남부평야지 조기재배 적응 복합내병성 고품질 조생 벼 ‘조일’

남정권¹ · 박현수^{1*} · 김기영² · 김보경¹ · 조영찬¹ · 고재권¹ · 백만기¹ · 김정주¹ · 김우재¹ · 신운철¹ · 고종철¹ · 이점호¹
정종민¹ · 정지웅¹ · 강경호¹

¹농촌진흥청 국립식량과학원, ²농촌진흥청 연구정책국

Multiple Disease Resistant Early Maturing Rice Cultivar ‘Joil’ with High Grain Quality Adaptable to Early Transplanting Cultivation in the Southern Plain Area

Jeong-Kwon Nam¹, Hyun-Su Park^{1*}, Ki-Young Kim², Bo-Kyeong Kim¹, Young-Chan Cho¹, Jae-Kwon Ko¹,
Man-Kee Baek¹, Jeong-Ju Kim¹, Woo-Jae Kim¹, Woon-Chul Shin¹, Jong-Cheol Ko¹, Jeom-Ho Lee¹,
Jong-Min Jeong¹, Ji-Ung Jeung¹, and Kyung-Ho Kang¹

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

²Research Policy Bureau, RDA, Jeonju 54875, Korea

Abstract ‘Joil’ is a multiple disease resistant early maturing rice cultivar with high grain quality. ‘Joil’ was derived from a single cross between ‘Unbong37’ (cultivar name ‘Unmi’) and ‘HR23156-26-2-3-5’. ‘Unmi’ is an early maturing rice cultivar with high grain quality and resistance to rice blast and stripe virus. ‘HR23156-26-2-3-5’ is an early maturing elite rice line with lodging resistance and cold tolerance. ‘Joil’ was selected through the pedigree method, yield trials, and local adaptability tests. ‘Joil’ was an early maturing rice. The heading date of ‘Joil’ was July 16 in early transplanting cultivation, which was 2 days later than that of ‘Jopyeong’. ‘Joil’ was a lodging resistance rice with a short culm and showed better tolerance to viviparous germination than that of ‘Jopyeong’. ‘Joil’ was a multiple disease resistant rice with resistance against rice blast, bacterial blight, and stripe virus. ‘Joil’ showed higher yield in both early and late-transplanting cultivations than those of the standard rice cultivars ‘Jopyeong’ and ‘Geumo’. ‘Joil’ had enhanced grain quality under high temperature ripening conditions in early transplanting cultivation. The cooked rice had good grain appearance and taste attributes, and this cultivar had a higher head rice ratio than that of ‘Jopyeong’. ‘Joil’, a multiple disease resistant early maturing rice cultivar with high grain quality, would be suitable for early transplanting cultivation in the southern plain area (Registration No. 6792).

Keywords Joil, Rice, Early maturing, High grain quality, Plain area

Received on May 9, 2018. Accepted on May 28, 2018.

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

서 언

남부평야지에서 추석 전 햅쌀 출하, 이모작 등 작부체계의 다양화, 수확시기의 다변화를 통한 노동력 분산을 위해 조생종 벼의 조기재배 면적이 증가하고 있는 추세로 남부평야지 조기재배에 적응하는 조생종 벼 품종 개발이 요구되고 있다. 남부평야지에서 조기재배는 4월 하순에서 5월 상순에 이양하여 8월 중하순에서 9월 상순 사이에 수확하는 재배 작형으로(Lee et al. 2008), 주로 추석 전 중만생종 쌀이 출하되기 이전에 햅쌀을 수확하여 판매하는 틈새시장 성격을 가지고 있으며 전체 조생종 재배면적의 46%를 차지(Lee et al. 2012)할 만큼 그 비중은 커지고 있다.

