철과 아연 함량이 높고 향기가 있는 벼 ‘향철아’

정응기^{1*} · 안억근¹ · 원용재¹ · 이정희¹ · 이상복¹ · 정종민¹ · 오세관¹ · 조영찬¹ · 이점호¹ · 서정필¹ · 현웅조¹ · 정오영¹
김보경¹ · 손지영²

¹농촌진흥청 국립식량과학원, ²농촌진흥청

‘Hyangcheola’, A New Fragrant Rice Variety with High Iron and Zinc Content

Eung-Gi Jeong^{1*}, Eok-Keun Ahn¹, Yong-Jae Won¹, Jeong-Heui Lee¹, Sang-Bok Lee¹, Jong-Min Jeong¹,
Sea-Kwan Oh¹, Yong-Hwan Choi¹, Jeom-Ho Lee¹, Jung-Pil Suh¹, Ung-Jo Hyun¹, O-Young Jung¹,
Bo-Kyeong Kim¹, and Ji-Young Son²

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

²Rural Development Administration, Wanju, 54875, Republic of Korea

Abstract “Hyangcheola” is a new japonica rice variety developed as a cross between “Joryeong” and “Seolhyangchal” by the rice breeding team at NICS in 2014. The heading date of “Hyangcheola” is July 28 in the middle plain area, which is 8 days earlier than that of “Hwaseong.” “Hyangcheola” has a 76 cm long culm, which is 8 cm shorter than “Hwaseong” and has 86 spikelets per panicle. The viviparous germination rate of “Hyangcheola” was 27.9%. It showed resistance to stripe virus but susceptibility to bacterial blight (K1, K2, and K3 races), dwarf and black streak dwarf viruses and planthoppers. The milled rice of this variety exhibits translucent and medium short grain shape. The protein content of “Hyangcheola” was 8.2%, which was 1.5% higher than that of “Hwaseong.” “Hyangcheola” is a rice with a fragrant aroma. The content of iron in 100 g of brown “Hyangcheola” rice was 15.12 mg, which is 3.69 mg higher than that of “Hwaseong,” and the zinc content was 32.24 mg, which is 8.75 mg more than that of the comparative variety “Hwaseong.” The average milled rice yield of “Hyangcheola” was 4.8 MT/ha at our sites under ordinary cultivation (Registration No. 6807).

Keywords Rice, Aroma, Iron, Zinc, Hyangcheola

Received on July 21, 2018. Revised on July 23, 2018. Accepted on August 10, 2018.

* Corresponding Author (E-mail: egjeong@korea.kr, Tel: +82-31-695-4022, Fax: +82-31-695-4029)

서 언

우리나라 경제 수준의 향상으로 국민의 먹거리도 양에서 질의 방향으로 소비자의 요구도가 높아지고 있다. 특히 건강에 대한 관심이 높아지면서 기능성 식품에 대한 수요 증가로 밥쌀용에서 일부 성분을 강화하는 벼 품종 개발이 국내외에서 진행되고 있다. 우리나라에서 특수미는 1990년대부터 본격적인 연구가 시작되어 기능과 용도에 따라 쌀의 형태 및 이화학적 특성을 다양화하는 방향으로 연구가 진행되어 왔다. 지금까지는 육종의 목표는 수량 증대와 미질 향상 위주의 신품종 개발에 주력해 왔지만 국민의 건강 증진을 위하여 보다 영양가치가 높고 생리활성을 촉진시켜 주는 기능성 성분이 함유한 쌀에 대한 소비자들의 요구가 점점 많아지는 실정이다. 그동안 개발된 기능성 품종으로 난소화성

저항전분을 함유한 ‘고아미2호’(Choi et al. 2005), 식이섬유를 많이 함유한 ‘고아미3호’(Lee et al. 2011), 펠수아미노산 고함유 ‘하이아미’(Hong et al. 2011) 등이 있으며 밥을 지었을 때 구수한 향을 가지고 있는 ‘향미벼1호’(Choi et al. 1995)나 ‘설향찰’(Moon et al. 2003) 등도 개발하였다. 쌀의 이용적 가치를 다양화하기 위하여 수량성 그리고 품질을 기본으로 건강 증진을 위하여 쌀에 철분과 아연 성분을 많이 함유하고 구수한 향기가 있는 ‘향철아’를 개발하였기에 품종의 육성 경위 및 주요 특성을 보고 하고자 한다.

