Chemical Mutagens in Rice	쌀의 기능성 증진 소재 개발
	학술지명	Japan, J. Breed.	작물과학연구논총
	저자	Hikaru Satoh, Takeshi Omura	이점호, 양창인, 홍하철, 김선림, 이상복, 최용환, 이규성, 김홍열, 김연규
	게재년도	1981	2008
	관련성(%)	80	80
	유사점	벼, 돌연변이처리	벼 유전자원의 기능성 물질 탐색
	차이점	Mutant의 모본과 돌연변이 계통의 특성차이	제품개발여부
핵심논문 및 관련성	논문명	Gene Analysis of Sugary and Shrunken Mutants of Rice	기능성 쌀 계통의 생리활성 물질탐색
	학술지명	Japan J. Breed.	작물과학연구논총
	저자	Masahiro Yano, Yuko Isono, Hikaru Satoh, Takeshi Omura	김선림, 양창인, 홍하철, 이점호, 김정태, 허은숙, 김덕수, 정응기, 최윤희, 송진, 서세정
	게재년도	1984	2008
	관련성(%)	80	60
	유사점	벼, su gene	미질관련 육성계통, 생리활성 물질탐색
	차이점	shr gene	제품개발여부

개발기술명		벼 유용 유전자원 및 우수 육성 계통 이용 기능성 제품 산업화
Keyword		diabets, glucose, rice
검색건수		7
유효논문건수		5
핵심논문 및 관련성	논문명	Glycemic response of rice, wheat and finger millet based diabetic food formulations in normoglycemic subjects.
	학술지명	Int J Food Sci Nutr. 58(5):363-72.
	저 자	Shobana S, Kumari SR, Malleshi NG, Ali SZ.
	게재년도	2007
	관련성(%)	30
	유사점	벼를 이용 단순 효능 효과검색
	차이점	당뇨조절관여물질 최적자원선발 과 유도체 복합효능
핵심논문 및 관련성	논문명	Blood glucose lowering effects of brown rice in normal and diabetic subjects.
	학술지명	Int J Food Sci Nutr. 57(3-4):151-8
	저 자	Panlasigui LN, Thompson LU.
	게재년도	2006
	관련성(%)	20
	유사점	당뇨에 초점
	차이점	현미에만 국한하지 않음
핵심논문 및 관련성	논문명	Effect of a rice bran fiber diet on serum glucose levels of diabetic patients in Brazil.
	학술지명	Arch Latinoam Nutr. 55(1):23-7.
	저 자	Rodrigues Silva C, Dutra de Oliveira JE, de Souza RA, Silva HC.
	게재년도	2005
	관련성(%)	20
	유사점	쌀과 당뇨
	차이점	현미가 아님

- ※ 1) 개발기술명은 본 연구과제 최종 연구개발 목표기술을 의미
2) keyword는 검색어를 의미하며, 검색건수는 keyword에 의한 총검색건수물, 유효논문건수는 검색한 논문 중 핵심(세부)개발기술과 관련성이 있는 논문을 의미
3) 핵심논문은 개발기술과의 관련성이 높고 인용도가 높은 논문을 기준으로 분석

4. 제품 및 시장 분석

가. 생산 및 시장현황

1) 국내 제품생산 및 시장 현황

- 현대사회에 물질적 풍요로 인한 지방과다섭취, 복잡한 현대사회의 스트레스와 과음 등으로 고지혈증, 동맥경화증과 같은 만성질환이 늘면서 지질대사 개선용 기능성식품 및 건강증진식품의 개발이 요구하게 됨. 그에 따라 소비자의 기호에 부응하기 위해 쌀 표면에 영양성분을 가공처리하는 건강기능성 쌀제품이 개발되기 시작함.

