동할미 발생이 적은 고품질 중만생종 벼 ‘영진’

이종희* · 조준현 · 이지윤 · 송유천 · 박동수 · 신동진 · 이소명

농촌진흥청 국립식량과학원 논이용작물과

Youngjin: A Rice Variety with Low Cracked Kernels, Mid-late Maturation, and Good Eating Quality

Jong-Hee Lee*, Jun-Hyeon Cho, Ji-Yoon Lee, You-Chun Song, Dong-Soo Park, Dongjin Shin, and So-Myeong Lee

Paddy Crop Research Division, NICS, RDA, Miryang 50424, Republic of Korea

Abstract The rice variety ‘Youngjin’ is a japonica rice (*Oryza sativa* L.) with good eating quality, lodging tolerance, and resistance to the rice stripe virus (RSV) and bacterial blight disease (BB). It was developed by the rice breeding team of the Department of Southern Crop, NICS, RDA, in 2016. This variety was derived from a three-way cross between ‘Iksan486’, ‘YR22722-B-B-B-25-1’, and ‘Chengmu,’ with good eating quality, in the summer of 2007. The pedigree of ‘Youngjin’ was YR27874Acp46-1, and was designated as ‘Miyang283’ in 2012. After local adaptability tests at five different locations from 2014 to 2016, it was released under the name ‘Youngjin’ in 2016. ‘Youngjin’ is a mid-late maturing ecotype with a short culm length of 67 cm. This variety was found to be resistant to the K1, K2, and K3 races of BB, and RSV, and moderately resistant to leaf blast disease. The milled rice kernels of ‘Youngjin’ were translucent and clear, without white core and belly, and had good eating quality, according to a panel test. This variety showed a lower percentage of cracked kernels compared to other susceptible cultivars. The milled rice yield of ‘Youngjin’ was 568 kg/10a, under normal levels of fertilization, determined by the local adaptability tests. This cultivar is adaptable to the Yeongnam plain area (Registration No. 7653).

Keywords rice, Youngjin, good grain quality, fissuring resistance

Received on February 2, 2021. Revised on February 19, 2021. Accepted on February 19, 2021.

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

서 언

쌀은 수확, 탈곡, 건조, 제현, 도정 등 여러 단계의 작업을 거치면서 기계적 스트레스를 받는다. 이러한 스트레스가 쌀의 강도를 초과하면 쌀알에 금이 가거나 부서진다. 동할미는 벼의 등숙기 후반에 곡립내 수분 흡수와 건조가 반복되는 과정에서 팽창과 수축 스트레스에 의해서 배유부분에 균열이 생기는 현상이다. 도정시 찌라기 발생률이 높은 쌀은 외관품질이나 식미에도 나쁜 영향을 미치기 때문에 쌀 유통업자 측면에서는 경제적 손실을 초래할 수 있는 매우 민감한 문제이다(Morita 2008).

동할미의 발생 원인은 균열, 유백립, 미성숙립 및 쌀알의 형태 등 다양한 요인이 관여한다. 재배환경측면에서는 등숙기 수확이 늦어지면 동할미 발생이 증가될 수 있다(Lee et al. 2008, Yamata et al. 2008). 또한, 유전적인 측면에서 동할미의 발생정도는 품종간에도 차이가 있는 것으로 보고되어 있다. Takita (2002)는 자포니카 품종 중에서 ‘농립22’/‘농립1’ 유래의 ‘Koshihikari’,

‘Sasanishiki’ 등이 동할미 발생률이 적었고, ‘Fujisaka5’ 유래의 ‘Fujiminori’, ‘Akihikari’, ‘Toyonisiki’, ‘Sinanohikari’ 등이 동할미 발생률이 많았다고 보고하였다. 인디카 품종에서는 ‘MR65’와 ‘CP-SLO’가 동할미 발생률이 낮았고, ‘수원258’와 ‘서해184’는 동할미 발생률이 높았다고 하였다(Takita 1992, Takita 2002). Pinson et al. (2013)은 인디카 품종인 ‘cypress’에서 동할미 발생에 관한 양적형질 유전자 탐색 연구를 진행하였다. Nakagomi et al. (2020)은 동할미 발생률이 낮은 품종과 높은 품종에 대한 기준품종을 설정하였다. 동할미 발생률이 낮은 기준 품종은 ‘Yamadawara’로 설정하였고, 동할미 발생률이 높은 품종 ‘Yamahikari’와 ‘Akidawara’를 기준품종으로 설정하였다. 동할미 발생은 기상조건과 상관관계가 높은 것으로 알려져 있고, 출수 후 0~9일 사이에 일사량과 기온 조건이 동할미 발생률과 정의 상관이 있는 것으로 보고되어 있다(Nagata et al. 2004). Nakata et al. (2004)은 등숙초기 고온 다일조 조건에서 동할미 발생률이 증가하였다. 특히, 출수 후 1~10일 또는 1~5일의 평균

일최고기온과 동할미 발생률이 상관이 높다고 하였다.

