소득작물 후작용 고품질 조생 벼품종 ‘화왕’

이종희 · 이지윤 · 여운상 · 송유천 · 박동수 · 황운하 · 박수권 · 박노봉 · 김상열 · 오성환 · 한상익 · 남민희 · 이종기 · 조준현*

농촌진흥청 국립식량과학원

‘Hwawang’: A Good Quality and Early-Maturing Rice Variety Adaptable for Rice-Cash Crop Rotation System

Jong-Hee Lee, Ji-Yoon Lee, Un-Sang Yeo, You-Chun Song, Dong-Soo Park, Un-Hwa Hwang, Soo-Gwan Park, No-Bong Park, Sang-Yeol Kim, Seong-Hwan Oh, Sang-Ik Han, Min-Hee Nam, Jong-Gi Lee, and Jun-Hyeon Cho*
National Institute of Crop Science, RDA, Miryang, 50424, Republic of Korea

Abstract ‘Hwawang’ is an early maturing and short statured rice cultivar adaptable to the rice-cash crop rotation system that was developed by the rice breeding team of the Department of Southern Crop, National Institute of Crop Science (NICS), Rural Development Administration (RDA), Korea, in 2012. This cultivar was derived from the cross of YR25867 (Hitomebore/YR21247-B-B-B-49-1/Sasanishiki BL4) and YR25866 (Akidagomachi/YR21247-B-B-B-49-1/Sasanishiki BL4) during the 2005/2006 winter season and was fixed as a homozygous line by a doubled haploid breeding system. In the replicated yield trial in 2009, a promising line (YR26253Acp26-1) showed a good phenotype and high yield potential, and so it was selected and designated as ‘Milyang256’. The local adaptability test of ‘Milyang256’ was carried out at three locations from 2010 to 2012. It was named ‘Hwawang’ and had a high head rice ratio and good eating quality. The culm length of ‘Hwawang’ averaged 62 cm during the yield trials and was 10 cm shorter than that of ‘Keumo’. The number of spikelets per panicle of ‘Hwawang’ was significantly lower than that of ‘Keumo’, but the number of tillers per hill was higher. This variety showed resistance to bacterial blight disease but was moderately susceptible to both leaf and neck blast. The milled rice yield of ‘Hwawang’ was 452 kg/10 a at the late transplanting stage of the local adaptability test. Thus, ‘Hwawang’ is well adapted to the rice-cash crop rotation system in the southern plain area. (Registration No. 5106)

Keywords Rice, Hwawang, Good grain quality, Early maturing

Received on July 3, 2018. Revised on July 5, 2018. Accepted on November 19, 2018.

* Corresponding Author (E-mail: hy4779@korea.kr, Tel: +82-55-350-1169, Fax: +82-55-352-3059)

서 언

우리나라 기후온난화에 따른 동계작물의 재배지역 북상과 이모작 작부 유형 증가 및 재배 작목의 다양화가 지속적으로 이루어지고 있다. 논을 이용한 밭작물 작부체계는 삼모작 재배까지 시도되고 있으며 특히, 벼-사료작물을 작부체계 (조평벼-하과귀리-호밀)은 농가소득을 35%까지 증가시키는 것으로 밝혀져 있고, 경남 남해 일부 농가에서는 벼-시금치-감자 3모작 작부체계를 통한 소득향상에 노력을 꽤하고 있다(Kim et al. 1986, Hong et al. 2001, Kim et al. 2010). 이러한 작부체계의 다양화는 기후변화, 재배법의 다양화, 기계화에 따른 노동력 절감 등 여러 가지 요인이 복합적으로 작용하고 있다. 벼와 소득작물 작부체계 확대를 위해서는 전·후작물과의 생육기간과 파종 및 수확작업 등

노동력의 경합이 일어나지 않는 것이 중요하며, 이를 위해서는 다양한 작부체계에 알맞은 벼품종의 육성이 필수적이다(Choi et al. 1994, Lee et al. 2008). 소득작물 후작용 작부체계는 이앙기가 6월 하순~7월 상순 사이의 만식재배 조건에서 재배됨으로 생육초기 고온 및 등숙기 저온 등 불량환경을 경과하게 된다. 이런 환경에 적응하는 벼 품종은 생육일수가 짧아야 되며, 생육일수 단축에 의한 수량 및 품질의 저하가 적어야 한다(Choi et al. 2005, Nagata et al. 2004). 또한, 소득작물 재배 후 벼 재배시 잔류 질소질 비료의 과다로 도복이나 품질저하가 우려됨으로 유전적으로 내도복성이 강하고 품질이 우수한 특성을 가진 품종이 필요하다. 즉, 생육기간이 짧은 조생종이면서 재배안정성과 품질을 겸비한 품종 개발은 지속적으로 요구되고 있는 실정이다. 본 연구는 소득작물 후작 작부체계에 적합한 ‘화왕’의 주요 농업

적특성 및 품질, 수량성 등에 대한 결과이다.