< 특수처리 현미/발아현미의 상품 >

상품명	제조사	가격	규격	단가(원/kg)	특징
현미나라활성현미	(주)현미나라	57,000원	8kg	7,200	압연 현미피막에 균열
현미나라활성찰흑미	(주)현미나라	65,000원	8kg	8,200	찰흑미 + 압연현미피막 균열
참숯발아현미	백의천년	40,000원	5kg	8,000	싹길이 5mm
발아검정쌀	백의천년	28,200원	3.6kg	7,800	싹길이 2mm, 흑미
발아참쌀현미	백의천년	25,200원	3.6kg	7,000	싹길이 2mm, 참쌀
다이어트발아현미	한성(여주)	20,000원	2kg	10,000	다이어트검증여부 미확인
발아현미	해뜰날	20,000원	2.4kg	8,300	
발아현미	성내농산	19,000원	1.8kg	10,500	코농닷컴 판매
발아현미	(주)자연나라	24,000원	2.4kg	10,000	
여주발아현미	미력	21,000원	3kg	7,000	특허출원
홍삼발아현미	성내농산	24,400원	1.5kg	16,300	홍삼첨가, 유기농법
홍삼발아현미	해뜰날	27,000원	2kg	13,500	홍삼추출액 + 발아현미
솔발아현미	(주)자연나라	50,000원	4kg	12,500	솔잎추출액 + 발아현미
인삼발아현미	(주)자연나라	60,000원	4kg	15,000	인삼추출액 + 발아현미
자연미인 발아현미	(주)nrice	-	-	-	발아현미
거대배아 발아현미	(주)신지	13,000원	800g	15,000	특수품종미 + 발아현미
정원 발아현미	정원산업	51,000원	8kg	6,400	
정원알과화현미	정원산업	42,000원	8kg	5,300	찜쌀

자료: <http://blog.naver.com/wlswndgus/80005765171>

< 기능성 코팅쌀/천연물질첨가쌀의 예 >

상품명	제조사	가격	규격	단가(원/kg)	특징
다이어트 미미 (식이섬유강화쌀)	(주)신지	12,000원	1kg	12,000	홍국, 키토산, 식이섬유 강화
칼슘철분쌀	(주)대덕바이오	54,000원	6kg	9,000	식이성 칼슘철분 코팅
카로틴쌀	(주)대덕바이오	54,000원	6kg	9,000	비타민A(베타카로틴) 코팅
금쌀	(주) PN 라이스	미정	미정	미정	금 코팅
홍삼쌀	(주)한국인삼 쌀	40,000원	1,120g	35,700	홍삼 엑기스 코팅 (무색)
현미홍삼쌀	(주)한국인삼 쌀	45,000원	560g	80,400	현미, 홍삼 엑기스, 허브
홍삼쌀	(주)해뜰날	31,500원	900g	35,000	홍삼, 홍국 첨가(붉은색)
은단쌀	(주)한국인삼 쌀	90,000원	560g	160,700	인삼 엑기스, 순은 코팅
인삼쌀	(주)한국인삼 쌀	30,000원	560g	53,600	인삼 엑기스 코팅
이천인삼쌀	이천마장농협	36,000원	720g	50,000	이천쌀 + 인삼액 코팅
울무쌀	연천농협울무 공장	62,000원	6kg	10,300	울무추출액코팅
현미쭈쌀	아우내농협	3,300원	800g	4,200	쭈추출액함유
황토랑연이랑쌀	일로농협	28,000원	7kg	4,000	연잎차 추출액 함유
가시오가피쌀	강원도농업기 술원	미정	미정	미정	가시오가피추출물
다시마쌀	강원도농업기 술원	미정	미정	미정	다시마추출물
홍화쌀	충북도기술원	미정	미정	미정	홍화추출물
올가을새쌀(키토 산쌀)	안성인터넷직 거래	12,000원	2.8kg	4,300	
키토산쌀	서산영농법인	60,000원	20kg	3,000	
소당미	(주)RNL	99,000원	3.2kg	31,000	당뇨병 개선 목적
저당건강쌀	저당건강쌀	88,000원	12kg	7,300	한약재사용, 청정, 무세미