고온에 의한 동할미 발생률이 증가된다고 알려져 있으며(Lee et al. 2008, Yamada et al. 2008)이에 대한 저항성 품종 개발이 시급한 실정이다. 본 연구에서는 영남지역 적응 동할미 발생률이 낮은 ‘영진’을 육성하였으며, 이 품종육성에 관한 주요 농업적 특성, 품질 및 수량성 등에 관한 연구 결과를 보고하고자 한다.

재료 및 방법

‘영진’ 육성을 위한 지역적응성 시험 연구는 2014년~2016년까지 3년간 수행하였다. 보통기 보비재배는 영남평야지 4개지역(선산, 대구, 밀양, 진주)과 남부해안지 고성 시험지에서 벼 지역적응성 시험을 수행하였고, 표준품종인 ‘남평’을 공시하였다(RDA 2014a). 각 시험지별 재배방법은 4월 5일 파종하여 30일간 육묘한 후 6월 5일에 30 × 15 cm의 재식거리로 주당 3본씩 이앙하고, 시비량은 N-P₂O₅-K₂O = 9-4.5-5.7 kg/10a로 재배하였다. 출수기는 시험구의 이삭이 40-60%정도 출현하였을 때 조사하였다. 간장, 수장 및 수수는 시험구당 10개체 조사하였으며, 간장은 지면에서 이삭목까지의 길이, 수장은 이삭목에서 이삭의 선단까지 길이를 측정하였다. 수수는 포기당 정상적으로 이삭이 달린 줄기의 수를 조사하였다. 또한 등숙률 및 수당립수 조사를 위해 시험구당 3포기를 수확하여 수작업으로 탈곡하였다. 염수선을 통하여 물 아래로 가라앉은 낱알은 등숙립, 물위로 뜬 낱알은 비등숙립으로 구분하여 건조하였다. 건조된 시료는 곡립계수기로 등숙립과 비등숙립의 개수를 조사하여 등숙률(등숙립수/전체립수 × 100)로 환산하였다.

수량은 각 시험구에서 100주씩 수확하였으며, 수분 15%까지

건조한 후 정현비율 및 15%수준의 수분함량으로 보정하여 쌀 수량으로 환산하였다. 그 밖의 재배관리와 품종육성을 위한 주요 생리장해 및 병해충 저항성, 도정특성 조사는 농촌진흥청 신품종 개발공동연구사업 과제수행계획서(RDA 2014b) 조사기준에 준하여 실시하였다. 쌀의 동할미 분석을 위해서 품위판별기(RN-600, Kett Co.)를 이용하여 현미와 백미의 외관 품질을 조사하였다. 현미는 동할미 발생률을 분석하였으며, 백미는 구열립(금간쌀) 비율을 조사하였다.

결과 및 고찰

육성경위

‘영진’은 2007년 하계에 ‘YR22722-B-B-B-25-1’, ‘청무’, ‘익산486’와 삼원교배로 육성된 품종이다(Fig. 1). ‘YR22722-B-B-B-25-1’은 ‘주남’ 후대계통으로 초형이 양호하면서, 완전미율이 개선된 계통이며, ‘청무’는 농업인들에 의해 일본에서 도입된 외래품종인 것으로 알려져 있으나, 품종명은 명확하지 않다. 반면, 외래품종 재배실태조사 과정에서 밥의 윤기와 찰기가 뛰어나 특성을 가지고 있어 교배모본으로 활용되었다. ‘익산486’은 중만생종이고 쌀알이 맑고 재배안정성 및 초형이 양호하여 모본으로 활용하였다. 2008년 하계에 양성한 F1 개체로 약배양을 실시하여 91개의 재분화 개체를 얻었다. 이 중에서 줄무늬잎마름병과 흰잎마름병(K1-K3)에 저항성이며, 농업적 특성이 우수한 ‘YR27874Acp46’을 선발하였다. 생산력검정시험을 실시한 후 2012년에 ‘밀양283’의 계통명을 부여하였다. 2014년부터 2016년까지 3년간의 지역적응시험 결과 복합내병성, 내도복성 및 밥맛 등에서 대비품종보다 우수성이 인정되어 2016년 농작물 직무육성

Fig. 1. Genealogical diagram of ‘Youngjin’.