하지만 조기재배는 적기재배에 비해 출수 후 일평균 및 주야간 온도가 높아 고온 등숙조건을 거치게 된다(Lee et al. 2012, Seong et al. 2014). 등숙기 고온은 원활한 전분합성을 교란(Kobayashi et al. 2007, Yamakawa et al. 2007)시켜 쌀 외관품위를 저하시키는 주된 원인(Cho et al. 2015)이며, 여름철 고온 조건에서 조생종 벼 품종들은 완전미율은 낮아지고, 분상질 비율이 높아져 쌀의 품질이 떨어지는 것으로 알려져 있다(Jeung et al. 2016, Lee et al. 2012). 고온등숙 조건에서도 좋은 외관품위를 유지하는 것은 남부평야지 조기재배 조생종 품종이 갖춰야 할 중요한 요건이다. 평야지는 중산간지에 비해 병해충 발생이 많아 평야지에서 적응하는 조생종 벼 품종을 개발하기 위해서는 병해충에

대한 저항성 향상이 필요하다(Park et al. 2015). 우리나라 자포니카 벼 품종 중 벼흰잎마름병에 대한 저항성 비율은 조생종, 중생종, 중만생종이 각각 13.5, 56.8, 59.0%이며(Park 2016), 줄무늬잎마름병에 대한 저항성 비율이 20.9, 62.0, 71.8%(Park et al. 2015)로 조생종이 중생종과 중만생종 벼에 비해 벼흰잎마름병 및 줄무늬잎마름병에 대한 저항성이 취약하다. 조생종 벼의 남부평야지 조기재배 적응성을 향상시키기 위해서는 취약한 내병성 증진이 수반되어야 한다. 벼 수발아는 수확전 종실이 모식물체에 붙어 있는 상태에서 발아를 하는 것으로 발생시 수량 감소와 함께 품질이 크게 떨어진다(Kim et al. 2008). 최근 우리나라의 기후변화에 따른 등숙기간 중 강우 일수의 증가와 연속 강우, 높은 온도 조건은 수발아 발생을 조장하고 있다(Kim et al. 2012, Park & Kim 2009). 조생종은 다른 생태형에 비해 출수가 빠르고 평야지에서 조기재배를 할 경우 적기재배보다 등숙 후기 고온과 강우에 노출될 가능성이 높아져 수발아에 의한 피해가 문제시된다. 또한 수확기의 빈번한 태풍의 조우로 인하여 도복에 의한 수발아 피해가 우려되고 있는 상황으로 2016년 수확기를 앞두고 연속 강우와 태풍의 도래로 전라남도 등 남부지역을 중심으로 수발아가 광범위하게 발생하여 큰 피해를 초래하였다(Park et al. 2017). 따라서 수발아 내성과 내도복성은 조생종의 남부평야지 조기재배 적응성 향상을 위한 중요한 형질 특성이다.

농촌진흥청 국립식량과학원 벼 육종팀은 증가하고 있는 남부평야지 조기재배에 적합한 고품질 조생종 벼 품종을 개발하고자 육종사업을 수행하였다. 이를 통해 남부평야지 조기재배 고온등숙 조건에서 완전미율이 높고 도열병, 벼흰잎마름병 및 줄무늬잎마름병에 복합내병성으로 수발아에 대한 내성이 향상된 단간 내도복 고품질 조생 벼 품종 '조일'을 육성하였다. 이에 '조일'의 육성경위와 주요특성을 보고하고자 한다.

재료 및 방법

시험재료 및 재배방법

교배모본으로 조생종 벼 품종인 '운미'(Nam et al. 2008)의 지역적응성 검정시험 계통인 '운봉37호'를 모본으로 하고 조생 내병성 우량계통 'HR23156-26-2-3-5'를 부분으로 이용하였다. 육종사업을 통해 선발된 고정 계통에 대해서 2012-2013년에 평야지 조기재배 표준품종 '조평'(Nam et al. 2013)과 함께 생산력 검정시험을 수행하였다. 공시재료를 국립식량과학원 벼 포장에 4월 10일 파종하여 5월 10일에 재식거리 30×12 cm로 주당 5본씩 구당 180주를 3반복으로 조기재배 이양하였다. 시비량은

N-P₂O₅-K₂O를 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 검정 시험은 조기재배 시험을 중부평야지(수원), 호남평야지(식량원 익산, 나주), 영남평야지(밀양, 진주) 등 5개소에서 2013-2015년 3년 동안 수행하였고, 만기재배 시험을 중부평야지(수원), 호남평야지(식량원 익산), 영남평야지(밀양) 등 3개소에서 2014-2015년 2년 동안 수행하였다. 표준품종으로 조기재배 시험은 '조평', 만기재배 시험은 '금오'를 이용하였다. 재배방법에 따른 시험지별 파종 및 이양시기, 재식밀도와 주당묘수, 시비량 및 질소 분시 방법 등과 농업형질 및 수량구성요소, 생리장해 및 병해충 저항성, 도정특성 조사는 농촌진흥청 신품종개발공동연구사업 과제수행계획서의 조사기준(RDA 2013, 2014, 2015) 및 농업과학기술 연구조사분석기준(RDA 2012)에 준하여 실시하였다.

