MAS를 이용한 줄무늬잎마름병 저항성 조생종 벼 ‘해담쌀’ 개발

이종희* · 조준현 · 이지윤 · 오성환 · 김춘송 · 박노봉 · 황운하 · 송유천 · 박동수 · 여운상

농촌진흥청 국립식량과학원

Development of Early Maturing Rice Stripe Virus Disease-Resistant ‘Haedamssal’ through Marker-Assisted Selection

Jong-Hee Lee*, Jun-Hyeon Cho, Ji-Yoon Lee, Seong-Hwan Oh, Choon-Song Kim, No-Bong Park, Un-Hwa Hwang, You-Chun Song, Dong-Soo Park, and Un-Sang Yeo

National Institute of Crop Science, RDA, Miryang 50424, Republic of Korea

Abstract ‘Haedamssal’ is an early maturing and rice stripe virus disease-resistant cultivar adaptable for early-transplanting cultivation that was developed by the rice breeding team of the Department of Southern Crop, NICS, RDA, in 2014. This cultivar was derived from the cross YR25869 (YR21247-B-B-B-49-1/Sasanishiki BL4//Koshihikari) and YR25868 (Unkwang/YR21247-B-B-B-49-1/Sasanishiki BL4) made in the 2005/2006 winter season and was advanced to the F₅ generation by a bulk breeding method using rapid generation advance. To incorporate rice stripe virus resistance, marker-assisted selection on the RSV gene was conducted in 3-way and 6-way cross F₁ generation using the tightly linked marker RM6897. From testing in the replicated yield trial in 2011, a promising line YR26258-B-B-B-33-3 was selected and it was designated as ‘Milyang276’. A local adaptability test of ‘Milyang276’ was performed at three locations from 2012 to 2014 and it was named as ‘Haedamssal’, which was a good eating quality variety. The culm length was 67 cm in yield trials, which was 4 cm shorter than ‘Jopyeong’. The number of spikelets per panicle was lower than ‘Jopyeong’, whereas the number of tillers per hill was higher. This variety was resistant to RSV disease, bacterial blight, and leaf blast disease. The milled rice yield of ‘Haedamssal’ was 5.48 MT per ha at the early transplanting in the local adaptability test. ‘Haedamssal’ is well adapted to early transplanting cultivation in the southern plain area (Registration No. 6811).

Keywords rice, Haedamssal, MAS, early maturing

Received on July 20, 2019. Revised on July 21, 2019. Accepted on September 2, 2019.

* Corresponding Author (E-mail: ccrljh@korea.kr, Tel: +82-55-350-1168, Fax: +82-55-352-3059)

서 언

기후변화로 일평균 기온이 상승됨에 따라 벼의 이앙에서 수확까지 재배 가능 기간이 늘어나고 있다. 온난화에 따른 벼의 새로운 재배 작형의 출현 및 작부체계에도 변화가 나타나고 있다. 벼 평야지 조기재배는 조생종 품종을 4월하순 또는 5월 상순에 이앙하여 8월 중하순부터 9월 상순까지 수확하는 재배작형이다. 중만생종 중심의 벼 재배에서 조생종 벼 조기재배로 재배기간을 이동하는 것은 노동력 분산, 콤바인 등 농작업 기계이용을 증대시킬 수 있고, 부가적으로 수확 후 관리가 용이하게 할 수 있는 장점이 있다. 묵은쌀에 비해 햅쌀에 대한 소비자의 선호도가 높다는 점과 중만생종 쌀의 본격적으로 출하 되기전 햅쌀은 가격이 높게 형성되기 때문에 선도농가를 중심으로 조생종벼의 재배면적이 증가되고 있다.

조기재배 적응성 품종을 선발하기 위해 재배생리적 측면에서 기존에 육성된 조생종 품종 중 고온등숙이 우수한 품종을 선발하였다. 중부지역 적응품종으로는 ‘조운’, ‘만안’, ‘운미’, ‘해찬물결’ 등이 선정되었으며, 남부지역 평야지 조기재배에서 ‘산들진미’, ‘조광’, ‘만나’ 등이 적응성이 높은 것으로 보고되어 있다(Seong et al. 2014). 또한 육종적 측면에서 해결하고자 2011년 벼 지역적응성 시험에 조기재배 시험 항목을 추가하였으며, 이로부터 조기재배 적응성 품종 개발이 본격적으로 수행되었다(RDA 2011). 평야지 조기재배용 극조생벼 ‘조운’, ‘밀양255호’ 및 조생종 벼품종으로 ‘조일’ 등이 육성되었다(Lee et al. 2010, Nam et al. 2018, Won et al. 2010).

