내도복 복합내병 최고품질 중만생 벼 ‘예찬’

백만기¹ · 박현수^{1*} · 남정권¹ · 조영찬¹ · 김기영² · 김정주¹ · 김우재¹ · 신운철¹ · 정지웅¹ · 김춘송¹ · 정종민¹ · 이건미¹ · 박슬기¹ · 이창민¹ · 서정필¹ · 이점호¹

¹농촌진흥청 국립식량과학원, ²농촌진흥청

High Grain Quality Mid-late Maturing Rice Cultivar ‘Yechan’ with Lodging Tolerance and Multiple Disease Resistance

Man-Kee Baek¹, Hyun-Su Park^{1*}, Jeong-Kwon Nam¹, Young-Chan Cho¹, Ki-Young Kim², Jeong-Ju Kim¹, Woo-Jae Kim¹, Woon-Chul Shin¹, Ji-Ung Jeung¹, Choon-Song Kim¹, Jong-Min Jeong¹, Keon-Mi Lee¹, Seul-Gi Park¹, Chang-Min Lee¹, Jung-Pil Suh¹, and Jeom-Ho Lee¹

¹National Institute of Crop Science, RDA, Wanju 55365, Republic of Korea

²Research Policy Bureau, RDA, Jeonju 54875, Republic of Korea

Abstract ‘Yechan’ is a high grain quality mid-late maturing rice cultivar with lodging tolerance and multiple disease resistance. It was derived from a cross between ‘Hopum’ and ‘Iksan537’ (cultivar name ‘Haepum’). ‘Hopum’ is a high grain quality mid-late maturing rice cultivar with strong lodging tolerance and ‘Haepum’ is a high grain quality medium maturing rice cultivar with multiple disease resistance. To shorten the breeding period, another culture method was applied to the F₁ plants. ‘Yechan’ was selected through the pedigree method, yield trials, and local adaptability tests, with a high selection pressure for grain quality, lodging, and disease resistance. The heading date of ‘Yechan’ was August 14, one day later than that of ‘Nampyeong’. ‘Yechan’ is a cultivar tolerant to lodging and it has short culms. It has multiple disease resistance against rice blast, rice stripe virus, and bacterial blight, including the K3a race, the most virulent race in Korea. The yield of ‘Yechan’ was similar to that of ‘Nampyeong’. ‘Yechan’ showed excellent grain appearance, superior taste when cooked, and enhanced milling performance; thus, we concluded that it could contribute to the improvement of Korean *japonica* rice cultivar quality. ‘Yechan’, a high grain quality mid-late maturing rice cultivar with lodging tolerance and multiple disease resistance, would be suitable for cultivation in the southern plain area in Korea and has been utilized in the breeding programs aimed at enhancing the grain quality and stability for the cultivation of Korean *japonica* rice (Registration No. 7647).

Keywords Yechan, Rice, Grain quality, Lodging, Disease, Anther culture

Received on September 21, 2019. Revised on September 21, 2019. Accepted on September 28, 2019.

* Corresponding Author (E-mail: mayoe@korea.kr, Tel: +82-63-238-5214, Fax: +82-63-238-5205)

서 언

벼 육종의 주요 목표는 수량 증대, 품질 향상, 재배안정성 확대에 사회 요구와 시대 흐름에 따라 육종의 우선 순위가 변화한다. 1950-60년대는 ‘팔달’ 등 국내에서 개발된 근대 자포니카 품종이 주로 재배된 기간이며, 이후 수량 증대가 최우선 육종목표로 설정됨에 따라 1970년대 자포니카와 인디카 생태형간 원연교잡을 통해 다수성 통일형 벼 품종 개발에 성공하여 쌀 자급을 이룩하였다(Kim 2010). 쌀 자급을 이룬 1980-1990년대는 밥맛 좋은 쌀에 대한 소비자의 요구가 증가함에 따라 수량 증대에서

품질 향상으로 육종목표가 전환되기 시작하는 과도기로 단간 내도복, 양질 다수성 및 내병충성을 육종목표로 한 자포니카 품종이 개발되기 시작하였고, 2000년대 이후에는 WTO, FTA 등 쌀 시장 개방에 대응하고 국민에게 밥맛 좋은 쌀을 제공하기 위한 품질 향상에 중점을 둔 육종사업이 수행되고 있다(Kim 2010). 우리나라 밥쌀용 쌀 소비는 지속적으로 감소하고 있다. 1인당 연간 쌀 소비량이 1988년 122.2 kg, 1998년 99.2 kg, 2008년 75.8 kg, 2018년 61.0 kg/으로 30년 전에 비해 절반이상 줄었다(KOSIS 2019). 이에 반해 2018년 쌀 재고량은 적정 재고량인 80만톤의 두 배 가까이 늘어난 1,435천톤으로 공급과잉에

의한 수급 불균형이 심각한 수준이다(MAFRA 2019). 밥쌀용 쌀 품질 고급화를 통한 쌀 소비 촉진을 위해 농촌진흥청은 품종 개발 단계에서부터 밥맛, 품질, 도정 특성, 병해충 저항성 등 4가지의 엄격한 기준에 따라 2003년부터 ‘최고품질 벼’를 선정하고 있다. 최고품질 벼는 밥맛이 ‘일품’ 보다 좋고 쌀 외관 품질은 ‘추청’ 보다 좋아야 하며, 도정수율 75% 이상에 완전미 도정수율 65% 이상을 충족하며 2개 이상의 병해충에 저항성을 갖추어야 한다. 현재까지 18개 품종이 개발되어 우리나라 밥쌀용 벼 품종의 품질 향상에 크게 기여하고 있다. 생태형별로는 조생종 ‘운광’ (2004년 개발), ‘해담쌀’(2014), ‘진광’(2016), ‘해들’(2017) 등 4품종, 중생종 ‘고품’(2004), ‘하리아미’(2008), ‘대보’(2011), ‘해품’(2013), ‘청품’(2015) 등 5품종, 중만생 ‘삼광’(2003), ‘호품’(2006), ‘칠보’(2007), ‘진수미’(2008), ‘영호진미’(2009), ‘미품’(2010), ‘수광’(2011), ‘현품’(2012), ‘예찬’(2017) 등 9품종이 개발되었다.