주요 농업형질 및 수량 관련 형질 조사

국립식량과학원 벼 포장의 조기재배 시험에 2012-2015년 3년 동안 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 일반적인 현백률인 0.92를 곱하여 백미수량을 구하였고, 제현된 현미를 이용하여 천립중을 측정하였다.

생리장해 저항성 검정

내병성 검정은 국립식량과학원 춘천출장소 내병성 검정 시험 포장에서 실시하였다. 이양 후 20일부터 등숙기까지 수온 17℃, 수심 5 cm로 냉수처리 후 적고, 출수지연일, 임실률, 저온 발아율 등을 조사하였다. 유효 검정은 3엽기부터 수온 13℃로 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. 출수지연일은 냉수를 처리하지 않은 대조구 대비 냉수 처리구간의 출수지연일수로 구하였고, 임실률은 성숙기에 냉수 처리구의 주간 3이삭을 채취하여 측정하였다. 저온 발아율은 100립 3반복으로 13℃ 향온기에서 15일간 치상하여 발아율을 조사하여 측정하였다. 수발아 검정은 출수 후 40일에 주간 이삭 3이삭을 채취하여 25℃ 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($g \cdot cm$)/좌절중(g)] $\times 100$ 의 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 밭모자리 상태에서 6월 하순에서 7월 상순에 늦게 파종하여 잎도열병을 유발시키는 밭모자리 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 ‘낙동’과 ‘호평’을 섞어서 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(L3), HB1009(K3a) 균주를 이용하여 검정하였다. 검정 계통에 대해서 최고분얼기에 균주 별로 3주씩 엽선단 3 cm 부위를 가위 절엽접종(Kauffman et al. 1973)하였고 접종 후 3주 후에 각각의 개체에 가장 긴 병반을 조사하여 5 cm 이하는 저항성(R; resistant), 5-10 cm 는 중도저항성(MR; moderately resistant), 10 cm 이상은 이병성(S; susceptible)으로 질적저항성을 구분하였다. 벼줄무늬잎마름병 검정은 망실을 이용한 대량 검정법(Kwak et al. 2007)으로 바이러스 보독충 방사 및 계대 사육으로 보독충이 충분히 유지된 망실에 검정 계통을 파종 후 이병성 품종인 ‘추청’이 병징을 나타낼 때 저항성과 감수성으로 판정하였다. 오갈병 및 검은줄오갈병은 실내유묘 검정을 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. 알칼리불괴도는 백미 6립을 3반복으로 15 mL 용량의 사각 플라스크에 넣고 1.4% KOH 용액 10 mL씩 분주한 후 30°C 항온기에서 23시간 정치 후(Cheo et al. 1975) 퍼짐도(spreading)와 투명도(clearing)에 따라 1: 부풀지 않고 그대로 있음, 2: 모양 변화 없이 약간 부풀어 있음, 3: 급이 나게 부풀어 있고, 극히 미미한 퍼짐도 보임, 4: 부푼 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 비색 정량법에 따라 시료 100 mg에 95% 에탄올과 1 N sodium hydroxide를 가한 후 호화시킨 전분 호화액에 1 N acetic acid와 2% I_2-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 기준밥인 ‘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. 도정특성 검정은 정선된 정조 1 kg을 로울러식 시험용 제현기를 이용하여 현미를 제조한 후 정조에 대한 현미의 중량비로 정현비율을 구하였으며, 현백율은 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 현백율을 곱함 다음 100으로 나눈 수치로 표시하였다(Lee et al. 2009). 백미 완전미율은 도정 후 얻어진 백미를 50 g씩 3반복으로 취하여 숙련된 사람이 육안으

로 완전미를 분리하였고 완전미의 무게를 재어 원료 쌀의 중량에 대한 백분율로 표시하였다. 완전미 도정수율은 도정률에 백미 완전미율을 곱한 다음 100으로 나눈 수치로 표시하였다.

통계분석

통계분석은 SAS 프로그램(Version 9.2, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA)을 이용하였다. 농업형질에 대한 평균을 기술 통계법으로 구하였고, PROC t-test를 이용하여 표준품종과 형질 값을 비교하였다.