벼 조기재배는 주변 논보다 일찍 모내기가 이루어지기 때문에 감수성 품종의 경우 주요 병해충의 서식처가 될 수 있다. 특히, 국내에서 월동하거나, 중국에서 비래하는 애멸구에 의해 전염되

는 바이러스병인 줄무늬잎마름병은 치명적인 피해를 받을 수 있다. 실제 국내에서 2007년 전북 부안, 충남 태안 등 서해안 지역에서 줄무늬잎마름병에 감수성인 조생종품종에 대발생하여 수량감소 및 품질저하를 초래한 바 있다(Lee et al. 2012). 또한 한반도 온난화에 따른 애멸구의 월동서식지 북상으로 바이러스병 발생도 점점 증가하는 것으로 보고되어, 저항성 육종에 대한 중요성이 더욱 증가되고 있는 실정이다.

따라서, 본 연구에서는 평야지 조기재배 적응하는 고품질 조생 품종을 육성하고자 초기세대에서 분자마커를 이용한 줄무늬잎마름병 저항성 계통을 선발하였으며 후기세대 품질과 수량성이 우수한 계통을 선발한 후, 지역적응성 시험을 거쳐 줄무늬잎마름병 저항성이면서 밥맛과 수량성이 우수한 신품종 ‘해담쌀’을 개발한 바 이에 대해 보고하고자 한다.

재료 및 방법

농업적 특성조사

벼 ‘해담쌀’ 품종 육성을 위해 계통육성시험 및 생산력검정시험은 2006년부터 2010년까지 국립식량과학원 남부작물부(밀양) 시험포장에서 벼 표준재배법에 따라 수행하였다. 지역적응시험은 2012년부터 2014년까지 3개년 동안 국립식량과학원 본원(수원), 벼맥류부(익산), 기능성작물부(밀양), 3개소에서 수행하였고, 표준품종인 ‘조평’을 공시하여 수행하였다(RDA 2012). 각 시험지별 재배방법은 4월 10일 파종하여 30일간 육묘한 후 5월 10일에 30 × 15 cm의 재식거리로 주당 3본씩 이앙하고, 시비량은 N-P₂O₅-K₂O=9-4.5-5.7 kg/10a로 재배하였다. 그 밖의 재배관리와 품종육성을 위한 주요 농업적 특성, 수량구성요소, 생리장해 및 병해충 저항성, 품질분석은 농촌진흥청 신품종개발공동연구사업 과제수행계획서(RDA 2011) 조사기준에 준하여 실시하였다.

DAN 마커를 이용한 선발

벼줄무늬잎마름병 저항성 유전자 *Shv-b1*와 연관된 SSR marker RM6897을 이용하여 저항성 계통을 선발하였으며(Kwak et al. 2000), Marker assisted selection (MAS)를 위한 Genomic DNA는 CTAB법으로 추출하였다. DNA 증폭은 Gene Amp. PCR 9700 (Applied biosystems Co.)을 이용하여 10 ng의 genomic DNA, 0.2 mM dNTP mixture, 1x PCR buffer, 0.1 units Taq DNA polymerase (Genet-Bio Co., G-1002)의 농도로 반응액을 조성하여, denaturation을 95°C에서 30초, annealing을 55°C에서 30초, polymerization을 72°C에서 1분으로 40cycle을 실시하였

다. PCR 반응을 끝낸 증폭 산물은 3% agarose gel상에서 전기영동을 실시하여 EtBr로 염색한 다음 UV trans illuminator하에서 촬영하여 유전자형을 조사하였다.