자료: <http://blog.naver.com/wlswndgus/80005765171>

- 가공처리된 건강기능성 쌀제품들은 태생적 한계가 있어 소비자의 기호에 따라 품종자체를 다양화하려는 노력으로 최근 농촌진흥청 내 국립식량과학원 및 산하 지역농업연구소들에서 다양한 기능성 벼 품종들을 개발하기 시작하였음.
- 식생활이 다양화되면서 가공용 쌀에 대한 요구가 증대되고 건강기능성 쌀의 소비가 촉진됨에 따라 식이섬유가 일반쌀보다 3~4배 많은 다이어트 쌀인 고아미벼2호, 전통주 제조용 쌀인 설갱벼, 항산화 작용으로 노화를 방지하는 안토시아닌 함량이 높은 ‘보석흑찰벼’ 등 여러 가지 기능성을 함유하고 있는 다양한 특수미 품종들이 육성되고 있지만 점점 다양화되고 있음.
- 2008년 농촌진흥청에서 당도가 일반쌀 보다 6.4배 높으며, 장내에서 효소분해 없이 바로 흡수가 가능한 포도당이 7.9%로 일반쌀 1%에 비해 매우 높다. 또한 장내 유익한 비피더스균의 증식에 도움을 주는 식이섬유소인 라피노스가 2.1%로 일반쌀 보다 5배 높아 이 유식용으로 이용할 수 있으나, 천립중(13.8g)과 생산량(현미수량 280kg/10a)이 매우 낮고

현미의 모양이 납작하여 백미로 도정하기가 힘들.

- 그간 우리나라에는 수많은 벼 장려품종이 육성 보급되어 주로 벼 품종간 전분의 이화학적 특성 차이가 연구되었는데 메벼 종실의 배유 및 배 돌연변이체 중 dull 계통의 쌀은 아밀로스 함량이 아주 낮아 전분의 점성이 강하고 팽화성이 크므로 제과용이나 스낵 식품의 원료가 될 수 있고, 분상질 변이 계통의 쌀은 수분흡수율이 높고 호화특성이 달라 증편제조시 부품성이 크고 알콜 발효 시 당도저하가 빠르며 알콜 생산량도 많아 그 이용성이 크다는 것도 밝혀졌음. 이 밖에도 sugary 유전자를 가진 고당미 계통 쌀은 sucrose, glucose, fructose 함량이 많고, 거대배(giant embryo) 변이계통 쌀은 지방함량, 비타민 B₁, B₂ 및 α-tocopherol 생산량이 많아 건강식품의 재료로 유망하다는 것이 밝혀짐.
- 튀김성이 좋고 튀김 정립율이 높은 대립벼 1호는 유과 및 강정재료로 좋고, 향미벼 1호와 같이 구수한 향이 나는 품종의 쌀은 식체제조에 유리하며, 현미 과피가 자색 또는 적색으로 착색되는 유색미(black rice)품종은 항산화활성(antioxidative activity)물질, 항변이원성(antimutagenetic activity)물질을 함유하고 있는 것으로 밝혀지는 등 가공적성 다양화를 위한 많은 기초연구가 부분적으로 발표되고 있음.