결과 및 고찰

육성경위

‘조일’은 남부평야지 조기재배에 적응하는 고품질 복합내병성 조생종 품종을 육성할 목적으로 2006년 하계에 조생종으로 쌀 외관이 좋고 도열병과 벼흰잎마름병에 저항성인 ‘운봉37호’(품종명 ‘운미’)를 모본으로 하고 단간 내도복 내냉성 조생 우량계통 ‘HR23156-26-2-3-5’를 부본으로 이용하여 단교잡 인공교배하였다(Figs. 1, 2). 교배번호 HR27273을 부여한 후 F₁ 41개체를 양성하였고, 1,200여 개체로 이루어진 F₂ 집단에서 조생이면서 초형이 좋고 도복에 강한 90개체를 선발하였다. 2008/2009년 동계에 필리핀 국제미작연구소(International Rice Research

Year	'06	'07	'08	'08/'09	'09	'10	'11	'12	'13	'14	'15
Generation	Cross	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	F ₆	F ₇	F ₈	F ₉	F ₁₀
Unbong37 × HR23156- 26-2-3-5	→ HR27273	→ $\begin{bmatrix} 1 \\ \vdots \\ 41 \end{bmatrix}$	→ $\begin{bmatrix} 1 \\ \vdots \\ 1,200 \end{bmatrix}$	→ $\begin{bmatrix} 1 \\ \vdots \\ 90 \end{bmatrix}$	→ $\begin{bmatrix} 1 \\ \vdots \\ 270 \end{bmatrix}$	→ $\begin{bmatrix} 1 \\ \vdots \\ 5 \end{bmatrix}$	→ $\begin{bmatrix} 1 \\ \vdots \\ 5 \end{bmatrix}$	→ $\begin{bmatrix} 1 \\ \vdots \\ 5 \end{bmatrix}$	→ $\begin{bmatrix} 1 \\ \vdots \\ 5 \end{bmatrix}$	→ $\begin{bmatrix} 1 \\ \vdots \\ 5 \end{bmatrix}$	→ $\begin{bmatrix} 1 \\ \vdots \\ 5 \end{bmatrix}$
No. of lines (plants)		(41)	(1,200)	(Bulk)	270	50	25	20			
Remark				IRRI	Pedigree nursery			Yield trial			Local adaptability test

Fig. 1. Pedigree diagram of ‘Joil’.

Fig. 2. Genealogical diagram of ‘Joil’

Institute; IRRI)에서 F₃ 세대에 대한 증식사업을 거쳐 계통당 3개체씩 선발하였다. 2009년에 F₄ 세대 270개 계통을 전개하여 남부평야지 조기재배시험의 고온등숙 조건에서 미질에 대한 선발압과 잎도열병 발못자리 검정 및 벼흰잎마름병 K1 균계에 대한 저항성 검정을 통해 우량 고정계통을 선발하였다. 2012-2013 년 생산력 검정시험에서 평야지 조기재배 표준품종인 ‘조평’ 보다 출수가 2일 정도 느린 조생종이며 단간 내도복 초형으로 조기재배 시 쌀의 외관품위가 양호하고 도열병, 벼흰잎마름병 및 줄무늬잎마름병에 복합내병성인 HR272723-B-90-2-1-1를 선발하여 ‘익산570호’로 계통명을 부여하였다. ‘익산570호’는 2013-2015년 3년간의 지역적응성 검정시험을 통해 평야지 조기재배에서 외관품위가 양호하고 단간 내도복 초형에 도열병, 벼흰잎마름병 및 줄무늬잎마름병에 복합내병성으로 수발아에 대한 내성이 향상되어 재배품종으로서의 우수성이 인정되어 농촌진흥청 직무육성 신품종 선정심의위원회에서 신품종으로 선정되어 ‘조일’로 품종명이 명명되었다.