재배안정성 확대는 품질 향상, 수량 증대와 함께 벼 육종의 주요 목표이다. 우리나라는 벼가 익어가는 성숙기에 잦은 태풍의 내습으로 도복에 의한 피해가 많이 발생하여 왔다(Kim et al. 2000). 도복은 벼가 성숙되어 감에 따라 지상부와 지하부의 지지력이 약해지고 지상부의 무게가 무거워져 힘의 균형이 파괴되어 발생하는 것으로 하위 절간의 좌절, 줄기의 만곡현상과 뿌리의 지지력이 약해서 발생하는 쓰러짐(뿌리도복) 등으로 구분된다(Chang et al. 1999). 도복의 발생은 벼 수량 감소에 직접적으로 영향을 미칠 뿐만 아니라 등숙 불량, 수발아 발생 등으로 미질을 떨어뜨리고, 수확 작업에 어려움을 준다(Chang et al. 1999). 도복 방지 대책으로 재배기술 측면에서 심경, 적정 이앙밀도, 적정 시비량 및 시비방법, 물관리 등이 있지만 근본적으로는 내도복성 품종 육성 및 재배가 바람직하다(Kim et al. 2000). 1980-1990년대 내도복성 통일형 품종에서 자포니카 품종으로 재배품종의 생태형이 전환됨에 따라 도복에 대한 중요성이 더욱 부각되었고 반왜성 유전자를 도입한 준단간 자포니카 벼 품종 개발에 박차를 가하였다(Kim 2010). 이후 ‘밀양95호’ 후대 내도복 품종인 ‘일미’(1995년 개발), ‘동안’(1996), ‘남평’(1997) 등이 개발되었다(Shin et al. 1998). 2000년 단간 내도복이면서 밥맛이 좋은 ‘주남’이 개발된 이후 ‘주남’을 교배모본으로 이용하여 ‘온누리’, ‘동진2호’(2005년 개발), ‘황금누리’(2006), ‘황금노들’(2008) 등 많은 단간 내도복 고품질 벼 품종이 개발되었고, 최고품질 벼 품종 중에서도 ‘호품’, ‘영호진미’, ‘미품’ 등 3품종이 ‘주남’을 이용하여 개발되었다(Kim et al. 2008, Kim et al. 2008, Kim et al. 2008, Kim et al. 2012, Ko et al. 2008, Ko et al.

2008, Shin et al. 1998, Yeo et al. 2012). 농가 포장에서 재배안정성이 높은 단간 내도복 품종이 재배되면서 과비로 인한 품질 저하와 병해충 발생 등 문제점이 지속적으로 발생하여 최근의 벼 육종사업에서는 의도적으로 벼 키를 다소 키워 비료 사용을 간접적으로 억제하는 방안도 활용하고 있으나, 지구온난화에 의한 강력한 태풍 발생 등 기후변화를 고려한다면 도복에 대한 안정성 확보는 여전히 중요하다. 내도복성과 더불어 병해충 저항성 증진은 돌발 병해충 발생에 의한 피해 방지 및 화학농약 사용 절감을 통한 안전 쌀 생산 등 재배안정성 확대에 중요한 육종목표이다. 벼의 주요 병해충 중 벼흰잎마름병은 세균성병으로 기후변화에 따라 병원성이 강한 새로운 균계의 발생 및 분포가 증가하고 있다(Kang et al. 2015, Noh et al. 2003). 벼흰잎마름병 방제용으로 몇 가지 화학약제가 개발되어 사용되고 있으나 방제 효과가 낮아 저항성 품종 재배가 가장 경제적이고 효율적인 방제 수단으로 알려져 있다(Khush et al. 1989, Shin et al. 2011). 1975년부터 2015년까지 국립식량과학원에서 개발된 자포니카형 벼 330품종 중 문제시 되고 있는 K3a 균계에 저항성인 품종은 단 7품종(2.1%)으로 이에 대한 보완이 필요한 실정이다(Park et al. 2016). 지금까지 개발된 최고품질 벼 품종 중에서는 중생종인 ‘해품’만 K3a균계까지 저항성을 나타내고 나머지 조생종, 중만생종 최고품질 품종 중에는 저항성 품종이 없는 실정으로 이에 대한 보완이 시급하다(Nam et al. 2019).

조직배양 기술 중 약배양 기법은 자식성 작물의 경우 조기에 동형 접합된 계통을 얻을 수 있어 육종연한을 크게 단축시킬 수 있다(Kwon et al. 2000). 1978년부터 2018년까지 농촌진흥청 국립식량과학원에서 개발된 413개 벼 품종 중 약배양을 통해 육성된 벼 품종은 45개 품종(11.4%)이다. 약배양 육종은 최초의 약배양 품종인 ‘화성’(1985년 개발)을 시작으로 ‘화영’(1991), ‘호평’(2003), ‘새일미’(2011), ‘삼광1호’(2015) 등 고품질 품종, ‘양조’(1994), ‘아량향찰’(1997), ‘고아미4호’(2009), ‘보드라미’(2013) 등 특수미 품종, 사료용 품종 ‘조농’ 등 다양한 용도의 품종 개발에 적극적으로 활용되고 있다(Kim et al. 2019, Lee et al. 2018). 또한 최고품질 18개 벼 품종 중 ‘하리아미’, ‘영호진미’, ‘해품’, ‘청품’, ‘진광’, ‘예찬’, ‘해들’ 등 7개 품종(38.9%)을 약배양을 통해 조기에 개발함으로써 쌀 품질 향상에 대한 사회적 시대적 요구에 신속하게 부응하였다(Hong et al. 2011, Lee et al. 2019, Nam et al. 2019, Won et al. 2018, Yeo et al. 2012).

농촌진흥청 국립식량과학원 벼 육종팀은 밥맛 좋고 외관 품위가 좋으며 도정 특성이 좋은 최고품질이면서, 기후변화에 대비하여 내도복성이고 벼흰잎마름병 변이균 K3a균계 저항성을 갖춘

재배안정성이 확대된 중만생 우량품종을 개발하고자 육종사업을 수행하였다. 빠른 시간에 육종목표를 달성하기 위해서 기존에 검증된 최고품질 품종을 교배모본으로 활용하였고 약배양 육종법을 적용하여 단간 내도복에 복합내병성을 갖춘 최고품질 중만생 벼 ‘예찬’을 개발하였다. 이에 ‘예찬’의 육성경위와 주요특성을 보고하고자 한다.