신품종 선정위원회에서 ‘영진’으로 명명되었다(Fig. 2).

출수기 및 주요 농업적 특성

‘영진’의 출수기는 영남, 호남 및 중부 평야지 보통기재배에서 8월 16일로 ‘남평’보다 2일 늦은 중만생종이다. 간장은 63 cm로 ‘남평’보다 11 cm 정도 작고, 주당수수는 13개로 ‘남평’보다 1개 적으며 단간 직립초형을 가지고 있다. 수장은 21 cm로 ‘남평’보다 짧고, 수당립수는 124개로 ‘남평’보다 많은 편이다. 등숙률은 83.0%로 ‘남평’ 76.0%보다 높은 편이다. 현미천립중은 ‘남평’보다 약간 가벼운 편이다(Table 1).

생리장해 저항성

‘영진’의 저온발아율은 64.0%로 ‘남평’보다 약간 높고, 수발아율은 9.9%의 ‘남평’과 비슷한 수준이었다. 도복특성은 도복지수와 좌절중이 각각 72, 1,605 g으로 ‘남평’보다 작았으며, 포장에서 도복은 발생하지 않았다. 내냉성 검정결과 출수지연일수는 13일로 ‘남평’보다 4일 지연되었으나, 입실율은 32.0%로 비슷하였다. 종합내냉성 평가성적은 ‘남평’보다 조금 약하였다(Table 2).

병충해 저항성

‘영진’을 전국 12개소에서 실시한 잎도열병 발못자리검정에서 평균 저항성정도가 5.4로 ‘남평’ 4.3보다 약하게 나타났으며,

²RYT: Replicated yield trial, ³LAT: Local adaptability test

Fig. 2. Pedigree diagram of ‘Youngjin’.

Table 1. Major agronomic traits and yield components of ‘Youngjin’.

(LAT : '14~'16)

Variety	Heading date	Culm length (cm)	Panicle length (cm)	No. of panicle per hill	No. of Spikelets per panicles	Ratio of ripened grain (%)	1000 grain weight (g)
Youngjin	8.16	63*	21 ^{ns}	13 ^{ns}	124 ^{ns}	83.0 ^{ns}	20.9 ^{ns}
Nampyeong	8.14	74	20	14	108	76.0	21.2

*significant at p<0.05 by DMRT

^{ns}no significant.

Table 2. Abiotic stress response of ‘Youngjin’.

(LAT : '14~'16)

Variety	Germination ability ^z		Lodging tolerance ^y			Cold tolerance ^x		
	LTG	PHS	LI	PR (g)	DLT (1-9)	DHD (days)	GF (%)	PA
Youngjin	64.0 ^{ns}	9.9 ^{ns}	72	1,605	1	13	32.0 ^{ns}	7
Nampyeong	41.7	8.3	92	1,689	1	9	32.0	6

^zLTG: Low temperature germination, PHS: Pre harvest sprouting

^yLI: Index, PR: Pushing resistance, DLT: Degree of lodging tolerance in transplanting field

^xDHD: Delayed heading date, GF: Grain fertility PA: Phenotypic acceptability

^{ns}no significant.

목도열병 현지포장검정에서는 제천, 이천 및 진주에서 각각 0.1%, 2.5%, 0.1% 발병되어 약한 반응을 보였으며, 육성모지인 밀양에서도 발병이 낮은 편이었다(Table 3). 흰잎마름병 레이스 K₁, K₂, K₃에 대해서 저항성이었으며, K_{3a}에는 이병성 반응을 보인 것으로 보아 육성계보도에 포함된 ‘주남’에서 유래된 *Xa3* 유전자를 가진 것으로 판단된다. 또한 바이러스병 검정에서 줄무늬잎마름병에는 강하였으며, 오갈병과 검은줄오갈병에는 이병성이었다. 그리고 벼멸구와 애멸구 등 해충에는 감수성이었다(Table 4).