< 건강기능성 및 가공용 벼 품종 현황 >

특성		품종수	품종명	특성 및 가공적성
찰 벼		12	신선찰, 진부찰, 화선찰, 상주찰, 동진찰, 보석찰, 해평찰, 눈보라, 한강찰1호 , 백설찰, 보석흑찰, 백옥찰	- 찰성 - 전통식품, 떡 가공
중간찰벼		3	백진주(아밀로스 9%), 백진주1호(11%), 만미(13%)	- 중간정도의 찰성 - 김밥, 현미밥(당노식)
유색	메벼	7	흑진주, 흑남, 적진주, 흑향, 흑광, 홍진주, 흑설	- 흑색 및 적색 종피 - 건강식 현미 혼반용, 천연색소 활용
	찰벼	4	조생흑찰, 신명흑찰, 신농흑찰, 신토흑미	- 흑색 종피, 조생종
향미	메벼	4	향미벼1호, 향미벼2호 , 향남, 미향	- 구수한 향 - 혼반용, 식혜, 떡 가공
	찰벼	2	설향찰, 아랑향찰	- 구수한 향의 찰벼
기능성	고라이신	1	영안벼	- 라이신 고함유(생장발육촉진) - 영양식, 유아이유식
	난소화전분	2	고아미2호, 고아미3호	- 난소화성, 고식이섬유 - 다이어트 식품 가공
	하얀메벼	1	설갱	- 찰쌀 유사 외관 - 홍국균 쌀 제조적성
	거대배	1	큰눈	- 쌀눈 크기 3배, GAVA 고함유 - 발아현미, 혼반용
기타	고당미	1	단미	- 단맛이 나는 쌀 - 쌀과자, 음료 등
	고아밀로스	1	고아미벼	- 고아밀로스 함량 - 분식용, 볶음밥용
	대립	1	대립벼1호	- 쌀 크기 1.5배 - 튀김과자, 양조용
	심백미	1	양조벼	- 심복백이 많은 쌀 - 양조용

*진한글자는 통일형 품종

자료출처: <http://blog.naver.com/kimmk6690/120072714541>

2) 국외 제품생산 및 시장 현황

○ 우리보다 고령화가 먼저 시작된 선진국가들의 경우 노화관련 시장이 오래전부터 형성. 시장조사 전문기관인 Freedonia Group에 의하면 미국시장은 2004년 이미 455억 달러 규모에 이르고 향후 연평균 9.5%씩 성장하여 2009년에는 720억 달러로 확대전망. 대사성질환 관련 의약품과 보톡스와 같은 미용시술, 항노화 화장품, 비타민 등 건강기능식품 등이 현재 노화방지 시장의 큰 축 차지. 최근에는 비만, 수면장애, 금연치료제 등과 같이 생활습관 개선을 유도하는 제품도 주목. 현재 전세계 치매치료제 시장규모는 연간 8조원에 달함.

(LG주간경제 2006.8.21)