재료 및 방법

시험재료 및 재배방법

교배모본으로 ‘호품’을 모본으로 하고 ‘익산537호’(품종명 ‘해품’)을 부분으로 이용하였다. 육종사업을 통해 선발된 고정계통에 대해서 2013-2014년에 남부평야지 중만생종 표준품종 ‘남평’과 함께 생산력 검정시험을 수행하였다. 공시 재료를 국립식량과학원 벼 포장에 4월 30일 파종하여 5월 30일에 재식거리 30×15 cm로 주당 3본씩 구당 180주를 3반복으로 보통기 재배이양하였다. 시비량은 $N-P_2O_5-K_2O$ 를 90-45-57 kg/ha으로 질소는 기비 : 분얼비 : 수비를 50 : 20 : 30 비율로 분시하였고, 인산은 전량 기비로, 칼륨은 기비 : 수비를 70 : 30 비율로 분시하였다. 기타 재배관리는 농촌진흥청 표준 재배법에 준하여 실시하였다. 지역적응성 검정시험은 보통기 보비 재배시험을 서남부해안지(계화, 영암), 호남평야지(전주, 익산, 예산, 논산, 나주), 영남평야지(밀양, 대구, 선산, 진주) 등 총 11개소에서 2015-2017년 3년 동안 수행하였고, 이모작 재배시험을 호남(전주)과 영남평야지(밀양) 등 2개소에서 2016-2017년 2년 동안 수행하였다. 보통기 보비재배 및 이모작 재배시험의 표준품종으로 ‘남평’을 이용하였다. 재배방법에 따른 시험지별 파종 및 이앙시기, 재식밀도와 주당묘수, 시비량 및 질소 분시방법 등과 농업형질 및 수량구성요소, 생리장해 및 병해충 저항성, 도정특성 조사는 농촌진흥청 신품종 개발공동연구사업 과제수행계획서의 조사기준과 농업과학기술 연구조사분석기준에 준하여 실시하였다(RDA 2012, 2015, 2016, 2017).

주요 농업형질 및 수량 관련 형질 조사

지역적응성 검정시험에 공시된 재료의 출수기를 조사하고, 성숙기에 평균이 되는 20개체에 대해서 간장, 수장, 수수를 측정하였다. 성숙기에 3주를 예취하여 등숙률 및 수당립수를 조사하였고 100주를 3반복 예취하여 정조율을 측정하였다. 수확한 정조 1.5 kg을 수량조사현미기로 제형하여 정현비율을 측정하고, 100주 정조수량에 정현비율을 곱하여 현미수량을 구한 다음

1 ha당 수량으로 환산하였다. 현미수량에 일반적 현백률인 0.92를 곱하여 백미수량을 구하였고, 제현된 현미를 이용하여 천립중을 측정하였다.

생리장해 저항성 검정

내냉성 검정은 국립식량과학원 춘천출장소 내냉성 검정 시험포장에서 실시하였다. 이앙 후 20일부터 등숙기까지 수온 17°C, 수심 5 cm로 냉수처리 후 적고, 출수지연일, 임실률 등을 조사하였다. 출수지연일은 냉수를 처리하지 않은 대조구 대비 냉수 처리구 간의 출수지연일수로 구하였고, 임실률은 성숙기에 냉수 처리구의 주간 3이삭을 채취하여 측정하였다. 저온발아율은 100립 3반복으로 13°C 항온기에서 15일간 치상하여 발아율을 조사하여 측정하였다. 내냉성 유묘검정은 3엽기부터 수온 13°C로 10일간 처리하여 1: 엽색 농록, 3: 엽 선단부 담록, 5: 1/3 엽색 황변, 7: 2/3 엽색 갈변, 9: 고사 등 1-9의 질적등급으로 구분하였다. 수발아 검정은 출수 후 40일에 주간의 3 이삭을 채취하여 25°C 포화습도에서 7일간 치상 후 발아율을 조사하여 측정하였다. 도복저항성 검정은 출수 후 20일에 평균적인 3개체를 골라 실시하였다. 좌절중은 간기부에서 10 cm 절간 중앙부에 하중을 걸어 부러질 때의 무게로 인장강도 시험기(DTG-5, Digitech Co. Ltd., Osaka, Japan)를 이용하여 측정하였다. 도복의 전체적 정도를 나타내는 도복지수는 [모멘트(g·cm)/좌절중(g)] × 100의 공식을 이용하여 구하였으며, 모멘트는 주간 간장과 수장을 더한 값을 총생체중으로 곱한 값이다. 포장 도복은 출수 후 30일에 달관조사 하였는데 그 기준은 1: 이삭줄기 경사 15% 이하(무도복), 3: 16-30%, 5: 31-45%, 7: 이삭의 일부가 지면에 닿음, 9: 완전히 땅에 깔린 상태로 구분하였다.

병해충 저항성 검정

잎도열병 저항성 검정은 식량원, 도농업기술원 등 전국 12개 지역에서 질소다비 조건의 밭짓자리 상태에서 6월 하순에서 7월 상순에 늦게 파종하여 잎도열병을 유발시키는 밭짓자리 검정법을 이용하여 수행되었다. 검정포 시비량은 성분량으로 $N-P_2O_5-K_2O$ 를 240-80-120 kg/ha로 주었고, 발병을 촉진시키기 위한 이병성 품종(spreader)으로 ‘호평’을 이용하였다. 파종 후 30일 이후에 발병 최성기를 중심으로 조사하며 잎도열병 저항성 검정 기준은 0: 무 발병, 1: 바늘머리 크기의 갈색 병반, 2: 다소 큰 갈색 병반, 3: 직경 1-2 mm의 원형회색병반, 4: 직경 1-2 mm의 전형적 병반으로 엽면적의 2% 이하 발병, 5: 전형적인 병반이 엽면적의 3-10%, 6: 11-25%, 7: 26-50%, 8: 51-75%, 9: 76%

이상 등 0-9 단계로 발병으로 구분하였다. 우리나라 벼흰잎마름병 대표균계에 대한 저항성 반응을 HB1013(K1), HB1014(K2), HB1015(K3), HB1009(K3a) 균주를 이용하여 검정하였다. 검정 계통에 대해서 최고분얼기에 균주 별로 3주씩 엽선단 3 cm 부위를 가위 절엽접종하였다(Kauffman et al. 1973). 접종 후 3주 후에 각각의 개체에 가장 긴 병반을 조사하여 5 cm 이하는 저항성(R; resistant), 5-10 cm는 중도저항성(MR; moderately resistant), 10 cm 이상은 이병성(S; susceptible)으로 질적저항성을 구분하였다. 벼줄무늬잎마름병 검정은 망실을 이용한 대량 검정법으로 바이러스 보독충 방사 및 계대 사육으로 보독충이 충분히 유지된 망실에 검정 계통을 파종 후 이병성 품종인 ‘추청’이 병징을 나타낼 때 저항성과 감수성으로 판정하였다(Kwak et al. 2007). 오갈병 및 검은줄오갈병은 실내유묘검정을 통해서 보독충을 접종하여 바이러스병 저항성 여부를 이병성 품종 ‘추청’을 비교하여 검정하였다. 벼멸구 및 애멸구 저항성 검정은 파종 후 본엽 2-3엽기에 벼멸구와 애멸구를 접종하여 감수성 대비 품종인 ‘일품’과 ‘추청’이 고사한 후에 검정 계통을 저항성과 감수성으로 판정하였다.