결과 및 고찰

육성경위

‘해담쌀’은 평야지 조기재배용 고품질 줄무늬잎마름병 조생종 단기성 품종을 육성하기 위하여 ‘운광’, ‘YR21247-B-B-B-49-1’, ‘Sasanishiki BL4’, ‘Koshihikari’를 교배모본으로 활용하였으며, 3원교배후 다시 복교잡을 수행하였다. ‘운광’은 국내에서 가장 많이 재배되고 있는 조생종 품종으로 초형개량 및 수량성 향상을 목적으로 사용한 교배모본이다. ‘YR21247-B-B-B-49-1’은 Junam*3/Koshihikari 후대계통으로 줄무늬잎마름병 저항성 계통 선발을 위해 교배모본으로 선정하였다. ‘Sasanishiki BL4’는 잎도열병 광범위저항성 유전자 *Pi-z1*를 가진 근동질계통으로 잎도열병 저항성을 도입하고자 활용되었다(Abe 2004). 그리고 ‘Koshihikari’는 일본에서 가장 많이 심겨지는 고품질 품종으로 이들 품종의 밥맛과 품질을 향상시키고자 교배모본으로 활용하였다. 인공교배는 단교잡, 3원교잡, 복교잡의 3단계 과정을 거치면서 수행되었다. 1단계 단교잡은 2005년 하계에 ‘YR21247-B-B-B-49-1’와 ‘Sasanishiki BL4’로 인공교배를 수행하였고, 2단계 3원교잡(3way)은 2005/2006년 동계 1차 온실에서 고품질 유전자원인 ‘Koshihikari’와 ‘운광’을 모본으로 사용하여, 1단계 교배된 F₁을 부분으로 하여 인공교배하였다. 3단계 복교잡(6way)은 2005/2006년 동계 2차 온실에서 YR25869(YR21247-B-B-B-49-1/ Sasanishiki BL4//Koshihikari) 3원교배된 F₁식물체 25개체와 YR25868(Unkwang// YR21247-B-B-B-49-1/ Sasanishiki BL4) 3원교배된 F₁식물체 14개체를 이앙하였다(Fig. 1) 줄무늬잎마름병 저항성 품종을 개발하기 위하여 Kwak et al. (2011)이 보고한 SSR마커 RM6897를 이용하여 hetero 유전자형을 가진 식물체를 선발하였다. YR25869에서 15개체, YR25868에서 5개체를 각각 선발하였다. 선발된 F₁식물체를 복교잡하여 21개의 인공교배립을 확보하였고, 2006년 하계 복교잡 F₁ 식물체를 노지포장에 이앙하였다. RM6897를 이용하여 줄무늬잎마름병 저항성에 대해 MAS를 실시하였으며, DNA 마커상으로 저항성이 고정된 homozygote 유전자형을 가진 복교잡 F₁식물체 3개체를 선발하였다(Table 1, Fig. 2). 따라서, 이들 후대계통들은 모두 줄무늬잎마름병에 저항성인 것으로 판단된다. 2007년 하계에 F₂ 집단을 전개하여 초형이 ‘운광’과 같이 직립이면서 수량성이 우수해 보는 개체를

Fig. 1. Crossing scheme for the development of ‘Haedamssal’. A: YR21247-B-B-B-49-1, B: Sasanishiki BL4, C: Koshihikari, D: Unkwang

Fig. 2. Marker assisted selection of 3way F1 and 6way F1 generation for development for RSV-resistant variety ‘Haedamssal’. P1: Koshihikari, P2: YR21247-B-B-B-49-1, P3: Unkwang circle symbol(●) indicated heterozygous marker allele of RM6897 and Star symbol (★) indicate homozygous RSV-resistant marker allele of RM6897.

Table 1. Proportion of resistant, hetero susceptible genotypes in 3 way F₁ and 6way F₁ generation.

Cross No.	Cross combination	Selected F ₁ plants by MAS			
		Total	S-allele	Hetero	R-allele
YR25869 (3way)	YR21247-B-B-B-49-1/Sasanishiki BL4 //Koshihikari	25	10	15	0
YR25868 (3way)	Unkwang// YR21247-B-B-B-49-1 / Sasanishiki BL4	14	9	5	0
YR26258 (6way)	YR25869 / YR25868	21	6	12	3

선발하였으며, 선발된 개체에서 2-3립의 채취하여 2007년/2008년 동계1차 및 동계2차 세대단축으로 F₃ 및 F₄ 세대를 육성하였다. 2008년 하계에 F₃세대 계통을 변형된 1수 1열법으로 노지포장에 이양하였으며, 초형과 수량성을 중심으로 선발하였다. 2009년 계통육성시험, 2010~2011년 생산력 검정 본시험을 수행하였으며, 전개된 계통 중 농업적 특성이 우수한 YR26258-B-B-B-33-을 ‘밀양275호’로 계통명을 부여하였다. ‘밀양275호’는 2012~2014년 3년간 지역적응성 조기재배시험을 수행하였다. 2014년 12월 농촌진흥청의 농작물 직무육성 신품종선정심의회에서 신품종으로 결정되었으며, 품종명은 ‘해담쌀’로 명명하였다.