출수기 및 주요 농업적 특성

‘조일’은 중부, 호남 및 영남 평야지 조기재배에서 출수기(heading date)가 평균 7월 16일로 표준품종인 ‘조평’ 보다 2일 정도 느린 조생종이다(Table 1). ‘조일’은 간장(culm length)이 72 cm로 ‘조평’ 보다 2 cm 가량 작은 단간 품종이고 수장(panicle length)은 20 cm로 ‘조평’ 보다 1 cm 길다. ‘조일’의 주당 수수(no. of panicles per hill)와 수당립수(no. of spikelets per panicle)는

15개, 93개로 ‘조평’(15개, 91개)과 비슷하다. 등숙비율(ratio of ripened grain)은 86.1%로 ‘조평’(85.5%)보다 높았으나 통계적 유의성은 없었고, 현미천립중(1,000-grain weight of brown rice)은 22.1 g로 ‘조평’(21.6 g)보다 무거웠다.

생리장애 및 도복 저항성

‘조일’은 생육 중후기에 위조현상(occurrence of wilting)이 없으며, 성숙기 하엽노화(leaf senescence at maturing)가 늦은 편이었다(Table 2). 내냉성 검정 결과 ‘조평’에 비해 출수지연일수(heading delay)가 1일 짧고 임실률(grain fertility)은 비슷한 수준이었으며 저온 발아율(low temperature germination)은 37%로 ‘조평’(57%)에 비해 낮았다. 도복 저항성과 관련하여 좌절중(breaking strength)이 786 g으로 ‘조평’(680 g) 보다 높고, 도복지수(index of lodging)가 170로 ‘조평’(184)보다 낮아 도복에 안정적인 특성을 나타내는 것으로 판단되었다. 수발아율(viviparous germination)은 10.9%로 ‘조평’(25.2%)에 비해 낮았다. ‘조일’은 향상된 내도복성과 수발아 내성으로 인하여 평야지 조기재배시 수발아 피해를 경감시킬 수 있을 것으로 생각된다.

병해충 저항성

‘조일’은 2013년부터 2015년까지 3년동안 전국 12개소에서 실시한 잎도열병(leaf blast) 발못자리 검정에서 평균 4.1의 저항성 반응을 나타내 ‘조평’(3.0)보다 다소 낮지만 중도저항성 이상의 저항성 반응을 나타냈다(Table 3, Fig. 3a). 벼흰잎마름병

Table 1. Major agronomic traits and yield components.

Cultivar	Heading date (mm.dd)	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)
Joil	7.16 ^{*z}	72 ^{ns}	20 ^{ns}	15 ^{ns}	93 ^{ns}	86.1 ^{ns}	22.1 [*]
Jopyeong	7.14	74	21	15	91	85.5	21.6

^zns and * mean no significant and significant at $p < 0.05$ 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. germinability ^y (%)	Lodging			Viviparous germination ^x (%)
			Seedling stage (1-9)	Heading delay (day)	Grain fertility (%)	Phenotypic acceptability (1-9)		Breaking strength (g)	Index	Field (1-9)	
Joil	Tolerance	Late	4 ^{ns}	10 ^{ns}	48 ^{ns}	6 ^{ns}	37 [*]	786 ^{**}	170 ^{**}	3 ^{**}	10.9 [*]
Jopyeong	Tolerance	Late	5	11	51	5	57	680	184	5	25.2

^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

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

Fig. 3. Resistance reaction to leaf blast (A) and against bacterial blight races K1 (HB1013 isolate), K2 (HB1014), K3 (HB1015), and K3a (HB1009) (B). The White bar indicates 10 cm. Hopyeong is the spreader cultivar for leaf blast in upland blast nursery.

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	
Joil	5	5	2	4.1	R	R	R	S	R
Jopyeong	7	5	0	3.0	R	R	R	S	R

²R: 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 ²	SBPH
Joil	R ³ (11.5)	S (89.3)	S (87.7)	S	S
Jopyeong	R (27.2)	S (97.8)	S (81.3)	S	S

²BPH: brown planthopper, SBPH: small brown planthopper

³R: resistant, S: susceptible

(bacterial blight) K1, K2, K3에 저항성 반응을 나타냈으며 줄무늬잎마름병(rice stripe virus)에도 강하였다(Tables 3, 4, Fig. 3b). 자포니카 조생종 벼 123개 품종 중 도열병, 벼흰잎마름병 및 줄무늬잎마름병에 복합내병성인 품종은 ‘금오3호’(2005년 개발), ‘주남조생’(2006), ‘조평’(2010), ‘해답쌀’(2014), ‘조일’(2015), ‘IS592BB’(2017) 등 12개 품종(9.8%)으로 10% 미만(품종정보; <http://www.nongsaro.go.kr>)이다. ‘조일’은 오갈병(rice dwarf virus), 검은줄 오갈병(rice black streaked dwarf virus)에는 이병성이며 벼멸구(brown planthopper) 및 애멸구(small brownplanthopper) 등 멸구류에 대한 저항성은 없다(Table 4). 도열병, 벼흰잎마름병 및 줄무늬잎마름병 등 벼의 삼대 병에 복합 내병성인 ‘조일’은 평야지 조기재배시 화학농약 절감 및 병 발생에 따른 피해를 방지할 수 있을 것으로 생각된다.

