쌀 외관이 양호하고 도열병에 강한 극조생 벼 ‘백일미’

모영준 · 정종민 · 김우재 · 김보경 · 정지웅*

농촌진흥청 국립식량과학원

‘Baegilmi’, an Extremely Early Maturing Blast Resistant Rice with Good Grain Appearance

Youngjun Mo, Jong-Min Jeong, Woo-Jae Kim, Bo-Kyeong Kim, and Ji-Ung Jeung*

National Institute of Crop Science, Rural Development Administration, Wanju, Jeonbuk, 55365, Republic of Korea

Abstract ‘Baegilmi’ is an extremely early maturing rice variety that can be harvested within 100 days after transplanting, and also exhibits strong blast resistance and good grain appearance. From a mutant population of ‘Koshihikari’ treated with ethyl methanesulfonate, a promising line, ‘Suweon 559’, was selected through pedigree breeding and yield trials, and subsequently registered as ‘Baegilmi’. According to the 3-year (2012–2014) regional adaptability tests, the average heading date of Baegilmi in ordinary planting was July 14th, which was 23 and 9 days earlier than that of the check varieties ‘Hwaseong’ and ‘Odae’, respectively. The milled rice yield of ‘Baegilmi’ was 4.53 MT/ha in ordinary planting (83% and 98% of ‘Hwaseong’ and ‘Odae’, respectively). ‘Baegilmi’ had a culm length of 75 cm (10 cm shorter than ‘Hwaseong’), a panicle length of 21 cm (similar to ‘Hwaseong’), and 12 panicles per plant (two fewer than ‘Hwaseong’). The brown rice of ‘Baegilmi’ was slightly more slender than ‘Hwaseong’, with a 1,000 grain weight of 20.6 g and length/width ratio of 1.92. The milled rice of ‘Baegilmi’ was translucent, with a protein content of 8.4% (1.7% higher than ‘Hwaseong’) and an amylose content of 18.6% (similar to ‘Hwaseong’). ‘Baegilmi’ exhibited strong blast resistance, but was susceptible to bacterial blight, viral diseases, and insect pests. The release of ‘Baegilmi’ is expected to provide a useful early-maturing rice variety that can be used in diverse cropping systems in paddy fields (Registration No. 6805).

Keywords Baegilmi, Rice, Mutation breeding, Early heading, Blast resistance

Received on May 10, 2019. Revised on May 17, 2019. Accepted on May 21, 2019.

* Corresponding Author (E-mail: jmj@korea.kr, Tel: +82-63-238-5231, Fax: +82-63-238-5205)

서 언

우리 주식인 쌀의 안정적 공급기반을 유지하는 동시에 농가소득을 향상시키기 위해서는 논 생산기반을 유지하면서 벼 전작 또는 후작으로 논에서 소득작물이나 사료작물을 재배하는 돌려짓기 체계를 다양화하는 것이 중요하다. 이를 위해 가을에 맥류 또는 김장용 채소를 심거나 봄에 감자, 찰옥수수 등을 심고 이후 벼를 만기재배하거나, 벼를 조기재배하여 추석 전 햅쌀로 출하하고 이후 마늘, 양파와 같은 소득작물을 재배하는 등 다양한 2모작이 이뤄지고 있다(Kim et al. 2010, Kim et al. 2018, Lee et al. 2008). 또한 최근에는 남부지역에서 시금치-감자/찰옥수수-벼 또는 사료맥류-벼-귀리 등으로 구성된 3모작까지도 시도되고 있다(Kim et al. 2018, Song et al. 2014). 이와 같은 다양한 작부체계를 활용하기 위해서는 생육기간이 짧으면서 수량과 품질저하가 적고 불량환경에도 잘 견디는 단기성 벼 품종을

지속적으로 개발해야 한다. 이와 더불어 기후변화로 인하여 나타나는 예측불허의 이상고온, 집중강우, 일조부족 등의 기상재해에 노출될 가능성을 줄이고, 재배에 투입되는 다양한 자원을 효율적으로 활용하기 위해서도 단기성 벼 품종 개발을 통한 논 점유기간 단축이 매우 중요하다.

현재까지 국내에서는 100개 이상의 많은 조생종 벼 품종이 개발되었다. 하지만 대부분 중만생종 품종에 비하여 주요 병해에 대한 저항성 보유율이 낮으며, 등숙기 고온 경과로 인하여 품질도 상대적으로 떨어져 재배면적은 여전히 10% 내외로 적은 편이다(Park et al. 2015, Nam et al. 2013). 이에따라 최근에는 흰잎마름병과 줄무늬잎마름병에 강한 조생종 ‘화왕’(Lee et al. 2018), 도열병, 흰잎마름병, 줄무늬잎마름병에 모두 강한 조생종 ‘조평’(Nam et al. 2013)과 ‘조일’(Nam et al. 2018) 등이 육성되었고, 도열병에 강하면서 고온조건에서 등숙이 양호한 조생종 ‘중모 1024’(Jeung et al. 2016)도 육성되었다. 그러나 국내 자포니카

