

발간등록번호

11-1543000-000258-01

비타민B2를 이용한 식물병 방제 및 비타민 고함유
명품쌀 개발

(Defense of plant disease used by vitamin B2 and
development vitamin rice)

(주) 현농

농림축산식품부

제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

이 보고서를 “비타민B2를 이용한 식물병 방제 및 비타민 고함유 명품쌀 개발에 관한 연구” 과제의 보고서로 제출합니다.

2013년 10월 18일

주관연구기관명 : (주)현농
주관연구책임자 : 김철홍
연구원 : 한송희
연구원 : 박주연
연구원 : 이진희

협동연구기관명 : 나비골유기영농조합
협동연구책임자 : 조대원
연구원 : 조정주
연구원 : 장재원

협동연구기관명 : 생물방제센터
협동연구책임자 : 오병준
연구원 : 김선암
연구원 : 남효송
연구원 : 박준성

요 약 문

I. 제 목

비타민B2를 이용한 식물병 방제 및 비타민 고함유 명품쌀 개발

II. 연구개발의 목적 및 필요성

- 비타민 B2 리보플라빈을 이용한 벼 도열병 방제 기술 개발
- 리보플라빈이 가장 많이 함유될 수 있으며 벼 재배시 발생할 수 있는 도열병과 흰빛 잎마름병을 최대 70%까지 효과적으로 방제할 수 있는 살포 시기 및 횡수 결정
- 비타민 B2가 최대 4배 이상 함유된 가칭 “리보라이스” 시제품 출시와 재배 농법 매뉴얼화

III. 연구개발 내용 및 범위

- 수확된 벼에 가장 많은 리보플라빈이 함유될 최적 살포 시기 결정
- 수확된 벼에 가장 많은 리보플라빈이 함유될 최적 살포 횡수 결정
- 도열병과 흰빛 잎마름병을 방제 할 수 있는 살포 시기 및 살포 횡수 결정
- 최종 수확된 벼의 리보플라빈 함유량 조사
- 수확된 벼의 최종 제품명 결정 (가칭 : “리보라이스”)
- 가칭 “리보라이스” 재배농법 매뉴얼화
- 최종 시제품 출시

IV. 연구개발결과

- 수확된 벼에 가장 많은 리보플라빈이 함유될 최적 살포 시기 결정
- 수확된 벼에 가장 많은 리보플라빈이 함유될 최적 살포 횡수 결정
- 도열병과 흰빛 잎마름병을 방제가 확인
- 최종 수확된 벼에서의 리보플라빈 함유량 확인
- 수확된 벼의 최종 제품명 결정 (가칭 : “리보라이스”)
- 가칭 “리보라이스” 재배농법 매뉴얼화
- 최종 시제품 출시

V. 연구성과 및 성과활용 계획

- 비타민 B2를 포함한 기능성 쌀을 만들면서도 동시에 병방제를 할 수 있는 획기적인 영농 기술 개발
- 유전자 조작에 의한 식물체 자체 생산도 아니고 차후 코팅에 의한 기능성 쌀제조법도 아닌 초기 작물 식재부터 수확기까지 서서히 작물이 흡수할 수 있도록 해주는 새로운 삼입 기법을 개발한 것임
- 수도작에서 성공하여 타 작물 재배 시 원안으로 활용 할 수 있음

SUMMARY

(영문요약문)

I. Title of research

Defense of plant disease used by vitamin B2 and development vitamin rice

II. The purpose and necessity of research and development

- The development of rice blast control technology using vitamin B2 riboflavin
- Deciding of timing and frequency which contains the most vitamin B2 riboflavin by spraying
- Deciding of timing and frequency control of rice blast
- Launch of the prototype containing up to four times more vitamin B2
- Development of the cultivation manual

III. The content and scope of research and development

- Deciding the optimal spray timing and frequency to contain the most vitamins by harvested rice
- Identified control value against Rice Blast and Bacterial Blight
- Development of “Riborice”
- Launch of the prototype

IV. The results of research and development

- Deciding the optimal spray timing and frequency to contain the most vitamins by harvested rice
- Identified control value against Rice Blast and Bacterial Blight
- Development of “Riborice”
- Launch of the prototype

V. Application of results

- The development of breakthrough agricultural technology
- Development of methods rice to absorb the vitamin Non-genetically modified methods
- Present potential applications for other crops
- High added value creation expectations

CONTENTS

(영 문 목 차)

Chapter 1. Outlines of Research	8
Section 1. purposes and necessity of research	8
1. Purpose	8
2. Necessity.....	10
Chapter 2. Current status of related research developed in Korea and other countries	12
Section 1. Related research status in foreign countries	12
Section 2. Related research status in Korea	16
Chapter 3. Results of research	17
Section 1. Determine the optimal timing and frequency of using riboflavin -containing products	17
Section 2. Determine the times and timing of spray for the Control against Rice Blast	21
Section 3. Control of Rice Bacterial Blight by treatment Riboflavin-containing products	25
Section 4. comparative analysis of the elements about vitamin-enhanced rice and plain rice	27
Section 5. Field Application against rice disease.....	34
Section 6. After harvest, milled and stored according to the research content of riboflavin.....	40
Section 7. Development of Prototype	44
Section 8. Creation of Functional rice cultivation manual	51
Chapter 4. Achievements of aims and contribution to related areas	59
Section 1. Achievements of research aims	59
1.1. Aims, evaluation scores and achievements of the first year research	59
1.2. Aims, evaluation scores and achievements of the second year research	60
1.3. Overall evaluation on achievements of the research	61

2. Contribution to related areas	62
2.1. Technical aspects	62
2.2. Academic aspects	62
2.3. Economical and industrial aspects	62
Chapter 5. Application of results	64
Section 1. Industrialization.....	64
Section 2. Education, Public relations	64
Section 3. Patent, Intellectual Pro-erty Right	64
Section 4. Necessity of continuing researches	65
Chapter 7. References	66

목 차

제 1 장 연구개발의 개요.....	8
제 1 절 연구개발의 목적 및 필요성	8
1. 연구개발의 목적	8
2. 연구개발의 필요성	10
제 2 장 국내외 기술개발 현황	12
제 1 절 국외 관련 기술의 현황	12
제 2 절 국내 관련 기술의 현황	16
제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과	17
제 1 절 리보플라빈 함유제품의 최적 사용 시기 및 횟수 결정.....	17
제 2 절 도열병을 최대 방제 할 수 있는 살포 시기 및 살포 횟수 결정.....	21
제 3 절 리보플라빈 함유 제품 처리에 의한 벼 흰잎마름병 방제가 조사.....	25
제 4 절 비타민이 증진된 기능성 쌀과 일반 쌀의 성분 비교 분석	27
제 5 절 농가 포장 검정.....	34
제 6 절 수확 후 도정 및 저장에 따른 리보플라빈 함유량 조사.....	40
제 7 절 비타민 쌀 시제품 개발.....	44
제 8 절 기능성 쌀 재배 매뉴얼 작성 및 활용.....	51
제 4 장 목표 달성 및 관련분야에의 기여도	59
제 1 절 목표 달성도	59
1. 제 1 차년도 연구개발 목표와 평가의 착안점 및 달성도	59
2. 제 2 차년도 연구개발 목표와 평가의 착안점 및 달성도	60
3. 최종평가의 착안점 및 달성도	61
제 2 절 관련분야에의 기여도	62
1. 기술적 측면에서의 기여도	62
2. 학문발전에의 기여도	62
3. 경제, 산업화 측면에서의 기여도	62

제 5 장 연구개발의 활용계획	64
제 1 절 실용화 산업화 계획	64
제 2 절 교육, 지도, 홍보 등 기술 확산 계획	64
제 3 절 특허, 품종, 논문 등 지식재산권 확보계획	64
제 4 절 추가연구, 타연구에 활용 계획	65
제 6 장 참고 문헌	66

제 1 장 연구개발과제의 개요

제 1 절 연구개발의 목적 및 필요성

1.1 연구개발의 목적

연일 국내의 쌀 소비량이 감소하고 있다는 사실이 신문·방송에 의해 보도되면서 다시 한번 "쌀"에 대한 관심이 커지고 있다. 쌀을 연구하는 사람들은 쌀 소비의 마지노선이 1인당 연간 100kg이라고 생각을 했었지만 현재는 1인당 연간 쌀 소비량이 1999년(96.9kg)보다 8.3%나 감소한 88.9kg인 것으로 통계, 발표됐다. 이것은 하루에 평균 밥 2공기를 소비하는 정도에 지나지 않는다.

계속되어 온 쌀 증산정책으로 농민들이 판로에 어려움을 겪고 있는 가운데 과거 증산 위주의 전통적인 쌀 농사 방식에서 벗어난 품질 차별화 전략이 쌀 정책에 우선돼야 한다는 지적이 대두되고 있으며, 현재 쌀 시장의 흐름도 다각화된 제품의 특성과 개성 있는 공정, 다양한 포장단위 등으로 차별화 포인트를 마련해 앞 다투어 시장에서 활로를 찾는 노력을 기울이고 있는 실정이다.

기능성 쌀은 크게 3가지 공정으로 생산된다. 첫째는 재배 육종이다. 쌀의 부가적인 기능을 부여하는 방법으로 유전자 조작이나 시비조건을 달리하여 재배함으로써 특이한 부가적인 기능이 발현되는 벼를 생산하는 것이다. 이 방법으로 생산되는 대표적인 기능성 쌀은 현재 일본에서 재배, 시판되고 있는 알레르기 방지용 쌀을 들 수 있다. 유전자 조작에 의한 품종 개량으로 지금까지 쌀밥 알레르기의 원인 물질인 글로블린계 단백질의 함량을 2~3%이하로 조절한 제품으로 아토피성 피부염에 민감한 소비자에게 안심하고 쌀밥을 즐길 수 있도록 개발한 제품이다. 그밖에 생명공학 기법으로 재배한 기능성 쌀은 찰진 밥맛을 증진시키기 위한 저아밀로스 함유 쌀, 유기 게르마늄을 쌀에 축적되게 재배한 게르마늄 쌀, 그리고 도정시 배아가 살아 있도록 육종한 거대 배아미 등을 들 수 있다. 생명공학 기법을 이용한 기능성 쌀은 앞으로도 무궁무진하게 개발될 것으로 예견되나 개발기간이 최소 7년 이상의 장시간이 소요되고, 안정성도 검증단계에 있기 때문에 경제적인 면에서 검토할 여지가 많다.

두 번째는 버섯쌀로 잘 알려진 기능성 쌀로 이는 쌀을 수세후 증자 살균하여 이것에 각종 버섯의 배양액을 접종하여 10일 이상 일정한 배양조건에서 재배한 쌀이다. 이들 제품은 주로 각종 항암성 버섯류의 효능을 직접 부여한 제품으로 그 효능은 버섯류와 비슷한 것으로 홍보되고 있으나 밥으로서 쌀 자체의 기능이 매우 취약하기 때문에 소비자의 이용범위는 매우 한정되어 있다. 즉 100% 버섯쌀 제품으로 취반하여 밥을 짓기가 곤란하고 일부를 백미와 혼합하여 밥을 짓는다고 하여도 식미가 떨어지고 버섯 특유의 이미지와 이취 때문에 일반소비자들이 쉽게 선택하지는 못하고 있다. 그리고 장시간의 제조공정이 소요되기 때문에 제조비용이 많아 일반 시중가격도 일반쌀에 비하여 2~3배의 고가로서 경쟁력이 감소한다.

셋째는 씻어나온쌀에 기존의 각종 기능성 물질을 코팅하여 제조하는 기능성 쌀이다. 이들 기능성 쌀은 기존의 효능과 안전성이 검증된 물질을 필요한 양만 첨가하는 공법이기 때문에 가장 경제적이고 다양한 제품을 개발할 수 있다.

지금까지 국내에서도 기능성 쌀에 대한 연구가 많이 진행이 되었으며 현재로서도 진행 중에 있는 관심 있는 과제중의 하나이다. 하지만 유전자 조작을 통한 기능성 쌀의 개발은 GMO에 대한 소비자의 안 좋은 선입관이 국내 유통 상에 아직까지는 GMO가 허락되지 않는다는 단점이 존재한다. 또한 코팅쌀의 경우도 소비자에게 씻지 말고 바로 먹기를 강요하고 있고 포장이나 보관 중에 코팅된 기능성 물질들이 유실되는 단점이 있다. 마지막으로 기능성 쌀을 개발하는 것에 대한 단편적인 연구는 많았지만 병방제와 동시에 기능성 쌀을 만드는 연구는 시도되지 않았다. 따라서 본 연구가 성공적으로 수행이 된다면 지금까지 시장에 돌아다니는 기능성 쌀에 대한 새로운 시작을 개척할 것으로 판단되어지며 가격 경쟁 면에서도 월등한 우위를 점하고 있어 타 경쟁사와 비교하여 시장 점유가 비교적 수월할 것으로 판단된다.

□ 비타민 A를 함유한 황금쌀이 이미 개발되었다.

○ 최근 농진청에서 비타민 A를 함유한 황금쌀이 개발되었으나 이것은 유전자 조작을 통한 GM 작물로서 국내 시판이나 생산이 현실적으로 어려운 상황이다.

○ 단지 기능성 물질인 비타민 A만 함유하고 있을 뿐 도열병이나 흰빛 잎마름병에 대한 저항성 유도 효과는 전무하다.

□ 기존의 코팅형 기능성 쌀도 많이 개발되어 있다.

○ 다양한 기능성 쌀이 이미 개발되어 있다. 하지만 작물 재배 후 코팅이라는 한계를 벗어나지 못해 세척에 의해 유실되거나 포장 과정이나 유통 과정 중에 기능성 물질의 손실이 발생한다.

○ 본 제품의 경우 작물 생육 기간중 살포함으로서 작물이 리보플라빈을 흡수하게 하여 도열병이나 흰빛 잎마름병에 대한 저항성을 유도하고 차후에는 체내의 리보플라빈이 축적되어 있어 코팅에 의한 손실이 발생하지 않는 장점이 있다. 또한 저항성 유도라는 측면에서 무농약으로 작물을 재배함에 다른 약제의 사용량을 줄이고 좀 더 친환경 적으로 작물을 재배 할 수 있는 두 가지 장점을 지니고 있다.

□ 두 마리 토끼를 이용한 가격 경쟁력과 새로운 상품의 탄생

○ 본 연구결과를 바탕으로 완성된 비타민 B2를 함유한 고기능성 쌀의 경우 리보플라빈을 함유하게 함과 동시에 병을 방제할 수 있는 시스템으로 기능성 쌀을 만드는데 추가적으로 들어가는 비용이 적어 가격적인 경쟁력을 지니고 있으며 식물체내 주입식이라는 점에서 가공이 간단하고 포장이 일반 벼의 포장과 마찬가지로 특별한 시설을 요하지도 않는다. 또한 비타민 쌀이 주는 기능성 의미는 요즘 웰빙을 생각하는 소비자에게 딱 맞아떨어지는 구미를 제공할 것이며 관련 산업의 파급 효과도 클 것으로 예상된다.

1.2 연구개발의 최종 목적

- 비타민 B2 리보플라빈을 이용한 벼 도열병 방제 기술 개발
- 리보플라빈이 가장 많이 함유될 수 있으며 벼 재배시 발생할 수 있는 도열병과 흰빛 잎마름병을 최대 70%까지 효과적으로 방제할 수 있는 살포 시기 및 횟수 결정
- 비타민 B2가 최대 4배 이상 함유된 가칭 “리보라이스” 시제품 출시와 재배 농법 매뉴얼화

1.3 연구개발의 필요성

- 국제적인 WTO나 FTA 시대에 지역농업 경쟁력 향상과 농가소득창출을 위하여 지역 특성에 맞는 신소득 작목을 육성 지역, 경제를 활성화 시키는 연구가 절실히 요구되는 상황이다.
- 현재 국내 쌀 재배농가의 경우 쌀 시장의 수입 확대와 쌀 생산량 확대 및 국내 쌀 수요량 감소로 인하여 3중고의 고통 속에 지속적인 소득 감소를 안고 가고 있는 실정이다.
- 이러한 다양한 이유로 일반벼 재배만으로는 농가소득을 높이는 데 한계가 있어 최근 친환경·기능성 쌀 재배에 농가뿐만 아니라 정부에서도 대단한 관심을 지니고 있다.
- 리보플라빈(비타민 B2)은 적혈구 생성, 항체생성, 세포 호흡 및 성장에 필수적이다. 리보플라빈은 눈의 피로를 완화하며 백내장의 예방 및 치료에 중요하고 탄수화물, 지방 및 단백질의 대사를 돕는다. 비타민A와 더불어 소화관의 점막조직을 유지하고 개선하며 피부, 손발톱 및 머리카락의 조직에서의 산소 이용을 촉진하고 비듬을 방지하고 철과 비타민B6 (피리독신)의 흡수를 돕는다. 임신 중에 리보플라빈이 부족하면 산모가 결핍증을 나타내지 않더라도 발육 상태의 태아를 손상할 수 있으므로 적절한 양의 리보플라빈의 섭취는 매우 중요하다. 리보플라빈은 체내에서 니아신으로 전환되는 아미노산인 트립토판의 대사에 필요하며 팔목터널(carpal tunnel)증후군은 리보플라빈과 비타민B6이 포함되는 처치프로그램으로 호전될 수 있다.
- 리보플라빈의 결핍증상으로는 구각 균열 및 궤양, 눈 질환, 입과 혀의 염증 그리고 총체적으로 리보플라빈 결핍증이라고 하는 일단의 증후군인 피부병변이 있다. 기타 결핍증으로는 피부염, 현기증, 탈모, 불면증, 빛에 대한 과민성, 소화불량, 성장장애 및 정신반응 지연이 있다.
- (주)현농이 개발한 저항성 유도 제품의 경우 리보플라빈과 아미노산을 결합한 제품으로서 작물에 살포했을 때 다양한 식물 병에 대한 저항성 유도 기작을 발휘한다고 알려져 있다.
- 특히 나비골 유기영양조합에서 실제 벼 재배시 사용한 결과 벼의 도열병과 흰빛 잎마름병에 탁월한 효과가 있음을 확인하였다.
- 또한 제품 자체가 고농도의 비타민 B2를 함유하고 있기 때문에 살포된 벼에서의 비타민 B2의 함유량 역시 비타민을 살포하지 않은 다른 일반 벼에 비해서는 월등히 높을 것으로 판단된다.
- 실제 (주)현농에서 나주의 배과원을 대상으로 살포 실험을 하여 실제 비타민 B2의 함유량을

분석한 결과 제품을 처리한 처리구에서 약 2.6배 이상의 비타민 B2가 검출되었음을 확인하였다.