품질 및 도정특성

‘조일’의 입형 특성은 현미 너비 2.75 mm로 ‘조평’(2.76)과 비슷하였으나 길이가 5.17 mm로 ‘조평’(4.80 mm)보다 길어 현미 장폭비가 1.88로 조평(1.75)보다 긴 형태의 단원형이다(Table 5). 쌀이 투명하였으며 심복백(white core and belly)은 ‘조평’과 같이 복백(white belly)이 다소 있는 편이었다. 아밀로스 및 단백질 함량은 ‘조평’과 비슷하였으며 식미관능검정에서 -0.01로 ‘조평’(-0.03)보다 다소 높은 밥맛을 나타냈다. ‘조일’의 도정특성은 제현율(brown/rough rice ratio)이 81.7%로 ‘조평’(82.3%)보다 다소 낮았으나 현백률(milled/brown rice ratio)이 90.7%로 ‘조평’(89.6%)보다 높아 도정률(milling recovery ratio; milled/rough rice ratio)이 74.0%로 ‘조평’(73.7)보다 높았다(Table 6). 또한 백미 완전미율(head rice)이 79.5%로 ‘조

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

Cultivar	Brown rice			Trans-lucency (1-9)	White core/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						
Joil	5.17 ^z	2.75 ^{ns}	1.88 ^{**}	1	0/1	6.0 ^{ns}	6.4 ^{ns}	18.3 ^{ns}	-0.01
Jopyeong	4.80	2.76	1.75	1	0/1	6.2	6.2	18.7	-0.03

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

Table 6. Characteristics related to milling quality.

Cultivar	Milling recovery ratio (%)				Head rice milling recovery ratio (%)
	Brown/rough	Milled/brown	Milled/rough	Head rice	
Joil	81.7	90.7	74.0	79.5	58.8
Jopyeong	82.3	89.6	73.7	60.0	44.2

Table 7. Yield summary of local adaptability test.

Culture season	Region	No. of tested sites	Milled rice (MT/ha)		Index A/B
			Joil (A)	Standard cultivar ^z (B)	
Early planting	Middle plain	1	5.37	5.25	102
	Honam plain	2	5.34	5.30	101
	Yeongnam plain	2	5.47	5.14	106
	Mean	5	5.39 ^{nsy}	5.22	103
Late planting	Middle plain	1	4.85	4.47	109
	Honam plain	1	5.72	5.19	110
	Yeongnam plain	1	5.29	4.44	119
	Mean	2	5.29 [*]	4.70	113

^zStandard cultivars for early planting and late planting are 'Jopyeong' and 'Geumo', respectively.

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

평'(60.0)보다 높아 완전미 도정수율(head rice milling recovery ratio; 58.8%)이 '조평'(44.2%)보다 높았다. 고온조건에서 이삭 형태, 천립중, 입형이 유백미 발생에 미치는 영향을 조사한 결과 이삭형태와 관련된 착립밀도와 천립중은 유백미 발생에 영향을 미치지 않았으나 입장과 장폭비는 유백미 발생과 부의 상관을 보였고, 입폭은 정의 상관을 보였다는 분석(Takata et al. 2008)과 풍미/고시히카리 재조합 집단을 이용하여 조기재배에서 백미 완전미율에 관여하는 요인을 분석한 결과 입장이 길수록 완전미율이 높은 경향이였다(Lee et al. 2012)는 점을 살펴볼 때 평야지 조기재배에서의 '조일'의 양호한 외관품위는 길어진 입형 특성에 기인한 것으로 생각되나 이에 대한 면밀한 분석이 필요하다.