품질 및 도정 특성 검정

현미 20립에 대해서 길이, 너비를 캘리퍼스(Caliper CD-15CP, Mitutoyo Corp., Japan)를 이용하여 조사하고 너비에 대한 길이의 비율로 현미 장폭비를 계산하였다. 투명도는 백미 20립을 달관조사하여 1: 쌀이 유리알 같이 맑은 것, 5: 중간, 9: 쌀이 불투명한 것으로 구분하였다. 심복백은 백미 20립에 대해서 달관 조사를 통하여 0: 심백 및 복백 무, 1: 쌀알 면적의 5% 이하, 3: 6-10%, 5: 11-20%, 7: 21-40%, 9: 41% 이상으로 구분하였다. 알칼리불포도는 백미 6립을 3반복으로 15 mL 용량의 사각 플라스크에 넣고 1.4% KOH 용액 10 mL씩 분주한 후 30°C 항온기에서 23시간 정치 후(Cheo & Heu 1975), 퍼짐도(spreading)와 투명도(clearing)에 따라 1: 부풀지 않고 그대로 있음, 2: 모양 변화 없이 약간 부풀어 있음, 3: 금이 나게 부풀어 있고, 극히 미미한 퍼짐도 보임, 4: 부풀 쌀 너비 정도의 퍼짐도 보이거나 투명화 현상 없음, 5: 심하게 갈라져 꽤 넓은 퍼짐도 보이고 투명화 현상 시작함, 6: 완전히 퍼지고 외곽은 거의 투명화됨, 7: 형태를 알 수 없게 퍼져서 투명화됨 등 7단계로 구분하였다. 단백질 함량은 AOAC (2000)방법에 의하여 Micro Kjeldahl법으로 자동 단백질 분석기(Kjeltec 2400 AUT, Foss Tecator, Mulgrave, Australia)로 측정하였다. 아밀로스 함량은 Juliano (1985)의 비색정량법에 따라 시료 100 mg에 95% 에탄올과 1 N sodium hydroxide를 가한

후 호화시킨 전분 호화액에 1 N acetic acid와 2% I₂-KI 용액을 첨가하여 요오드 정색반응 후 분광광도계를 이용하여 620 nm의 파장에서 흡광도를 측정하였다. 밥맛 검정은 전기밥솥에 밥을 취반하여 ‘추청’의 취반미를 기준으로 하여 국립식량과학원 본원, 중부작물부 및 남부작물부 패널리 밥 모양(색깔 및 윤기), 냄새, 찰기, 질감, 밥맛 및 종합평가 등 6항목을 평가하였다. 평가는 기준법인 ‘추청’과 비교하여 비슷하면 보통(0), 기준보다 나쁜 쪽으로 3단계(-1, -2, -3), 좋은 쪽으로 3단계(+1, +2, +3)의 수준으로 평가하고 밥맛 평균값을 식미치로 이용하였다. 도정 특성 검정은 정선된 정조 1 kg을 로울러식 시험용 제현기를 이용하여 현미를 제조한 후 정조에 대한 현미의 중량비로 정현비율을 구하였으며, 현백률은 현미 500 g을 시험용 정미기에 5-6회 반복 도정한 후 얻어진 백미를 1.7 mm 체로 쳐서 쇄미를 분리하고 남은 백미중량을 현미의 중량에 대한 백분율로 나타냈고 도정률은 정현비율에 현백률을 곱한 다음 100으로 나눈 수치로 표시하였다(Lee et al. 2009). 백미 완전미율은 도정 후 얻어진 백미를 50 g씩 3반복으로 취하여 숙련된 사람이 육안으로 완전미를 분리하였고 완전미의 무게를 재어 원료 쌀의 중량에 대한 백분율로 표시하였다. 완전미 도정수율은 도정률에 백미 완전미율을 곱한 다음 100으로 나눈 수치로 표시하였다.

통계 분석

통계분석은 SAS 프로그램(Version 9.2, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA)을 이용하였다. 농업형질에 대한 평균을 기술통계법으로 구하였고, PROC *t*-test를 이용하여 표준 품종과 형질값을 비교하였다

결과 및 고찰

육성 경위

‘예찬’은 재배안정성이 향상된 최고품질 중만생 벼 품종을 개발하고자 육성되었다. 2010/2011년 동계에 단간 내도복이면서 밥맛이 좋은 최고품질 중만생 벼 ‘호품’(Ko et al. 2008)을 모본으로 하고 복합내병성으로 내수발아성을 갖춘 최고품질 중생 벼 ‘해품’(Nam et al. 2019)을 부본으로 단교잡 인공교배하였다(Figs. 1, 2). 조기에 고정계통을 확보하고자 2011년 하계에 F₁ 식물체의 이삭을 채취하여 약배양을 수행하였다. 확보된 124 개 약배양 계통을 2012년 포장에 전개하여 밥맛에 초점을 두고 외관 품위, 내도복성, 벼흰잎마름병 K3a 균계 저항성, 수량성 등 농업형질에 대한 특성검정을 거쳐 우량 고정계통을 선발하였

Fig. 1. Genealogical diagram of ‘Yechan’

Year	'10/11	'11	'11/12	'12	'13	'14	'15	'16	'17
Generation	Cross	F ₁	AC	AC ₁	AC ₂	AC ₃	AC ₄	AC ₅	AC ₆
Hopum × Iksan537	HR29177	<div>┌ 1 └ 30</div> → Anther culture	<div>┌ 1 └ 124</div> (73) →	<div>┌ 1 └ 93</div> (2) → HR29177-AC73-2 →	Yechan (Iksan583)				
No. of lines (plants)		(30)	(130)	124	93	20			
Remark		Anther culture	Pedigree nursery		Yield trial		Local adaptability test		

Fig. 2. Pedigree diagram of ‘Yechan’.

다. 2013-2014년에 생산력 검정시험을 실시하여 ‘남평’과 출수기가 비슷한 중만생종이며 벼흰잎마름병 K3a 균계에 대한 저항성을 갖추고 있는 내도복 직립초형으로 쌀의 외관 품위와 밥맛이 우수한 계통 HR29177-AC73-2를 선발하여 ‘익산583호’로 계통명을 부여하였다(Fig. 2). ‘익산583호’는 2015-2017년 3년간의 지역적응성 검정시험을 통해 중만생종이며 단간 내도복 초형의

복합내병성으로 도정률이 높고 쌀의 외관 품위와 밥맛이 우수한 특성이 인정되어 농촌진흥청 직무육성 신품종 선정심의위원회에서 최고품질 품종으로 선정되어 ‘예찬’으로 품종명이 명명되었다. ‘예찬’은 육종목표를 조기에 달성하고자 기존에 검증된 최고품질 벼 품종 ‘호품’과 ‘해품’을 단교잡 인공교배하였고, 약배양 육종법을 적용하여 개발에 7년의 기간이 소요됨으로써

다른 육종법을 통해 개발된 11개 최고품질 품종(평균 소요기간 9.2년)에 비해 육종연한을 2.2년 단축하였다.