○ 따라서 본 연구에서는 이와 같은 기술을 적용하여 벼에서 발생하는 다양한 병도 예방하고 더 나아가 비타민 B2가 풍부하게 함유된 기능성 벼도 생산하여 농가 소득에 이바지 하고자 한다.

제 2 장 국내외 기술개발 현황

제 1 절 국내 관련 기술의 현황

1. 버섯쌀

백화점, 할인점 등 대형 유통점에서 버섯쌀을 보기란 어렵지 않고 찾는 사람도 많아졌다. 일부 호텔에선 상황버섯쌀로 만든 이탈리아식 볶음밥을 내놓는 등 고객의 입맛을 유혹하기도 한다. 버섯과 쌀이 만나 새로운 쌀 시장을 형성하고 있는 것이다. 대표적인 기능성쌀로 각광받고 있는 버섯쌀은 버섯의 '확실한' 효능이 부가되면서 수요가 점차 늘고 있다.

버섯은 예로부터 면역증강 작용과 항암 효과가 뛰어난 것으로 알려져 있다. 특히 약용 버섯인 영지 상황 동충하초 아가리쿠스 등은 다른 버섯보다 항암효과가 뛰어나다. 때문에 이들 버섯에서 추출 가공한 다당체들을 중심으로 한 항암제 건강식품 건강음료 등이 개발된 것도 그런 이유다. 버섯이 이처럼 건강에는 좋지만 재배의 어려움, 비싼 가격 등으로 '밥먹듯'할 순 없는 것이 현실. 하지만 앞으로 몸에 좋은 버섯을 매일 먹을 수 있게 됐다. 쌀이나 보리에 버섯균을 배양해 만든 버섯쌀이 속속 선을 보이고 있어서다. 대덕 바이오, 미농바이오, P&F 바이오텍, 신바이오텍, 이지바이오시스템 등 바이오 벤처들은 지난해부터 버섯쌀을 상품화해 시장에 내놓고 있다.

경기도 화성군에 위치한 미농바이오는 99년 10월 국내에선 처음으로 버섯쌀을 상품화, 기능성쌀 시장에 포문을 열었다. 미농바이오는 현재 상황버섯쌀, 동충하초버섯쌀, 상황버섯보리쌀 등을 월 25t씩 생산하고 있다. 지난해엔 버섯 쌀로만 4억 8천만 원의 매출을 올렸고, 올해엔 15억 원 이상의 매출을 목표로 하고 있다.

미농 바이오는 체계적인 판매망 구축을 위해 대형백화점 할인점은 양곡유통업체인 두보식품에, 농협유통망은 화성 정남농협에 판매를 맡겼다. 그리고 지방 등 일반 소비자 시장엔 자체적으로 대리점 45곳을 구축해 운영하고 있다.

이 회사는 또 버섯쌀 수출에도 적극 나서고 있다. 이미 8월 중에 일본 양곡유통회사인 일본도쿄 푸드에 월 10t씩 수출계약을 맺었고 중국시장 진출을 위해 공장 설립을 준비하고 있다. 미농바이오는 앞으로 주식으로 버섯쌀을 먹을 수 있도록 다이어트와 당뇨예방이 되는 신제품도 개발할 계획이다.

충남대학교내 산학연 연구실에 위치한 대덕바이오는 중국에서 2천 년 전부터 비방으로 구전돼 왔던 홍버섯이라 불리는 모나스커스(Monascus)균을 쌀에 배양한 홍버섯쌀을 개발, 판매하고 있다. 모나스커스 성분인 로바스타틴은 콜레스테롤을 억제해 비정상적인 혈중 지질 농도를 낮추는데 효과적인 천연물질이다.

대덕바이오는 지난 5월 본격적인 홍버섯쌀 판매를 위해 6억 원 규모의 대량생산 설비를 구축완료하고 월 20t씩 생산하고 있다. 홍버섯쌀은 현재 대형백화점 할인점 양곡도매상에 공급되

고 있으며, 급식시장에도 조만간 선보일 예정이다.

대덕 바이오는 홍버섯쌀에 대한 수요가 늘어남에 따라 현재 개발완료 단계에 있는 영지버섯쌀, 상황버섯쌀, 동충하초버섯쌀, 아가리쿠스버섯쌀 등을 10월부터 차례로 출시할 계획이다. 최근까지 홍버섯쌀로 5천만 원어치를 판매한 대덕바이오는 올해 말까지 약 1억 원의 매출을 목표로 하고 있다.

쌀의 고장 충북 청원의 한 폐교에 등지를 든 P&F 바이오텍도 올해 3월 버섯쌀 5종을 출시했다. 800g 포장단위로 상황버섯쌀, 동충하초쌀, 영지버섯쌀, 표고버섯쌀, 느타리버섯쌀을 판매하고 있다.

쌀은 청원군 남일면 청남농협 종합미곡처리공장에서 공급받아 연간 30t씩 생산하고 있다. 현재 갤러리아백화점, 애경백화점, 농협하나로마트청주점 등에서 판매하고 있다. P&F 바이오텍은 보다 적극적인 판매를 위해 2곳의 총판을 최근 확보했다. 제품 출시 이후 7월말까지 1천 500만원의 매출을 올렸다. 신바이오텍은 지난해 6월부터 현미영지버섯쌀, 현미아가리쿠스버섯쌀, 흑미동충하초버섯쌀 등을 개발 판매하고 있다. 현재 영지버섯쌀을 월 10t씩, 아가리쿠스버섯쌀과 동충하초쌀은 월 3t씩 생산하고 있는 신바이오텍은 지난해 이들 제품으로 약 3천만 원의 매출을 올렸다. 올해는 이미 상반기에 8천만 원의 매출을 올리는 등 영업에 호조를 보이고 있으며 올해 매출 목표는 15억 원으로 내다보고 있다.

신바이오텍은 지난 3월 미국 LA와 뉴욕에 영지버섯쌀, 아가리쿠스버섯쌀, 흑미동충하초쌀 4t을 수출하기도 했다. 이지바이오시스템도 콜레스테롤을 줄여주는 보리에 홍국균을 발효시켜 만든 홍국보리쌀을 개발, 판매하고 있다. 이 회사는 자회사인 좋은 나라를 통해 '오케이콜'이란 상품명으로 팔고 있다.

이지바이오시스템은 홍국을 보리쌀에 적용하여 홍국보리를 출시하였고, 이지바이오시스템은 앞으로 음료수, 주류, 과자, 육류 가공품, 잡곡류 등에 버섯균을 배양한 기능성쌀을 개발할 계획이다.

2. 기능성 코팅쌀

식탁을 차지하려는 기능성쌀의 기세가 등등하다. 현재 10여개사로 추정되는 업체들이 갖가지 "기능"을 덧입힌 쌀들을 잇달아 선보이며 양곡코너를 점령해 나가고 있다.

현재 시중에 나온 쌀 가운데 기능을 부가한 상품으로 가장 먼저 들 수 있는 것은 홍국을 이용한 쌀, 현재 바이오벤처기업인 (주)제네틱카와 (주)MBIO(엠바이오) 등이 홍국쌀을 내놓고 있다. 홍국은 <분초강복>에 소화를 도와 혈액흐름을 원활하게 도와주는 작용을 하는 것으로 기록된 붉은곰팡이의 일종으로 일본에서는 홍국을 소재로 한 두부, 면, 장류, 술 등 40여종의 제품이 개발됐을 정도로 인기가 높다. 제네틱카 마케팅팀 황의완 팀장은 "지난 4월부터 시판에 들어가 특별한 홍보가 없었는데도 소비자들 반응이 좋아 기대 이상의 매출을 올리고 있다"며 "홍국을 이용한 라면, 빵, 두부 등의 제품을 선보이기 위한 작업을 추진 중"이라고 말했다.

쌀을 도정 세정하는 과정에 변화를 주거나 흡착코팅 등을 통해 기능을 보강한 쌀들도 있다.

도정후 유통과정에서 맛과 색이 변하고 벌레가 생기는 등의 부작용을 없앤 제품들이다.

먼저 들 수 있는 기업은 (주)라이스텍. 도정 세정 후 남은 균이나 먼지 등 잔류호분층을 완전 제거해 따로 쌀을 씻지 않고 밥을 해먹을 수 있도록 한 쌀을 "미래미-씻어나온쌀"이라는 이름으로 판매중이다.

바이오항균소재광촉매 등을 제조하는 벤처기업 (주)바이오세라에서는 자체 개발한 바이오워터시스템을 이용해 가공한 "건강담은쌀"을 판매중이다. 한국바이오농산(주)에서는 생명공학기술을 활용해 기능성 증대 효과를 강화한 "활성비타민쌀"로 경쟁에 나서고 있다. 이밖에 (주)인산에서는 DHA 토크페를 칼슘, 올리고당 등을 코팅한 "알청미"를 판매하고 있으며 동네방네에서는 칼슘 올리고당을 흡착코팅한 "21C플러스"를 판매하고 있다.

3. 씻어 나온 코팅쌀

"건강과 환경"이라는 관심사를 모두 만족시킨 씻지 않아도 되는 기능성 쌀이 바로 "씻어 나온 쌀"이다. 밥을 짓기 전에는 반드시 쌀을 씻어야 하는 수작업이 따른다. 백미에는 미곡분이 남아 있기 때문에 이를 깨끗이 씻어 내는 일은 맛있는 밥을 짓기 위한 매우 중요한 조건인 것이다. 소비자들이 쌀밥을 멀리하는 원인 중의 하나로서 취사하는 데 손이 많이 간다는 점, 특히 쌀 씻는 번거로움을 들 수 있다. 또한 근년에 쌀을 씻는 드물의 배수가 하천오염의 원인으로 대두되면서 문제가 되고 있다.

특히 씻어 나온 쌀은 기본적으로 가정에서 씻는 번거로움을 없애준다는 점 이외에도 가공과정에서 쌀의 탁도나 백도 등 쌀의 외관을 향상시킬 수 있는 기능성 물질이 보장되어 쌀의 품질향상에 기여할 수 있을 뿐 아니라 앞에서 언급된 기능성 코팅쌀을 생산하는데 없어서는 안 될 전처리 제품이다. 왜냐하면 기능성 코팅미의 경우 기본적으로 백미에 기능성 물질을 코팅하여 제조되는 관계로 취사전 가정에서 세미과정에서 보강성분의 손실이 많이 발생한다면 제품 효능상의 문제가 발생할 수 있기 때문이다. 따라서 기능성 코팅미의 경우 기본적으로 씻어 나온 쌀에 코팅기술을 접목하여 소기의 영양성분을 보장하는 것이 필요하다. 이런 면에서 씻어 나온 쌀은 그 자체만으로도 기능성 쌀일 뿐만 아니라 다양한 기능성 쌀의 원료로도 기능을 하고 있다는 점에서 그 의미가 있다고 보겠다.

씻어 나온 쌀의 효용성과 유통이 사회적으로 어떠한 영향을 미칠 것인가에 대해 열거하면 크게 다섯 가지로 요약된다.

그 첫째가 간편성이다. 씻어 나온 쌀은 정미 후의 호분층과 미곡분이 깨끗이 제거되어 있으므로 가정에서 쌀을 씻는 번거로움이 생략된다. 또한, 흡수성이 우수하므로 보통 쌀보다 취반시 침적시간이 짧고, 취사전 준비 작업이 간편해진다.

두 번째는 경제성이다. 수작업 또는 기계로 쌀을 씻으면 백미의 약 2.0%가 드물로 배출되어 중량이 감소하지만, 씻어 나온 쌀은 씻을 필요가 없으므로 중량이 줄지 않는다. 또한 쌀을 대량으로 사용하는 외식산업에서는 노동력, 수도세 절감과 함께 세미배수처리시설이 필요 없어 경비를 절감할 수 있다.

세 번째는 보존성이다. 지방, 단백질이 많은 호분층을 제거하므로 쌀의 산화가 느리고, 벌레가 발생되지 않기에 장기보존이 가능하다.

네 번째는 품질의 향상이다. 씻어 나온 쌀 처리는 기계로 균일하게 하므로 수작업으로 해야 하는 세미에 비하여 편차가 없고 취반상태가 일정하다. 또한 식미가 나쁜 품종 및 묵은 쌀의 식미 개선이 가능하다. 취사후 밥의 식미는 기간이 경과하더라도 금방 지은 밥맛을 장시간 유지할 수 있다.

그러나, 씻어 나온 쌀의 생산라인에서 발생하는 모든 쌀뜨물은 100% 회수하여 단계별로 농축해 식재료, 비료, 의약품, 화장품 재료로 가공해 판매 된다. 한국식품개발연구원에서 국내 최초로 국산화 하여 실용화한 씻어 나온 쌀의 제조설비는 벤처기업인 (주)라이스텍에 기술 이전하여 2001년 20억 원의 씻어 나온 쌀 매출실적을 기록하였으며 제조설비는 농협 및 전국 600여 미곡처리장에 공급, 쌀의 품질향상과 환경보전에 앞장설 계획이다.

4. 기존 기능성 쌀의 문제점

버섯쌀은 주로 각종 향암성 버섯류의 균체효능을 직접 부여한 제품으로 효능은 버섯류와 비슷한 것으로 홍보되고 있으나 밥으로서의 기능이 매우 취약하기 때문에 소비자의 이용범위는 매우 한정되어 있다. 즉 100% 버섯쌀 제품으로 취반하여 밥을 짓기가 곤란하고 일부를 백미와 혼합하여 밥을 짓는다고 하여도 식미가 떨어지고 버섯 특유의 이미와 이취 때문에 일반소비자들이 쉽게 선택하지는 못하고 있다. 그리고 장시간의 제조공정이 소요되기 때문에 제조비용이 많아 일반 시중가격도 일반쌀에 비하여 2~3개의 고가로서 경쟁력이 떨어진다.

기능성 쌀 관련 특허 중 가장 많이 등록된 기술은 파보일드 라이스(벼를 물에 담갔다가 물을 빼고 찌서 말린 다음에 도정 한 것) 관련특허가 27건으로 전체의 41.5%를 차지하고 있다. 특이한 성분을 첨가하여 가공한 쌀로서, 씻은 쌀(무세미)에 천연물질을 흡착 코팅하거나, 쌀을 도정, 세정하는 과정에 변화를 주어 부가적인 기능을 부강한 쌀과 그 제조 기술을 말하는 것이다.

기능성 쌀 관련 특허는 대부분이 특이한 성분을 첨가하여 가공한 기술로 무세미(씻은 쌀), 발아현미, 기능성 코팅한 쌀, 균 배양 쌀에 관련된 기술로 나눌 수 있다. 무세미는 세척과정이 없이 가정에서 즉시 취반이 가능하도록 만들어져 있지만 가공 과정상의 비용이나 가정에서 한번 더 세척을 하는 과정에서 기능성 물질 코팅이 벗겨서 손실되는 부분이 많은 문제점으로 작용하고 있다.

제 2 절 국외 관련 기술의 현황

국내 보다 훨씬 앞서 이미 해외에서는 쌀에 대한 기능성 소재로 알려진 물질을 코팅하여 기능성 쌀을 제조하려는 연구와 쌀 자체에 기능성을 부여하는 연구들이 활발하게 진행되고 있다. 일본에서는 초기에 식이섬유와 단백질, 무기질을 개선하기 위한 노력으로 도정을 적게 한 현미를 권장했다. 그러나 밥맛이 좋지 않아 소비자의 관심이 증가되지 않자 현미를 발아하여 발아 현미를 현미 대응품으로 제시했다. 현미가 발아될 때 생성되는 기능성 물질을 강조함으로써 쌀의 새로운 면을 부각시켰다. 또한 도정과정 중에 생산되는 부산물인 배아도 중요한 소재로 활용이 가능하다.

호주나 기타 유럽국가에서도 우리나라보다 더 앞서 기능성 쌀에 대한 연구를 진행하였으며 버섯 쌀이나 코팅 쌀 등에 관한 다수의 연구결과를 보유하고 있고 이미 실용화 하여 소비자들에게 판매하고 있는 실정이다.

단 국외 기술에 있어 국내 기술보다 현저히 앞서 있는 기능성 쌀 제조 기술의 형질전환을 통한 유전자 조작 식품 개발 기술이다. 최근까지 언론에서 다루고 있는 것이 바로 비타민 A의 함유량을 높인 황금쌀 생산 프로젝트다. 이 연구개발의 목적은 전 세계적으로 1억~2억에 이르는 어린이들이 비타민A 결핍으로 고통 받고 있으며, 이 가운데 5천만 명은 아프리카 사하라이남 지역의 어린이들인데 이들에게 황금 쌀을 제공하므로써 국제 보건 복지 향상에 기여하겠다는 뜻인데 보도에 따르면, 비타민A 결핍으로 사망하는 미취학아동은 매년 130만~250만 명에 이른다고 한다. 또한 개발도상국에서 비타민A 결핍으로 시력을 잃는 경우는 매해 25만 건에 달한다. 이 같은 비타민A 결핍으로 인한 피해를 최소화하기 위해 유럽의 과학자들은 비타민A가 강화된 쌀품종에 대한 연구를 진행하고 있다. 스위스연방기술연구소(Swiss Federal Institute of Technology)의 Ingo Potrykus와 프리버그대학(University of Freiburg)의 Peter Beyer는 체내에서 비타민A로 전환하는 베타카로틴(Beta-carotene)을 다량 함유한 황금쌀(Golden Rice)을 개발해 왔는데, 이 GM쌀은 일반 쌀작물에 두개의 수선화 유전자와 박테리아 유전자를 삽입하여 만들어졌다. 그러나 이 황금쌀 300그램은 성인의 하루 비타민 섭취량의 20% 밖에 공급하지 못한다. 따라서 하루에 150그램 미만의 쌀을 소비하는 미취학어린이들의 경우, 하루 비타민 권장량 가운데 10% 정도만 공급받게 되는 것이다. 황금쌀을 연구하고 있는 연구소에 따르면, 반대활동가들과 환경단체에 의해 필리핀의 시험재배지가 파괴당했음에도 불구하고 2년 내에 상업화를 달성하는 것을 목표로 황금쌀에 대한 연구를 지속할 것이라 한다.

즉 유전자 조작을 통한 기능성 쌀 개발의 경우 목적은 타당하나 이미 오래전부터 환경단체나 보수단체 및 농가로부터 의면당하고 있고 소비자 또한 자신의 식탁에 유전자 조작된 농작물을 올리는 것을 꺼리고 있는 실정이다.