벼 품종들은 유전적 다양성이 매우 협소하여 이들 품종만을 교배친으로 활용하는 기존의 육종방법으로는 숙기를 획기적으로 앞당긴 극조생종 품종을 육성하기는 어렵다. 이에 농촌진흥청 국립식량과학원은 신규변이를 인위적으로 창출하기 위하여 일본 도입 품종인 ‘고시히카리’에 에틸메탄설폰에이트(EMS)를 처리하여 양성한 돌연변이 집단으로부터 숙기가 매우 빠르고 도열병에 저항성이며 외관품위가 양호한 ‘수원559호’를 육성하였다. ‘수원559’호는 3년간의 지역적응시험에서 우수성과 차별성이 인정되어 2014년 12월 농촌진흥청 농작물직무육성 신품종 선정위원회에서 국가목록등재 품종으로 등록되었다(품종보호권 등록번호 제6805호; 2017. 7. 19). 이에 그 육성경위 및 주요특성을 보고하고자 한다.

재료 및 방법

일본 도입종인 자포니카 벼(*Oryza sativa* L. spp. *japonica*) 품종 ‘고시히카리’의 종자에 EMS를 처리하여 돌연변이 후대집단을 확보하였다. 이후 계통육종법을 따라 선발과 세대진전을 실시하여 고정계통인 ‘Koshihikari (EMS)-M2-1850-1-B-B’를 선발하였다. 해당 계통에 대하여 2010년에 생산력검정예비시험(preliminary yield trial, PYT)을, 2011년에 생산력검정본시험(replicated yield trial, RYT)을 수행하였다. 4월 28일 파종하여 5월 28일 재식거리 30 cm × 15 cm로 주당 3본씩 이앙하고 비료는 N-P₂O₅-K₂O = 9.0-4.5-5.7 kg/10a를 시비하였다. 질소는 기비-분얼비-수비를 50-20-30%의 비율로 분시하였고, 인산은 전량 기비로, 칼륨은 기비-수비를 70-30%의 비율로 분시하였다. ‘수원559호’에 대한 지역적응시험(local adaptability test, LAT)

은 3년(2012~2014)간 보통기 보비재배, 조기재배, 만기재배 조건에서 실시하였다. 보통기 보비재배는 ‘화성’과 ‘오대’를 대비 품종으로 중부평야지 3개소(화성, 여주, 청원), 중북부중산간지 1개소(철원), 동북부해안지 1개소(강릉)에서 실시하였다. 조기재배는 호남평야지 2개소(익산, 나주)에서 ‘조평’을 대비품종으로, 만기재배는 중부평야지 1개소(수원)와 호남평야지 1개소(익산)에서 ‘금오’를 대비품종으로 실시하였다. 각 시험지별 파종일, 이앙일, 재식밀도, 주당본수, 시비량, 분시방법 결정과 농업형질, 수량구성요소, 수량성, 생리장해, 병해충 저항성, 도정특성 조사는 농촌진흥청 신품종개발공동연구사업 과제수행계획서를 따라 실시하였다(RDA 2012, 2013, 2014). 도복특성 조사는 Kim et al. (2000), 도열병 내구저항성 평가는 Kim et al. (2004)의 방법을 따랐다. 조사된 형질에 대한 통계적 유의성은 SAS 프로그램(version 9.2, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA)을 이용하여 t-test와 Duncan의 다중평균비교방법으로 평가하였다.

결과 및 고찰

육성경위

‘백일미’는 생육과 성숙이 빨라 다른 작물과의 다양한 돌려짓기에 활용할 수 있는 극조생 벼 품종을 개발하고자 육성되었다. ‘백일미’의 육성과정과 계통도는 Fig. 1과 Fig. 2에 제시하였다. 2006년 자포니카 벼(*Oryza sativa* L. spp. *japonica*) 도입종 ‘고시히카리’에 EMS를 처리하여 돌연변이 집단을 양성하였다. 2007년 M₂ 세대 3,500 계통으로부터 달관조사를 통하여 작물학적으로 열악한 계통들을 제거하고 총 2,709 개체를 선발하였다. 2008년 M₃ 세대 계통들로부터 출수기, 간장, 도열병 저항성, 현미외관

Fig. 1. Pedigree diagram of ‘Baegilmi’.

Fig. 2. Genealogical diagram of ‘Baegilmi’.

Table 1. Summary of the heading date evaluated during three-year local adaptability trials (2012–2014).