주요 농업적 특성 및 수량

‘해담쌀’의 출수기는 평야지 조기재배에서 7월 18일로 ‘조평’보다 2일 늦은 조생종이다. 간장은 67 cm로 ‘조평’보다 4 cm 정도 작고, 주당수수는 18개로 ‘조평’보다 2개 많은 단간이면서 직립초형을 가진 품종이다. 수량구성요소인 수장은 19 cm이고, 수당립수는 84개로 적은 편이다. 등숙율은 84.9%로 ‘조평’ 86.6%와 비슷한 수준이다. 현미 천립중은 21.1 g으로 ‘조평’보다 약간 무거운 편이다. ‘해담쌀’의 수량성은 ‘12년~’14년 실시한 평야지 조기재배 시험에서 평균수량이 548 kg/10a로 ‘조평’보다 7% 증수되었으며, 통계적 유의성도 인정되었다(Table 2).

생리장해저항성

내냉성 검정결과 성숙기 출수지연일수는 대비품종과 2일 정도 빠른 것으로 판단되고, 등숙기 임실율은 32.8% 조평보다 낮은 편이다. 반면, 성숙기 종합내냉성은 ‘조평’보다 우수하였다(Table 3). 평야지 조기재배는 보통기 표준재배법보다 약 1개월 정도 빨리

이양하기 때문에 유효냉해에 내성을 가지는 품종이 필요한 것으로 판단된다. ‘해담쌀’의 불시출수는 46.2%로 ‘조평’보다 약간 낮으나 일반적인 조생종 품종보다 높은 편이다. 불시출수는 파종 후 50일묘를 이양하였을 때 묘대감응에 따른 비정상적인 출수와 관련된 만식적응성 특성검정이다. ‘해담쌀’ 만기재배시 불시출수 예방을 위해 어린묘를 이양하는 것이 바람직한 것으로 판단된다. 도복관련 특성에서 도복지수는 ‘조평’보다 작고, 포장도복은 3정도로 ‘조평’와 비슷하였다.

병충해 저항성

‘해담쌀’을 전국 14개소에서 실시한 잎도열병 발못자리검정에서 평균 저항성정도가 3.2로 ‘조평’ 2.9와 비슷한 수준이었다. 목도열병 포장검정에서는 계화, 이천, 익산 및 밀양에서 각각 3.0%, 1.3%, 2.3%, 3.0% 발병하여 강한 반응을 보였다(Table 4). 흰잎마름병 균계 K1, K2, K3에 대해서는 저항성이었으며, K3a에는 이병성 반응을 보였다. 이는 *Xa3* 유전자를 가진 품종들과 동일한 저항성 반응을 보였고, 육성계보도를 추적해보면 ‘운광’ 또는 ‘YR21247-B-B-B-49-1’에서 유래된 것으로 판단된다. ‘해담쌀’은 국내 바이러스병 중에서 발생빈도가 가장 높은 줄무늬잎마름병에 저항성이었다(Table 4). 조생종 품종은 애멸구가 서식하기 어려운 중북부 및 중산간지 지역에 재배되기 때문에 바이러스병에 대한 피해는 보고되지 않았다. 그래서, 대부분의 국내 조생종은 바이러스병에 이병성이었고, 교배모본으로 활용할 자원이 부족한 실정이다. 본 연구에서 줄무늬잎마름병 저항성 교배모본으로 ‘YR21247-B-B-B-49-1’를 이용하였으며, 이는 ‘Junam’ 후대계통으로 ‘Modan’에서 유래된 줄무늬잎마름병 저항성 *Stv-bi*를 가지고 있는 것으로 판단된다. ‘Modan’ 유래의 바이러스병

Table 2. Major agronomic traits and yield components of ‘Haedamssal’

Variety	HD	CL (cm)	PL (cm)	NP	NSP	GFR (%)	TGW (g)	Yield (kg/10a)
Haedamssal	7.18	67	19	18	84	84.9	21.1	548
Jopyeong	7.16	71	20	16	101	86.6	20.5	511

HD: Heading date, CL: culm length, PL: panicle length, NP: Number of panicle per hill, NSP: Number of spikelets per panicles, GFR: grain filling ratio, TGW: 1000 grain weight,

Table 3. Abiotic stress response of ‘Haedamssal’

Variety	PHD ² (%)	VG ³ (%)	Lodging tolerance		Cold tolerance		
			Lodging index	Transplanting field (1-9)	Heading delay (days)	Grain fertility (%)	PA ⁴ (%)
Haedamssal	46.2	25.4	109	3	8	32.8	4
Jopyeong	50.8	22.7	128	3	10	52.3	5