재료 및 방법

벼 품종 '화왕' 육성을 위해 계통육성시험 및 생산력검정시험은 2004년부터 2010년까지 국립식량과학원 남부작물부(밀양) 시험포장에서 벼 표준재배법에 따라 수행하였다. 지역적응시험은 2010년부터 2012년까지 3개년 동안 국립식량과학원 수원, 익산, 밀양 3개소에서 수행하였고, 표준품종인 '금오'와 비교하여 수행하였다(RDA 2011). 각 시험지별 재배방법은 6월 15일 파종하여 25일간 육묘한 후 7월 10일에 30×12 cm의 재식거리로 주당 5본씩 이앙하고, 시비량은 $N-P_2O_5-K_2O=7-3.2-4.2$ kg/10a로 재배하였다. 그 밖의 재배관리와 품종육성을 위한 주요 농업적 특성, 수량특성, 생리장해 및 병해충 저항성, 도정특성, 품질 조사는 농촌진흥청 신품종개발공동연구사업 과제수행계획서(RDA 2010) 조사기준에 준하여 실시하였다. 밥의 윤기치 분석은 백미 33 g을 정량하여 Toyo meter (Model MA98B, Toyo Co)를 이용하여 측정하였다(Nakamura et al. 1997).

결과 및 고찰

육성경위

교배모본의 주요 특성

'화왕'은 소득작물 후작용 고품질 복합내병성의 조생 단기성 품종을 육성하기 위하여 YR21247-B-B-B-49-1, Sasanishiki BL4, Hitomebore, Akidagomachi를 교배모본으로 3원교배후 다시 복교잡을 수행하였다. YR21247-B-B-B-49-1는 주남벼*3/고시히카리 후대계통으로 간장이 50 cm정도의 극단간이면서 줄무늬

잎마름병 저항성 유전자 *Stvbi*와 흰잎마름병 저항성 유전자 *Xa3*를 가진 계통이다. Sasanishiki BL4는 잎도열병 광범위저항성 유전자 *Piz-t*를 가진 근동질계통으로 잎도열병 저항성을 도입하고자 활용되었다(Abe 2004). Hitomebore와 Akidagomachi는 일본에서 Koshihikari 다음으로 재배면적이 많은 고품질 품종으로 이들 품종의 미질특성을 도입하고자 교배모본으로 활용하였다. 1차적으로 YR21247-B-B-B-49-1/ Sasanishiki BL4를 2005년 하계에 인공교배를 수행하였고, 2005/2006년 동계 1차 온실에서 고품질 유전자원인 아기다고마치와 히토메보레를 모본으로 3원교배를 수행하였다. '05/'06동계 2차 온실에서 YR25867 (Hitomebore//YR21247-B-B-B-49-1/Sasanishiki BL4) 3원교배된 F1식물체 21개체와 YR25866 (Akidagomachi//YR21247-B-B-B-49-1/Sasanishiki BL4) 3원교배된 F1식물체를 23개체를 이앙하였다. 줄무늬잎마름병 저항성계통을 선발을 위하여 Kwak et al. (2011)이 보고한 저항성유전자와 연관된 SSR마커 RM6897를 이용하여 hetero 유전자형을 가진 식물체를 선발하였다. YR25867에서 9개체, YR25866에서 12개체를 각각 선발하였으며, 선발된 F1식물체를 복교잡하여 91개의 인공교배립을 확보하였다. 2006년 하계 복교잡 교배를 파종하였으며, RM6897를 이용하여 줄무늬잎마름병저항성에 대해 MAS를 실시하였으며 DNA 마커상으로 저항성 고정된(homozygous allele) 복교잡 F1식물체 12개체를 선발하였으며, heterozygote 개체 12개포함 하여 총 24개체를 이앙하였다. 수잉기때 MAS로 선발된 12개체에서 이삭을 채취하여 약배양을 실시하여 초기단계에 고정된 계통을 육성하였다(Figs. 1, 2).