출수기 및 주요 농업적 특성

‘예찬’은 서남부해안지, 호남 및 영남평야지 보통기 보비재배에서 출수기(heading date)가 평균 8월 14일로 표준품종인 ‘남평’보다 1일 정도 느린 중만생종이다(Table 1). 잎은 ‘남평’보다 다소 짙은 녹색이며 직립성으로 초형이 양호하다(Fig. 3A). 간장(culm length)이 66 cm로 통계적으로 유의한 수준에서 ‘남평’보다 9 cm 작은 단간으로 수장(panicle length)은 ‘남평’과 같은 20 cm이며 주당수수(no. of panicles per hill)는 15개로 ‘남평’(13개)보다 많았으나 통계적 유의성은 없었다(Table 1). 수당립수(no

of spikelets per panicle)는 103개로 ‘남평’(98개)보다 많았고, 등숙비율(ratio of ripened grain)은 92.4%로 ‘남평’(89.8%)보다 높았으나 통계적 유의성은 없었다. 현미천립중(1,000-grain weight of brown rice)은 22.6 g으로 ‘남평’(21.5 g)보다 무거웠다.

생리장애 및 도복 저항성

‘예찬’은 생육 중후기에 위조현상(occurrence of wilting)이 없으며, 성숙기 하엽노화(leaf senescence at maturing)가 늦은 편이었다(Table 2). 내냉성 검정 결과 ‘남평’에 비해 출수지연일수(heading delay)가 3일 길고 임실률(grain fertility)이 비슷한 수준이었으나, 저온 발아율(low temperature germination)은 51.0%로 ‘남평’(41.0%)보다 다소 높았다(Table 2). 도복 저항성

Fig. 3. Plant type at maturing stage (A) and grain shape of rough, brown, and milled rice (B).

Table 1. Major agronomic traits and yield components.

Cultivar	Heading date (DAS ^z)	Culm length (cm)	Panicle length (cm)	No. of panicles per hill	No. of spikelets per panicle	Ratio of ripened grain (%)	1,000-grain weight of brown rice (g)
Yechan	106 ^{ns y}	66 ^{**}	20 ^{ns}	15 ^{ns}	103 [*]	92.4 ^{ns}	22.6 [*]
Nampyeong	105	77	20	13	98	89.8	21.6

^zDAS: days after seeding

^yns, ^{*}, and ^{**} mean no significant, significant at $p < 0.05$, and 0.01 by t -test, respectively

Table 2. Response to physiological and abiotic stresses.

Cultivar	Occurrence of wilting	Leaf senescence at maturing	Cold tolerance ^z				Low tem. germination ^y (%)	Lodging		Viviparous germination ^x (%)
			Seedling stage (1-9)	Heading delay (day)	Grain fertility (%)	Phenotypic acceptability (1-9)		Breaking strength (g)	Index	
Yechan	Tolerance	Late	4 ^{ns,w}	12 ^{ns}	17 ^{ns}	7 ^{ns}	51.0 [*]	1,256 ^{**}	94 ^{ns}	23.0 [*]
Nampyeong	Tolerance	Late	4	9	22	7	41.0	1,697	107	8.4

^zCold tolerance was evaluated at cold water (17°C) irrigation nursery in Chuncheon substation, NICS

^yGermination rate for 15 days at 13°C

^xGermination rate for 7 days at 25°C

^wns, ^{*} and ^{**} mean no significant and significant at $p < 0.05$, $p < 0.01$ by t -test, respectively

과 관련하여 줄기의 기부에서 하중을 걸어 부러질 때의 무게를 측정하는 좌절중(breaking strength)이 1,256 g으로 ‘남평’(1,697 g)보다 낮았으나 간장이 작고 도복의 전체적 정도를 나타내는 도복지수(index of lodging)가 94로 ‘남평’(107)보다 낮아 도복에 안정적인 특성을 나타냈다(Table 2). 또한 포장 도복저항성 달관 조사에서 도복에 강한 특성을 나타냈으며, 교배모본인 ‘호품’과 ‘해품’ 모두 농가 재배에서 도복에 안정적인 특성을 나타내는 것을 볼 때 ‘예찬’은 도복에 강한 품종으로 판단된다. 수발아율(viviparous germination)은 23.0%로 ‘남평’(8.4%) 보다 높은 수준을 나타내 수발아에 다소 취약한 특성을 나타냈다(Table 2).

병해충 저항성

‘예찬’은 지역적응성 검정시험 3년 동안 전국 12개소에서 실시한 잎도열병(leaf blast) 발모자리 검정에서 평균 4.2의 저항성 반응을 나타내 잎도열병에 중도저항성 이상의 저항성 반응을 나타냈다(Table 3). ‘예찬’은 우리나라 벼흰잎마름병 대표균계 K1, K2, K3, K3a에 모두 강한 저항성 반응을 나타냈다(Table 3). 교배모본으로 이용된 ‘호품’이 벼흰잎마름병 저항성 유전자 *Xa3*를 보유하고 있어 K1, K3, K3에 저항성인 반면, ‘해품’은 *Xa3+xa5*

저항성 유전자를 가지고 있어 K3a 균계까지 저항성을 나타내는 것을 고려할 때 ‘예찬’은 ‘해품’과 같이 벼흰잎마름병 저항성 유전자 *Xa3*과 *xa5* 두 개가 집적된 것으로 추정된다(Park et al. 2019). 벼흰잎마름병 저항성 유전자 집적 조합 *Xa3+xa5*은 병원성이 강한 K3a균계에 대응하기 위해 벼흰잎마름병 저항성 육종사업에서 널리 이용되고 있는 목표 저항성 유전자 조합으로 기존의 자포니카 밥쌀용 벼 품종 중 ‘진백’, ‘신백’, ‘해품’, ‘안백’, ‘만백’, ‘새신’ 등 6품종이 보유하고 있다(Park et al. 2019). 현재까지 개발된 18개 최고품질 벼 품종 중에서는 중생종인 ‘해품’만 K3a 균계까지 저항성을 나타냈으나(Nam et al. 2019), ‘해품’을 교배모본으로 이용하여 중만생종 ‘예찬’이 개발됨에 따라 중만생종 최고품질 벼 품종도 K3a 균계에 대한 저항성을 확보할 수 있게 되었다. ‘예찬’은 바이러스병인 줄무늬잎마름병에도 강해(Table 4), 우리나라 자포니카 벼 주요 3대 병인 도열병, 벼흰잎마름병, 줄무늬잎마름병에 모두 저항성인 복합내병성 품종으로 화학농약 사용 절감이 가능할 것으로 생각된다. 하지만 기타 바이러스병 및 해충에 대한 저항성은 없어 이에 대한 적기방제를 하여야 한다(Table 4, Fig. 4).