수량성

'조일'의 백미 수량은 2013-2015년 3년간 실시한 지역적응성

검정시험 조기재배 시험에서 평균 쌀수량이 5.39 MT/ha로 '조평'(5.22 MT/ha)보다 3% 증수하였다(Table 7). 지대별로는 중부 평야지에서 '조평' 대비 102%, 호남평야지에서 101%, 영남평야지에서 106%로 모든 지역에서 수량성이 높은 것으로 나타났다. 2014-2015년 2년간 실시한 만기재배 시험에서 쌀수량이 5.29 MT/ha로 '금오'(4.70 MT/ha)에 비해 13%로 증수한 수량성을 나타내(Table 7) 조기재배와 만기재배 모두 표준품종에 비해 우수한 수량성을 나타냈다.

적응지역 및 재배상 유의점

'조일'의 적응지역은 수원이남 평야 및 소득작물 후작지이다. 파종 전 주의사항으로 키다리병 방제를 위하여 철저한 종자소독을 하여야 한다. 재배기간 중 질소질 비료를 과용할 경우 미질 및 등숙 저하, 속색 불량과 병해충 발생이 우려되므로 적정 균형

시비 하여야 한다. 병해충 관리에 있어서 ‘조일’은 도열병, 벼흰잎마름병(K1-K3균계) 및 줄무늬잎마름병에는 강한 품종이나 기타 바이러스병 및 멸구류에 저항성이 없기 때문에 적기에 기본방제를 실시하여야 한다. 모내기 지연시 불시출수가 될 수 있으므로 적기 모내기를 하여야 하며 조생종으로 수발아에 강한 편이지만 수확기 잦은 강우시 수발아 발생에 따른 피해가 우려되므로 적기에 수확하여야 한다.

적 요

‘조일’은 농촌진흥청 국립식량과학원에서 증가하고 있는 남부평야지 조기재배에 적합한 고품질 조생종 벼 품종을 개발하고자 육성되었다. 조생종으로 쌀 외관이 좋고 도열병과 벼흰잎마름병에 저항성인 ‘운봉37호’(품종명 ‘운미’)를 모본으로 하고 단간 내도복 내냉성 조생 우량계통 ‘HR23156-26-2-3-5’를 부분으로 단교배하여 계통육성과정, 생산력 검정시험 및 지역적응성 검정시험을 거쳐 육성되었다. ‘조일’은 평야지 조기재배에서 평균 출수기 7월 16일로 ‘조평’에 비해 2일 정도 느린 조생종이다. ‘조일’은 간장이 72 cm로 ‘조평’ 보다 2 cm 작은 단간 품종으로 도복에 안정적인 특성을 나타내며, ‘조평’에 비해 향상된 수발아 내성을 가지고 있다. ‘조일’은 도열병, 벼흰잎마름병 및 줄무늬잎마름병 등 벼의 삼대 병에 복합 내병성인 품종으로 조기재배와 만기재배 모두 표준품종에 비해 우수한 수량성을 나타냈다. ‘조일’은 쌀의 외관품위가 좋고 밥맛이 양호하며 백미 완전미율이 높았다. ‘조일’은 고온등숙 조건에서 완전미율이 높고 도열병, 벼흰잎마름병 및 줄무늬잎마름병에 복합내병성으로 수발아에 대한 내성이 향상된 단간 내도복 고품질 조생 품종으로 남부평야지 조기재배에 적합하다(품종보호권 등록번호: 제6792호; 2017. 7. 19.).

사 사

본 논문은 농촌진흥청 작물시험연구사업(세부과제명: 평야지 적응 조생 고품질 벼 품종개발, 세부과제번호: PJ01187203)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 of analysis. 17th ed.

- Association of official analytical chemists, Washington DC. USA.
2. Cheo ZR, Heu MH. 1975. Optimum conditions for alkali digestivity test in rice. Korean J Crop Sci 19: 7.
3. Cho SW, Jeung JU, Kang KH, Kim HS, Kim BK. 2015. Evaluation on early-maturing Korean japonica cultivars for high-temperature tolerance during grain filling stage. Korean J Crop Sci 60: 146-152.
4. Jeung JU, Kang KH, Choi IS, Chang JK, Kim MK, Lee JH, Park HM, Yang CI, Jeon YH, Suh JP, Choi IB, Jeong JM, Sung NS, Lee JH, Yoon MR, Kim CK. 2016. Blast Resistant Early Maturing Rice ‘Jungmo1024’ with High Temperature Tolerance during Grain Filling Stage. Korean J Breed Sci 48: 72-84.
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. 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.
7. 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.
8. Kim SJ, Won JG, Ahn DJ, Park SD, Choi CD. 2008. Influence of viviparous germination on quality and yield in rice. Korean J Crop Sci 53: 15-18.
9. Kobayashi A, Genliang B, Shenghai Y, Tomita K. 2007. Detection of quantitative trait loci for white-back and basal-white kernels under high temperature stress in japonica rice varieties. Breed Sci 57: 107-116.
10. 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.
11. 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 varietal characteristics of rice to improve milling efficiency. Korean J Crop Sci 54: 357-365.
12. Lee JH, Park DS, D.Y. K, Yeo US, Song YC, Kim CS, Jeon MG, Oh BG, Shin MS, Kim JK. 2008. Yield and grain quality of early maturing rice cultivars as affected by early transplanting in Yeongnam plain area. Korean J