재료 및 방법

본 시험은 ‘향철아’를 2012~2014년 3년간 중부평야지 4개

지역에서 보통기 보비재배로 대비품종인 ‘화성’과 비교하여 지역적응성 시험을 수행하였다(RDA 2013a, 2014a, 2015). 파종은 4월 25일에 하였으며 5월 25일에 재식거리 30 × 15 cm로 주당 3본씩 이양하였다. 시비량은 N-P₂O₅-K₂O를 각각 성분량으로 9-4.5-5.7 kg/10a를 사용하였다. 질소는 기비로 50%, 추비로 분얼비 20%와 수비 30%로 3회에 걸쳐 분시하였고, 인산은 기비 100%로 사용하였고, 칼리는 기비 70%, 수비 30%로 나누어 사용하였다. 벼 잎도열병검정은 14개 지역에서 발모자리 상태로 파종하여 30일 후 계통들의 이병 정도를 조사하였다. 흰잎마름병은 K1 (HB1013), K2 (HB1013), K3 (HB1013) 균계를 포장에서 최고분얼기에 개체별로 가위절엽접종하여 30일 후에 이병정도를 조사하였다. 유훈 바이러스검정은 본엽 2~3엽기에 보독충 접종을 3~4일간 실시하고, 접종 후 30일에 조사하였다. 재해저항성 중 수발아 검정은 출수후 40일에 이삭을 채취하여 25℃, 포화습도에서 발아율을 검정하고, 내냉성 검정은 시험계통을 이양후 20~30일부터 등숙기까지 17℃의 냉수처리하여 임실율을 등을 조사한다. 미량요소인 철과 아연의 함량 분석은 현미를 균일하게 분쇄하여 분석시료로 사용하였고 유도결합플라즈마 발광광도계(ICP)를 이용하여 분석하였다. 향에 대한 관능검사는 현미기로 탈영시켜 현미로 만든 다음 Blind test 방식으로 각각의 현미를 씹어서 느끼는 향을 세분하여 측정하였다. 기타 농업형질, 수량구성요소, 수량성 및 도정특성의 조사분석이나 시험포장의 재배관리는 농촌진흥청에서 발간한 신품종개발 공동연구사업

계획서에 준하여 실시하였다(RDA 2012, 2013b, 2014b).

결과 및 고찰

육성 경위

‘향철아’는 쌀의 부가가치를 높이기 위한 기능성 특수미 품종을 육성할 목적으로 2005년 하계에 현미에 철분과 아연 함량이 높은 ‘조령벼(IT191839)’와 찰벼이며 구수한 누룽지 향이 있는 ‘설향찰’을 인공교배하여 교배번호 SR30627을 부여한 후, F₁세대 20개체를 양성하였다. F₁세대에서 꽃가루배양을 실시하여 HB2968번호를 부여하고 AC₁세대에서 148개체를 양성하였다. AC₂세대에서 87계통을 전개하여 단간이며 속색이 우수한 24계통을 선발하였다. AC₃세대부터 계통육종법으로 세대를 진전하며 주요 병해충 및 미질검정을 병행하여 유망한 SR30627-HB2968-2 계통을 선발하였다. 선발된 계통에 대해 2010년과 2011년에 생산력검정시험을 실시한 결과 조생종으로 철분과 아연 함량이 많으며, 구수한 누룽지 향이 있는 계통을 선발하여 수원562호로 계통명을 부여하였다. 2012년부터 2014년까지 지역적응시험 3년을 실시한 결과 대비 품종인 ‘화성’보다 현미에서 철분과 아연 함량이 많고 누룽지 향이 추가된 특수성이 인정되어 2014년 12월 농촌진흥청 직무육성 신품종선정위원회에서 ‘중모1043호’ 선정되었다. ‘중모1043’으로 농가에 보급되면서 철과 아연 함량이 높고 향이 있는 쌀로서 소비자 수요가 증가하고 농가재배면적이

²PYT: Preliminary yield test

³RYT: Replicated yield test

⁴LAT: Local adaptability test

Fig. 1. Pedigree diagram of ‘Hyangcheola’.

확대되면서 2016년에 ‘향철아’로 특허청에 상표등록(40-1189378)을 해서 재배농가와 소비자에게 보급되고 있다. ‘향철아’의 육성과정과 계보도는 Fig. 1 및 Fig. 2와 같다.