본 연구에서 진행하고 있는 비타민 B2의 주입식 고품질 기능성 쌀의 경우 지금까지 연구 개발된 버섯쌀이나 코팅쌀 제작 기술과는 차별되는 기술이며 유전자 조작에 의한 변형 기술이 아니기 때문에 소비자나 환경단체의 우려를 잠식시킬 수 있는 기술이다.

제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과

제 1 절 리보플라빈 함유제품의 최적 사용 시기 및 횟수 결정

리보플라빈 함유 제품의 최적 사용 시기 및 횟수를 결정하기 위하여 기내 실험을 실시하였다. 벼를 파종 후 1회에서 3회까지 비타민 B2가 포함된 저항성 유도제를 살포하여 최종 리보플라빈 함유량을 조사하였으며, 벼의 품종으로는 호평을 사용하였다. 영양생장기부터 생식생장기까지 걸쳐 벼에 총 1회에서 3회까지 살포한 후 수확기에 탈곡하여 리보플라빈의 함유량을 조사한 결과 영양생장기 1회 살포 때는 무처리구에서 약 0.2ppm의 리보플라빈이 검출되었으며 비타민 제품 500배 희석 처리구와 1,000배 희석 처리구에서 각각 0.39ppm과 0.37ppm으로 약 1.9배 정도의 차이가 남을 확인하였다. 영양 생장기 2회 살포했을 경우 무처리구는 약 0.18ppm, 비타민 제품 500배와 1,000배 희석 처리구에서는 각각 0.53ppm, 0.43ppm으로 약 2.9배 정도의 함유량에 차이를 보였으며 영양생장기부터 생식생장기까지 총 3회 살포했을 경우 무처리구는 약 0.22ppm인 것에 반해 비타민 제품 500배와 1,000배 희석 처리구에서는 각각 0.57ppm, 0.84ppm으로 최대 4배 가까운 차이가 있음을 확인하였다 (표.1, Fig. 1).

표.1. 처리 횟수별 알곡에서의 비타민 함유량

1회 처리구 (단위 ppm)				
알곡	1	2	3	average
무처리	0.207	0.221	0.198	0.208±0.006 c
500X	0.371	0.409	0.392	0.391±0.001 a
1000X	0.393	0.392	0.312	0.365±0.026 b

2회 처리구 (단위 ppm)				
알곡	1	2	3	average
무처리	0.203	0.211	0.209	0.183±0.002 c
500X	0.545	0.514	0.535	0.531±0.009 a
1000X	0.441	0.431	0.412	0.428±0.008 b

3회 처리구 (단위 ppm)				
알곡	1	2	3	average
무처리	0.211	0.221	0.234	0.222±0.006 c
500X	0.567	0.558	0.587	0.571±0.008 a
1000X	0.884	0.811	0.817	0.837±0.023 c

본 결과를 바탕으로 리보플라빈 함유 제품을 벼에 살포할 경우 단 1회 처리보다는 3회 살포 하였을 때 알곡에서 1회 처리시보다 약 4배 높은 비타민 함유량을 얻을 수 있음을 확인하였다.

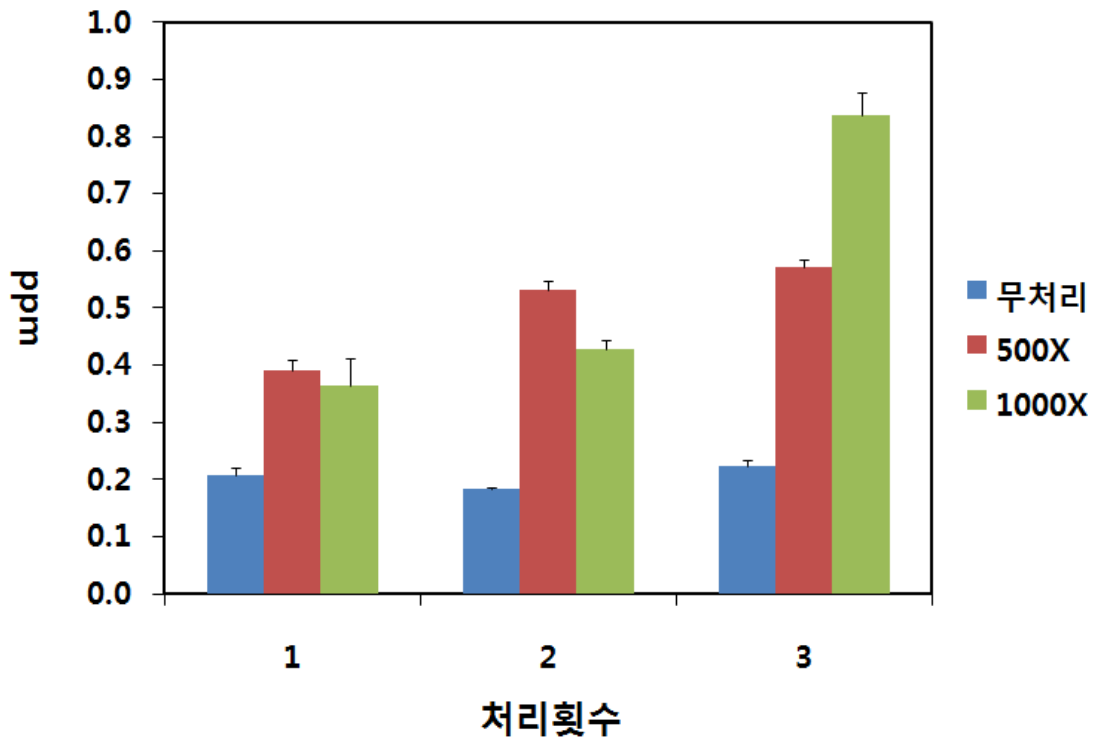


Fig. 1 비타민 처리횟수에 따른 알곡에서의 비타민 함유량

알곡 이외의 줄기에서의 비타민 함유량을 조사한 결과 1회 처리시나 3회 처리시 모두 무처리구와 비교하여 비타민 제품 500배 희석액과 1,000배 희석액에서 약4-5배 높은 리보플라빈을 함유하고 있음을 알 수 있었다(표.2, Fig 2). 본 결과를 바탕으로 알곡에서는 3회 처리 시에 무처리구와 비교하여 약 4배 정도 비타민 함유량이 높아지지만 줄기에서는 1회 살포만으로도 4 배 이상의 비타민 함유량의 차이를 나타내는 것을 확인하였고 비타민을 살포한 줄기를 부산물로 사용하였을 경우 또 다른 고부가가치의 효과를 지닐 수 있을 것으로 예상된다.

표2. 처리 횟수별 줄기에서의 비타민 함유량

1회 처리구 (단위 ppm)				
줄기	1	2	3	average
무처리	0.207	0.213	0.221	0.213±0.004
500X	1.021	0.984	1.029	1.011±0.013
1000X	0.843	0.842	0.789	0.824±0.017

2회 처리구 (단위 ppm)				
줄기	1	2	3	average
무처리	0.188	0.201	0.199	0.196±0.041
500X	0.895	0.987	0.996	0.959±0.032
1000X	0.765	0.563	0.767	0.986±0.067

3회 처리구 (단위 ppm)				
줄기	1	2	3	average
무처리	0.188	0.201	0.199	0.196±0.004
500X	0.994	1.011	0.988	0.998±0.006
1000X	0.657	0.789	0.887	0.778±0.006

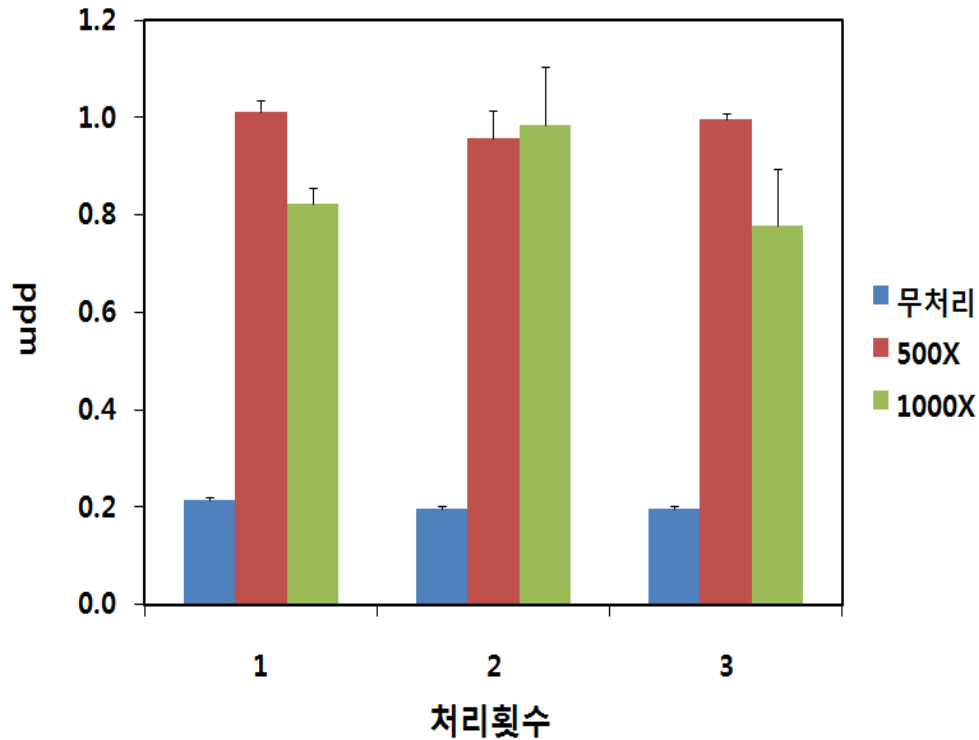


Fig. 2 비타민 처리횟수에 따른 줄기에서의 비타민 함유량

비타민 제품의 최적 살포시기를 결정하기 위하여 벼를 영양생장기와 생식생장기로 나누어 함유량이 최대가 되는 처리시기를 확인하였다. 영양생장기에 3회를 처리하고 수확하여 비타민 함유량을 분석하였을 때 무처리구는 약 0.2ppm 정도의 리보플라빈을 함유하고 있었고 이에 비해 비타민 제품 500배 희석 및 1,000배 희석 처리구에서는 각각 0.39ppm, 0.37ppm으로 약 1.6-1.8배 높아짐을 알 수 있었다. 이에 반해 생식생장기에서는 무처리구 0.22ppm에 비해 각각 0.77ppm, 0.84ppm으로 약 3.5-3.7배가량 비타민 함량이 높아짐을 확인하였다(표.3, Fig 3). 본

결과를 바탕으로 리보플라빈의 함유량을 높이기 위해서는 영양성장기때 보다는 생식성장기에 집중적으로 살포하는 것이 가장 효과적이며 생식성장기가 비타민 제품을 살포할 수 있는 최적 기임을 확인하였다.

표3. 처리 시기별 알곡에서의 비타민 함유량

영양성장기 (단위 ppm)				
알곡	1	2	3	average
무처리	0.207	0.221	0.198	0.208±0.006 c
500X	0.371	0.409	0.392	0.391±0.001 a
1000X	0.393	0.392	0.312	0.365±0.026 b

생식성장기 (단위 ppm)				
알곡	1	2	3	average
무처리	0.211	0.221	0.234	0.222±0.006 c
500X	0.668	0.781	0.871	0.773±0.058 ab
1000X	0.881	0.811	0.816	0.836±0.022 a

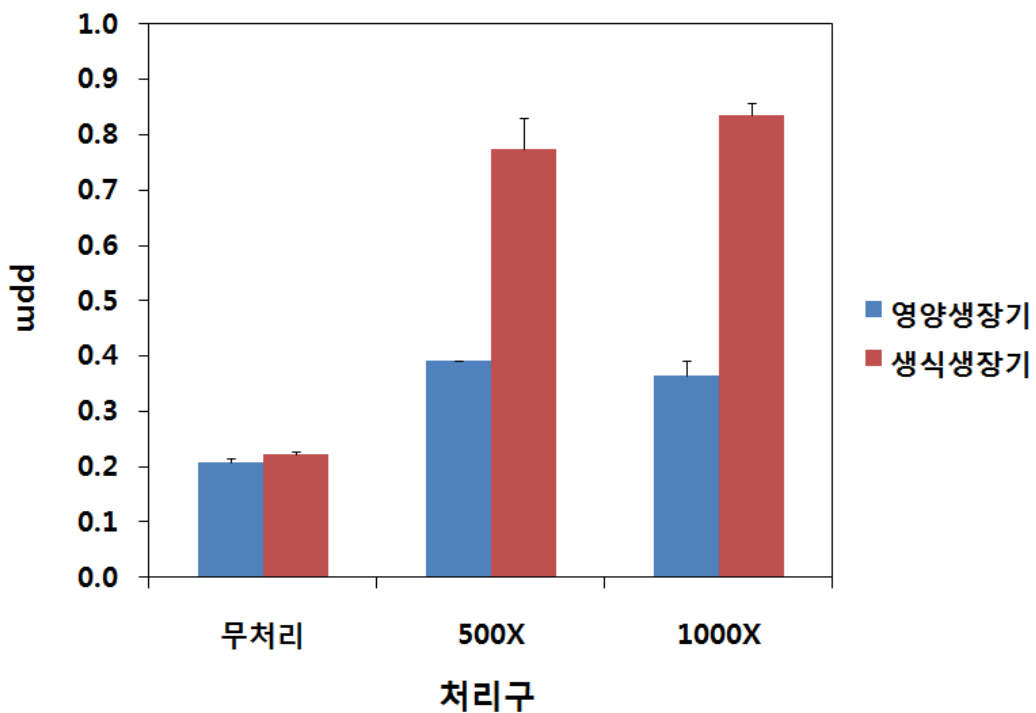


Fig. 3 비타민 처리시기에 따른 알곡에서의 비타민 함유량

제 2 절 도열병을 방제 할 수 있는 최적 살포 시기 및 살포 횟수 결정

리보플라빈이 함유된 비타민 제품은 기존 연구를 통하여 식물병에 대한 저항성 유도 능력을 지니고 있는 것으로 연구되어왔으며 저항성 유도 기작은 이미 많은 선행 연구를 통해 발견되었다. 따라서 리보플라빈이 함유된 제품이 비타민이 함유된 기능성 벼를 생산하는 것 외에 벼를 재배하는데 있어 발생하는 도열병에 대한 방제효과가 있는지 확인하기 위하여 기내 실험을 실시하였다.

도열병을 일으키는 *Pyricularia oryzae*의 균주를 PDA 배지에 접종하고 25°C 배양기에서 일주일간 배양하여 사용하였으며 벼 품종으로는 도열병에 감수성인 호평과 일미 두 가지를 사용하였다. 온실에서 3개월간 자란 벼를 대상으로 리보플라빈 함유 저항성 유도 제제를 살포한 후 일주일 후 *Pyricularia oryzae* 포자를 1×10^5 spores/ml로 준비하여 벼에 충분히 젖을 수 있도록 스프레이 하였으며 스프레이 후 잎이 바로 마르는 것을 막기 위하여 병이 접종된 벼를 비닐로 2일간 씌워 병발생율을 높여주었다. 병원균 접종 후 2주가 지난 뒤 벼의 잎에서 나타나는 도열병을 대상으로 병반 면적률을 측정하였다. 줄기의 평균 병반 면적율은 병에 걸린 포기당 병반 면적율 합계/조사포기수로 하여 조사하였으며 도열병이 발생한 이병을 조사는 각 포기에서 병반이 존재하는 포기의 비율을 조사하여 이병율을 계산하였다.

일미벼 품종에서는 무처리구에 비해 비타민함유 제품 처리구에서 약 40% 정도 병 발생율이 적었다. 비타민 희석배수에 따른 이병주율은 각각의 처리구에서 40% 수준으로 배량(500x), 정량(1000x)에서의 유의성 차이는 보이지 않았다(Fig.4A). 호평벼는 일미벼에 비해 도열병에 더 감수성으로 병 발생율이 약 80% 수준으로 더 많았으나 비타민 처리구는 무처리구에 비해 30% 정도 감소함을 확인할 수 있었다(Fig.4B).