Fig. 4. Resistance reaction to leaf blast (A) and against bacterial blight races K1 (HB1013 isolate), K2 (HB1014), K3 (HB1015), and K3a (HB1009) (B). Hopyeong is the spreader cultivar for leaf blast in upland blast nursery. The white bar indicate 10 cm.

Table 3. Resistance reaction to rice blast and bacterial blight.

Cultivar	Reaction to leaf blast at blast nursery				Reaction to bacterial blight				Field
	No. of tested sites (12)				Race				
	R	M	S	Mean	K1	K2	K3	K3a	
Yechan	3	7	1	4.2	R	R	R	R	R
Nampyeong	3	8	0	4.5	S	S	S	S	S

^aR: Resistant, M: moderately resistant, S: Susceptible

Table 4. Reaction to virus disease and insect pests.

Cultivar	Virus diseases			Resistance to insects	
	Stripe	Dwarf	Black streaked dwarf	BPH ^z	SBPH
Yechan	R ^y	S	S	S	S
Nampyeong	R	M	S	S	S

^zBPH: brown planthopper, SBPH: small brown planthopper

^yR: resistant, M: moderately resistant, S: susceptible

Table 5. Characteristics related to grain shape and grain quality.

Cultivar	Brown rice			Trans-lucency (1-9)	White core (0-9)	White belly (0-9)	Alkali digestive value (1-7)	Protein content (%)	Amylose content (%)	Palatability of cooked rice (-3-+3)
	Length (mm)	Width (mm)	L/W ratio							
Yechan	4.95 ^{ns,z}	2.88 ^{ns}	1.72 ^{ns}	1 ^{ns}	0 ^{ns}	0 ^{ns}	6.3 ^{ns}	5.6 ^{ns}	19.0 ^{ns}	0.49
Nampyeong	4.96	2.85	1.74	1	0	0	6.4	6.2	18.9	-0.27

^zns means no significant by *t*-test

Table 6. Characteristics related to milling quality.

Cultivar	Milling recovery ratio (%)				Head rice milling recovery ratio (%)
	Brown/rough	Milled/brown	Milled/rough	Head rice	
Yechan	82.1	90.9	74.6	95.2	71.0
Nampyeong	81.3	90.1	73.3	93.6	68.6

품질 및 도정 특성

‘예찬’의 입형은 현미장폭비가 1.72인 단원형으로 쌀이 맑고 외관 품위(심복백 0/0)가 좋았다(Table 5, Fig. 3B). 아밀로스 함량은 19.0%로 ‘남평’(18.9%)과 비슷하였고 단백질함량은 5.6%로 ‘남평’(6.2%)보다 낮았으나 통계적 유의성은 없었다(Table 5). 식미관능검정에서 0.49(남평 -0.27)로 밥맛이 우수하였는데 이는 밥맛이 좋은 최고품질 품종인 ‘호품’(육성당시 0.56, 남평 0.03)과 ‘해품’(0.32, 남평 0.02)을 교배모본으로 사용하였고 육성 과정 중에 밥맛에 대한 강한 선발압을 적용한 결과로 생각된다(Ko et al. 2008, Nam et al. 2019). ‘예찬’은 복합내병 내도복 품종이면서 외관 품위와 밥맛이 우수한 품질 특성을 갖추고 있어 재배안정성 품종의 품질 향상에 기여할 것으로 판단된다. ‘예찬’의 도정 특성은 제현율이 82.1%로 ‘남평’(81.3%)보다 높았고, 현백율이 90.9%, 도정율이 74.6%로 ‘남평’(90.1, 73.3%)보다 높았으며, 백미완전미율 또한 95.2%로 ‘남평’(93.6%)보다 높아 완전미 도정수율이 71.0%로 ‘남평’(68.6%)에 비해 우수하였다(Table 6). 육성당시 ‘호품’은 완전미 도정수율이 72.7%로 ‘남평’(72.2%)과 비슷하였고 ‘해품’은 68.3%로 ‘남평’(70.7%)보다 낮았던 점을 비교해 볼 때 ‘예찬’의 도정 특성은 모부분에 비해 향상된 것으로 판단된다.

수량성

‘예찬’의 백미 수량은 2015-2017년 3년간 실시한 지역적응성 검정시험 보통기 보비 재배시험에서 평균 쌀수량이 5.87 MT/ha로 ‘남평’(5.63 MT/ha)보다 4% 증수하였으나 통계적으로 유의하지 않았으며, 2016-2017년 2년간 실시한 이모작 재배시험에서 평균 쌀수량이 5.29 MT/ha로 ‘남평’(5.59 MT/ha)보다 5%로 적었다(Table 7). 지대별로는 보통기 재배시험 서남부해안지에서 ‘남평’ 대비 102%, 호남평야지 105%, 영남평야지 105%의 수량성을 나타내 보통기 재배시험 전 지역에서 ‘남평’보다 높은 수량성을 나타냈으며, 이모작 재배시험 호남평야지에서 ‘남평’ 대비 100%, 영남평야지에서 90%의 수량성을 나타내 영남평야지 이모작 재배에서는 적응성이 떨어지는 것으로 판단되었다(Table 7).

적응지역 및 재배상 유의점

‘예찬’의 적응지역은 우리나라 충청남도 이남의 평야지역과 남서해안지를 포함한다. 파종 전 주의사항으로 키다리병 방제를 위하여 철저한 종자소독을 하여야 한다. 단간 내도복 품종으로 재배농가에서 과비할 우려가 있는데, 과비할 경우 미질 및 등숙 저하, 속색 불량과 병해충 발생이 우려되므로 적정 균형시비 하여야 한다. 병해충 관리에 있어서 ‘예찬’은 벼흰잎마름병, 도열

Table 7. Yield summary of local adaptability test.