- Nutraceuticals, Beauty supplement, Nutricosmetics등으로 다양하게 불리워지는 이 카테고리의 산업은 크게 성장하고 있으며, Datamonitor에 의하면 2003년 미국에서 미용을 위하여 섭취하는 물품(식품, 음료, 식이 보충제)의 시장은 4억 9,650만불로 추정되고 있으며 국내는 아직 천연생체대사성분 연구 인프라부족 과 연구개발 지원미흡을 2004년 기준 300억 규모로 미비하여 잠재시장이 연 1,000억 규모로 신장이 예상됨.(한국보건산업진흥원. 2006.10.27)
- 국제 보건기구에 따르면 천연물의약품시장은 US달러 54billion이상의 가치가 있으며 지속적인성장, 현재 40억명이 1차 healthcare를 위해 천연물 의약품 이용. 전세계에 판매되고있는 상위 25개 제품 중 42%가 생물학체제, 천연물의약품이며 현재 약재에 수채된 의약품 중 25%는 식물 유래 의약품임.(한국보건산업진흥원. 2006. 11. 03)
- 미국의 건강식품시장은 1994년 영양 보조식품 건강 교육법(DSHEA)제정 이후 94년 164억 달러, 96년 210억달러, 98년도 258억달러, 2001년도 529억달러로 매년 두 자릿수의 성장을 보였으며 현재의 성장 추세로 보아 2005년도 미국의 기능성식품 시장은 800억달러를 넘어설 것으로 예측되고 향후 10년간 매년 약 10%의 성장을 지속할 것으로 전망됨. 미국의 기능성 식품 시장은 크게 베이커리·시리얼, 바·캔디·스낵, 유제품·마가린, 기타의 네 부분으로 나뉨. 베이커리·시리얼은 미국 기능성 식품 시장에서 가장 구성비가 높은 부분으로 2001년 판매액이 전년보다 14% 늘어난 7억2800만 달러였음. 이는 시리얼 분야가 FDA로부터 새로운 건강 강조 표시를 허가받음으로써 그 건강 효과를 소비자들에서 더욱 알릴 수 있었으며 많은 시리얼 메이커들이 특수한 대상을 겨냥하여 특수하게 조성한 기능성 제품을 시장에 내놓은 결과로 보임. 기능성 식품 시장은 소비자에 의해 주도되며 노령층 증가에 따라 건강을 유지하고 질병을 예방하며 정상적인 활동을 영위할 수 있는 부분에 많은 관심을 기울이고 있음. 미국인의 약 50% 가량이 식품이 의약품을 대체할 수 있다고 믿는 것과 같이 다수의 사람들이 의약품(처방약/OTC)의 대체품에 많은 관심을 기울이고 있음.
- 유럽은 기능성식품에 대한 특별한 법적 제도가 마련되지 않으나 '영양학적인 효과 이상으로 다른 신체 기능에 효과를 가진 식품'으로 인식하고 있으며 정제나 캡슐 형태의 Dietary supplements는 기능성 식품에 포함하지 않고 있음. 국가별 관심 요인에 대한 조사에선 영국의 경우는 에너지 충전, 튼튼한 뼈, 치아 건강, 유방암 위험률 감소, 콜레스테롤 저하 순이었다. EU는 통일 시장 형성을 하려고 하지만 아직 각국간의 시장 격차가 큼. 미국 NBJ 조사에 따르면 유럽 전체의 건강보조식품 시장 규모는 145억달러이고 나라별로 보면 독일이 56억 달러, 프랑스 25억달러, 영국이 15억달러, 이탈리아가 11억달러, 북유럽 각국이 10억달러, 스페인이 8억달러, 네덜란드가 5억달러로 조사됨.
- 일본에서는 1980년대 후반에 기능성 식품이 등장해 1991년 특정보건용식품 제도를 제도화한 최초의 국가임. 2001년 4월에는 미국의 통상 압력 영향으로 미국의 Dietary supplement의 비타민, 미네랄, 허브류 등의 영양기능식품군으로 포함시키는 보건기능식품 제도를 시행하여 기능성식품과 Dietary supplement 시장과 제품의 국제 경쟁력을 더욱 높이고 있음. 일본에서 건강식품은 일반적으로 영양 성분을 보급하거나 특별 용도에 적합한 것으로 판매되는 식품을 말하고 있으며 범위, 기준 규격을 법률적으로 정하고 있지 않고 일본건강·영양식품협회가 제정한 건강식품 제품의 기준·규격에 따라 자율적으로 50개 품목으로 설정·관리하고 있음.

나. 개발기술의 산업화 방향 및 기대효과

1) 산업화 방향(제품의 특징, 대상 등)