A. 잎미

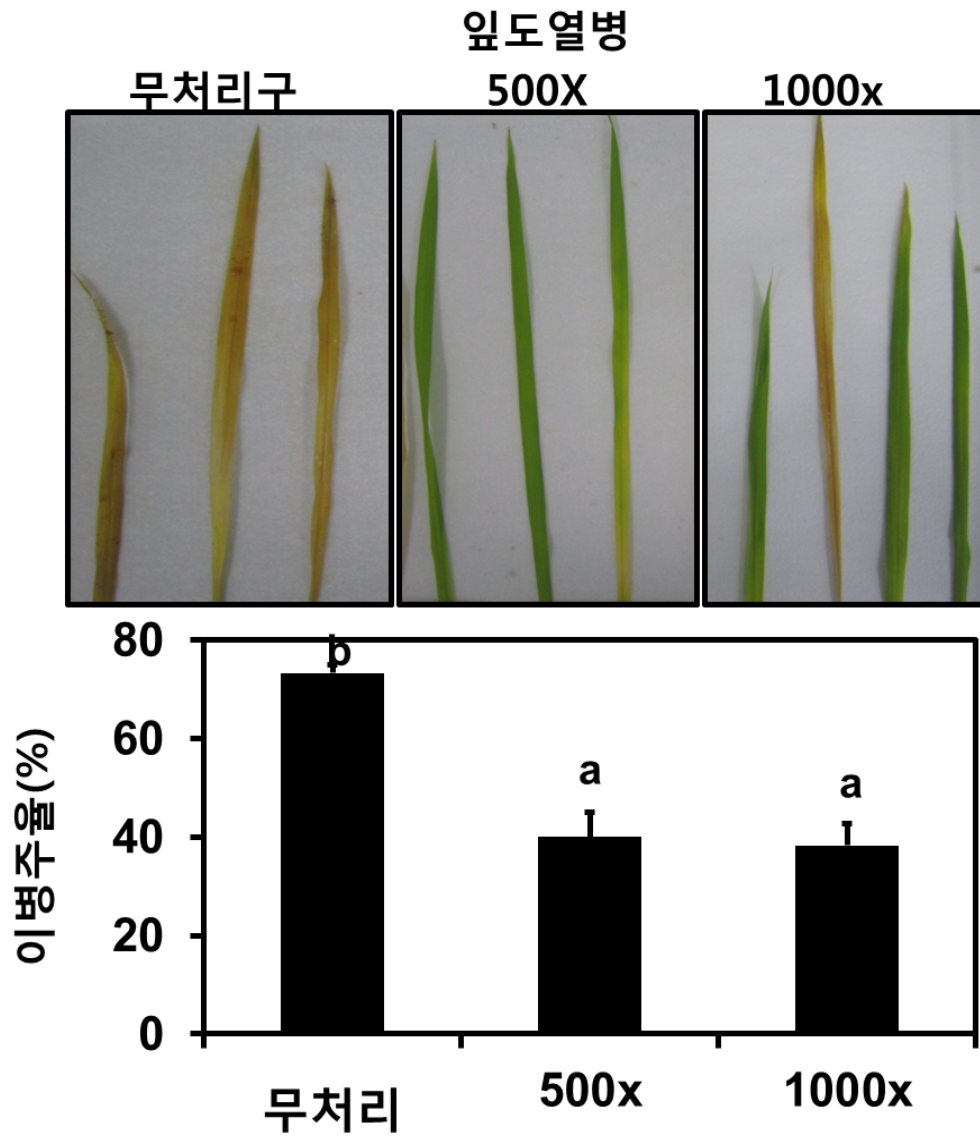


Fig.4A. 도열병을 일으키는 *Pyricularia oryzae*에 대한 리보플라빈 함유제품의 방제효과 (이병주율)

B. 호평

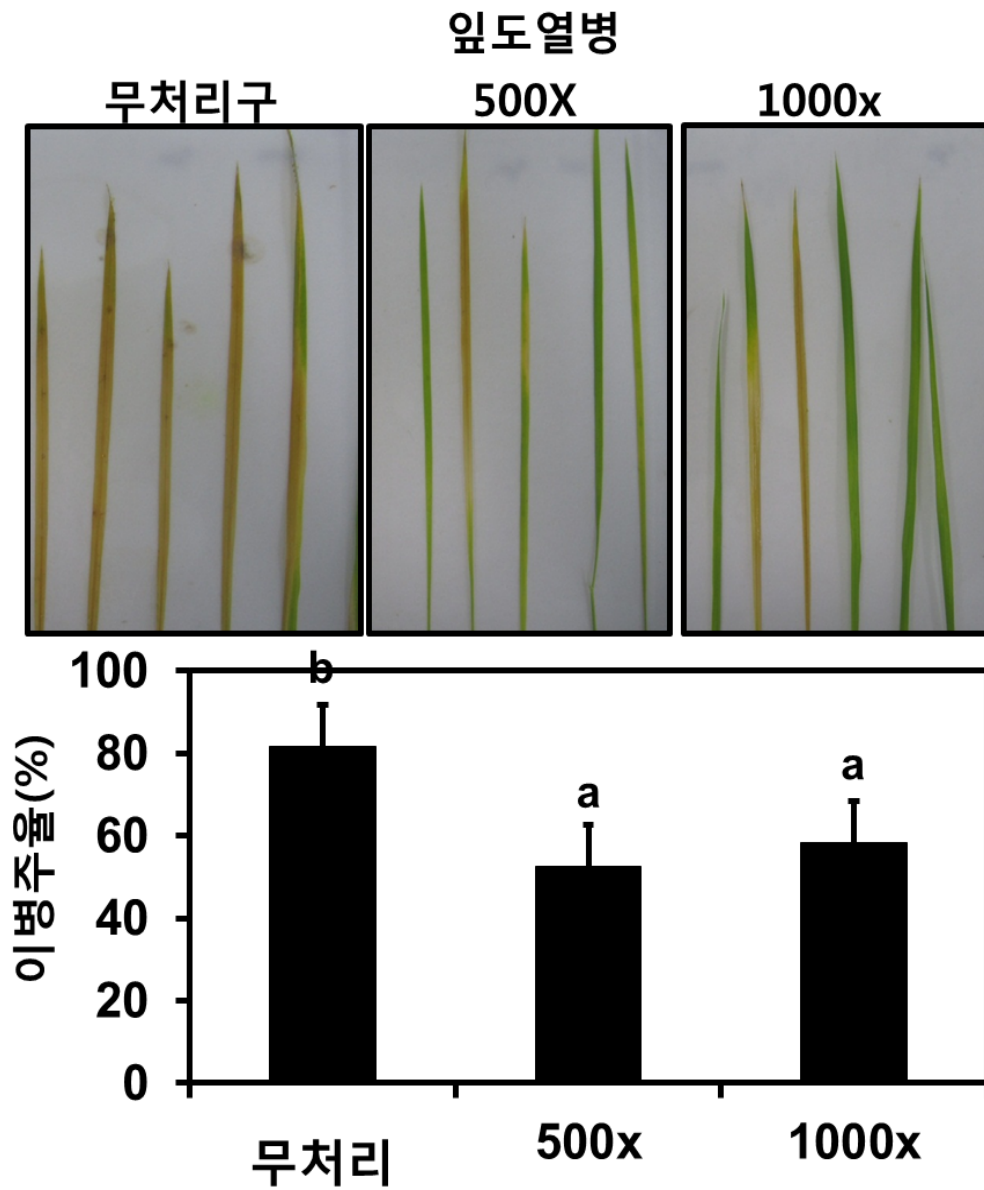


Fig.4B. 도열병을 일으키는 *Pyricularia oryzae*에 대한 리보플라빈 함유제품의 방제효과 (이병주율)



Fig.5. 도열병을 일으키는 *Pyricularia oryzae*에 대한 리보플라빈 함유제품의 방제효과 (병반면적율)

표.4 잎도열병의 병반 면적율 및 방제가(%)

처리구	호평	방제가(%)	일미	방제가(%)
무처리	69.0%±2.77 a	-	73.3%±1.67 a	-
500x	31.5%±3.34 b	54.35	40.0%±5.00 b	45.45
1000x	31.0%±3.79 b	55.07	38.3%±4.41 b	47.73

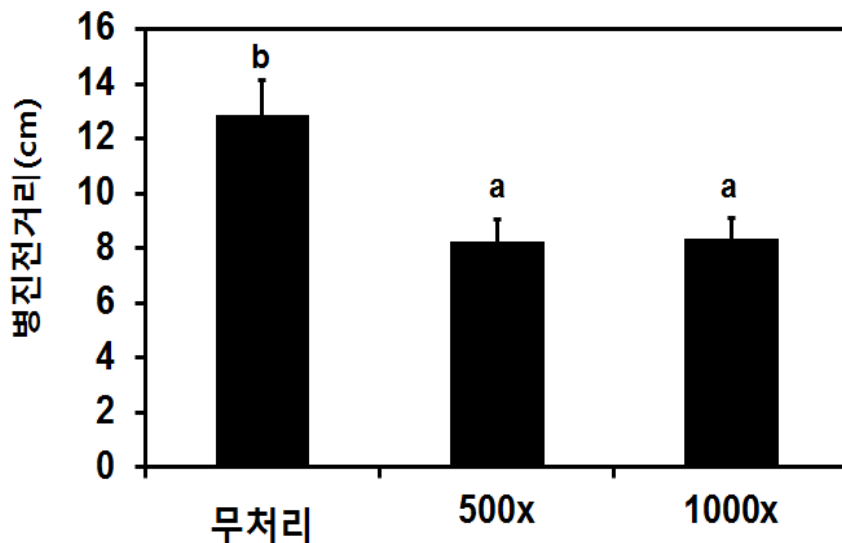
도열병의 병반면적율은 일미와 호평 모두에서 50% 정도 감소하는 것을 확인할 수 있었다. 비타민 함유제품 처리구에 비해 무처리구에서는 이병주을 뿐만 아니라 병반 면적율도 2배 가량 높았으며 이병주는 키가 자라지 않는 것을 확인할 수 있었다(Fig.5., 표 4.)

제 3 절 리보플라빈 함유 제품의 벼 흰잎마름병 방제가 조사

리보플라빈이 함유된 제품이 벼를 재배하는데 있어 발생하는 흰잎마름병에 대한 방제효과가 있는지 확인하기 위하여 기내 실험을 실시하였다. 벼를 대상으로 흰잎마름병을 일으키는 *Xanthomonas oryzae* pv. *Oryzae* K3 race를 NB medium에 배양하였으며, 배양 조건은 28℃ shaking incubator (200rpm)에 48시간 이상 배양하였다. 온실에서 3개월간 자란 벼를 대상으로 리보플라빈 함유 저항성 유도 제제를 살포한 후 일주일 뒤 *Xanthomonas oryzae* pv. *Oryzae* K3 race를 멸균수로 OD(600nm)=1.0로 맞춰 접종하였다. 비타민 함유제품은 1회 처리구와 3회 처리구를 나누어 처리하였으며 처리 일주일 뒤 배양된 병원균을 가위접종을 통하여 각 주당 15개 잎씩 접종하고 2주간 별 발생 유무와 발병률을 조사하였다. 각 처리구별 병이 발생하는 현상을 가위로 자른 부분부터 시작하여 하위구간으로 진전되어 내려가는 병반 면적에 대하여 전체 면적에 대한 비율을 조사하여 통계 처리하였으며 공시 벼 품종으로는 호평과 일미 두 가지를 사용하였다.

1회 처리한 일미벼는 무처리구 (병진전거리 : 13cm)에 비해 비타민 함유제품 처리구(병진전거리 : 8cm)에서는 병 진전율이 적었다(Fig.6A). 호평벼에서도 역시 무처리구 (병진전거리 : 17.5cm)에 비해 비타민 함유제품 처리구(병진전거리 : 13cm-14cm)에서는 병진전거리가 적었으며 배량과 정량에서의 차이는 유의성을 보이지 않아 정량 사용 시에도 병 방제 유도 효과가 있음을 알 수 있었다(Fig.6B). 3회 처리 시에도 1회 처리 시와의 같은 결과를 나타내었다(data not shown). 이것으로 보아 1회 처리 후 일주일 뒤 병 발생하는 것과 3회 처리 후 병이 발생하였을 때에는 차이가 없고 1회 처리만으로도 유도저항성 효과가 있음을 확인 할 수 있었다. 이러한 결과는 앞서 비타민 함유제품을 배량과 정량을 1회 처리 했을 때와 3회 처리 했을 때 줄기에서 같은 함량의 비타민을 지니고 있는 것과 같은 결과로 병 방제 효과도 처리회수에는 차이를 보이지 않는 것으로 사료된다.

A. 일미



B. 호평

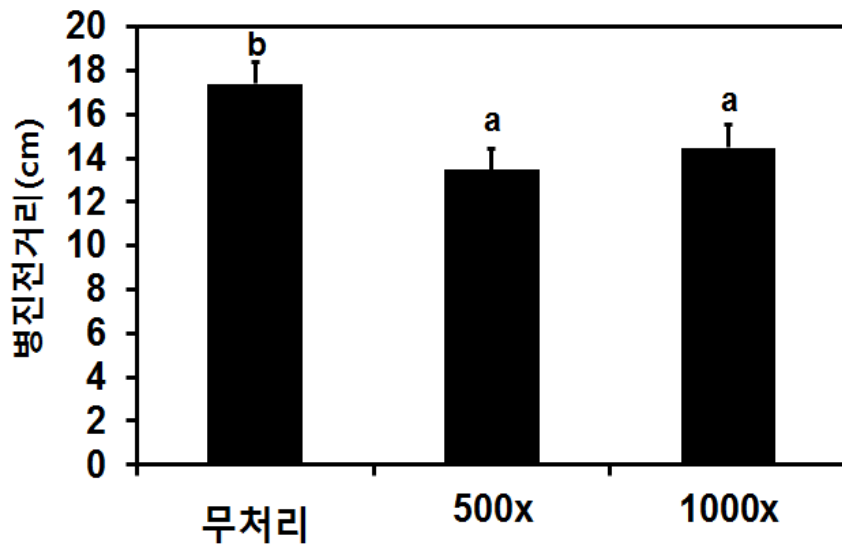


Fig.6 벼 흰잎마름병을 일으키는 *Xanthomonas oryzae* pv. *Oryzae* K3 r에 대한 방제효과

표.5 벼 흰잎마름병에 대한 병진전 거리(cm) 및 방제가(%)

처리구	호평	방제가(%)	일미	방제가(%)
무처리	17.40cm±1.013 a	-	12.87cm±1.280 a	-
500x	13.47cm±0.930 b	22.61	8.27cm±0.805 b	45.45
1000x	14.47cm±1.081 b	16.82	8.33cm±0.785 b	47.73

리보플라빈이 함유된 비타민 제품의 경우 벼의 흰잎마름병에 대한 병역제율을 상당히 좋다고 평가할 수 있으나 병이 걸렸을 경우 방제할 수 있는 방제는 50% 이하 수준으로 방제가로만 평가할 경우 병에 대한 치료 효과는 벼 도열병에 비교하여 떨어지는 것으로 확인하였다 (표. 5).

제 4 절 비타민이 증진된 기능성 쌀과 일반 쌀의 성분 비교 분석

4.1 일반성분 분석

비타민이 증진된 쌀의 경우 일반 관행쌀과 비교하여 성분의 변화나 기타 여러 가지 물질의 변화가 일어났는지 조사하기 위하여 일반 성분 분석을 시작으로 중금속 분석, 영양 성분 분석, 구성당 분석, 아미노산 분석 및 지방산 분석을 실시하였다. 분석에 사용된 비타민 증진 쌀의 경우 총 재배 기간 동안 비타민 제품을 3회 처리한 것을 사용하였으며 일반 쌀의 경우 비타민 제품을 처리하지 않은 관행 쌀을 대상으로 실시하였다.

일반성분 분석으로는 쌀에 함유되어 있는 수분과 단백질 함량, 아밀로오스 함량과 백도 및 식미를 분석하였으며 분석은 농협중앙회 분석기관에 의뢰하여 그 결과를 수집하였다. 비타민을 3회 처리한 비타민 쌀이나 관행 쌀의 경우 수분이나 단백질 함유량 및 아밀로오스 함량을 비롯하여 백미와 식미 모두 유의성 있는 차이를 나타내지 않았다 (표. 6)

표. 6 비타민 쌀과 관행 쌀의 성분 분석

구분	수분	단백질	아밀로오스	백미	식미
무처리구	14.3	6.9	15.8	40.6	57
비타민 처리구	14.3	6.9	15.7	40.3	59

4.2 무기원소 분석

무기원소 분석을 위한 전처리는 미국환경청(U.S EPA, Environmental Protection Agency)의 습식분해법(Method 3051, EPA, USA)을 응용하였다. 즉 분말 시료 0.5 g을 정확히 취하여 유해 중금속용 질산(Junsei Chemical Co., Ltd, Tokyo, JP) 10 mL를 첨가한 후 시료분해장비(High Performance Microwave Digestion Unit, mls 1200 mega, milestone s.r.l., USA)를 이용하여 분해하였다. 분해가 완료된 샘플을 최종적으로 25 mL로 정용하여 ICP-OES (Inductively coupled plasma optical emission spectrometer, Optima 7000DV, Perkin-Elmer, CT, USA) 분석장비를 이용하여 무기질 함량을 분석하였다. 기기 작동 조건은 표 7과 같다.

표. 7 Analytical conditions of ICP-OES

RF Power	1300 watts
Plasma flow	15.0 L/min
Auxiliary flow	0.2 L/min
Nebulizer flow	0.8 L/min
View dist	15.0
Sample flushing time	25 sec
Replicate	3 times
Plasma view	Axial
Wave length(nm)	180~800

무기성분분석은 중금속과 영양성분으로 나누어 분석하였으며 중금속으로는 비소, 납, 카드뮴, 수은을 분석하였고 영양성분으로는 철, 마그네슘, 아연, 칼슘을 분석하였다. 분석 결과 비타민을 처리한 기능성쌀의 경우와 무처리구인 관행처리구 모두 중금속과 영양성분등에 유의성 있는 차이가 없음을 확인하였다 (표 8, 9)

표. 8 기능성 쌀의 중금속 분석 결과

구분	As	Pb	Cd	Hg
무처리구	0.700	0.500	0.000	0.000
비타민 처리구	0.600	0.700	0.000	0.000

표. 9 기능성 쌀의 영양성분 분석 결과

구분	Fe	Mg	Zn	Ca
무처리구	39.400	1155.100	21.100	184.000
비타민 처리구	40.400	1280.000	19.400	169.100

4.3 구성당 분석

구성당은 Gancedo 등의 방법을 이용하여 시험하였으며 분말시료 1g을 칭량하여 80% 에탄올을 50 mL를 넣고 80°C에서 2시간 동안 증탕하며 환류 추출하여 여과지(Whatman No. 2)로 여과하여 감압농축 후 증류수를 가하여 10mL로 정용하였다. 원심분리(5,000rpm, 15min) 후 상정액을 취하여 0.45 μ m membrane filter (G3, Milipore, USA)로 여과 후 Ion chromatography (Dionex 600, Dionex, Germany)를 이용하여 분석하였다. 분석조건은 표 10, Fig 7와 같다.

표. 10 Operating conditions of ion chromatography analysis

Column	CarboPac™-PA10 with guard column CarboPac™-PA10
Eluent	18 mM NaOH
Flow rate	1.0 mL/min
Injection volume	20 μ L
Detector	ED50 Integrated Amperometry
Running time	25 min

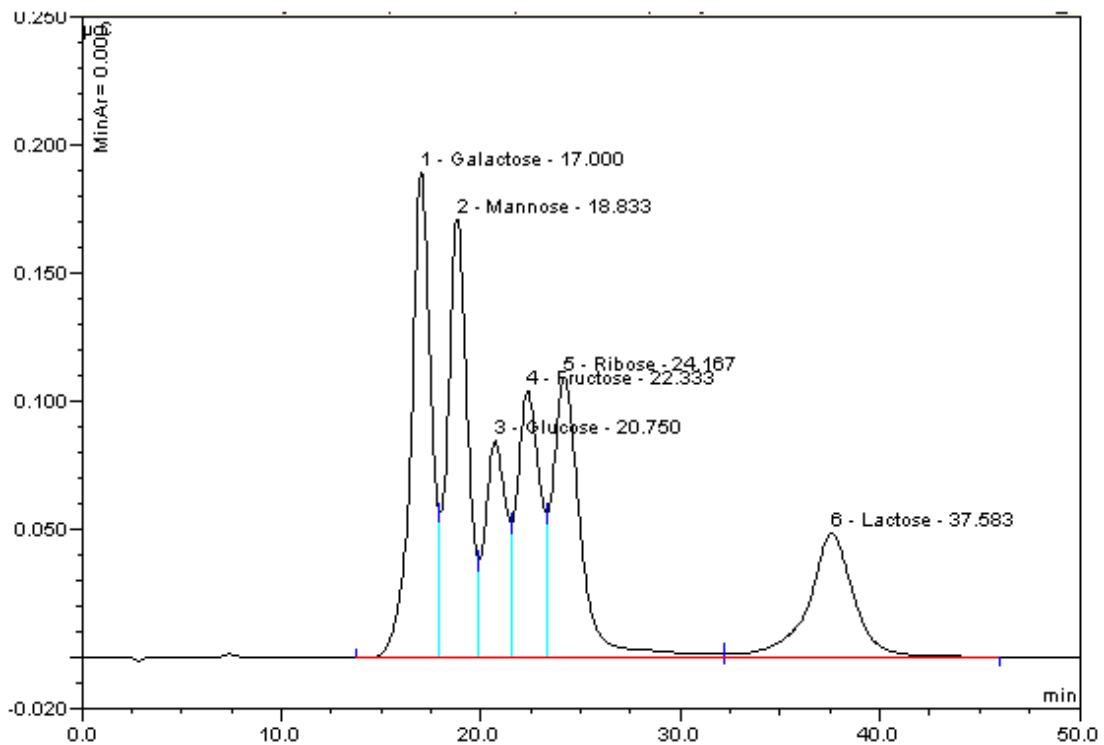


Fig.7 구성당 표준물질(6Mixed) 스펙트럼 - 25mg/L

구성당의 경우에서도 비타민을 처리한 기능성쌀의 구성당 수치나 무처리구인 관행처리구의 구성당 수치의 차이가 유의성이 없음을 확인하였다 (표 11).