주요특성

1. 주요 농업적 특성

‘향철아’는 중부평야지 보통기 재배에서 평균 출수기가 7월 28일로 대비품종 ‘화성’보다 11일 빠른 조생종이다(Table 1). 간장은 76 cm로 화성의 84 cm보다 8 cm 적은 단간이고, 이삭길이는 22 cm이고, 주당 이삭수가 13개로 ‘화성’하고 비슷하였다. 이삭당 벼알수는 86개로 ‘화성’보다 10개 적었으며, 등숙비율은

77.8%로 대비품종 ‘화성’ 88.9%보다 11% 낮았다. 현미 천립중은 22.8 g으로 ‘화성’과 비슷하였다.

2. 병해충 저항성

‘향철아’는 전국 14개 지역에서 실시한 잎도열병 발못자리 검정 결과 평균 4.4로 ‘화성’의 5.8보다 조금 강한 반응을 보였고, 목도열병 이병수율은 7.2%로 화성 1.2보다 높았다. 또한 ‘향철아’는 친화성 균주가 23개중 12개로 화성의 17개 보다 적었으며 내구저항성이 ‘화성’과 비슷한 경향이었다(Table 2). ‘향철아’는 흰잎마름병에 K1 (HB1013), K2 (HB1013), K3 (HB1015) 균계에는 이병성 이었으며, 줄무늬잎마름병에는 저항성을 보였으며,

Fig. 2. Genealogical diagram of ‘Hyangcheola’.

Table 1. Major agronomic traits and yield components.

Variety	Heading date	Culm ^z length (cm)	Panicle length (cm)	No. of panicles/hill	No. of spikelets/panicle	Ratio of ripened grain (%)	1000-grain weight of brown rice (g)
Hyangcheola	July 28**	76 ^{ns}	22 ^{ns}	13 ^{ns}	86 ^{ns}	77.8 ^{ns}	22.8 ^{ns}
Hwaseong	Aug. 8	84	21	14	96	88.9	22.9

^zlength from soil surface to panicle neck

**1% level, respectively

^{ns}not significant

Table 2. Reaction to blast disease.

Variety	Reaction to leaf blast at nursery test (0-9)				Area ratio to leaf lesion of <i>Magnaporthe grisea</i> of sequential plantings (%)							Reaction to neck blast (%)		
	No. of tested sites (14)													
	R ^z	M	S	Mean	1	2	3	4	5	Persistence (0-5)	No. of susceptible race (23)	Ichon	Milyang	Mean
Hyangcheola	4	8	2	4.4*	45	85	85	95	65	5	12	14.4**	0.0	7.2
Hwaseong	1	8	5	5.8	90	35	15	70	55	5	17	2.3	0.0	1.2

^zR: resistant (0-3); M: moderately resistant (4-6); S: susceptible (7-9)

N fertilizer: Blast nursery test = 240 kg/ha, Neck blast = 220 kg/ha

*significant at 5% level

**ns: not significant

오갈병 및 벼멸구에 대한 저항성은 없었다(Table 3).

3. 생리장애 저항성

‘향철아’ 불시 출수 현상은 없고, 성숙기 하엽의 노화가 느렸으며 위조현상은 나타나지 않았다(Table 4). 냉수처리 내냉성 검정 결과 출수지연일수가 9일로 ‘화성’하고 같으며, 냉수구 임실율은 12.2%으로 화성보다 낮았으나 성숙기 내냉성 정도는 ‘화성’과 비슷한 수준을 보였다. 출수후 40일경 수발아검정에서 10.1%로 ‘화성’의 17.6%보다 낮은 발아율을 보였다. ‘향철아’는 도복특성 검정에서 대비품종인 ‘화성’보다 좌절증은 가벼우나 3절 간장은 비슷하고, 벼 키는 화성보다 7 cm 작았지만 도복지수는 비슷해서, 포장에서의 도복은 ‘화성’과 같이 5수준으로 중간 정도의 도복특성 반응을 보였다(Table 5).

4. 미질 및 도정 특성

‘향철아’의 입형은 현미 장폭비가 1.87로 단원립이고, 백미

외관은 복백이 1로 맑고 투명한 편이다. 알칼리불괴도는 6.5이었고, 단백질함량은 8.2%으로 높았게 나타났으나, 아밀로스함량은 19.3%로 ‘화성’하고 비슷하였다(Table 6). ‘향철아’는 현미 100 g당 철분 함량이 15.12 mg으로 대비품종 ‘화성’ 11.43 mg보다 높았으며, 아연 함량은 32.24 mg으로 ‘화성’ 23.49 mg보다 많이 함유하고 있고, 구수한 누룽지 향을 가지고 있다(Table 7). ‘향철아’의 도정특성중 제현율은 80.3%이고, 현백률은 90.6%, 도정률은 73.8%로 대비품종 ‘화성’과 비슷하였으나 도정된 쌀의 완전미율이 85%로 ‘화성’의 96.8% 보다 낮았으며, 완전미도정수율은 61.8%로 ‘화성’의 73.6%보다 낮은 특성을 보였다(Table 8).