Culture season	Region	No. of tested sites	Milled rice (MT/ha)		Index A/B
			Yechan (A)	Nampyeong (B)	
Ordinary planting	West-southern coast	2	5.73	5.62	102
	Honam plain	5	5.75	5.46	105
	Yeongnam plain	4	6.14	5.82	105
	Mean	11	5.87 ^{nsz}	5.63	104 ^{ns}
Double cropping	Honam plain	1	5.44	5.50	100
	Yeongnam plain	1	5.15	5.69	90
	Mean	2	5.29*	5.59	95*

^zns and * mean no significant, significant at $p < 0.05$ by *t*-test, respectively

병, 줄무늬잎마름병에 강한 복합내병성 품종이나 멸구류 등 해충에 대한 저항성이 없기 때문에 적기에 기본방제를 실시하여야 한다. 냉해에 다소 약하므로 온도가 낮은 산간지 재배 및 냉수용 출답 재배는 지양하여야 한다. 수확기 강우에 의해 수발아 피해가 우려되므로 적기 수확하여야 한다.

적 요

‘예찬’은 농촌진흥청 국립식량과학원에서 재배안정성이 확대된 최고품질 중만생 벼 품종을 개발하고자 육성되었다. 단간 내도복이면서 밥맛이 좋은 최고품질 중만생 벼 ‘호품’을 모본으로 하고 복합내병성으로 내수발아성을 갖춘 최고품질 중생 벼 ‘해품’을 부분으로 단교잡 인공교배하여 육성되었다. 초기에 고정계통을 확보하고자 F₁ 식물체를 약배양하여 계통육성과정 중 최고품질 벼 선정 기준에 선발압을 두고 우량계통을 선발하여 생산력 검정시험과 지역적응성 검정시험을 거쳐 육성되었다. ‘예찬’은 보통기 보비재배에서 평균 출수기 8월 14일로 ‘남평’에 비해 1일 늦은 중만생종이다. ‘예찬’은 간장이 66 cm로 ‘남평’보다 9 cm 작은 단간 품종으로 도복에 안정적인 특성을 나타냈다. ‘예찬’은 도열병, 벼흰잎마름병 및 줄무늬잎마름병 등 벼의 삼대 병에 모두 강한 복합내병성 품종이며, 특히 병원성이 강한 벼흰잎마름병 K3a 균계까지 저항성을 갖추고 있어 최고품질 중만생 벼 품종의 내병성 향상에 기여할 것으로 판단된다. 수량성은 보통기 보비재배에서 중만생 벼 표준품종인 ‘남평’과 비슷한 수준을 나타내 적정 수량성을 갖추고 있다. ‘예찬’은 쌀의 외관 품위와 도정 특성이 좋고 밥맛이 우수하여 최고품질 품종에 선정되었다. ‘예찬’은 내도복성과 복합내병성을 갖춘 최고품질 벼 품종으로 남부평야지 재배에 적합하며 우리나라 밥쌀용 벼 품종의 품질 향상과 재배안정성 확대를 위한 육종사업에 활용되

고 있다(품종보호권 등록번호: 제7647호; 2019. 4. 5.).

사 사

본 논문은 농촌진흥청 작물시험연구사업(세부과제명: 남부평야지 적응 중만생 고품질 벼 품종개발, 세부과제번호: PJ01187201)의 지원으로 수행된 결과의 일부입니다. 품종을 육성함에 있어 협력하여 주신 농촌진흥청 국립식량과학원, 연구정책국, 농촌지원국 및 각도 농업기술원 관계관계 깊은 감사를 드립니다.

REFERENCES

1. AOAC. 2000. Official methods for analysis. 17th ed. Association of official analytical chemists. Washington DC. USA.
2. Chang JK, Kim HY, Yeo US, Lim SJ, Lee KY, Choi HC, Kim SC, Sohn JK. 1999. Varietal difference and factor analysis of lodging tolerance in wet-seeded rice. Korean J Breed Sci 31: 232-238.
3. Cheo ZR, Heu MH. 1975. Optimum conditions for alkali digestivity test in rice. Korean J Crop Sci 19: 7.
4. Hong HC, Kim YG, Yang CI, Hwang HG, Lee JH, Lee SB, Choi YH, Kim HY, Lee KS, Yang SJ, Kim MK, Jeong OY, Cho YC, Jeon YH, Choi IS, Jeong EG, Oh SK, Yea JD, Shin YS, Kim JJ. 2011. A high essential amino acid properties rice cultivar ‘Haiami’. Korean J Breed Sci 43: 543-548.
5. Juliano BO. 1985. Polysaccharide, proteins, and lipids of rice. In rice chemistry and technology. The American association of cereal chemists. St. Paul MN. USA. pp. 59-120.