Season ^z (no.)	Region ^y	Trial site	Heading date (mm.dd)		A-B	Seeding (mm.dd)	Transplanting (mm.dd)
			Baegilmi (A)	Check ^x (B)			
Ordinary planting (5)	MDP	Hwaseong	7.16	8.07 ^{hs}	-22	4.25	5.25
		Yeoju	7.15	8.08 ^{hs}	-24	4.25	5.25
		Cheongweon	7.09	8.02 ^{hs}	-24	4.25	5.25
		Mean	7.13	8.06 ^{hs}	-23		
	MMP	Cheolweon	7.14	7.24 ^{od}	-10	4.20	5.20
	NEC	Gangreung	7.20	7.28 ^{od}	-8	4.20	5.20
	Grand Mean		7.14	8.06 ^{hs} 7.26 ^{od}	-23 -9		
Early planting (2)	HNP	Iksan	7.06	7.12 ^{jp}	-7	4.10	5.10
		Naju	7.06	7.14 ^{jp}	-8	4.10	5.10
	Grand Mean		7.06	7.13 ^{jp}	-8		
Late planting (2)	MDP	Suweon	8.15	8.25 ^{go}	-10	6.10	7.01
	HNP	Iksan	8.14	8.25 ^{go}	-12	6.15	7.10
	Grand Mean		8.14	8.25 ^{go}	-11		

^zThe total numbers of trial sites for each culture season are indicated in parenthesis.

^yRegions are middle plane (MDP), mid-north middle plain (MMP), north-east coastal (NEC), and Honam plane (HNP).

^xCheck varieties for each trial site are indicated as superscripted abbreviation with the heading date; ‘Hwaseong’ (hs), ‘Odae’ (od), ‘Jopyeong’ (jp), and ‘Geumo’ (go).

등에 대한 조사를 통하여 유망계통을 선발하였다. M₄ 세대 이후 부터는 계통육종법에 의해 선발하면서 주요 병해충 저항성과 미질을 평가하였다. 선발된 우량계통에 대해 2010~2011년 2년간 생산력검정시험을 실시하여 원품종 고시히카리에 비해 숙기가 매우 빠르고 도열병에 저항성이며 쌀 외관이 양호한 중립계통 ‘Koshihikari (EMS)-M2-1850-1-B-B’를 선발하여 계통명 ‘수원559호’를 부여하였다. 2012~2014년 3년간의 지역적응시험 결과 그 우수성이 인정되어 2014년 12월 농촌진흥청 농작물직무육성 신품종선정위원회에서 국가목록등록 품종으로 선정되었다. 품종명은 이양 후 100일 이내에 수확이 가능하다는 의미를 담아 ‘백일미’라 명명하였다.

지역적응시험에서 관찰된 ‘백일미’의 주요 특성

1. 출수기 및 주요 농업적 특성

‘백일미’의 보통기 보비재배 시 평균 출수기는 7월 14일로, 대비품종 ‘화성’보다 23일, ‘오대’보다 9일 빠른 극조생종이다 (Table 1, Fig. 3). 조기재배 시 평균 출수기는 7월 6일로 대비품종 ‘조평’보다 8일 빨랐고, 만기재배 시 평균 출수기는 8월 14일로 대비품종 ‘금오’보다 11일 빨라 논에서의 다양한 돌려짓기 체계에 활용할 수 있는 단기성 품종이다. 원품종인 ‘고시히카리’와 비교한 ‘백일미’의 출수기 단축일수는 약 21일로(data not shown), 돌연변이원 EMS 처리를 통하여 극조숙성을 획득한 것으로 판단된다.

Fig. 3. Representative phenotype of 'Baegilmi'. A) Plants at maturity. B) Brown rice. C) Milled rice.

Table 2. Major agronomic traits and yield components of 'Baegilmi' along with the check variety, 'Hwaseong'^z.

Variety	Heading date (mm.dd)	Culm length (cm)	Panicle length (cm)	No. of panicles /hill	No. of spikelets /panicle	Ratio of ripened grain (%)	1,000-grain weight of brown rice (g)
Baegilmi	7.18**	75**	21 ^{ns}	12*	80*	90.4 ^{ns}	20.6**
Hwaseong	8.10	85	21	14	94	87.1	23.0

^zThe overall means of three-year local adaptability trials (2012–2014) conducted in 'Suweon'.

^{ns}Not significant in the *t*-test.

***Significant at $p < 0.05$ and $p < 0.01$, respectively.

Table 3. Resistance reactions to blast disease.

Variety	Reaction to leaf blast at blast nursery tests ^z				Area ratio of leaf lesion of <i>Magnaporthe grisea</i> during sequential plantings (%) ^y							Reaction to neck blast (%) ^x	
	No. of tested sites (14)												
	R (0~3)	M (4~6)	S (7~9)	Mean	1	2	3	4	5	Resistance (0~5)	No of virulent isolates (30)	Jecheon	Iksan
Baegilmi	10	4	0	3.8	5	1	1	0	0	0	1	0.2	0.0
Hwaseong	1	8	5	5.7	90	35	15	70	55	5	17	13.8	11.6

^zN fertilization of blast nursery tests conducted in 2012–2014: 240 kg/ha.

^yDurability against co-infection of 30 *M. grisea* isolates during sequential plantings in 2014 (Kim et al. 2004).

^xN fertilization of neck blast tests conducted in 2012–2014: 220 kg/ha.

R: resistant, M: moderately resistant, S: susceptible.