5. 수량성

‘향철아’ 백미수량은 2012-2014년 지역적응시험 결과 중부평야지 4개소에서 보통기 보비재배 평균 쌀수량은 4.8 MT/ha로 대비품종 ‘화성’의 5.3 MT/ha 대비 89% 정도의 수량성을 보였다(Table 9).

Table 3. Reaction to bacterial blight, virus disease and insect pests.

Variety	Bacterial blight ^z				Virus diseases			Resistance to insects ^y	
	K1	K2	K3	K3a	Stripe (%)	Dwarf	BSD	BPH	SBPH
Hyangcheola	S	S	S	S	R (20.6)	S	S	S	S
Hwaseong	S	S	S	S	R (22.1)	S	S	S	S

^zBPH: brown planthopper; SBPH: small brown planthopper.

^yR: resistance, S: susceptible

Table 4. Response to physiological and abiotic stresses.

Variety	Premature heading (%)	Occurrence of wilting	Leaf senescence at maturing	Cold tolerance ^y			PA ^x	Viviparous ^w germination (%)
				Discoloration (1-9) ^z	Heading delay (day)	Grain fertility (%)		
Hyangcheola	0.0	Strong	Late	1	9 ^{ns}	12.2 ^{ns}	5	10.1 ^{ns}
Hwaseong	0.0	Strong	Late	1	9	13.7	5	17.6

^zEvaluation at maximum tillering stage (1: tolerance; 9: susceptible)

^yCold tolerance was evaluated in Chuncheon cold-water (17°C) irrigated nursery

^xPhenotypic Acceptability

^wGermination rate at 7 days after incubation in 25°C chamber

^{ns}not significant

Table 5. Characteristics related to lodging.

Variety	Plant ^z height (cm)	Third internode length (cm)	Moment (g.cm)	Lodging index	Lodging in the field (0-9)
Hyangcheola	102 ^{ns}	12.9 ^{ns}	1,156*	122 ^{ns}	5
Hwaseong	109	12.3	1,312	117	5

^zlength from upper part of root up to panicle

*significant at 5% level

Table 6. Characteristics related to grain shape and grain quality.

Variety	Brown rice			White core/velly	Alkali digestive value (1~7)	Protein content (%)	Amylose content (%)
	Length (mm)	Width (mm)	L/W ratio				
Hyangcheola	5.27	2.82	1.87	0/1	6.5 ^{ns}	8.2*	19.3 ^{ns}
Hwaseong	4.99	2.78	1.80	0/1	6.4	6.7	19.6

^{ns}not significant

*significant at 5% level

Table 7. Difference of micro nutrient content and aroma (2014).

Variety	Iron (mg/100 g)	Zinc (mg/100 g)	Aroma
Hyangcheola	15.12*	32.24**	Exist
Hwaseong	11.43	23.49	Lack

Assay sample: brown rice

**significant at 5% and 1% level, respectively

Table 8. Characteristics related to milling quality.

Variety	Milling recovery ratio (%)				Head rice milling recovery ratio (%)
	Brown/rough	Milled/brown	Milled/rough	Head rice	
Hyangcheola	80.3 ^{ns}	90.6 ^{ns}	73.8 ^{ns}	85.0*	61.8*
Hwaseong	83.0	91.9	76.0	96.8	73.6

*significant at 5% level

^{ns}not significant**Table 9.** Results of yield potential of 'Hyangcheola' on local adaptability test.