미질 및 도정특성

‘영진’의 정조와 현미의 장폭비는 각각 2.21, 1.71로 ‘남평’ 2.14, 1.71과 비슷한 단원립이다(Table 4). 심복백 발생이 없으며, 완전미율 97.6%로 ‘남평’ 96.6%와 비슷하게 높으며, 쌀알은 맑고 투명한 편이다. 이화학적 특성 분석에서 단백질 함량, 알카리 붕괴도와 아밀로스 함량은 대비품종과 차이는 없었다. 밥맛관능검정 결과 0.27로 ‘남평’ 대비 우수하였다(Table 5). 현미와 백미에서 동할미 발생률을 분석한 결과, ‘영진’은 현미에서 8.8%, 백미에서 18.0%로 낮았으며, 대비품종인 ‘남평’과 유사하였다. 반면, 영남지역에 재배면적이 많은 ‘일품’, ‘새일미’ 및 ‘영호진미’에 비해 유의하게 낮았다(Table 6).

Table 3. Reaction to leaf and neck blast disease of ‘Youngjin’.

(LAT : '14~'16)

Variety	Leaf blast disease				Neck blast disease			
	No. of tested sites ^z			Ave.	Percentage of diseased panicle (%)			
	R (0~3)	M (4~6)	S (7~9)		Jecheon	Icheon	Jinju	Milyang
Youngjin	1	10	1	5.4 ^{ns}	0.1 ^{ns}	2.5 ^{ns}	0.1 ^{ns}	0.0 ^{ns}
Nampyeong	4	8	0	4.3	0.0	0.2	0.1	0.0

^zR: Resistant; M: Moderate; S: Susceptible

^{ns}no significant.

Table 4. Reaction to bacterial blight, virus diseases and insect pests of ‘Youngjin’.

(LAT : '14~'16)

Variety	Bacterial blight				Virus disease ^z			Insect pests ^y	
	K ₁	K ₂	K ₃	K _{3a}	RSV	RDV	RBSDV	BPH	SBPH
Youngjin	R ^x	R	R	S	R	S	S	S	S
Nampyeong	S	S	S	S	R	M	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 M: Moderate S: Susceptible

^{ns}no significant.

Table 5. Grain shape of rough rice and brown rice of ‘Youngjin’.

(LAT : '14~'16)

Variety	Rough rice				Brown rice			
	Length	Width	Thickness	Ratio of L/W	Length	Width	Thickness	Ratio of L/W
Youngjin	6.97 ^{ns}	3.15 ^{ns}	2.17 ^{ns}	2.21 ^{ns}	4.84 ^{ns}	2.83 ^{ns}	1.99 ^{ns}	1.71 ^{ns}
Nampyeong	7.02	3.27	2.23	2.14	4.97	2.90	1.93	1.71

^{ns}no significant.

Table 6. Physiochemical and milling properties of ‘Youngjin’.

(LAT : '14~'16)

Variety	Translucency (1-9)	WC/WB (0-9)	Amylose content (%)	Protein content (%)	Alkali digestion value (1-7)	Head rice ratio (%)	Paratability
Youngjin	1	0/0	20.1 ^{ns}	5.8 ^{ns}	6.4 ^{ns}	97.6 ^{ns}	0.29
Nampyeong	1	0/0	18.9	5.9	6.4	96.6	0.11

^{ns}no significant.

수량성

‘영진’의 수량성은 '14년~16년 실시한 영남평야지 4개지역(밀양, 진주, 대구, 선산)에서 보통기 보비재배 시험에서 585 kg/10a로, 해안지역인 경남 고성에서는 516 kg/10a이었다. 5개지역 평균 쌀수량은 568 kg/10a로 ‘남평’ 대비 99%수준이며, 통계적으로 유의성이 없었다. 6월 25일 이앙한 이모작지 수량은 519 kg/10로 ‘남평’ 대비 96% 수준으로 통계적 차이를 나타냈었다 (Table 8).

재배상 유의점

‘영진’은 영남평야지 보통기 보비재배에 적응하는 고품질쌀 품종이다. 질소질 비료를 과다사용시 미질저하와 병해충 발생의 증가가 우려되므로 적정균형 시비하여야 한다. 흰잎마름병 K3a 균주에 이병성이므로 해안지 또는 상습발생지에서는 적기에 기본방제하여야 한다. 또한 이병성 품종의 재배는 삼가하고, 이모작 적응성은 있지만 일반적인 중만생 품종보다 출수가 약간 늦기 때문에 냉수용출답이나 극만식 재배는 피하는 것이 좋다.

Table 7. Comparison of cracked grain percentage of brown rice and milled rice.