‘백일미’의 간장은 75 cm로 ‘화성’보다 10 cm 짧은 단간이고 이삭길이는 21 cm로 ‘화성’과 유사하며, 포기당 이삭 수는 12개로 ‘화성’보다 2개 적었다(Table 2). 이삭당 벼알수는 80개로 ‘화성’보다 14개 적었고, 등숙률은 90.4%로 ‘화성’(87.1%)과 비슷하였으며, 현미 천립중은 20.6 g으로 화성(23.0 g)보다 다소 가벼운 중립종이다.

2. 병해충 저항성

‘백일미’는 도열병 발못자리 검정결과 전국 14개소 중 10개소에서 저항성, 4개소에서 중도저항성 반응을 보였다. 따라서 1개소에서만 저항성, 8개소에서 중도저항성, 5개소에서 감수성을 보인 대비품종 ‘화성’에 비하여 도열병 저항성이 매우 강하였다(Table 3). 국내 육성 벼 품종들에 높은 친화성을 보이는 도열병 30개 균주를 혼합 접종하고 5차에 걸친 연계재배를 통해 내구저항성을 평가하는 검정에서 ‘백일미’는 전 기간 동안 5% 이하의

Table 4. Reaction to bacterial blight, virus disease and insect pests evaluated in 2012–2014.

Variety	Bacterial blight				Viral diseases			Resistance to insects ^z		
	K1	K2	K3	K3a	Stripe (%)	Dwarf	Black-streak dwarf	BPH	WBPH	SBPH
Baegilmi	S	S	S	S	S (86.9)	S	S	S	S	S
Hwaseong	S	S	S	S	R (22.1)	S	S	S	S	S

^zBPH: brown planthopper; WBPH: white-backed planthopper; SBPH: small brown planthopper
R: resistant, S: susceptible.

Table 5. Response to physiological and abiotic stresses evaluated in 2012–2014.

Variety	Premature heading (%)	Occurrence of wilting	Leaf senescence at maturing	Cold tolerance ^z				Viviparous germination ^x (%)
				Leaf discoloration ^y (1~9)	Heading delay (day)	Grain fertility (%)	Phenotypic Acceptability (1~9)	
Baegilmi	60.0	Tolerant	Slow	1	10	67.9 ^{ns}	4	17.6 ^{ns}
Hwaseong	0.0	Tolerant	Slow	1	9	58.8	5	17.6

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

^yEvaluation at maximum tillering stage (1: tolerant; 9: susceptible).

^xGermination rate under water saturated incubation (17°C) for 7 days on the panicle at 40 days after pollination.

^{ns}Not significant in the *t*-test.

^{***}Significant at $p < 0.05$ and $p < 0.01$, respectively.

Table 6. Culm characteristics related to lodging evaluated in 2014^z

Variety	Culm length (cm)	Length of 3 rd internode (cm)	Breaking resistance ^y (g)	Fresh weight of upper portion (g)	Lodging Index ^x
Baegilmi	69	14	943	11.4	111
Hwaseong	88	14	1,312	14.2	117

^zEvaluated under ordinary transplanting nursery condition, and the evaluation methods was based on Kim et al. (2000).

^yBreaking resistance of the middle point of the 3rd internode with leaf sheath.

^xBending moment / Breaking resistance $\times 100$.

병반면적이 형성되어 병반면적률이 15~90%인 ‘화성’에 비하여 도열병 내구저항성 역시 매우 강하였다. 또한 혼합 접종된 30개 도열병 균주들 중 단 1개의 균주에서만 ‘백일미’에 대한 친화성이 확인되었다(‘화성’ 17개). 목도열병 포장검정에서도 ‘백일미’는 ‘화성’에 비하여 매우 높은 수준의 저항성을 보였다(Table 3). ‘백일미’의 도열병 저항성은 원품종인 ‘고시히카리’에는 없는 특성으로(Ishizaki et al. 2005), EMS 처리에 의한 돌연변이를 통하여 획득된 신규 형질로 판단된다. 한편 ‘백일미’는 우리나라 대표 벼 흰잎마름병 균계 K1, K2, K3, K3a에 모두 이병성이고 바이러스병과 멸구류에 대한 저항성도 없는 것으로 평가되었다(Table 4).

3. 생리장해 저항성 및 도복관련 특성

‘백일미’는 노화묘 늦심기에서 60.0%의 불시출수가 발생하였지만 생육 중후기에 위조현상은 없으며 성숙기 하엽노화는 늦은 편이었다(Table 5). 춘천 냉수처리 내냉성 검정에서 적고와 출수 지연일수(10일)는 ‘화성’(9일)과 비슷하였고, 임실물은 67.9%로 ‘화성’(58.8%)보다 높은 편이나 통계적 유의성은 없었다. 수발아율은 17.6%로 화성(17.6%)과 동일한 수준이었다. 과비 조건에서 이양재배 검정을 통한 도복 관련 특성평가에서 ‘백일미’는 간장이 69 cm로 ‘화성’(88 cm)보다 단간이나 좌절중(breaking resistance)은 943 g으로 ‘화성’(1,312 g)보다 낮았다(Table 6). 도복지수는 111로 ‘화성’(117)보다 약간 낮아 전체적으로는 도복에 안정적이었다(Table 6).