²PHD: Percentage of premature heading date ³VG: viviparous germination, ⁴PA: Phenotypic acceptability

저항성 유전자는 벼 11번 염색체 장완에 위치한 것으로 밝혀져 있고, 밀접히 연관된 마커 ST-10이 보고되었다(Hayano Saito et al. 2000). 하지만, ST-10은 우성마커로서 hetero 유전자형과 homozygote 유전자형을 구분할 수 없었다. 본 연구에서는 3원교잡 F₁에서 hetero 및 복교잡 F₁에서 homozygote 유전자형을 선발할 수 있는 공우성 마커 RM6897를 활용하였다(Kwak et al. 2011). 초기세대에 DNA마커로 저항성이 고정된 계통을 선발한 결과, 후기 고세대까지 저항성의 분리가 일어나지 않았으며, 지역적응성 시험 3년 동안 생물검정에서도 모두 저항성 반응을 보였다. 따라서, 본 연구에서 사용한 SSR마커 RM6897은 줄무늬잎마름병 저항성 선발에 활용 가능함을 확인할 수 있었다.

품질 특성

‘해담쌀’의 현미의 장폭비는 각각 1.91로 ‘조평’ 1.75보다 약간 긴 편이다(Table 5). 심복백은 0/1이며, 완전미 도정수율은 95.4%로 ‘조평’ 90.8%보다 높은 편이다. 이화학적 특성 분석에서 단백질 함량이 6.6%으로 낮았으며, 알카리 붕괴도와 아미로스 함량은 ‘조평’과 차이는 없었다. 밥맛관능검정 결과 0.32로 경기도산 ‘조평’ 대비 식미가 우수하였다(Table 5). 벼 조생종 품종을 조기재배 할 경우 7월 중하순에 출수하며, 8월의 고온 조건에서 등숙이 이루어지기 때문에 쌀의 외관품질과 수량이 낮아질 우려가 있다(Lee et al. 2008). 여름철 고온 조건에서 조생종 벼 품종들의 완전미율은 낮아지고, 분상질립을 비율이 높아져 쌀의 품질이 떨어지는 것으로 알려져 있다(Nakata et al. 2004). Nakamura (1997) 등은 품종육성 초기단계에서 식미계

를 이용한 양식미 선발의 효율성이 높다는 보고된 바와 있으며, ‘해담쌀’은 F₆~F₇세대에서 도요식미계를 이용하여 식미치가 우수한 계통을 선발하였으며, 이러한 품질 중심의 선발이 밥맛에 좋은 영향을 미친 것으로 판단된다.

적 요

‘해담쌀’은 남부평야지 조기재배 적응 줄무늬잎마름병 저항성 조생종 품종을 육성하고자 YR25869(YR21247-B-B-B-49-1/SasanishikiBL4/Koshihikari)와 YR25868(Unkwang/YR21247-B-B-B-49-1/Sasanishiki BL4)의 복교잡으로 육성되었다. 줄무늬잎마름병 저항성 유전자를 도입하기 위해 3원교잡 및 복교잡 F₁세대에서 저항성 연관마커 RM6897로 선발하였다. F₂세대에서 F₃세대까지 집단육종법으로 동계온실을 이용한 세대단축 시스템으로 빠르게 고정된 계통을 육성하였다. 2011~2012년 동안 생산력검정시험을 거쳐 ‘밀양275호’로 명명하였다. 2012~2014년 3년간 지역적응성 시험 조기재배에서 완전미율과 밥맛이 우수한 특성을 가지고 있어 ‘해담쌀’로 명명되었다. ‘해담쌀’은 간장이 67 cm로 ‘조평’보다 5 cm 작은 단간이며, 수당립수는 적고 수수가 약간 많은 초형을 가지고 있다. 이 품종의 내병성은 흰잎마름병, 줄무늬잎마름병에 저항성이며, 잎도열병에 강한 편이다. 수량은 조기재배 지역적응성 시험에서 5.48 MT/ha으로 대비 품종보다 수량이 높았다. 금후 이 계통은 남부지역의 조기재배용으로 밥맛이 우수한 쌀 생산을 위한 품종으로 보급될 것으로 기대된다.

Table 4. Reaction to leaf and neck blast disease, bacterial blight, virus diseases and insect pests of ‘Haedamssal’.