Varieties	Percentage of cracked grain (%)	
	Brown rice	Milled rice
Youngjin	8.8c ^z	18.0c
Nampyeong	7.1c	14.8c
Ilpum	32.8b	35.9b
Saeilmi	42.6a	41.3a
Yeonghojinmi	38.7ab	43.7a

^zsignificant at p<0.05 by DMRT

적 요

‘영진’은 국립식량과학원 남부작물부에서 영남지역에 적응하는 중만생종이면서 밥맛이 좋고 재배안정성이 우수한 고품질 벼 품종 육성한 품종이다. 2007년 하계에 ‘YR22722-B-B-B-25-1’, ‘청무’, ‘익산486’을 이용하여 인공교배를 수행하였으며, 2008년 하계에 F1을 양성하였다. 이들 F1 식물체에서 약배양을 실시하였고, 계통육성 및 생산력검정 시험을 통해 농업적 특성이 우수한 ‘YR27874Acp46’을 선발하여 ‘밀양283’로 명명하였다. 2014년 - 2016년까지 3년간의 지역적응시험을 거쳐 2016년 농작물 직무육성 신품종 선정위원회에서 ‘영진’으로 명명되었다. 평균 출수기는 8월 16일로 ‘남평’보다 2일 늦은 중만생종이다. 간장은 63 cm로 ‘남평’보다 11 cm 정도 작고, 주당수수는 13개로 남평벼보다 1개 적다. 수장은 21 cm로 ‘남평’보다 짧고, 수당립수는 124개로 ‘남평’보다 많은 편이다. 현미천립중은 20.9 g이며, 현미장폭비가 1.71인 단원립이며, 심복백은 없고 완전미율이 97.6%로 맑고 투명한 쌀이며 밥맛은 양호하다. 동할미 발생률은 현미에서 8.8%, 백미에서 18.0%로 낮았으며, 대비품종인 ‘남평’과 유사하였다. 반면, 영남지역에 재배면적이 많은 ‘일품’, ‘새일미’ 및 ‘영호진미’에 비해 유의하게 낮았다. 잎도열병은 중정도이고, 줄무늬잎마름병과 흰잎마름병에는 강하였다. 해충인 벼멸구와 애멸구에는 감수성이었다. 쌀 수량성은 지역적응성시험 3년간 보통기 보비재배에서 568 kg/10a으로 대비 품종인 남평과 비슷하였고, 이모작지 적응성 시험에서 쌀수량은 519 kg/10a로 ‘남평’ 대비 96% 수준이었다(품종등록번호: 제7653호).

사 사

본 성과물은(논문)은 농촌진흥청 연구사업(세부과제번호: PJ01428201 논이용 다양화를 위한 단기성 벼 품종개발)의 지원에 의해 이루어진 것임.

Table 8. Yield of milled rice at local adaptability test of ‘Youngjin’.

(LAT : '14~'16)

Cultivation season	Region	No. of tested sites	Yield of milled rice (kg/ha)		
			Youngjin (A)	Nampyeong (B)	Index (A/B)
Ordinary season	Yeongnam plain	4	585	590	99
	costal area	1	516	521	99
	Average	5	568 ^{ns}	576	99
Doulbe cropping	Yeongnam plain		519 ^{ns}	540	96

^{ns}no significant.

REFERENCES

1. 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.
2. Morita S. 2008. Prosect for developing measures to prevent high-temperature damage to rice grain ripening *Jap. J Crop Sci* 77: 1-12.
3. Nakagomi K, Sasahara H, Shigemune A, Ideta O, Kobayashi A, Morozumi Y, 2020. Selection of standard rice cultivars for evaluating tolerance to rice cracking in the western region of japan. *Jpn J Crop Sci* 89: 143-150.
4. 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.
5. Pinson SRM, Jia Y, Gibbions JW. 2013. Three quantitative traits loci conferring resistance to kernel fissuring in rice identified by selective genotyping in two tropical japonica population. *Crop Science* 53: 2343-2443.
6. Rural Development Administration (RDA). 2014a. 2014 Project Plan for Collaborative Research Program to Develop New Variety of Summer Crop. pp. 5-52.
7. Rural Development Administration. 2014b. 2014 Report of new cultivar development and research in summer crop. pp. 3-126.
8. Takita T. 1992. Varietal difference in crack formation in Japonica and Indica rice. *Japan J Breed* 42: 397-402.
9. Takita T. 2002. Varietal differences relative traits and inheritances of crack formation in rice. *Bull Natl Agri Res Cent Tohioku Reg* 100: 41-48.
10. Yamada K, Iwasawa N, Matsuda T, Nitta Y. 2008. Effects of high temperature stress during the early stages of ripening on endosperm structures in rice varieties differed from the appearance rate of cracked grains. *Jpn J Crop Sci* 77(sup. 1): 220-221.