Table 7. Characteristics related to grain shape and quality evaluated in 2012–2014.

Variety	Brown rice			Trans-lucency (1~9)	White belly/core (0~9)	Alkali digestive value (1~7)	Protein content (%)	Amylose content (%)	Palatability of cooked rice (-3 ~ +3)
	Length (mm)	Width (mm)	L/W ratio						
Baegilmi	5.06 ^{ns}	2.64 ^{**}	1.92 [*]	1	1/0	6.4	8.4 ^{**}	18.6 ^{ns}	-0.33
Hwaseong	5.03	2.81	1.81	1	0/0	6.5	6.7	19.6	0.18

^{ns}Not significant in the *t*-test

^{*},^{**}Significant at $p<0.05$ and $p<0.01$, respectively.

Table 8. Characteristics related to milling quality evaluated in 2014.

Variety	Milling recovery ratio (%)				Head rice milling recovery ratio (%)
	Brown/rough	Milled/brown	Milled/rough	Head rice	
Baegilmi ^z	80.6	90.0	72.8	80.0	58.3
Hwaseong	83.0	91.6	76.0	96.8	73.6
Baegilmi ^y	82.4	91.5	75.3	96.7	72.8

^zOrdinary season planting in Suwon (Transplanting: May 23, Heading: Jul 16, Harvest: Sep 15)

^yLate season planting in Suwon (Transplanting: Jul 12, Heading: Aug 22, Harvest: Oct 5)

^{ns}Not significant in the *t*-test

^{*},^{**}Significant at $p<0.05$ and $p<0.01$, respectively.

4. 미질 및 도정특성

‘백일미’의 입형은 현미 길이가 5.06 mm로 ‘화성’(5.03 mm)과 거의 같으나 폭은 2.64 mm로 ‘화성’(2.81 mm)보다 유의하게 짧아 장폭비가 1.92 (‘화성’ 1.81)인 약간 세립형이다(Table 7). 백미 외관은 맑고 심복백도 거의 없어 외관품위가 양호하였다. 아밀로스 함량은 18.6%로 ‘화성’(19.6%)과 유의한 차이는 없었으나 단백질 함량은 8.4%로 ‘화성’(6.7%)에 비하여 유의하게 높았다. 알칼리붕괴도는 6.4로 ‘화성’(6.5)과 유사하였다. 육성모지인 수원의 보통기 보비 조건에서 재배된 ‘백일미’의 밥맛 관능검정 총평은 -0.33으로, ‘화성’(0.18)에 비하여 떨어지는 편이었다. 수원 보통기(5월 23일 이상) 보비재배에서 ‘백일미’는 체현율이 80.6%, 현백률이 90.0%로 ‘화성’(83.09%, 91.6%)에 비해 도정률이 낮았다(Table 8). 또한 이른 출수기(7월 16일)로 인하여 고온조건에서 등숙을 거치면서 분상질, 피해립, 싸라기 등이 많이 발생하여 백미완전립률이 80.1%로 ‘화성’(96.8%)에 비하여 낮았고, 완전미도정수율 역시 58.3%로 ‘화성’(73.6%)에 비하여 떨어졌다. 그러나 수원 극만기(7월 12일 이상) 재배 조건에서는 출수기가 8월 22일로 보통기 재배보다 한달 이상 늦춰지면서 등숙기 고온을 회피하여 도정률이 ‘화성’과 유사한 수준인 75.3%로 높아졌고, 백미완전립률은 96.7%, 완전미도정수율은 72.8%로 역시 보통기 보비재배에서의 ‘화성’과 비슷한 수준으로 향상되었다(Table 8).

5. 수량성

‘백일미’의 백미 수량은 3년(2012~2014)간의 지역적응시험 보통기 보비재배 5개소의 평균이 4.53 MT/ha로 중생종인 ‘화성’ 대비 83%, 조생종인 ‘오대’ 대비 98% 수준이었다(Table 9). 지대별로는 중부평야지 3개소(화성, 여주, 청원)에서 4.20 MT/ha, 중북부산간지인 철원에서 5.01 MT/ha, 동북부해안지인 강릉에서 5.27 MT/ha의 수량을 보였다. 특히 강릉에서는 대비품종인 ‘오대’의 101% 수준으로 보통기 보비재배 조건에서 최대 수량을 달성하였다. 호남평야지인 익산과 나주 2개소에서 실시된 조기재배에서의 평균 백미 수량은 4.34 MT/ha로 대비품종 ‘조평’의 83% 수준이었고, 중부평야지인 수원과 호남평야지인 익산 2개소에서 실시된 만기재배에서는 평균 3.91 MT/ha로 대비품종 ‘금오’의 81% 수준이었다.