Variety	Leaf blast disease	Neck blast disease (%)				Bacterial blight				Rice stripe virus
		GH ^z	IC	IS	MY	K ₁	K ₂	K ₃	K _{3a}	
Haedamssal	3.2	3.0	1.3	2.3	3.0	R ^y	R	R	S	R
Jopyeong	2.9	3.7	0.7	3.0	4.3	R	R	R	S	S

^zGH: Gyeohwa, IC: Icheon, IS: Iksan, MY: Milyang

^yR: Resistant S: Susceptible

Table 5. Physiochemical and milling properties of ‘Haedamssal’ (LAT: '12~14)

Variety	L/W ratio ^z	WC/WB ^y (0-9)	Amylose content (%)	Protein content (%)	Alkali digestion value (1-7)	Milling recovery of head rice (%)	Palatability of cooked rice (-3~+3)
Haedamssal	1.91	0/1	19.4 ^{ns}	6.6 ^{ns}	6.5 ^{ns}	95.4 ^{ns}	0.32 ^{ns}
Jopyeong	1.75	0/1	19.3	6.1	6.3	90.8	-0.06

^zLW length and width ratio of brown rice, ^yWC/WB: white core, white back, WB ^yLW length and width ratio of brown rice

사 사

본 논문은 농촌진흥청 연구사업(세부과제번호: PJ01428201
논이용 다양화를 위한 단기성 벼 품종 개발)의 지원에 의해 이루어진 것임.

REFERENCES

1. Abe S. 2004. Breeding of a blast resistant multiline variety of rice, Sasanishiki BL JARQ 38: 149-154.
2. Kim CG, Lee SM, Jeong HK, Jang JK, Lee CK. 2009. Impacts and countermeasures of climate change in Korean agriculture, KERI reports 593: 1-279.
3. Kwak DY, Lee BC, Choi I, Yeo US, Cho JH, Lee JY, Song YC, Yun YN, Kang HW, Nam MH, Lee JH. 2011. Identification of a Major QTL, *qSTV11^{SG}*, associated with resistance to rice stripe virus disease originated from Shingwangbyeon in rice (*Oryza Sativa* L.). Kor J Breed Sci 43: 464-469.
4. Hayano-Saito Y, Saito K, Fujii K, Touyam T, suji T, Sugiura N, Izawa T, Iwasaki M. 2000. SCAR marker selection of the rice stripe resistance gene Stv-bi. Breeding Research 2: 67-72.
5. Lee BC, Cho SY, Yoon YN, Kang IJ, Lee JH, Kwak DY, Shin DB, Kang HW. 2012. Change in occurrence of rice stripe virus disease. Res Plant Dis 18: 402-405.
6. Lee JH, Park DS, Kwak DY, Yeo US, 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.
7. Lee JH, Oh SH, Kim SY, Cho JH, Lee JY, Yeo US, Song YC, Choi KJ, Park TS, Kang HW, Lee HD. 2010. Agronomic characteristics of a promising line adaptable to extremely early cultivation. Korean J Breed Sci 42: 407-412.
8. Nakamura K, Kobayashi K, Azuma S, Ishizaki K, Abe S, Hoshi T, 1997. Improvement of grain and eating quality for rice breeding in niigata prefecture, XI eating quality of progeny strain selected by MIDO value. The Hokuriku Crop Science 32: 8-10.
9. Nam JK, Park HS, Kim KY, Kim BK, Cho YC, Ko JK, Baek MK, Kim JJ, Kim WJ, Shin WC, Ko JC, Lee JH, Jeong JM, Jeung JU, Kang KH. 2018. Multiple disease resistant early maturing rice cultivar ‘Joil’ with high grain quality adaptable to early transplanting cultivation in the southern plain area. Korean J Breed Sci 50: 280-288.
10. Rural Development Administration (RDA). 2011. 2011 Project plan for collaborative research program to develop new variety of summer crop. pp. 5-52.
11. Seong DG, Kim YG, Cho YC, Kim MC, Kim CS, Kim DK, Chung JS. 2017. The yield and quality of rice for early transplanting cultivation by cultural practices in Gyeongnam plain area. Journal of Agriculture & Life Science 51: 19-27.
12. Won YJ, Rhu HY, Shin YS, Hong HC, Kim YG, Kim MK, Jung KH, Jeon YH, Cho YC, Ahn EK, Yoon KS, Lee JH, Kim JJ, Oh SK, Oh MK, Jeung JU, Chun AR, Park HM, Roh JH, Yoon YH. 2010. An extremely early-maturing, plain area adaptable, blast resistant and high grain quality rice cultivar ‘Joun’. Korean J Breed Sci 42: 313-317.