표. 11 The Carbohydrates content of samples

분석항목 시료명	Carbohydrates(구성당) (단위: mg/L)					
	Galactose	Mannose	Glucose	Fructose	Ribose	Lactose
무처리구	18.019	N.D	N.D	N.D	477.102	N.D
비타민 처리구	19.396	N.D	N.D	N.D	463.793	N.D

* N.D : Not Detector

4.4 아미노산 분석

아미노산분석은 분말시료 0.5g을 18mL test tube에 정확히 칭량하여 6N HCl 3mL를 가한 다음 진공펌프를 이용하여 test tube를 밀봉하였다. 밀봉한 test tube는 121°C로 setting된 heating block에 24시간 동안 가수분해시켰다. 가수분해가 끝난 시료는 cooling aspirator (Thermo-circulator, Daihan labtech co., Ltd, Korea)가 장착된 rotary evaporator (N-1000, Eyela, Tokyo, Japan)로 산을 제거한 후 sodium loading buffer로 10mL 정용한 다음, 이중 1mL를 취하여 membrane filter 0.2uL로 여과하여 아미노산분석기(Pharmacia Biochrom 20, Li+ type high performance ultra pack, UK)로 정량분석 하였다. 분석조건은 표 12과 같다.

표. 12 Operating conditions of amino acid analysis

Model	Biochrom 20 (Pharmacia biotech, UK)
Buffer	Sodium buffer (Pharmacia, UK)
Reagent	Ninhydrin (Pharmacia, UK)
Injection volume	20 uL
Running time	2 hr

무처리구 관행쌀과 비타민 처리구 기능성쌀의 아미노산 구성 성분함유량을 조사한 결과 두 처리구 모두 유의성 있는 차이를 나타내지는 않았다(표. 13).

표. 13 아미노산 성분 분석 결과

성분 \ 시료	무처리구	비타민 처리구
Aspartic acid	611.151	622.056
Threonine	228.842	239.006
Serine	354.212	362.869
Glutamic acid	1225.308	1230.931
Proline	290.628	276.897
Glycine	302.246	301.115
Alanine	358.587	354.766
Cystine	137.314	127.819
Valine	384.060	390.286
Methionine	110.834	115.976
Isoleucine	224.446	241.242
Leucine	532.610	533.397
Tyrosine	75.716	90.688
Phenylalanine	342.987	343.301
Histidine	225.040	243.907
Lysine	245.581	252.386
Ammonia	530.315	537.810
Arginine	479.880	511.523
Total	6,659.757	6,775.975

4.5 지방산 분석

지방산은 GC-17A 분석장비를 통하여 분석을 실시하였으며 조건은 표 14와 같다.

표. 14 Analytical conditions of GC-17A

Model	Shimadzu GC-17A
Column	SPTM-2560 capillary column (100m length * 0.25mm I.d * 0.256 μ m film thickness)
Oven temperature	120 $^{\circ}$ C
Detector	FID detector
Analytic time	80 min/1 sample

무처리구 관행쌀과 비타민 처리구 기능성쌀의 지방산 구성 성분함유량을 조사한 결과 두 처리구 모두 유의성 있는 차이를 나타내지는 않았다(표. 15).

표. 15 지방산 성분 분석 결과

Fattyacid	무처리구	비타민 처리구
Butyric Acid (C4:0)	0.00	0.00
Caproic Acid (C6:0)	0.00	0.00
Caprylic Acid (C8:0)	0.00	0.00
Capric acid (C10:0)	0.00	0.00
Undecanoic acid (C11:0)	0.00	0.00
Lauric acid (C12:0)	0.00	0.00
Tridecanoic acid (C13:0)	0.00	0.00
Myristic acid (C14:0)	0.54	0.56
Pentadecanoic acid (C15:0)	0.00	0.00
Palmitic acid (C16:0)	19.69	19.76
Heptadecanoic acid (C17:0)	0.00	0.00
Stearic acid (C18:0)	1.41	1.55
Arachidic acid (C20:0)	0.33	0.38
Heneicosanoic acid (C21:0)	0.00	0.00
Behenic acid (C22:0)	0.00	0.00
Tricosanoic acid (C23:0)	0.00	0.00
Lignoceric acid (C24:0)	0.43	0.47
Saturates	21.88	21.12
Myristoleic acid (C14:1)	0.00	0.00
cis-10-Pentadecenoic acid (C15:1)	0.00	0.00
Palmitoleic acid (C16:1)	0.00	0.00
cis-10-Heptadecenoic acid (C17:1)	0.00	0.00
Elaidic acid (C18:1n9t)	0.00	0.00
Oleic acid (C18:1n9c)	30.66	33.67
cis-11-Eicosenoic acid (C20:1)	0.32	0.00
Erucic acid (C22:1n9)	0.00	0.00
Nervonic acid (C24:1)	0.00	0.00
Monoenes	30.25	31.31
Linolelaidic acid (C18:2n6t)	0.00	0.00
Linoleic acid (C18:2n6c)	47.12	49.58
cis-11,14-Eicosadienoic acid (C20:2)	0.00	0.00
cis-13,16-Docosadienoic acid (C22:2)	0.00	0.00
γ-Linolenic acid (C18:3n6)	0.00	0.00
Linolenic acid (C18:3n3)	1.57	1.58
cis-8,11,14-Eicosatrienoic acid (C20:3n6)	0.00	0.00
cis-11,14,17-Eicosatrienoic acid (C20:3n3)	0.32	0.00
Arachidonic acid (C20:4n6)	0.00	0.00
cis-5,8,11,14,17-Eicosapentaenoic acid (C20:5n3)	0.00	0.00
cis-4,7,10,13,16,19-Docosahexaenoic acid (C22:6n3)	0.00	0.00
Polyenes	47.87	47.57

제 5 절 농가 포장 검정

5.1 일차년도 농가 포장 검정 시험 (2011년)

비타민이 함유된 제품 살포를 통한 도열병 방제 효과 및 비타민 B2 (리보플라빈)의 실제 포장에서의 함유량을 조사하기 위하여 전남 함평군 대동면 무농약 수도작 포장을 임대 (재배자 : 정영주, 곽오범)하여 효과 검증을 실시하였다. 포장 실험은 2011년 6월부터 2011년 10월까지 진행하였으며 처리구로서는 무처리구와 비타민 제품 처리구로 나누었다 (Fig. 8).

각각의 처리구에서 발생한 도열병 병반을 대상으로 잎에 병이든 정도에 따라 병발병률을 측정하였으며 무처리구 기준 방제가를 조사하였다 (표 16, Fig. 9). 각각의 처리구에서 random sampling 통해 수확한 벼를 대상으로 도정한 왕겨와 백미를 대상으로 리보플라빈 함유량을 측정하였으며 리보플라빈 함유량은 비타민 제품 3회 처리한 처리구를 대상으로 무처리구와 비교하였다. (Fig. 10)



Fig. 8 기능성 비타민쌀 생산 효과를 검증하기 위한 1차 실증 포장

비타민 제제를 1회 처리한 포장에서는 무처리구와 비교하여 병발생률은 약 15.2%의 병이 발생하였으며 무처리 대비 약 43.48%의 방제가를 나타내었고 2회 처리한 포장에서는 10.5%의 병이 발생하였으며 무처리 대비 약 60.87%의 방제가를 나타내었다. 비타민 제제를 3회 혹은 4회 처리한 포장에서는 모두 60% 이상의 방제가를 나타내었으나 2회 처리한 포장과 비교하여 유의성 있는 결과를 나타내지는 않았다. 결과적으로 비타민이 포함된 친환경 제품을 실제 포장

에 2회 이상 처리할 경우 약 60% 이상의 도열병 방제효과를 볼 수 있을 것으로 사료된다(Fig. 9, 표 16).

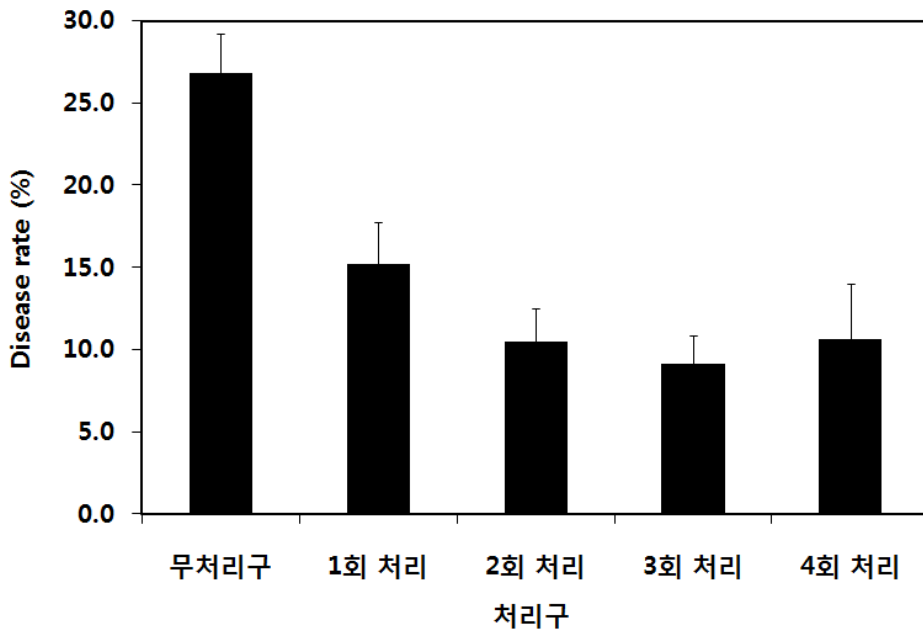


Fig 9. 비타민 처리에 의한 도열병 발생을 조사.

표. 16 비타민 처리에 의한 도열병에 대한 방제가

	평균 병발생율 (%)	방제가 (%)
무처리	26.8	-
1회 처리구	15.2	43.48
2회 처리구	10.5	60.87
3회 처리구	9.2	65.84
4회 처리구	10.7	60.25

비타민 제제를 살포한 실증포장에서의 실제 비타민 함유량을 조사하기 위하여 비타민 제제를 3회 처리한 포장과 처리하지 않은 무처리 포장으로 나누어 상호 비교 분석하였다. 비타민을 처리한 포장에서는 도정하고 남은 왕겨에서는 약 1.2배 정도 리보플라빈 함유량이 증가하였으나 도정후 백미에서는 무처리구와 비교하여 비타민 처리구에서는 약 1.83배 리보플라빈의 함유량이 증가함을 확인하였다 (Fig. 10).

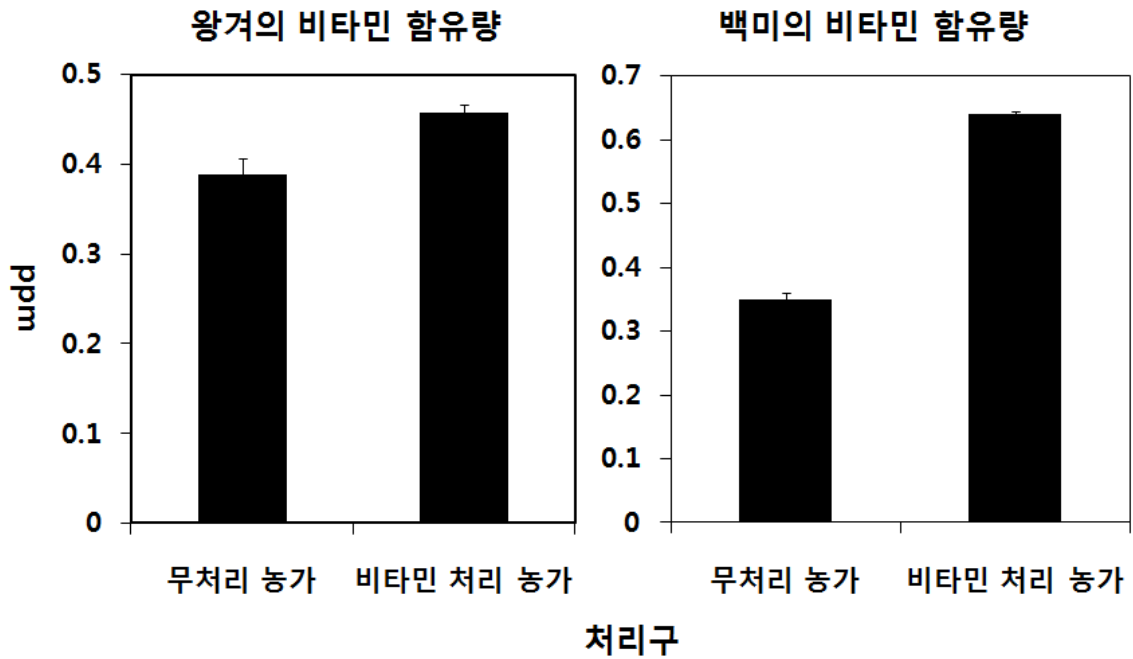


Fig. 10 비타민 쌀 실증포장에서의 비타민 함유량 조사

5.2 이차년도 농가 포장 검정 시험 (2012년)

일차년도의 실험을 토대로 비타민 함유 기능성쌀 재배 매뉴얼을 작성하였으며 작성된 매뉴얼을 토대로 비타민이 함유된 제품 살포를 통한 도열병 방제 효과 및 흰잎마름병 방제효과와 비타민 B2 (리보플라빈)의 실제 포장에서의 함유량을 조사하였다. 이차년도 필드 실증 실험의 경우도 일차년과 동일하게 전남 함평군 대동면 강운리 무농약 수도작 포장을 임대 (재배자 : 한희중)하여 효과 검증을 실시하였다. 포장 실험은 2012년 6월부터 2012년 10월까지 진행하였으며 처리구로서는 무처리구와 비타민 제품 처리구 및 비타민 처리 횟수별로 나누어 실험을 진행하였다 (Fig. 11).

각각의 처리구에서 발생한 도열병 병반을 대상으로 잎에 병이든 정도에 따라 병발병률을 측정하였으며 무처리구 기준 방제가를 조사하였다 (표 17, Fig. 12). 흰잎마름병의 경우도 발생한 주수를 계산하여 전체 주수에 대한 병발병률을 조사하였다 (표 18, Fig. 13). 각각의 처리구에서 random sampling 통해 수확한 벼를 대상으로 도정한 왕겨와 백미를 대상으로 리보플라빈 함유량을 측정하였으며 리보플라빈 함유량은 비타민 제품 3회 처리한 처리구를 대상으로 무처리구와 비교하였다. (Fig. 14)



Fig. 11 기능성 비타민쌀 생산 효과를 검증하기 위한 2차 실증 포장

비타민 제제를 1회 처리한 포장에서는 무처리구와 비교하여 도열병 병발생률은 약 22.2%의 병이 발생하였으며 무처리 대비 약 27.72%의 방제가를 나타내었고 2회 처리한 포장에서는 17.7%의 병이 발생하였으며 무처리 대비 약 42.39%의 방제가를 나타내었다. 비타민 제제를 3회 처리한 처리구에서는 무처리 대비 약 11.3%의 병이 발생하였으며 무처리 대비 약 63.04%의 방제가를 나타내었으며 4회 처리한 처리구에서도 병 발생률은 11.2%에 방제가는 약 63.59%를 나타내었다 (Fig. 12, 표 17).

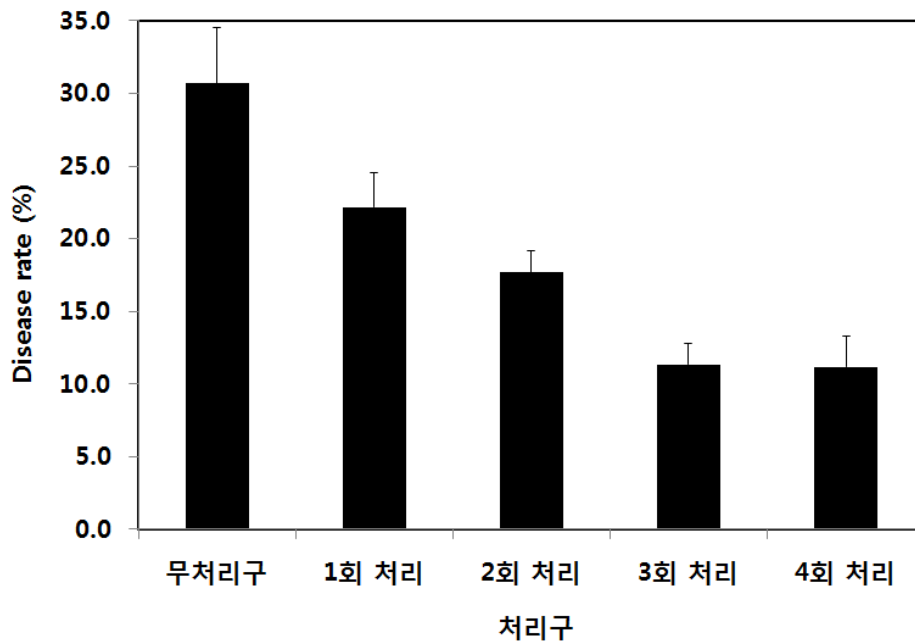


Fig 12. 비타민 처리에 의한 도열병 발생을 조사.