- 기능성 벼 품종이 육성되고 그 작물학적, 영양학적(기능적), 이화학적 가치가 평가됨으로써 후속으로 벼를 이용하는 가공 기술·제품 등이 개발이 이루어지고, 세계적으로 관련분야의 기술 발달의 시발점이 될 것임.
- 미질에 관여하는 새로운 유전자가 탐색되고 유전자지도가 작성되어 유전연구의 발전에 기여하게 되며, 유전자 클로닝의 기반이 마련됨.
- 다양한 건강기능성 물질을 함유하는 기능성 벼 품종들이 육성되고 그 효능이 대해 생리·생화학적으로 구명됨으로써 쌀은 주로 에너지를 얻기 위한 주식의 개념으로부터 종합 건강식품 및 가공식품의 원료로 자리매김하게 되어 특수미 벼 품종 육성이 더욱 활성화 될 것이며, 이 분야의 세계적인 기술적 우위를 점유할 수 있음.
- 벼 유전자원의 기능성물질 프로파일 DB 구축과 이와 관련된 유전자원 유전자 DNA 정보를 연계 구축하여 농업유전자원과 산업정보를 국가차원으로 제공하는 자원정보관리 시스템 개발 및 운영할 수 있고, 추출물 은행 구축 및 산업정보 데이터베이스 개발하여 과제 완결과 함께 추출물 산업적 분양 체계 실용화 할 수 있음.
- 고 기능성 성분을 함유한 유전자원을 활용하여 우수 자원을 선발하고 농가와 계약재배를 통한 기능성 음료제품(콜레스테롤저하, 항산화, 숙취해소 등)을 산업화하는 실용화 과제로 추진가능함.
- 지역에 특화된 기능성 벼 품종이 육성되면 농가에 보급 재배됨으로써 쌀을 이용한 가공원료로 제공될 수 있으므로 쌀이용의 다양화가 가능하게 됨으로 농촌경제의 활성화에 크게 기여할 것임. 따라서 부가적인 국가적 노력이 없어도 쌀 소비가 확대되고 벼 재배면적이 유지됨으로써 식량안보를 달성함과 동시에 막대한 가치를 지니는 논의 공익적 기능(연간 13조 4천억원)을 보전할 수 있음.
- 기능성 쌀은 일본 등 외국에서도 이미 시장이 형성되어 있는 만큼 다른 기능성 벼 품종보다 생산량이 많은 본 연구결과로 얻어진 기능성 벼 품종은 국제시장도 개척할 수 있을 것으로 기대되어 종자 또는 쌀이나 향후 그를 이용한 쌀 가공품의 수출도 가능함.
- 육성된 기능성 벼 품종은 쌀에 대한 천연식품으로서의 이미지 제고와 우리쌀의 경쟁력을 높이는 데 기여함으로써, 쌀에 기반을 둔 우리 전통문화의 계승 발전과 국민의 자긍심 함양에도 기여할 것임.
- 기능성 쌀을 새로운 천연 특수미로 소비자와 관련 제품 생산자에게 공급함으로써 국민 건강 증진에도 기여하고 쌀소비 확대에도 일조할 것임.
- 기능성 벼 품종이 개발 보급되면 벼농사의 일정부분을 점유하게 되고, 그 가치는 과거의 예(흑미)로 보아 일반쌀의 2배를 훨씬 웃돌 것으로 보임. 이 특수미를 전체논의 2% 만이라도 재배할 경우 1천억원 정도의 추가소득 (2008년 우리나라 쌀생산액 9조37백억원 x 2% x ½ ≒ 1천억원)이 발생하여 농가의 소득증대에 크게 기여하게 됨.
- 다양한 기능성 벼 품종과 제품이 개발되면 물론 천연건강식품에 대한 선호도가 증대되어 국내시장에서 소비되겠지만 우리쌀의 품질경쟁력이 향상됨으로써 국제시장도 개척할 수 있을 것으로 기대되는 한편 종자의 수출 또는 제품과 관련된 기술(특허)의 수출도 가능함.
- 개발되는 기능성 쌀을 직접 이용하는 기능성 식품산업과 원료로 이용하는 식품 및 제약

등의 산업분야도 활성화되어 농업 이외의 산업·경제적 효과를 기대할 수 있음.

- 참여기업과 공동연구, 기술이전을 통한 제품화와 참여기업, 농협 등 유통망을 이용 판매 전략을 세우고 선발된 자원과 유효성분 Scale up 기술개발의 전문농가 기술지원시스템 구축을 통한 대량생산 및 농협, 산업체 연계시스템 구축 현재 농민단체와 면천농협협동조합, 해풍영농법인을 통해 가공판매망을 구축하여 산연시스템 구축 가능하고 지역농촌경제에도 큰 도움이 될 것으로 기대됨.