출수기 및 주요 농업적 특성

'화왕'의 출수기는 영남, 호남 및 중부 평야지 만기재배에서

^zRYT: Replicated yield trial, ^yLAT: Local adaptability test

Fig. 1. Pedigree diagram of "Hwawang".

8월 29일로 ‘금오’보다 2일 늦은 준조생종이다. 간장은 62 cm로 ‘금오’보다 10 cm 정도 작고, 주당수수는 16개로 ‘금오’보다 3개 많은 단간 수수형 초형이다. 이삭길이는 20 cm로 수당립수는 71개로 적은 편이다. 등숙율은 83%로 ‘금오’ 76%보다 7% 높은 편이다. 현미 천립중은 ‘금오’보다 1 g 가벼운 편이다(Table 1).

생리장해저항성

‘화왕’은 13℃ 저온에서 발아율은 8.0%으로 낮고, 32℃ 발아 적온에서는 발아율이 92%로 육묘시 발아 문제는 없을 것으로 판단된다. 수발이는 0.7%로 ‘금오’ 6.1%로 낮은 특성을 가지고

있어 등숙기 이상고온 발생시 수발에 의한 쌀 품질 및 종자 품질 저하에 대한 우려가 낮은 것으로 생각된다(Table 2).

‘화왕’의 불시출수를 0.3%로 ‘금오’보다 발생이 적었으며, 이는 출수기가 조생종보다 늦은 준조생종의 특성을 가지고 있기 때문인 것으로 판단된다. 도복관련 특성에서 도복지수는 ‘금오’보다 작고, 포장도복은 3정도로 ‘금오’보다 도복 발생 우려가 높은 것으로 나타났다. 이는 ‘화왕’이 간장은 작으나 수수가 많아 좌절중이 상대적으로 약하기 때문인 것으로 판단된다. 내냉성 검정결과 성숙기 출수지연일수는 대비품종과 비슷하나, 임실율은 67.0%로 높아 종합내냉성은 ‘금오’보다 우수하였다(Table 3).

Fig. 2. Genealogical diagram of “Hwawang”.

Table 1. Major agronomic traits and yield components of ‘Hwawang’ (LAT: '10~'12).

Variety	Heading date	Culm length (cm)	Panicle length (cm)	No. of panicle per hill	No. of Spikelets per panicles	Ratio of ripened grain (%)	Brown rice 1000 grain weight (g)
Hwawang	8.29	62	20	16	71	83.0	21.0
Keumo	8.27	72	20	13	82	76.0	20.0

병충해 저항성

‘화왕’을 전국 14개소에서 실시한 잎도열병 발못자리검정에서 평균 저항성정도가 6.1으로 ‘금오’ 4.4보다 잎도열병에 약한 것으로 나타났으며, 목도열병 포장검정에서는 이천, 제천 및 익산에서 각각 13.8%, 30.8%, 17.3% 발병되어 약한 반응을 보였으며, 육성모지인 밀양에서는 발병이 낮은 편이었다(Table 4). ‘화왕’ 교배조합 작성시 잎도열병 및 목도열병의 저항성을 증대시키고자 도열병 광범위 저항성 유전자 *Piz-t*를 가진 *Sasanishiki* BL4를 교배모본으로 사용하였으나(Abe 2004), 삼원교배 및 복교잡 과정에서 재조합이 발생하여 저항성이 도입되지 않은 것으로 판단된다. 흰잎마름병 레이스 K1, K2, K3에 대해서는 저항성이었으

며, K3a에는 이병성 반응을 보인 것으로 보아 육성계보도에 포함된 주남벼에서 유래된 *Xa3* 유전자를 가진 것으로 판단된다. 또한 바이러스병 검정에서 줄무늬잎마름병에는 강하였으며, 오갈병과 검은줄오갈병에는 이병성이었다, 그리고 벼멸구와 애멸구 등 해충에는 감수성이었다(Table 5).

미질 및 도정특성

‘화왕’의 정조와 현미의 장폭비는 각각 2.34, 1.84로 ‘금오’ 2.26, 1.77와 비슷한 단위립이다. 심복백 발생이 없으며, 완전미율 95.4%로 ‘금오’ 90.8%보다 높으며, 쌀알은 맑고 투명한 편이다. 이화학적 특성 분석에서 단백질 함량이 6.3%로 ‘금오’ 7.7%보다 유의하게 낮았으며, 알카리 붕괴도와 아밀로스 함량은 대비 품종과 차이는 없었다.