표. 17 비타민 처리에 의한 도열병에 대한 방제가

	평균 병발생율 (%)	방제가 (%)
무처리	30.7	-
1회 처리구	22.2	27.72
2회 처리구	17.7	42.39
3회 처리구	11.3	63.04
4회 처리구	11.2	63.59

흰잎마름병 검정을 위한 조사에서도 비타민 제제를 1회 처리한 포장에서는 무처리구와 비교하여 흰잎마름병 병발생률은 약 23.2%의 병이 발생하였으며 무처리 대비 약 40.09%의 방제를 나타내었고 2회 처리한 포장에서는 18.3%의 병이 발생하였으며 무처리 대비 약 52.59%의 방제를 나타내었다. 비타민 제제를 3회 처리한 처리구에서는 무처리 대비 약 11.3%의 병이 발생하였으며 무처리 대비 약 70.69%의 방제를 나타내었으며 4회 처리한 처리구에서도 병 발생률은 10.3%에 방제가는 약 73.28%를 나타내었다.

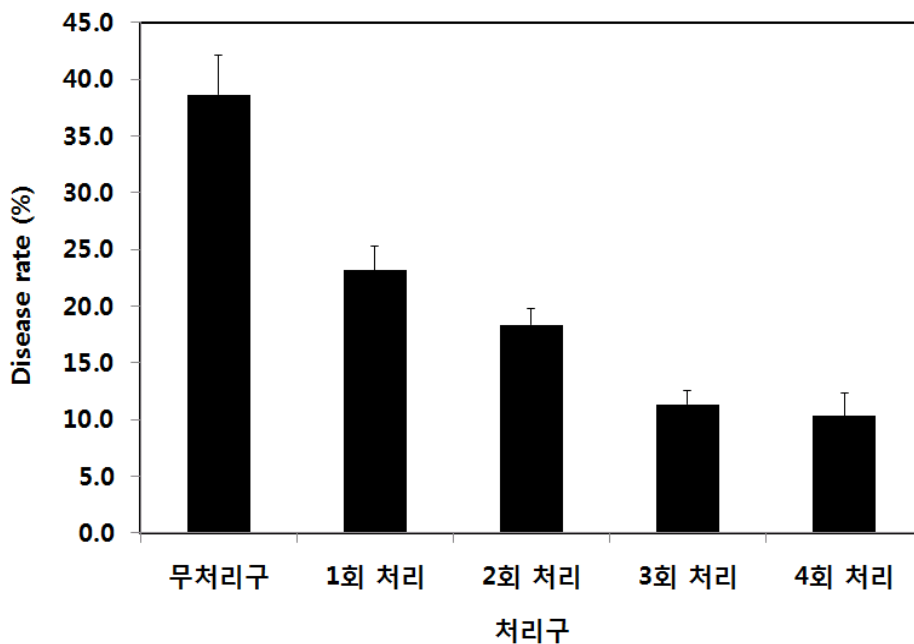


Fig 13. 비타민 처리에 의한 흰잎마름병 발생을 조사.

표. 18 비타민 처리에 의한 흰잎마름병에 대한 방제가

	평균 병발생율 (%)	방제가 (%)
무처리	38.7	-
1회 처리구	23.2	40.09
2회 처리구	18.3	52.59
3회 처리구	11.3	70.69
4회 처리구	10.3	73.28

일차년도 필드 검정 결과와 이차년도 필드 검정 결과를 바탕으로 비타민 B2를 함유한 제품의 경우 실제 포장에서 최소 3회 이상 처리할 경우 약 60% 이상의 도열병 방제효과를 볼 수 있을 것으로 사료되며, 흰잎마름병 방제를 위해서도 최소 3회 이상 처리할 경우 약 70% 이상의 방제효과를 얻을 수 있을 것으로 판단된다 (Fig. 13, 표 18).

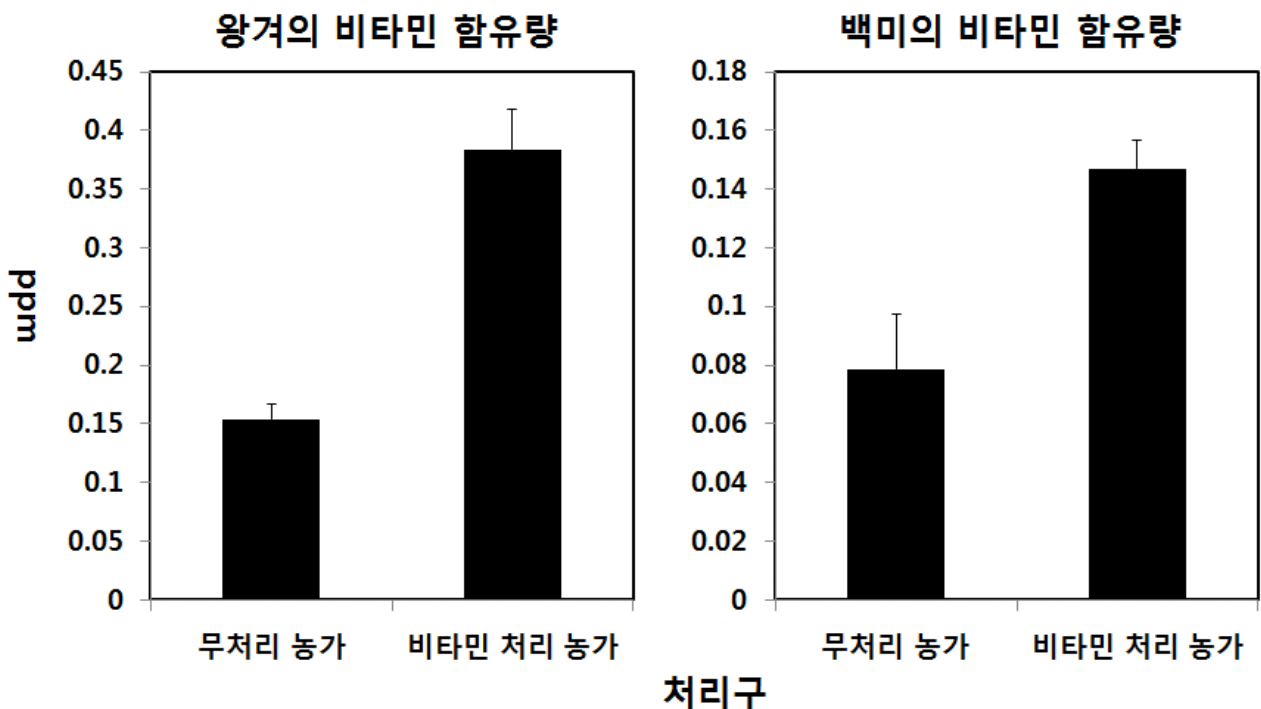


Fig. 14 비타민 쌀 실증포장에서의 비타민 함유량 조사

비타민 제제를 살포한 실증포장에서의 실제 비타민 함유량을 조사하기 위하여 비타민 제제를 3회 처리한 포장과 처리하지 않은 무처리 포장으로 나누어 상호 비교 분석하였다. 비타민을 처리한 포장에서는 도정하고 남은 왕겨에서는 약 2.51배 정도 리보플라빈 함유량이 증가하였으나 도정후 백미에서는 무처리구와 비교하여 비타민 처리구에서는 약 1.87배 리보플라빈의 함유량이 증가함을 확인하였다 (Fig. 13).

제 6 절 수확 후 도정 및 저장에 따른 리보플라빈 함유량 조사

6.1 도정 정도와 저장 기간에 따른 리보플라빈의 함유량 조사

함평 대동면 일대의 친환경 벼 재배 단지에서 임의로 농가 6곳을 선정하여 비타민 함유 제품을 살포하여 수확 후 비타민 B2 리보플라빈의 함량과 저장 기간별 비타민 B2 리보플라빈의 함량을 조사하였다. 각 농가에서 수확 직 후 왕겨 상태에서 비타민 함유량을 조사한 결과 전체 6농가의 평균 리보플라빈 함유량이 약 0.3513mg/kg 정도였으며, 현미상태에서의 평균 리보플라빈 함유량이 약 0.2382mg/kg 정도였다. 도정을 완료한 백미에서는 평균 리보플라빈 함유량이 약 0.1158mg/kg 정도였으며, 도정 후 씻어낸 백미의 경우 평균 리보플라빈 함유량이 약 0.0559mg/kg 정도였다. 마지막으로 수확 직 후 도정을 완료하여 취사한 밥의 경우 평균 리보플라빈 함유량은 약 0.0294mg/kg 정도였다.

저장 3개월을 거친 후 왕겨에서 여섯 농가의 평균 리보플라빈 함유량을 살펴본 결과 약 0.5765mg/kg 정도로 수확 직 후 리보플라빈 함유량 보다 상승된 결과를 보여주었으며, 현미의 경우도 수확 직 후 약 0.2382mg/kg 정도였던 리보플라빈 함유량이 약 0.2960mg/kg 정도 상승하였다. 백미의 경우도 동일하게 수확 직 후 약 0.1158mg/kg 정도였는데 3개월 저장 후 약 0.140mg/kg 정도 상승하였다. 씻은 백미와 취사한 백미의 경우도 수확 직 후 약 0.0559mg/kg, 0.0294mg/kg 정도였는데 3개월 후 약 0.0693mg/kg, 0.0462mg/kg 가량 증가하였다.

저장 6개월 후의 결과를 살펴본 결과 각각의 샘플에서 리보플라빈 함유량 증가 추세는 여전히 나타났다. 왕겨의 경우 약 0.6115mg/kg로 증가하였으며, 현미의 경우는 약 0.2972mg/kg, 백미의 경우는 약 0.1533mg/kg, 씻은 백미는 약 0.0759mg/kg, 취반백미의 경우는 약 0.0526mg/kg 가량 증가하였다.

9개월 후의 리보플라빈의 함유량도 왕겨의 경우 약 0.6485mg/kg, 현미의 경우는 약 0.3243mg/kg의 함유량을 나타내었으며, 백미에서는 약 0.1777mg/kg, 씻은 백미에서는 약 0.0914mg/kg, 취반 백미에서는 약 0.0674mg/kg로 증가함을 알 수 있었다. 여섯 곳의 샘플에서 6개월, 9개월이 지난 후에 약 2배가량의 리보플라빈의 함유량이 증가되는 현상이 나타났는데 이는 저장 기간 중 표면이나 내부에 잔재되어 있던 수분이 증발되면서 리보플라빈의 kg당 함유량이 증가되지 않았나 추측해본다 (Fig. 15, 표 19, 20).

현미나 백미에서 뿐만 아니라 밥을 한 후에도 리보플라빈의 함유량이 검출되는 결과로 미루어 보아 이는 유전자 조작이 아닌 작물체 스스로의 흡수에 의한 리보플라빈의 함유량 증가로 나타난 것이라고 판단된다.

표. 19 각 농가별 저장 기간중 리보플라빈 함유량 변화

< 비타민 B2 (FAD, FMN, Riboflavin) >				
샘플명	수확직후 검출량 (mg/kg=ppm)	수확3개월후 검출량 (mg/kg=ppm)	수확6개월후 검출량 (mg/kg=ppm)	수확9개월후 검출량 (mg/kg=ppm)
농가1-왕겨	0.328	0.531	0.5706	0.634
농가1-현미	0.185	0.225	0.2412	0.268
농가1-백미	0.107	0.134	0.132	0.154
농가1-씻은백미	0.069	0.076	0.0882	0.098
농가1-취반백미	0.043	0.052	0.057	0.0574
농가2-왕겨	0.314	0.5481	0.5775	0.561
농가2-현미	0.227	0.321	0.3344	0.346
농가2-백미	0.19	0.181	0.214	0.234
농가2-씻은백미	0.0305	0.043	0.051	0.0534
김2-취반백미	0.043	0.074	0.091	0.141
농가3-왕겨	0.323	0.471	0.5616	0.624
농가3-현미	0.216	0.309	0.371	0.391
농가3-백미	0.097	0.125	0.139	0.167
농가3-씻은백미	0.061	0.087	0.093	0.167
농가3-취반백미	0.037	0.0431	0.0473	0.0624
농가4-왕겨	0.372	0.621	0.613	0.691
농가4-현미	0.192	0.218	0.223	0.284
농가4-백미	0.062	0.072	0.094	0.107
농가4-씻은백미	0.0431	0.052	0.0534	0.061
농가4-취반백미	0.017	0.0232	0.0237	0.0197
농가5-왕겨	0.338	0.614	0.634	0.647
농가5-현미	0.297	0.369	0.2628	0.292
농가5-백미	0.125	0.194	0.203	0.237
농가5-씻은백미	0.067	0.083	0.087	0.0931
농가5-취반백미	0.036	0.0421	0.0437	0.0614
농가6-왕겨	0.433	0.674	0.712	0.734
농가6-현미	0.312	0.334	0.351	0.365
농가6-백미	0.114	0.134	0.138	0.167
농가6-씻은백미	0.065	0.075	0.083	0.076
농가6-취반백미	0.0431	0.0427	0.0531	0.0627

표. 20 저장 기간중 리보플라빈 함유량 변화 평균치

목차	왕겨	현미	백미	씻은백미	취반백미
수확 직후	0.3513	0.2382	0.1158	0.0559	0.0294
수확3개월후	0.5765	0.2960	0.1400	0.0693	0.0462
수확6개월후	0.6115	0.2972	0.1533	0.0759	0.0526
수확9개월후	0.6485	0.3243	0.1777	0.0914	0.0674

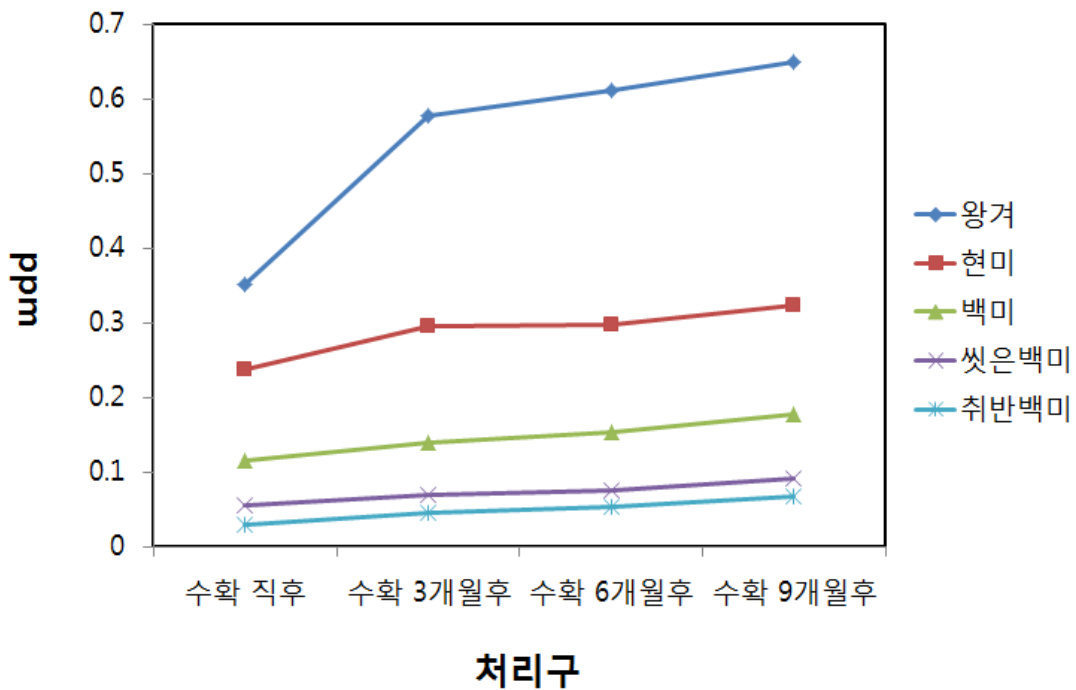


Fig. 15 저장 기간 중 리보플라빈 상승효과

6.2 비타민 B2 이외의 비타민 함유량 조사

비타민 B2를 처리한 처리구와 비타민을 처리하지 않은 처리구와의 비타민 B2의 함유량 변화의 다른 비타민의 함유량 변화를 조사하였다. 비타민 A, 비타민 B1, 비타민 B6, 비타민 C, 비타민 D, 비타민 E, 비타민 K의 변화를 조사한 결과 비타민 함유 기능성 쌀인 리보라이스무처리구인 일반 쌀과 다른 비타민의 변화는 유의성은 없었다 (표 21).

표. 21 비타민 함유 쌀과 일반 쌀의 타성분 비타민 비교

검사항목	비타민 함유쌀 "리보라이스" (새누리)	일반쌀 (새누리)
비타민A(ugRE/100g)	2.4548	2.4237
비타민B1(ugRE/100g)	0.4962	0.5130
비타민B6(mg/100g)	0.0097	0.0074
비타민C(mg/100g)	0.9416	0.8671
비타민D(ug/100g)	N.D	N.D
비타민E(mgaTE/100g)	1.2522	1.1357
비타민K(ug/100g)	N.D	N.D

6.3 일반 쌀과 비타민 처리 쌀의 외형 비교

일반 쌀과 비타민을 처리한 쌀의 외관상의 모양이나 색깔의 차이를 비교하였을 때 큰 차이점은 보이지 않았다.



그림16. 일반쌀(좌) 비타민처리쌀(우)의 외형비교

제 7 절 비타민 쌀 시제품 개발

7.1 시제품 기능성 쌀 리보라이스 포장지 개발

비타민 B2가 강화된 리보라이스의 시제품 개발을 위하여 10kg 포장지와 5kg포장지 디자인을 개발하였다. 비타민 B2 리보라이스의 원제 색깔이 노란색임을 감안하여 포장지 전체 디자인 칼라가 노란빛을 띄게 제작하였으며 제품명의 자연스러움을 강조하기 위하여 컴퓨터의 정자체가 아닌 사람의 손으로 직접 글을 쓰는 방식을 채택하였다 (Fig 16, 17, 18).



Fig. 16 리보라이스 시제품 제작 포장지 도안 (10kg)



Fig. 17 리보라이스 시제품 제작 포장지 도안 (10kg 최종)



Fig. 18 리보라이스 시제품 제작 포장지 도안 (5kg 최종)

7.2 비타민쌀 시제품 개발

친환경 비타민 제제를 3회이상 처리한 친환경 재배 단지의 쌀을 수확하여 최종 제작된 5kg 포장지에 백미로 도정 후 100를 포장하였다. 최종 시제품은 나비골 유기영농조합 법인 쇼핑몰을 이용하여 시범 판매를 실시하였으며, 식미도 테스트를 위한 샘플로 사용하였다 (Fig 19).