신규 형질 획득을 위한 돌연변이 육종의 활용

‘고시히카리’는 1956년 일본 니가타현 농업시험장에서 육성되어 고품질 쌀에 대한 수요가 증가하기 시작한 1970년대부터 보급이 확대되었으며, 1979년부터 현재까지 일본 벼 재배면적 1위 품종으로 자리매김하고 있다(Kobayashi et al. 2018). 또한 최근에는 미국과 호주 등에서도 재배되고 있으며, 한국에서도 경기지역을 중심으로 많이 재배되고 있다(www.USArice.com, Blakeney et al. 2001, Jang et al. 2018). ‘고시히카리’는 밥맛

Table 9. Summary of the yield potential evaluated during three-year local adaptability trials (2012–2014).

Season ^z (no.)	Region ^y	Trial site	Milled rice yield (MT/ha)								Index (A/B) 100			
			Baegilmi (A)				Check variety ^x (B)							
			2012	2013	2014	Mean	2012	2013	2014	Mean	2012	2013	2014	Mean
Ordinary planting (5)	MDP	Hwaseong	4.53	3.90	4.23	4.22	5.32	4.94	4.95	5.07 ^{hs}	85	79	86	83
		Yeoju	4.32	3.64	4.36	4.11	5.10	4.95	5.32	5.12 ^{hs}	85	73	82	80
		Cheongweon	4.64	4.09	4.13	4.28	5.02	5.01	5.06	5.03 ^{hs}	92	82	82	85
		Mean	4.50	3.88	4.24	4.20	5.15	4.97	5.11	5.07 ^{hs}	87	78	83	83
	MMP	Cheolweon	5.05	4.49	5.50	5.01	5.23	4.58	5.80	5.21 ^{od}	96	98	95	96
	NEC	Gangreung	-	4.97	5.58	5.27	-	4.97	5.44	5.21 ^{od}	-	100	102	101
	Grand Mean		4.63	4.22	4.76	4.53	5.15	4.97	5.11	5.07 ^{hs}	87	78	83	83
Early planting (2)	HNP	Iksan	4.46	4.10	-	4.28	4.95	5.05	-	5.00 ^{jp}	90	81	-	86
		Naju	-	4.15	4.63	4.39	-	5.63	5.31	5.47 ^{jp}	-	74	87	80
	Grand Mean		4.46	4.13	4.63	4.34	4.95	5.34	5.31	5.24 ^{jp}	90	77	87	83
Late planting (2)	MDP	Suweon	-	3.12	4.04	3.58	-	4.32	4.94	4.63 ^{go}	-	72	82	77
	HNP	Iksan	-	3.35	4.92	4.24	-	4.82	5.15	4.99 ^{go}	-	74	95	85
	Grand Mean		-	3.34	4.48	3.91	-	4.57	5.05	4.81 ^{go}	-	73	89	81

^zThe total numbers of trial sites for each culture season are indicated in parenthesis.^yRegions are middle plane (MDP), mid-north middle plain (MMP), north-east coastal (NEC), and Honam plane (HNP).^xCheck varieties for each trial site are indicated as superscripted abbreviation with the mean milled rice yield; ‘Hwaseong’ (hs), ‘Odae’ (od), ‘Jopyeong’ (jp), and ‘Geumo’ (go).

좋은 쌀이라는 브랜드 가치가 높아 육성 후 60년 이상 지난 지금도 꾸준히 재배되고 있으나, 키가 커서 잘 쓰러지며 도열병에 약하다는 단점을 가진 품종이다. 따라서 ‘고시히카리’의 단점을 보완하면서 미질을 비롯한 다른 특성은 그대로 유지하기 위한 근동질계통 육성이 활발히 진행되었다. 그 예로 쓰러짐을 개선하기 위하여 *sd1* 유전자를 도입, 키가 약 20 cm 가량 작으면서도 ‘고시히카리’ 유전체 99.8% 이상을 보유한 ‘Hikarishinseiki’가 육성된 바 있다(Tomita 2009). 도열병 저항성 증진을 위해서는 *Pia*, *Pii*, *Pita-2*, *Piz*, *Pik*, *Pik-m*, *Piz-t*, *Pib* 유전자를 각각 여교배를 통하여 도입한 근동질계통인 Koshihikari Niigata BL 시리즈 (BL No.1~BL No.8)가 개발되었다(Ishizaki et al. 2005). 또한 숙기 다양화를 위하여 *Hd1* 유전자를 도입하여 ‘고시히카리’보다 출수를 약 12일 앞당긴 ‘Koshihikari Kanto HD1’과 *Hd4*, *Hd5*, *Hd6* 유전자를 각각 도입하여 출수를 약 3~11일 늦춘 ‘Wakei 370’, ‘Kanto HD2’, ‘Kanto IL5’가 개발되기도 하였다(Takeuchi 2011).