밥맛관능검정 결과 0.27로 경기도산 추청벼 대비 식미가 우수하였다(Tables 6, 7). ‘화왕’은 밥의 윤기치를 분석한 결과 73으로 기존의 조생종 품종보다 밥의 윤기치가 우수한 것으로 나타났다(Table 8). 품종육성 단계에서 식미계를 이용한 양식미 선발의 효율성이 높다는 보고된 바와 같이(Nakamura et al. 1997), ‘화왕’

Table 2. Germinability of ‘Hwawang’ (LAT: '10~12).

Variety	Seed germination		Viviparous germination (25°C at 40 DAF)
	Low temp. (13°C)	Normal temp. (32°C)	
Hwawang	8.0	92	0.7
Keumo	48.5	99	6.1

Table 3. Abiotic stress response of ‘Hwawang’ (LAT: '10~12).

Variety	Premature heading ratio (%)	Lodging tolerance		Cold tolerance		
		Lodging index	transplanting field (1-9)	Heading delay (days)	Grain fertility (%)	Phenotypic acceptability (%)
Hwawang	0.3	168	3	13	67	5
Keumo	26.5	183	1	12	30	7

Table 4. Reaction to leaf and neck blast disease of ‘Hwawang’ (LAT: '10~12).

Variety	Leaf blast disease				Neck blast disease			
	No. of tested sites			Ave.	Rate of diseased panicle (%)			
	R (0~3)	M (4~6)	S (7~9)		Jecheon	Icheon	Iksan	Milyang
Hwawang	0	9	5	6.1	13.8	30.8	17.3	0.2
Keumo	3	9	2	4.4	24.9	37.0	0.0	0.0

Table 5. Reaction to bacterial blight, virus diseases and insect pests of ‘Hwawang’ (LAT: '10~12).

Variety	Bacterial blight				Virus disease ^z			Insect pests ^y	
	K ₁	K ₂	K ₃	K _{3a}	RSV	RDV	RBSDV	BPH	SBPH
Hwawang	R ^x	R	R	S	R	S	S	S	S
Keumo	S ^w	S	S	S	S	S	S	S	S

^zRSV: Rice stripe virus; RDV: Rice Dwarf virus; RBSDV: Rice black Stripe dwarf virus

^yBPH: Brown planthopper; SBPH: Small Brown planthopper

^xR: Resistant

^wS: Susceptible

도 계통육성 초기단계부터 식미계를 이용하여 선발한 결과인 것으로 판단된다.

수량성

‘화왕’의 쌀수량성은 '10년~'12년 실시한 평야지 만기재배 시험에서 493~474 kg/10a, 452 kg/10a로 ‘금오’ 보다 15% 증수되었으며, 5% 유의수준에서 통계적 차이를 나타냈었다(Table 9).

적 요

소득작물 후작용 벼 품종은 전작물에 사용된 잔류 질소질 비료의 과다로 도복이나 품질저하가 우려되기 때문에 생육기간이 짧은 조생종이면서 재배안정성과 품질을 겸비하여야 한다. ‘화왕’은 소득작물 후작지 재배용 간장이 작은 조생종 품종으로 YR25867 (Hitomebore//YR21247-B-B-49-1/SasanishikiBL4)

Table 6. Grain shape of rough rice and brown rice of ‘Hwawang’ (LAT: '10~'12).

Variety	Rough rice				Brown rice			
	Length	Width	Thickness	Ratio of L/W	Length	Width	Thickness	Ratio of L/W
Hwawang	7.09	3.03	2.13	2.34	4.95	2.69	1.86	1.84
Keumo	7.03	3.10	2.06	2.26	4.95	2.80	1.87	1.77

Table 7. Physiochemical and milling properties of ‘Hwawang’ (LAT: '10~'12).

Variety	Translucency (1-9)	WC/WB (0-9)	Amylose content (%)	Protein content (%)	Alkali digestion value (1-7)	Milling recovery of head rice (%)	Paratability
Hwawang	1	0/0	18.8	6.3	5.7	95.4	0.27
Keumo	2	1/0	18.2	7.7	6.0	90.8	0.06 ^z

^z경기도산 충청벼: 0.06

Table 8. The value of glossiness of cooked rice by Toyo meter of early maturing varieties cultivated in Miryang province (Milyang LAT: '12).