Fig 19. 비타민 함유 명품쌀 “리보라이스” 시제품 개발

7.3 “리보라이스”의 식미 테스트

□ 비타민 함유 “리보라이스”와 일반 쌀의 식미테스트

○ 일시 및 장소 : 2013. 7. 5.

전남대학교 친환경농업연구소

○ 참여인원 : 48명(연구원 및 학생)

○ 식미검정 쌀 : 새누리벼 (표준재배, 농가재배),

비타민함유 “리보라이스”(친환경 비타민제 살포, 농가재배)

시중판매쌀 “왕건이 탐낸쌀”(표준재배, 농가재배)

○ 식미검정 결과

: 대조구인 표준재배 왕건이 탐낸쌀이나 무처리구인 표준재배 새누리벼 그리고 처리구인 비타민함유 리보라이스의 윤기, 색, 향기, 맛, 찰기에 대해 참여한 테스터들은 차이점을 느끼지 못하였다 (Fig 20, 21 표 22).

표. 22 일반 쌀과 비타민 쌀의 식미검정 성적 비교

구 분	대조구 왕건이탐낸쌀 (청무벼)	처리구 리보라이스 (새누리벼)	무처리구 일반쌀 (새누리벼)
윤 기	35.42%	35.42%	29.17%
색	31.25%	33.33%	35.42%
향 기	37.50%	31.25%	31.25%
맛	37.50%	33.33%	29.17%
찰 기	33.33%	35.42%	31.25%



Fig 20. 비타민 함유 명품쌀 “리보라이스” 식미 테스트

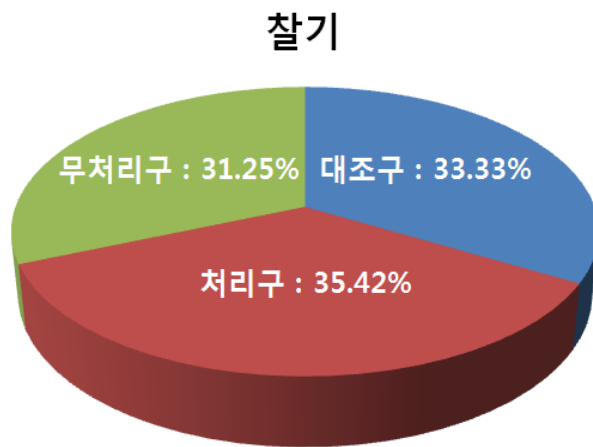
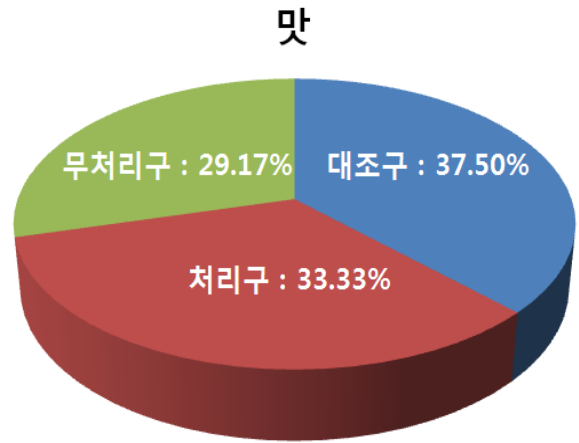
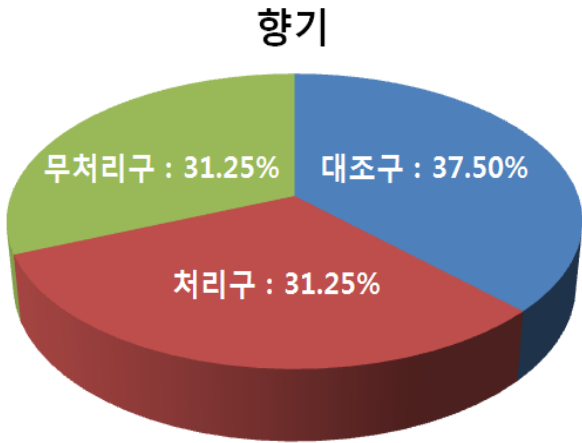
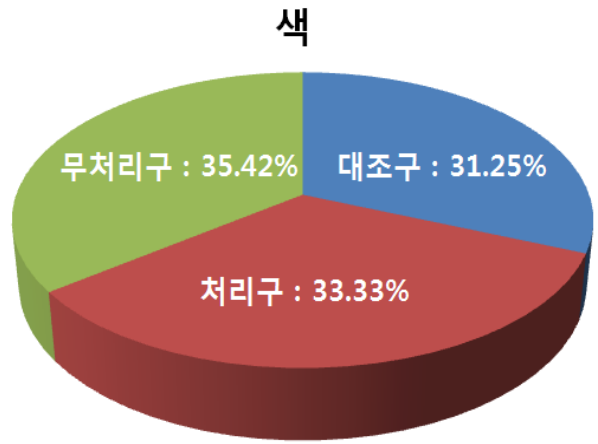
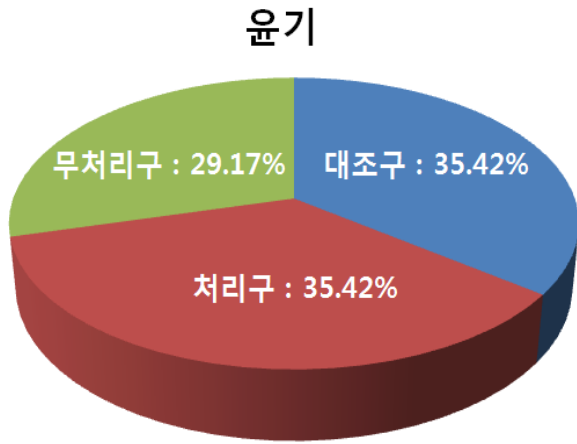


Fig 21. 비타민 함유 명품쌀 “리보라이스” 식미 테스트 검정 결과

제 8 절 기능성 쌀 재배 매뉴얼 작성 및 활용

8.1 친환경 비타민쌀 재배 매뉴얼

1) 종자 준비

(1) 볍씨의 준비

- 우량종자
 - 유전적으로 순수하고 혼교가 없는 종자
 - 충실하고 속도가 알맞은 종자
 - 병충해를 입지 않은 종자
 - 동할미가 없는 종자
 - 협잡물이 없는 종자
- 발아율: 96% 이상
- 종자갱신
 - 갱신주기 : 3-4년
 - 보급종자구입 : 국립종자원

(2) 선 종 (볍씨 고르기)

- 선종 : 좋은 볍씨를 고르는 것
- 선종방법(염수선)
 - 메 벼 : 비중 1.13 (물18L + 소금 4.5kg)
 - 찰 벼 : 비중 1.08 (물 18L+소금 2.25kg)
 - 통일형벼 : 비중 1.06 (물18L+소금 1.8kg)

(3) 종자소독

- 종자 소독하는 이유
 - 종자 전염병(도열병, 키다리병, 깨씨무늬병, 벼이삭선충 등) 예방
- 종자소독
 - 볍씨 담그기 약액온도 : 약액온도 10~30℃ 정도 유지
(키다리 병은 약액온도를 30℃ 정도로 하는 것이 효과적임)

○ 유기, 무농약 재배

- 온탕소독법
 - 온탕소독기를 이용하여 60℃까지 가열된 온수에 10분 동안 침지소독하면 발아율이 96% 이상 유지하고 키다리 병을 97% 방제할 수 있음.

- 냉수온탕침법

- 소금물가리기 한 종자를 13~17℃의 물에 4~5시간 침지한 후 55~60℃의 물에 10~20분간 처리 후 상온 수에 침종

2) 종자 준비

(1) 볍씨 담그기

- 싹틔우기 전에 충분히 담가주어 싹이 균일하게 트도록 함
- 적산온도 100℃기준으로 침종할 수온의 온도를 감안하여 침종일수 결정 (10℃의 물에 담글 경우 10일)
- 온도가 높을수록 자주 물을 갈아줘야 산소공급이 되어 종자의 활력이 유지될 수 있다.
- 싹 틔우기
 - 싹 틔우기는 30~32℃에서 1~2일정도(싹길이 1~2mm) 실시

(2) 출아

- 출아 : 파종 후 종자가 흙을 뚫고 첫 번째 잎이 밖으로 오는 것
- 출아에 필요한 환경
 - 온도 : 30~32℃
 - 수분 : 건조하지 않도록 유지
 - 햇빛 : 햇빛은 필요하지 않으므로 햇빛이 직접 쬐이지 않도록 한다.
 - 출아 후의 모 크기는 8~10mm 정도가 되도록 관리

(3) 녹화

- 광 : 차광
- 온도 : 적온 관리(25℃ 전후)
- 수분 : 충분한 수분 공급

(4) 경화

- 육묘상자를 비닐터널 내에 치상하고 초기에는 20℃ 전후로 보온하고 생육이 진전됨에 따라 자연 상태의 기온에 순화
- 모판 치상 및 관리
 - 모판의 땅고르기를 잘하여 모판 면과 상자가 잘 밀착되도록 함
 - 치상할 때 상자와 터널 양측의 비닐과는 10cm 이상 거리유지
 - 모판 물도랑에 물대기는 모판 바닥 밑 2~3cm 정도 유지
 - 냉해 우려시 일시적으로 모키의 2/3정도 물대주기 실시
 - 모내기 5~7일 전에 못자리 물떼기 실시

- 생육이 부진할 경우 모내기 5~7일전 상자당 질소 1~2g (유안 5~10g)을 100배의 물에 타서 추비 시용
- 규산을 시용한 모는 모생육이 충실함

3) 이앙 (모내기)

(1) 이앙시 주의사항

- 어린모는 키가 작으므로 논바닥을 특히 균평하게 써레질 함
- 모가 2~3cm 깊이로 심어지도록 이앙기계를 조절하여 이앙
- 적기에 모내기를 실시하여 수량증대 및 완전미비율을 향상시킨다.
- 기후여건, 토양특성, 재배시기 등을 감안하여 알맞은 포기 수 선택

(2) 이앙시기와 벼 생육

- 너무 일찍 모내기할 경우
 - 육묘할 때 냉해와 모내기 때 온도가 낮아 초기 생육지연 우려
 - 영양생장기간이 길어 양분 및 물의 소모량이 많음
 - 잡초 발생량이 많아 방제를 한 번 더 해야 함
 - 무효분얼이 많아져 통풍이 잘 안되므로 병해충의 발생 증가
 - 이삭이 일찍 패기 때문에 고온기 등숙에 따른 호흡 증가로 벼알의 양분소모가 많아지고 동할미가 늘어나 미질이 떨어짐

※ 등숙기 적정 온도(출수 후 40일간 평균온도) : 20~22℃

- 너무 늦게 모내기할 경우
 - 충분한 영양생장을 하지 못하여 벼알수가 적고 수량이 감소함
 - 늦게 심을 경우 심복백미의 발생율이 급격히 높아져 미질이 저하됨

4) 재식밀도 (이앙거리)

(1) 지대별, 모작별 알맞은 포기수(중표기준)

구 분	m ² 당 포기수	포기당 모수
산간고랭지, 늦가꾸기	33~39	6~7본
중산간지, 염해지, 영동지방	27~33	5~6
중간지, 보리뒷그루	24~27	4~5
평야지 1모작	23~26	3~4
채소 뒷그루	26~29	5~6
검은줄무늬오갈병 상습지	24~27	7

※ 10a당 450~500kg 정도의 수량성을 올리려면 m²당 400~450개의 이삭수를 확보해야 하는데 재식밀도는 품종, 재배법, 환경조건 등을 고려하여 재식밀도를 결정하도록 한다.

5) 비료주기

<고품질 쌀 생산 표준 시비량 (권장량)>

(단위 : kg)

구분	질소	인산	칼리	규산	주는 시기
밀거름	5	4.5	4.0	200~250	전층시비
새끼칠거름	2				모낸 후 12~14일
이삭거름	2		1.7		이삭패기 전 25일경

※ 규산질 비료는 밀거름 주기 2주전까지 뿌려주어야 함

○ 저농약

- 화학비료는 권장 시비량의 1/2 이하 범위 내에서 사용
- 볏짚 환원, 자운영 등 녹비작물 재배로 화학비료 사용 50% 이상 감량

○ 무농약

- 화학비료는 권장 시비량의 1/3 이하 범위 내에서 사용
- 유기물 사용, 녹비작물 재배 등 지력증진 극대화
- 벼 생육상태에 따라 추비 필요시 친환경 유기비료 또는 자가 제조 액비등 사용

○ 유기재배

- 화학비료는 일체 사용하지 않음
- 볏짚 환원, 녹비작물 재배 및 기타 자가 제조 퇴비 등 사용

6) 물 관리

(1) 벼 생육단계별 물관리 방법

생육시기	물대는 요령	물 깊이 (cm)	효과
무효분얼기	중간 물떼기 · 출수전 40~30일 · 5~10일간	0	· 무효분얼 억제, · 유해물질 제거 및 도복방지
수잉기	물 걸러대기 · 출수전 30일~출수기 · 3일 관수, 2일 배수	2~4	· 뿌리기능 촉진 · 유해물질 제거 촉진
출수기	보통으로 댐	3~4	· 꽃가루받이 촉진
등숙기	물 걸러대기 · 3일 관수, 2일 배수	2~3	· 등숙양호 및 뿌리기능 유지 · 유해물질 제거
낙수기	완전 물떼기 · 출수 30~35일 전후	0	· 품질 양호 · 농작업 편리

7) 병해충 방제

(1) 병해충 방제의 기본 원칙

- 유기물 증시로 건전생육 도모 : 자운영, 헤어리벳치, 호밀 등
- 규산질비료 시용 내 병해충성 키우기
- 드물게 파종하여 건전생육 유도 : 상자당 100g 내외
- 조기 모내기 지양 및 적정 재식밀도 유지로 잡초 발생 및 병해충 감염 기회 최소화
- 저농약 재배는 기본방제 반드시 실천 : 본답 1회 방제
 - 모내는 날 입제농약 : 상자처리
 - 이삭패기 전 이삭도열병, 벼멸구 종합방제
 - 들발해충 정밀예찰 적기 방제
- 친환경 병해충 방제 생물약 및 미생물제제 확보

(2) 종합 관리형 병해충 방제체계

구분	시기	병해충	비타민제 살포시기
기본방제	이앙전 (육묘상처리)	잎도열병, 흰잎마름병, 벼물바구미, 애멸구	
보완방제	6상~7중순	잎도열병, 벼물바구미, 이화명나방	1회 살포
기본방제	7하~8상순	이삭도열병, 잎집무늬마름병, 세균성벼알마름병, 벼멸구(흑명나방)	2회 살포
보완방제	8중~8하순	이삭도열병, 이화명나방, 벼멸구	3회 살포

8) 왕우렁이를 이용한 잡초 방제기술

(1) 주요기술

- 투입시기 및 살포량 : 모낸 후 7일 이내에 5kg 내외/10a 살포
- 왕우렁이 크기 : 1kg에 200마리 정도가 적당함
 - 2~3개월 자란 5~30g의 중패 80%, 성패 20%
 - 껍질에 윤기가 흐르고 건강한 것으로 구입 활용

(2) 반드시 지켜야 할 기술

- 논을 잘 고르고 물을 깊게 관리하고 썩레질 후 1주일 이내에 모내기
 - 왕우렁이는 수면과 수면 아래 먹이를 먹기 때문에 정지작업을 균일하게 한다.
- 왕우렁이가 도망을 못가도록 논둑을 높이고 배수로에 망 설치
- 어린모 담수직과는 왕우렁이 피해가 우려되므로 가급적 지양

9) 수확 및 건조 저장

(1) 수확

- 수확 적기 : 한 이삭의 벼 알이 90% 이상 익었을 때 벼베기 실시
 - 종자용은 알맞은 벼베기 때 보다 약간 빠르게 수확
 - 수확시기가 빠르거나 늦으면 완전미율 감소
 - 조기 수확 : 청미, 미숙립, 동할미 증가
 - 만기 수확 : 기형립, 피해립 증가
 - 콤바인 만기 수확 : 금간쌀 발생 증가

(2) 건조

- 건조방법
 - RPC 등 화력건조기 적정 건조온도 유지 (순환식)

- 도정 및 수매용 : 45 ~ 50℃, 종자용 : 40℃
- 55℃ 이상에서 건조 시 : 동할립 증가, 단백질 및 전분 변성, 밥맛이 떨어짐, 발아율 감소
- 알맞은 정조 수분함량 유지 : 15%
- 다목적 건조저장고 건조기 (비순환식)
 - 최초 4~5시간은 30℃로 송풍한 다음 35℃에서 5~6시간 경과 후 38℃로 송풍하여 수분 15% 정도로 건조 (38℃ 이상 건조 금지)
- 천일건조 : 벼의 두께 5cm로 3일 정도 건조
- 높은 온도에서 급속하게 말리게 되면
 - 쌀알 표면의 수분 증발 및 금간 쌀과 싸라기가 많이 생겨 쌀 품질과 도정률을 크게 떨어뜨림
 - 쌀 표층의 지방이나 가용성 당류 및 아미노태 질소 등의 성분이 밖으로 휘산되거나 쌀 내부로 이동하여 밥맛을 크게 떨어뜨림
 - 금간 쌀이나 싸라기는 고온에 의해 단백질의 응고 및 전분의 노화 등 밥을 지었을 때 끈기가 없어 밥맛이 떨어짐

(3) 저 장

- 곡물의 수분함량과 저장 온도가 높으면 저곡 해충 및 미생물 발생, 호흡에 의한 양과 질 손실, 화학적 변화 심함 (품질 저하)
- 정조의 저온저장 : 쌀의 성분변화 및 변질이 적고 도정률이 높음
 - 일본의 현미 저장조건 : 온도 15℃ 이하, 상대습도 75% 전후
- 저장조건과 미질
 - 온도나 습도가 높으면, 호흡에 의한 양적 및 질적 손실이 커지고 쌀알 내의 화학적 변화가 심해짐
 - 쌀알 표층의 기름성분이 공기 중의 산소와 결합하여 산패되면서 산도가 올라가고 당질이나 단백질의 변질도 함께 유발됨
 - 저장 중에 침해하는 바구미 같은 해충이나 부패균 발생이 심함
 - 저온저장 창고에 보관할 경우 현미로 저장하여도 괜찮음
 - 쌀로 저장한 경우에는 서늘한 곳에 밀폐된 용기속에 저장하는 것이 쌀의 감모율이나 화학적 성분변화가 적고 해충의 발생을 막아주는 효과가 있음