- Crop Sci 53: 326-332.
13. Lee JH, Cho JH, Kim SY, Lee JY, Kim CS, Yeo US, Song YC, Sohn YB, Oh MK, Kang HW, Nam MH. 2012. Correlation analysis between head rice ratio and agronomic traits in RILs for developing a promising rice cultivar adaptable to the early-transplanting cultivation. Korean J Crop Sci 57: 1-6.
14. Nam JK, Kim KY, Ko JC, Ha KY, Choung JI, Kim BK, Baek MK, Shin MS, Kim YD, Kang HJ, Noh GI, Kim WJ, Park HS, Baek SH, Shin WC, Kim KH, Ko JK, Shin SH, Kim CK. 2008. A new early maturity, good quality and cold tolerance rice cultivar, "Unmi". Korean J Breed Sci 40: 352-355.
15. Nam JK, Ko JK, Kim KY, Kim BK, Kim WJ, Ha KY, Shin MS, Ko JC, Kang HJ, Park HS, Baek MK, Shin WC, Mo YJ, Choi IB, Kim YD, Yang HS, Kim JG. 2013. A new early-maturing rice with blast, bacterial blight, rice stripe virus resistant and high grain quality, 'Jopyeong'. Korean J Breed Sci 45: 177-182.
16. Park HS, Nam JK, Kim KY, Kim WJ, Jeong JU, Baek MK, Kim JJ, Cho YC, Lee JH, Kim BK, Ahn SN. 2015. Development of early maturing rice lines with genes conferring resistance to bacterial blight and rice stripe virus for enhancing the adaptability in plain area. Korean J Breed Sci 47: 118-127.
17. Park HS. 2016. Pyramiding of effective resistance genes for the disease resistance improvement to bacterial blight in *japonica* rice. Ph. D. Thesis. Chungnam Nat. Univ.
18. Park HS, Baek MK, Kim BK, Kim KY, Shin WC, Ko JK, Nam JK, Kim WJ, Cho YC, Ko JC, Kim JJ, Kim HS. 2017. Bacterial blight resistant mid-late maturing rice 'Manbaek' with high grain quality. Korean J Breed Sci 49: 235-244.
19. Park JS, Kim HD. 2009. Viviparous germination characteristics of rice varieties adaptable to central region of Korea. Korean J Crop Sci 54: 241-248.
20. RDA. 2012. Standard of analysis and survey for agricultural research. Suwon, Korea. pp. 315-338.
21. RDA. 2013. Project plan for collaborative research program to develop new variety summer crop. pp. 3-48.
22. RDA. 2014. Project plan for collaborative research program to develop new variety summer crop. pp. 3-48.
23. RDA. 2015. Project plan for collaborative research program to develop new variety summer crop. pp. 2-47.
24. Seong DG, Kim YG, Cho YC, Shin HY, Kim MC, Shim SI, Chung JI, Kim SH, Kim CS, Chung JS. 2014. Selection of the proper rice varieties to early transplanting cultivation in southern plain of Korea. J Agr Life Sci 48: 1-9.
25. Takata S, Sakata M, Kameshima M, Yoshinori M, Yamamoto Y. 2008. Relationship between occurrence of white immature grains and ear characteristics, grain weight and grain shape among rice cultivars. JPN J Crop Sci 77(s): 60-61.
26. Yamakawa H, Hirose T, Kuroda M, Yamaguchi T. 2007. Comprehensive expression profiling of rice grain filling-related genes under high temperature using DNA microarray. Plant Physiol 144: 258-277.