화학약품이나 방사선을 이용한 돌연변이 육종 역시 원품종의 유전적 배경을 유지하면서 신규 형질을 획득하기 위한 방법으로 많이 사용된다. 일본에서 개발된 ‘고시히카리’ 유래 돌연변이 품종은 약 30품종으로, ‘고시히카리’에 비하여 키가 작아진 감마선 돌연변이 품종 ‘Hokuriku 100’, 아밀로스 함량을 감소시킨

N-methyl-N-nitrosourea (MNU) 돌연변이 품종 ‘Milky Queen’, 카드뮴 흡수량을 줄인 이온빔 돌연변이 품종 ‘Koshihikari Kan No. 1’ 등이 대표적이다(Kobayashi et al. 2018). 또한 숙기와 관련하여서는 ‘고시히카리’보다 출수가 약 10일 빠른 감마선 돌연변이 계통 ‘Kanto 79’가 보고되었으며(Tanisaka et al. 1990), 병 저항성과 관련해서 도열병 및 흰잎마름병 저항성을 획득한 MNU 돌연변이 계통인 ‘*Spl15*’가 보고되기도 하였다(Mizobuchi et al. 2002). 그러나 ‘Kanto 79’와 ‘*Spl15*’ 모두 원품종 ‘고시히카리’에 비하여 간장이 약 40% 감소하여(Tanisaka et al. 1990, Mizobuchi et al. 2002) 생체중이 매우 적어 충분한 수량을 확보하기 어려울 것으로 판단된다.

‘백일미’는 간장 75 cm의 단간이면서 강한 도열병 저항성을 획득하여 원품종 ‘고시히카리’의 주요 단점인 쓰러짐과 도열병 감수성을 개선한 품종이다(Tables 2, 3). 특히 출수기가 대비품종인 ‘화성’에 비해 약 23일, 원품종 ‘고시히카리’에 비해 약 21일 앞당겨진 극조생 품종으로, 쌀 외관이 우수하며 중북부중산간지와 동북부해안지에서의 수량성도 양호하였다(Tables 1, 7, 8). 따라서 다양한 작부체계에 폭넓게 활용하여 경지이용률과 농가 소득 향상에 기여할 수 있을 것으로 기대된다. 반면 지역적응시험 밥맛검정 결과는 대비품종 ‘화성’에 비하여 떨어져 원품종 ‘고시

히카리'의 우수한 품질을 그대로 보유하지는 못한 것으로 판단된다(Table 6). 이를 보완하기 위하여 원품종인 '고시히카리'와의 교배를 통하여 재조합순계집단(recombinant inbred line, RIL)을 양성하였으며, 이를 활용하여 밥맛이 개선된 신규 단기성 계통을 육성할 계획이다. 또한 RIL 집단을 이용한 유전분석을 수행하여 '백일미'가 획득한 조숙성 및 도열병 저항성 관련 유전자위를 탐색하고 연관 분자마커를 개발함으로써 돌연변이를 통해 창성한 신규 유용 형질을 신품종 개발에 신속하게 활용할 수 있도록 할 계획이다.

적응지역과 재배상의 유의점

'백일미'의 적응지역은 3년간 수행된 지역적응시험 결과 중부 내륙평야지, 중북부중산간지 및 동북부해안지 등이 적합하다고 판단되었다. '백일미'는 질소질 비료 과용 시 미질과 등숙저하, 속색불량 및 병해충 발생이 우려되므로 적정 균형시비가 필요하다. 도열병에는 강하나 흰잎마름병, 줄무늬잎마름병, 멸구류에는 저항성이 없으므로 적기 방제를 실시하되 상습발생지 및 해안지역 재배는 피해야한다. 모내기 지연 시에 불시출수가 우려되므로 적기 모내기를 실시해야 하며 이삭이 팬 후 엽노화가 빠르게 진행되는 편이므로 적기에 수확하여야 한다.

적 요

쌀 공급기반을 안정적으로 유지하면서 농가소득을 향상시키기 위해서는 논에서 다양한 돌려짓기 체계를 활용하는 것이 중요한데, 이를 위하여 생육기간이 짧은 단기성 벼 품종을 개발해야한다. '백일미'는 이앙 후 100일 이내에 수확이 가능하면서 도열병에 강하고 쌀 외관이 양호한 극조생 벼 품종으로 농촌진흥청 국립식량과학원이 돌연변이 육종법을 이용하여 육성한 품종이다. 일본 도입 품종인 '고시히카리'에 EMS를 처리하여 확보한 돌연변이 집단으로부터 농업형질이 양호한 고정계통을 양성하고 생산력검정시험을 거쳐 '수원559호'로 명명된 우량계통을 육성하였다. 3년(2012~2014)간 실시한 지역적응시험에서 '백일미'의 출수기는 보통기 보비재배에서 평균 7월 14일로 대비품종 '화성'에 비하여 23일, '오대'에 비하여 9일 빠른 극조생종이었다. 쌀 수량은 보통기 보비재배에서 4.53 MT/ha로 '화성'의 83%, '오대'의 98% 수준이었다. '백일미'의 간장은 75 cm로 화성보다 10 cm 작았고, 이삭길이는 21 cm로 '화성'과 유사하였으며, 포기당 이삭수는 12개로 '화성'보다 2개 적었다. '백일미'의 현미 천립중은 20.6 g, 장폭비는 1.92로 '화성'보다 가벼우면서 약간

긴 세립형이었다. 백미 외관은 맑고 투명하였고 단백질 함량(8.4%)은 '화성'보다 조금 높으나 아밀로스 함량(18.6%)은 '화성'과 유사하였다. '백일미' 재배시험 중 위조현상은 나타나지 않았고 성숙기 하위엽 노화도 늦은 편이었으며 수발아 발생(17.6%) 및 내냉성은 '화성'과 유사한 수준이었다. 늦모내기 시 불시출수율은 60%로 적기에 모내기를 해야한다. '백일미'는 도열병 저항성이 매우 강하나 흰잎마름병, 줄무늬잎마름병, 멸구류에는 약하였다. '백일미'는 논에서의 다양한 돌려짓기에 활용할 수 있는 극조생 품종으로 보급되어 농가소득 향상에 기여할 것으로 기대된다.