Group	Glossiness of cooked rice			
	~59	60~64	65~69	70~
Cultivars	Manchu (58) Junamjosaeng (58) Ungwang (58) Joan (58) Jogwang (57) Shinunbong1 (57) Hanseol (55) Keumo3 (55) Jopyeong (55) Joun (52) Jinbong (49)	Milyang276 (64) Goun (62) Manna (62) Hwanggeumbora (61) Manho (61) Handeul (61) Keumo (60) Unmi(60) Odae 1(60)	Odae (69) Milyang266 (68) Boseak (68) Keumyeong (68) Hitomebore (68) Sandeuljinmi (67) Milyang276 (67) Jinbu (66) Seolremi(66)	Hwawang (73) Saesangju (72) Koshihikari (71) Milyang247 (70) Akidagomachi(70) Kinuhikari (70) Joami (70)
Total	11	9	9	7

Table 9. Yield of milled rice at local adaptability test of ‘Hwawang’ (LAT: '10~'12).

Cultivation season	Region	No. of tested sites	Yield of milled rice (MT/ha)		
			Hwawang (A)	Keumo (B)	Index (A/B)
Late planting	Middle plain	1	443	401	112
	Yeongnam plain	1	474	404	117
	Honam plain	1	439	331	115
	Average		452	396	115

와 YR25866 (Akidagomachi//R21247-B-B-B-49-1/Sasanishiki BL4)의 복교잡으로 육성되었다. 2005/2006년 동계에 F1 식물체에서 꽃가루를 채취하여 약배양으로 조기에 고정된 계통을 육성하였으며, 2009년 생산력검정시험을 거쳐 밀양256호로 명명하였다. 2010~2012년 3년간 지역적응성 시험 만기재배에서 완전미율과 밥맛이 우수한 특성을 가지고 있어 '화왕'로 명명되었다. '화왕'은 간장이 62 cm로 금오보다 10 cm 작은 단간이며, 수당립수는 적고 수수가 많은 수수형 품종이다. 이 품종의 내병성은 흰잎마름병, 줄무늬잎마름병에 저항성이며, 잎도열병과 목도열병은 좀 약한 편이다. 수량은 만기재배 지역적응성 시험에서 452 kg/10a으로 대비 품종보다 수량이 15% 증수되었다. 금후 이 계통은 남부지역의 소득작물 후작 작부체계에 완전미율과 밥맛이 우수한 쌀 생산을 위한 품종으로 보급될 것으로 기대된다.

사 사

본 논문은 농촌진흥청 연구사업(세부과제번호: PJ011684032018)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. Choi HC, Choi JH, Lee CS, Kim YB, Cho SY. 1994. Varietal and locational variation of grain quality components of rice produced in hilly and high altitude areas in Korea. Korean J Crop Sci 39: 27-37.
3. Choi WY, Nam JK, Kim SS, Lee JH, Kim JH, Park HK, Back NH, Choi MK, Kim CK, Jung KY. 2005. Optimum transplanting date for production quality rice in Honam plain area. Korea J Crop Sci 50: 435-441.
4. Hong KP, Joung WK, Kim YG, Song GW, Kang DJ. 2001. Rice cultivars for proceeding and succeeding cropping system with protected horticulture in southern plain area. Korean J Crop Sci Suppl. pp. 130-131.
5. Kim SS, Lee SY, Kim JH, Bae SH. 1986. Optimum transplanting time for double cropping in the southern plain area. Res Rept RDA(R) 28: 256-259.
6. Kim YD, Kang SG, Ku BI, Choi MK, Park HK, Park TS, Back NH, Kim SJ, JK Ko. 2010. Selection of suitable rice cultivars for silage barley-rice double cropping in Honam plain area. Koran J Intl Agri 22: 337-340.
7. 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, qSTV11SG, Associated with resistance to rice stripe virus disease originated from Shingwangbyeo in Rice (*OryzaSativa*L.). Korean J Breed Sci 43: 464-469.
8. 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.
9. Nagata K, Takita T, Yoshinaga S, Terashima K, Fukuda A. 2004. Effect of air temperature during the early grain-filling stage on grain filling in rice. Jpn J Crop Sci 73: 336-342.
10. 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.
11. Rural Development Administration (RDA). 2010. 2010 Project plan for collaborative research program to develop new variety of summer crop. pp. 5-52.