2) 산업화를 통한 기대효과

(단위 : 백만원)

항 목 \ 산업화 기준	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	계
직접 경제효과	10	200	550	1,500	3,500	5,760
경제적 파급효과	150	300	600	1,200	2,000	4,250
부가가치 창출액	60	100	700	1,500	3,500	5,860
합 계	220	600	1,850	4,200	9,000	15,870

- ※ 직접 경제효과 : 본 연구과제 개발기술의 산업화를 통해 기대되는 제품의 매출액 추정치
- ※ 경제적 파급효과 : 본 연구과제 개발기술의 산업화를 통한 농가소득효과, 비용절감효과 등 추정치
- ※ 부가가치 창출액 : 본 연구과제 개발기술의 산업화를 통해 기대되는 수출효과, 브랜드가치 등 추정치

5. 3P(특허, 논문, 제품)분석을 통한 연구추진계획

가. 분석결과 향후 연구계획(특허, 논문, 제품 측면에서 연구방향 제시)

1) 특허분석 측면

- 기존 특허는 한약재와 검증 안 된 식물자원 분야에 치중되어 있으므로, 본 연구과제에서는 다양성과 안정성 그리고 대량생산 가능한 벼 기능성 유용유전자원과 기록성된 기능성 돌연변이 계통의 Scale up 기술을 부여하고 부여된 유용유전자원 및 계통들의 지속적 연구와 상품화 방향으로 연구를 추진하여 지역브랜드 품종개발 및 특허/품종출원을 추진할 계획임

2) 논문분석 측면

- 기존 논문은 어떤 작물에 대해서 마커 혹은 표현형을 이용한 핵심자원 선발 등의 분야에 치중되어 있으므로, 본 연구과제에서는 기존에 보고되지 않은 벼 유전자원을 탐색, 선발하고 기록성된 기능성 돌연변이 계통들의 유전양상을 분석하여 Conservation genetics, Mol breeding 등의 학술지 등에 게재할 계획임.

3) 제품 및 시장분석 측면

- 국내 및 국외시장 분석결과 일반 단순식품원 및 특정단일기능성물질을 활용한 기능성

제품의 생명이 짧아 이들의 제품 생산 및 판매가 이루어지고 있으나, 현재 쇠퇴기에 접어들었으므로, 본 연구과제에서는 다양성과 안정성 그리고 대량생산 가능한 벼 이용 미질관련 기능성 유전자원과 기육성된 기능성 돌연변이 계통에서 선발된 자원의 상품화 방향으로 지역 RPC(면천농협), 해풍영농법인, (주)경성미가와 연계해 연구를 추진하여 보다 효능이 뛰어나고 다양한 브랜드 제품 및 품종 등을 생산하여 국내 및 국외에 판매할 계획임.

- 국내 및 국외시장 분석결과 쌀을 포함한 제품 등의 생산 및 판매가 이루어지고 있으나, 기능성과 가공상의 조잡함으로 현재 쇠퇴기에 접어들었으므로, 본 연구과제에서는 산업화전략을 위하여 초기부터 산업화할 지역 RPC(면천농협), 해풍영농법인, (주)경성미가를 참여기업으로 구성하여 지역연계 품종을 개발하고자 함.
- 특히 본 과제는 5년간의 중장기 과제로 단계적 제품의 전략을 세우고 접근하고자 함. 초기단계에서는 벼 유전자원 및 육성 중인 기능성 돌연변이 계통들에서 기능성물질을 평가, 선발하고 교배나 돌연변이 육종방법으로 새로운 기능성 계통을 육성하고 기육성 중인 고세대 기능성 돌연변이 계통 중에 우수한 계통을 선발하여 품종등록과 제품을 개발하여 제품 및 쌀의 부가가치를 제고하고 관련 산업의 활성화를 도모하고자 함.

주 의

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