사 사

본 논문은 농촌진흥청 작물시험연구사업(PJ01380703)의 지원으로 수행된 결과의 일부입니다. 품종을 육성함에 있어 협력하여 주신 농촌진흥청 국립식량과학원, 연구정책국, 농촌지원국 및 각 도 농업기술원 관계관계 깊이 감사드립니다.

REFERENCES

1. Blakeney AB, Lewin LG, Reinke RF. 2001. Quality rice for north Asia. Rural Industries Research and Development Corporation.
2. Ishizaki K, Hoshi T, Abe S, Sasaki Y, Kobayashi K, Kasaneya H, Matsui T, Azuma S. 2005. Breeding of blast resistant isogenic lines in rice variety "Koshihikari" and evaluation of their characters. *Breed Sci* 55: 371-377.
3. Jang JH, Ji JH, Han SW, Park JS, Choi BR, Kim HD, Do HY, Kim SJ, Choi HC, Kim GH, Cho YC, Kim MK, Choi IS. 2018. A medium-maturing, lodging tolerant, and good eating-quality rice variety 'Matdream'. *Korean J Breed Sci* 50: 324-330.
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. Kim BR, Roh JH, Choi SH, Ahn SW, Han SS. 2004. Durability of rice cultivars to blast in Korea by sequential planting method. *Korean J Breed Sci* 36: 350-356.
6. Kim JD, Chang JK, Sohn JK, Choi J. 2000. Inheritance

- of lodging tolerance in rice. *Korean J Breed Sci* 32: 194-198.
7. Kim SY, Seo JH, Bae HK, Hwang CD, Ko JM. 2018. Rice cultivars adaptable for rice based cropping systems in a paddy field in the Yeongnam plain area of Korea. *Korean J Agri Sci* 45: 355-363.
8. Kim YD, Kang SG, Ku BI, Choi MK, Park HK, Park TS, Back NH, Kim SJ, Ko JK. 2010. Selection of suitable rice cultivars for silage barley-rice double cropping in Honam plain area. *Korean J Intl Agri* 22: 337-340.
9. Kobayashi A, Hori K, Yamamoto T, Yano M. 2018. Koshihikari: a premium short-grain rice cultivar-its expansion and breeding in Japan. *Rice* 11: 15.
10. Lee JH, Lee JY, Yeo US, Song YC, Park DS, Hwang UH, Park SG, Park NB, Kim SY, Oh SH, Han SI, Nam MH, Lee JG, Cho JH. 2018. 'Hwawang': a good quality and early-maturing rice variety adaptable for rice-cash crop rotation system. *Korean J Breed Sci* 50: 534-539.
11. 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.
12. Mizobuchi R, Hirabayashi H, Kaji R, Nishizawa Y, Yoshimura A, Satoh H, Ogawa T, Okamoto M. 2002. Isolation and characterization of rice lesion-mimic mutants with enhanced resistance to rice blast and bacterial blight. *Plant Sci* 163: 345-353.
13. 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.
14. 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.
15. 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.
16. RDA. 2012. 2012 Project plan for collaborative research program to develop new variety summer crop.
17. RDA. 2013. 2013 Project plan for collaborative research program to develop new variety summer crop.
18. RDA. 2014. 2014 Project plan for collaborative research program to develop new variety summer crop.
19. Song TH, Park TI, Park HH, Cho SK, Oh YJ, Jang YW, Rho JH, Park KG, Kang HJ. 2014. Study of the use of winter forage crops, early maturing rice and summer oats in triple cropping systems at paddy field in southern region. *J Korean Soc Grassl Forage Sci* 34: 227-233.
20. Takeuchi Y. 2011. Developing isogenic lines of Japanese rice cultivar 'Koshihikari' with early and late heading. *Japan Agri Res Quart* 45: 15-22.
21. Tanisaka T, Tomita M, Yamagata H. 1990. Gene analysis for the semidwarfism of two mutant strains, Hokuriku 100 and Kanto 79, induced from a rice variety Koshihikari: Studies on the utility of artificial mutations in plant breeding XVIII. *Japan J Breed* 40: 103-117.
22. Tomita M. 2009. Introgression of Green Revolution sd1 gene into isogenic genome of rice super cultivar Koshihikari to create novel semidwarf cultivar 'Hikarishinseiki' (Koshihikari-sd1). *Field Crop Res* 114: 173-181.