8.2 친환경 비타민쌀 재배 매뉴얼 정리

기후기록표	농도 배양·지체준비	적정 입모수확본·거묘 육성	이삭수확본	여름 비을 높이기	쌀 품질 높이기			
<p>버 치라는 과 정</p>	<p>월·일</p> <p>11월, 12월, 1월, 2월, 3월</p>	<p>4월 상, 4월 중, 4월 하, 5월 상, 5월 중, 5월 하, 6월 상, 6월 중, 6월 하, 7월 상, 7월 중, 7월 하, 8월 상, 8월 중, 8월 하, 9월 상, 9월 중, 9월 하, 10월 상, 10월 중, 10월 하</p>	<p>수확</p> <p>조생종 이삭편수 40-45일 중생종 이삭편수 40-45일 중만생종 이삭편수 50-55일</p>	<p>수확</p> <p>조생종 이삭편수 40-45일 중생종 이삭편수 40-45일 중만생종 이삭편수 50-55일</p>	<p>기 계 이 양 (여 름 모 · 중 모)</p> <p>종 지 준 비 물 관 리</p> <p>농 유 기 주 기 모 내 기 이 삭 기 를 주 기 말 기 를 주 기</p> <p>비 타 민 실 포 1 차 비 타 민 실 포 2 차 비 타 민 실 포 3 차</p> <p>원 전 물 데 기</p>	<p>건 담 직 파</p> <p>종 지 준 비 (개 박 제 기)</p> <p>규 산 질 배 료 주 기 민 기 를 주 기 늘 리 이 약 로 타 리 작 업</p> <p>파 증 권 엄 적 파 3 일 기 물 데 기 새 끼 칠 거 를</p> <p>비 타 민 실 포 1 차 비 타 민 실 포 2 차 비 타 민 실 포 3 차</p> <p>원 전 물 데 기</p> <p>수 확</p>	<p>담 수 직 파</p> <p>종 지 준 비 (개 박 제 기)</p> <p>규 산 질 배 료 주 기 민 기 를 주 기 늘 리 이 세 레 지, 늘 리 이 기</p> <p>파 증</p> <p>종 간 물 데 기 (2-3회) 이 삭 기 를 주 기</p> <p>비 타 민 실 포 1 차 비 타 민 실 포 2 차 비 타 민 실 포 3 차</p> <p>원 전 물 데 기</p> <p>수 확</p>	<p>병 해 총 제</p> <p>병 해 소 득 종 지 소 득 : 키 디 리 병 방 제</p> <p>저 은 성 배 양 및 버 을 배 구 미 방 제 육 요 상 처 리 : 진 환 경 처 리 제</p> <p><본 단 1차> 벼 을 배 구 나, 이 화 영 나 병, 인 도 열 병</p> <p><본 단 2차> 혹 영 나 병, 벼 열 구, 모 고 병, 이 삭 도 열 병</p> <p><보 원 방 제> 이 화 영 나 병, 벼 열 구, 모 고 병, 이 삭 도 열 병</p> <p>진 환 경 실 증 제</p> <p>진 환 경 실 증 제</p> <p>진 환 경 실 증 제</p>

제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

제 1 절 목표 달성도

연차별 연구개발 목표와 평가의 착안점 및 목표 달성도를 아래의 1항, 2항, 3항에 나타냈다. 연차별 연구개발 목표들은 대체적으로 연구 계획서의 진도와 일치하게 달성되었으며, 연구의 최종 목표 달성도 역시 3항에 나타낸 바와 같이 계획서의 최종목표를 대체로 달성하였다고 사료된다.

1.1 제 1 차년도 연구개발 목표와 평가의 착안점 및 달성도

연구개발 목표	평가		목표 달성도 (%)	참조부분 (제 3 장)
	평가의 착안점	평가의 척도 (%)		
1. 벼 도열병 및 흰빛 잎마름병 방제법 개발 및 비타민 쌀 시제품 개발 (제1세부)	1. 기내 실험을 통하여 리보플라빈 함유 제품의 최적 사용 시기 결정	40	100	제 1 절
	2. 기내 실험을 통하여 리보플라빈 함유 제품의 최적 사용 횟수 결정		100	제 1 절
	3. 도열병 및 흰빛 잎마름병 방제 효과 분석		100	제 2 절 제 3 절
2. 살포 시기 및 살포 횟수별 리보플라빈 함유량 조사 (제 1 협동)	4. 사용 시기에 따른 리보플라빈 함유량 조사	30	100	제 1 절
	5. 살포 횟수에 따른 리보플라빈 함유량 조사		100	제 1 절
	6. 리보플라빈 함유로 인한 기능성 쌀의 타 성분의 함량 차이 조사		100	제 4 절
3. 제품의 살포 및 기능성쌀 재배 (제 2 협동)	7. 실험 포장 1ha 준비 및 포장재 배 실시	30	100	제 5 절
	8. 처리구별 리보플라빈 함유제품 살포		100	제 5 절
	9. 최종 수확된 벼의 포장 방제가 및 수확량 조사와 경영분석		100	제 5 절

2.2 제 2 차년도 연구개발 목표와 평가의 착안점 및 달성도

연구개발 목표	평가		목표 달성도 (%)	참조부분 (제 3 장)
	평가의 착안점	평가의 척도 (%)		
1. 벼 도열병 및 흰빛 잎 마름병 방제법 개발 및 비타민 쌀 시제품 개발 (제1세부)	1. 리보플라빈 함유 제품의 사용 시기 및 사용 횟수에 따른 병방제 효과 분석 2. 방제효과도 우수하면서 리보플라빈 함유량이 가장 많이 나오는 최종 살포 시기 및 횟수 결정 3. 비타민 B2를 함유한 기능성 쌀의 명칭 및 포장제 도안 결정과 최종 브랜드 완성 4. 완료된 포장지를 바탕으로 시제품 100포 제작 5. 여러 사람들을 통한 완성된 제품의 식미도 검사	40	100 100 100 100 100	제 5 절 제 5 절 제 7 절 제 7 절 제 7 절
2. 살포 시기 및 살포 횟수별 리보플라빈 함유량 조사 (제 1 협동)	6. 도정 정도에 따른 리보플라빈 함유량 조사 7. 생육시기 및 수확후 저장에 따른 리보플라빈 함유량 조사	30	100 100	제 6 절 제 6 절
3. 제품의 살포 및 기능성쌀 재배 (제 2 협동)	8. 최종 기능성 쌀 재배 매뉴얼 작성 9. 농민 교육을 통한 영농활용	30	100 100	제 8 절 제 8 절

2.3 최종평가의 착안점 및 달성도

평가		목표 달성도 (%)	참조부분 (제 3 장)
평가의 착안점	평가의 척도 (%)		
1. 리보플라빈 함유 제품을 사용하여 흰빛 앞마름병 방제가 70% 이상 확보	15	80	제 1, 2, 3, 5 절
2. 리보플라빈 함유 제품을 사용하여 도열병 방제가 70% 이상 확보	15	100	제 1, 2, 3, 5 절
3. 리보플라빈 함유 제품을 사용하여 무처리구에 비교하여 최대 4배 이상의 리보플라빈이 함유된 제품 개발	20	100	제 1, 5, 6, 7 절
4. 기능성 쌀 최종 시제품 100개 생산	30	100	제 7 절
5. 사업 종료 후 1년 이내 시장 출시	30	100	제 7 절

제 2 절 관련분야에의 기여도

1.1 기술적 측면에서의 기여도

본 제품의 경우 작물 생육 기간중 살포함으로서 작물이 리보플라빈을 흡수하게 하여 도열병이나 흰빛 잎마름병에 대한 저항성을 유도하고 차후에는 체내의 리보플라빈이 축적되어 있어 코팅에 의한 손실이 발생하지 않는 장점이 있다. 또한 저항성 유도라는 측면에서 무농약으로 작물을 재배함에 다른 약제의 사용량을 줄이고 좀 더 친환경 적으로 작물을 재배 할 수 있는 두 가지 장점을 지니고 있다.

본 연구결과를 바탕으로 완성된 비타민 B2를 함유한 고기능성 쌀의 경우 리보플라빈을 함유하게 함과 동시에 병을 방제할 수 있는 시스템으로 기능성 쌀을 만드는데 추가적으로 들어가는 비용이 적어 가격적인 경쟁력을 지니고 있으며 식물체내 주입식이라는 점에서 가공이 간단하고 포장에 일반 벼의 포장과 마찬가지로 특별한 시설을 요하지도 않는다. 또한 비타민 쌀이 주는 기능성 의미는 요즘 웰빙을 생각하는 소비자에게 딱 맞아떨어지는 구미를 제공할 것이며 관련 산업의 파급 효과도 클 것으로 예상된다.

1.2 학문발전에의 기여도

본 연구는 아직까지는 미개척 분야인 비타민을 함유한 고부가가치 쌀 개발에 대한 재배 매뉴얼 관한 연구로 구체적인 농가의 고소득 창출을 위한 기술을 개발하였다. 비타민 함유 제품을 이용하여 병을 방제하는 기술은 식물병리학 분야의 발전에 기여했다고 판단된다. 본 연구의 결과는 특허 출원(병해 방제와 리보플라빈 강화 쌀을 생산하기 위한 벼의 재배 방법 출원번호: 제 10-2013-0097684) 되었으며 국내외 학술지에 제출중에 있다.

1.3 경제, 산업화 측면에서의 기여도

지금까지 개발된 무수히 많은 기능성 쌀들 중 특히 버섯쌀은 주로 각종 항암성 버섯류의 균체효능을 직접 부여한 제품으로 효능은 버섯류와 비슷한 것으로 홍보되고 있으나 밥으로서의 기능이 매우 취약하기 때문에 소비자의 이용범위는 매우 한정되어 있다. 즉 100% 버섯쌀 제품으로 취반하여 밥을 짓기가 곤란하고 일부를 백미와 혼합하여 밥을 짓는다고 하여도 식미가 떨어지고 버섯 특유의 이미지와 이취 때문에 일반소비자 들이 쉽게 선택하지는 못하고 있다. 그리고 장시간의 제조공정이 소요되기 때문에 제조비용이 많아 일반 시중가격도 일반쌀에 비하여 2~3개의 고가로서 경쟁력이 떨어진다.

기능성 쌀 관련 특허 중 가장 많이 등록된 기술은 파보일드 라이스(벼를 물에 담갔다가 물을 빼고 찌서 말린 다음에 도정 한 것) 관련특허가 27건으로 전체의 41.5%를 차지하고 있다.

특이한 성분을 첨가하여 가공한 쌀로서, 씻은 쌀(무세미)에 천연물질을 흡착 코팅하거나, 쌀을 도정, 세정하는 과정에 변화를 주어 부가적인 기능을 부강한 쌀과 그 제조 기술을 말하는 것이다.

기능성 쌀 관련 특허는 대부분이 특이한 성분을 첨가하여 가공한 기술로 무세미(씻은 쌀), 발아현미, 기능성 코팅한 쌀, 균 배양 쌀에 관련된 기술로 나눌 수 있다. 무세미는 세척과정이 없이 가정에서 즉시 취반이 가능하도록 만들어져 있지만 가공 과정상의 비용이나 가정에서 한번 더 세척을 하는 과정에서 기능성 물질 코팅이 벗겨져 손실되는 부분이 많은 문제점으로 작용하고 있다.

작물 생육 기간 중 특정 기능성 물질을 살포하여 작물 생육 초기부터 후기 생육 생장기까지 지속적으로 작물에 삼입시키는 기술의 개발은 현재 까지 특허 등록된 바가 없으며 본 기술의 개발로 소비자의 요구도와 맞는 기능성쌀 시장형성에 밑거름이 될 것이라고 판단한다.

제 5 장 연구개발 성과 및 성과활용 계획

제 1 절 실용화 · 산업화 계획

- 국내뿐만 아니라 해외에서도 친환경 유기농업으로 전환이 급속화 되고 있으며 재배 면적이나 수확량의 증가가 매년 20% 이상씩 증가하고 있는 실정임.
- 이에 따른 친환경 기능성 쌀의 개발과 생산이 급속도로 늘고 있으며 재배 면적이나 수확량의 증가가 매년 증가하고 있는 실정임.
- 따라서 기능성쌀 시장은 향후 바이오 산업계에서 커다란 화두로 자리 잡을 것이며 그 성장성은 무한하다고 할 수 있음
- 본 과제에서 개발된 비타민 B2를 함유한 명품 기능성 쌀의 경우 국내 시장에만 국한되지 않고 세계시장으로의 진출을 모색해봐야 할 것임
- 또한 국내의 좁은 면적에서의 소규모 생산을 접고 이제 해외 식량 자원화 사업을 기점으로 해외 투자 및 캄보디아와 같은 동남아 저개발 국가로 진출하여 넓은 대단위 면적에서 진정한 친환경 기능성 쌀을 재배 할 것을 판단

제 2 절 교육 · 지도 · 홍보 등 기술 확산 계획

- 본 과제에서 개발된 비타민 B2를 함유한 명품 기능성 쌀 재배 매뉴얼의 농가 보급과 함께 전남 함평에 국한되지 않고 다른 타 지역 및 전남을 벗어난 전국적인 교육, 지도, 홍보를 진행하여야 할 것이다.
- 또한 지역 특성화 사업과 연결하여 기능성 비타민 쌀 재배지와 지역 이미지를 결부시키는 홍보 마케팅도 병행 되어야 할 것이다.

제 3 절 특허, 품종, 논문 등 지식재산권 확보계획

- 본 연구를 통하여 개발된 비타민 B2가 함유된 명품 기능성 쌀의 경우 다른 벼싹이나 코팅쌀 및 유전자 변이 기능성 쌀과는 차별화 되는 제품으로서 본 연구 결과의 국내 특허를 등록 후 제품의 기술적인 측면에 안전 고리를 가져가야 할 것이다.
- 특히 비타민 기능성 쌀 생산이라는 측면 외에 벼에서 발생하는 도열병 및 흰빛 잎마름병에 대한 저항성 유도 효과도 탁월함으로서 다른 친환경 자재의 사용량을 줄여주며 생산비를 절감할 수 있는 장점을 지니고 있다.
- 원천 특허를 보유하므로 서 타사가 훔내 낼 수 있는 모든 부분을 차단하고 나아가 국제 특허를 득함으로서 해외에서도 원천기술을 지닌 회사로 발돋움할 예정임.

제 4 절 추가연구, 타연구에 활용 계획

- 본 과제 특성상 비타민을 작물에 살포하여 식물병에 대한 저항성을 유도하고 작물에 기능성을 부여하는 원리는 단순하기 때문에 본 과제에서 수행한 수도작 재배에만 국한되지 않고 다른 작물 재배 농가와 협력하거나 지자체와 협력을 통하여 타작물에서도 효능 검증을 추가로 할 필요가 있다고 사료된다.
- 비타민 딸기, 비타민 토마토, 비타민 오이 등 본 과제의 기술을 바탕으로 접목할 수 있는 방법이 무궁무진 하다고 판단된다.

제 6 장 참고문헌

Benliang Deng, Sheng Deng, Feng Sun, Shujian Zhang, and Hansong Dong. 2011 Down-regulation of free riboflavin content induces hydrogen peroxide and a pathogen defense in Arabidopsis. *Plant Molecular Biology*

Beyer P, Al-Babili S, Ye X, Lucca P, Schaub P, Welsch R, Potrykus I 2002 Golden rice: introducing the beta-carotene biosynthesis pathway into rice endosperm by genetic engineering to defeat vitamin A deficiency. *J Nutr* 132: 506S-510S

Gastaldi, G., Laforenza, U., Gasirola, D., Ferrari, G., Tosco, M., and Rindi, G. 1999. Energy depletion differently affects membrane transport and intracellular metabolism of riboflavin taken up by isolated rat enterocytes. *J. Nutr.* 129:406-409.

Geun Cheol Song, Hye Kyung Choi and Choong-Min Ryu 2013 The folate precursor para-aminobenzoic acid elicits induced resistance against Cucumber mosaic virus and *Xanthomonas axonopodis*. *Ann Bot.* 111(5): 925-934.

Gregory, J. F., III. 1998. Nutritional properties and significance of vitamin glycosides. *Annu. Rev. Nutr.* 18:277-296.

H. Boubakri, J. Chong, A. Poutaraud, C. Schmitt, C. Bertsch, A. Mliki, J. E. Masson, and I. Soustre-Gacougnolle 2013. Riboflavin (Vitamin B2) induces defence responses and resistance to *Plasmopara viticola* in grapevine. *European Journal of Plant Pathology* 136(4): 837-855

Packer, L., Podda, M., Kitazawa, M., Thiele, J., Saliou, C., Witt, E., and Traber, M. G. 1996. Vitamin E and the metabolic antioxidant network in Molecular Mechanisms of Signaling and Membrane Transport. Springer-Verlag, Berlin. 283-304

Parissa and Saeed Tarighi. 2010. Riboflavin induces resistance in rice against *Rhizoctonia solani* via jasmonate-mediated priming of phenylpropanoid pathway *Journal of Plant Physiology* 167(3): 201-208

Sathish Rajamani, Wolfgang D. Bauer, Jayne B. Robinson, John M. Farrow, III, Everett C. Pesci, Max Teplitski, Mengsheng Gao, Richard T. Sayre, and Donald A. Phillips. 2008 The Vitamin Riboflavin and Its Derivative Lumichrome Activate the LasR Bacterial Quorum-Sensing Receptor. *Molecular Plant-Microbe Interactions* Sep, 21(9): 1184-1192

Shujian Zhang, Xue Yang, Maowu Sun, Feng Sun, Sheng Deng, and Hansong Dong 2009
Riboflavin-induced Priming for Pathogen Defense in *Arabidopsis thaliana*
Journal of Integrative Plant Biology 51(2): 167–174

Wang, S., and Tzeng, D. D. 1998. Methionine-riboflavin mixtures with surfactants and metal ions reduce powdery mildew infection in strawberry. plants. *J. Am. Soc. Sci.* 123:987–991.

Yongcai Li, Yan Yin, Yang Bi, and Di Wang. 2012. Effect of riboflavin on postharvest disease of Asia pear and the possible mechanisms involved. *Phytoparasitica* 40(3): 261–268

주 의

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