6. Kang MH, Noh TH, Lee BC, Kim SM, Kim HM. 2015. Race distribution of rice bacterial leaf blight from 2012 to 2014 and disease severity by rice bacterial leaf blight strains and combinations to IRBB series for resistant analysis. *J Agri & Life Sci* 46: 1-8.
7. Kauffman HE, Reddy APK, Hsieh SPY, Merca SD. 1973. An improved technique for evaluating resistance of rice varieties to *Xanthomonas oryzae*. *Plant Dis Rep* 57: 537-541.
8. Khush GS, Mackill DJ, Sidhu GS. 1989. Breeding rice for resistance to bacterial blight. International Rice Research Institute. Manila. Philippines. pp. 207-217.
9. Kim BK, Ko JC, Baek MG, Nam JK, Ha KY, Kim KY, Lee JK, Ko JK, Baek SH, Kim CK. 2008. A new medium-late maturity rice cultivar, “Dongjin2” with direct seeding adaptability and multiple disease resistances. *Korean J Breed Sci* 40: 295-298.
10. Kim JD, Chang JK, Sohn JK, Choi J. 2000. Inheritance of lodging tolerance in rice. *Korean J Breed Sci* 32: 194-198.
11. Kim KY, Shin MS, Ko JK, Kim BK, Ha KY, Ko JC, Baek MG, Nam JK, Kim YD, Choung JI, Noh GI, Kim WJ, Park HS, Kang HJ, Kim CK. 2008. A mid-late maturing, multi-disease resistant and good-quality rice variety “Hwangkeumnuri”. *Korean J Breed Sci* 40: 188-199.
12. Kim KY, Shin MS, Ko JK, Kim BK, Ha KY, Nam JK, Ko JC, Baek MG, Kim YD, Choung JI, Noh GI, Kim WJ, Park HS, Kang HJ, Shin SH, Kim CK. 2008. A new rice cultivar, “Onnuri” with a medium-late maturity, high yielding, high grain quality and multiple disease resistance. *Korean J Breed Sci* 40: 324-327.
13. Kim KY, Shin WC, Shin MS, Ko JK, Kim BK, Nam JK, Ha KY, Baek MG, Ko JC, Park HS, Kang HJ, Kim WJ, Mo YJ. 2012. A new mid-late maturing, lodging tolerant and good-quality rice variety ‘Mipum’. *Korean J Breed Sci* 44: 363-368.
14. Kim WJ, Kang KH, Jeong JM, Mo YJ, Kim BK, Jeung JU. 2019. ‘Bodrami’, mid-maturing brown rice cultivar with high grain quality and soft texture suitable for cooking. *Korean J Breed Sci* 51: 234-243.
15. Kim YG. 2010. Current status and future prospects of development of rice varieties. *Food Preserv Proc Indus* 9: 75-85.
16. Ko JC, Kim BK, Nam JK, Baek MG, Ha KY, Kim KY, Son JY, Lee JK, Choung JI, Ko JK, Shin MS, Kim YD, Mo YJ, Kim KH, Kim JK. 2008. A medium-late maturing new rice cultivar with high grain quality, multi-disease resistance, adaptability to direct seeding and transplanting cultivation, “Hopum”. *Korean J Breed Sci* 40: 533-536.
17. Ko JC, Kim BK, Baek MG, Nam JK, Ha KY, Kim KY, Ko JK, Lee JK, Kang HJ, Kim YD, Cheong JI, Shin MS, Son JY, Kim WJ, Noh GI, Park HS, Baek SH, Shin WC, Kim KH, Shin SH, Kim CK. 2008. A new medium-late maturity rice cultivar, “Hwanggeumnodul” suitable for direct seeding and with multiple disease resistances. *Korean J Breed Sci* 40: 328-331.
18. Korean Statistical Information Service (KOSIS). 2019. Available from: http://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?orgId=101&tblId=DT_1ED0001&vw_cd=MT_ZTITLE&list_id=F14_10&seqNo=&lang_mode=ko&language=kor&obj_v ar_id=&itm_id=&conn_path=MT_ZTITLE.
19. Kwak DY, Yeo US, Lee JH, Oh BG, Shin MS, Ku YC. 2007. Mass screening method for rice virus resistance using screen house. *Korean J Crop Sci* 52: 129-133.
20. Kwon YS, Kim KM, Cho YG, Eun MY, Sohn JK. 2000. Quantitative trait loci (QTL) associated with callus formation and plant regenerability in anther culture of rice. *Korean J Breed Sci* 32: 266-271.
21. Lee CK, Kim JT, Choi YH, Lee JE, Seo JH, Kim MJ, Jeong EG, Kim CK. 2009. Optimum sieve-slit width for effective removal of immature kernels based on virietal characteristics of rice to improve milling efficiency *Korean J Crop Sci* 54: 357-365.
22. Lee JH, Won YJ, Cho YC, Lee JH, Yang CI, Kim MK, Ahn EK, Suh JP, Jeon YH, Sung YK, Jeong EG, Ha WG, Chang JK, Jung KH, Yoon MR, Kang KH, Park HM, Roh JH, Kim BK. 2018. ‘Samkwang1’, a medium maturing, multiple disease resistant, and high-quality rice. *Korean J Breed Sci* 50: 490-496.
23. Lee JH, Won YJ, Jung KH, Chang JK, Ahn EK, Hyun UJ, Sung NS, Jeong EG, Cho YC, Kang KH, Seo DH. 2019. ‘Jinkwang’, a hig-quality rice variety with early maturity and multiple disease resistance. *Korean J Breed Sci* 51: 41-47.
24. Ministry of Agriculture, Food and Rural Affair (MAFRA). 2019. Available from: <http://kass.mafra.go.kr/kass/phone/k ass.htm>.
25. Nam JK, Park HS, Baek MK, Cho YC, Kim WJ, Kim JJ, Kim BK, Kim KY, Shin WC, Ko JC, Lee GM, Park SG, Lee CM, Kim CS, Suh JP, Lee JH. 2019. Bacterial blight-resistant medium maturing rice cultivar ‘Haepum’ with high grain quality. *Korean J Breed Sci* 51: 222-233.

26. Noh TH, Lee DK, Kang MH, Shin MS, Shim HK, Na SY. 2003. Identification of new race of *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* (*Xoo*) in Korea. *Phytopathol* 93(s): 66.
27. Park HS, Kim KY, Kim WJ, Jeung JU, Lee JH, Noh TH, Nam JK, Baek MG, Shin WC, Kim JJ, Jeong JM, Cho YC, Kim BK, Ahn SN. 2016. Development of *japonica* rice lines with four bacterial blight resistance genes using phenotypic and marker-assisted selection. *Korean J Breed Sci* 48: 140-158.
28. Park HS, Kim KY, Baek MK, Cho YC, Kim BK, Nam JK, Shin WC, Kim WJ, Ko JC, Kim JJ, Jeon JM, Jeung JU, Lee KM, Park SG, Lee CM, Kim CS, Suh JP, Lee JH. 2019. Bacterial blight resistance gene pyramided in mid-late maturing rice cultivar 'Sinjinbaek' with high grain quality. *Korean J Breed Sci* 51: 263-276.
29. Rural Development Administration (RDA). 2012. Standard of analysis and survey for agricultural research. pp. 315-338.
30. Rural Development Administration (RDA). 2015. Project plan for collaborative research program to develop new variety summer crop. pp. 2-47.
31. Rural Development Administration (RDA). 2016. Project plan for collaborative research program to develop new variety summer crop. pp. 1-46.
32. Rural Development Administration (RDA). 2017. Project plan for collaborative research program to develop new variety summer crop. pp. 3-48.
33. Shin MS, Ko JK, Kim BK, Lee KS, Lee JK, Ha KY, Yang BK, Shin HT, Lee SY, Cho SY, Noh TH, Kim YD, Joung JI, Oh YH. 1998. A new high yielding and good quality rice cultivar adaptable to double cropping and late planing, "Nampyeongbyeon". *Korean J Breed Sci* 30: 384.
34. Shin MS, Kim KY, Park HS, Ko JK. 2011. Breeding for resistance to bacterial blight in rice. *Korean J Breed Sci* 43: 251-261.
35. Won YJ, Lee JH, Yang CI, Kim MK, Chang JK, Cho YC, Lee SB, Lee JH, Ahn EK, Suh JP, Jung KH, Jeon YH, Hyun UJ, Jeong EG, Ha WG, Kim JJ, Oh SK, Choi YH, Kang KH, Sung NS, Kim BK. 2018. A middle plain area adaptable, multiple disease resistant, medium maturing rice 'Cheongpum'. *Korean J Breed Sci* 50: 261-267.
36. Yeo US, Kim CS, Lee JH, Kwak DY, Cho JH, Park DS, Song YC, Shin MS, Yi GH, Jeon MG, Park NB, Oh BG, Jung KH, Lee JY, Kim SY, Cho YH, Kang JR, Hwang HG, Choi KJ, Kang HW, Ahn JG. 2012. 'Yeonghojinmi': high grain quality, multiple disease resistance, and mid-late rice cultivar. *Korean J Breed Sci* 44: 180-184.