Culture Season	Region	Tested sites	Average milled rice yield (MT/ha)								Index (A/B)
			Hyangcheola				Hwaseong				
			'12	'13	'14	Ave. (A)	'12	'13	'14	Ave. (B)	
Ordinary planting culture	Middle plain	Suwon	3.9	4.7	4.6	4.4	4.3	5.2	5.5	5.2	84
		Hwaseong	5.2	4.4	4.9	4.8	5.6	5.5	5.5	5.5	87
		Chuncheon	5.3	4.7	5.5	5.2	5.5	5.4	5.7	5.5	94
		Cheongju	4.6	4.9	4.4	4.6	5.1	4.8	5.1	5.0	93
		Average	4.8	4.7	4.8	4.8	5.3	5.2	5.5	5.3	89

재배상의 유의점

‘향철아’는 질소질 비료 과용하면 쌀 품질이 좋지 않고, 등숙저하, 속색불량 및 병해충의 발생이 우려되므로 품종특성에 맞는 적정 균형시비가 필요하다. 특히 흰잎마름병, 오갈병, 검은줄오갈병 및 멸구류에 저항성이 없으므로 적기 기본방제가 필요하고, 성숙기 포장에서 조기낙수시 등숙이 불량하여 불완전미 발생 및 도정수율이 낮아질 수 있으며, 내냉성에 중간정도이므로 산간지 및 냉수용출답이나 극만식재배를 피해야 한다.

적 요

‘향철아’는 2005년 하계에 철과 아연을 함유한 ‘조령벼’와 구수한 누룽지 향을 가지고 있는 ‘설향찰’을 인공교배하였다. F₁을 양성하며 조기에 육성계통의 유전특성을 고정하고자 꽃가루 배양을 실시하고 세대 진전 후 SR30627-HB2968-2계통을 선발하여 수원562호로 계통명을 부여하였다. 2012년부터 지역 적응시험 3년을 실시하고, 그 결과를 2014년 12월 농촌진흥청 직무육성 신품종선정위원회에 상정하여 ‘중모1043호’로 선정되

었다. 농가에 보급 되는 과정에서 수요자의 편이성과 품종의 특성을 쉽게 알리고자 2016년에 특허청에 ‘향철아’ 상표등록 (40-1189378)하여 농가에 보급하게 되었다. ‘향철아’의 출수기는 보통기 재배에서 평균 출수기가 7월 28일로 ‘화성’보다 12일 빠른 조생종이고, 이삭길이는 22 cm, 주당 이삭수 13개로 화성과 비슷한 특성을 보였다. 이삭당 입수는 86개로 ‘화성’보다 적었고, 등숙률도 77.8%로 ‘화성’보다 낮았으며, 현미 천립중이 22.8 g으로 중립종이다. ‘향철아’는 도열병에 중정도 저항성을 보였고, 줄무늬잎마름병에 저항성을 보였지만 흰잎마름병, 오갈병 및 멸구류에 대한 저항성은 없었다. ‘향철아’는 도복에는 보통이며, 수발아는 10.1%로 ‘화성’보다 강했으며, 내냉성은 ‘화성’비슷한 수준을 보였다. ‘향철아’의 알칼리불포도는 6.5, 아밀로스함량은 19.3%로 ‘화성’하고 비슷하였으나 단백질함량은 8.2%로 높았다. ‘향철아’는 구수한 누룽지 향이 있으며, 현미 100 g당 철분 함량이 15.12 mg으로 ‘화성’ 11.43 mg보다 높았으며, 아연 함량은 32.24 mg으로 ‘화성’ 23.49 mg보다 많이 함유하고 있었다. ‘향철아’의 쌀수량은 중부평야지 4개 지역에서 보통기 보배 재배 평균 4.8 MT/ha로 ‘화성’의 5.3 MT/ha 대비 89% 정도의 수량성을 보였다.

사 사

본 논문은 농촌진흥청 연구사업(세부과제명: 중부지역 수요자 참여형 고품질 밥살용 벼 품종개발, 세부과제번호: PJ01315001)의 지원으로 수행된 결과의 일부입니다. ‘향철아’를 육성함에 있어 적극 협력해주신 국립식량과학원 벼 육종 연구팀 및 각 도농업기술원 지역적응시험 담당자들과 농촌진흥청 연구정책국 관계관 여러분께 깊이 감사 드립니다.

REFERENCES

1. Choi HC, Hwang HG, Hong HC, Kim YK, Moon HP, Choi IS, Kim HY, Lee JH, Yea JD, Ryu HY, Kang KH, Shin YS, Choi YH, Yang CI, Cho YC, Baek MK, Kim TY, Kim KJ, Jung KH, Jeong EG, Jeong OY, Jeon YH. 2005. A new non dietary starch and high amylose rice cultivar ‘Goamy2’. Korean J Breed Sci 37: 131-132.
2. Choi YG, Kim MK, Cho SY, Moon HP, Jun BT, Choi HC, Park NG, Kim GW, Kim YS, Park RK, Cho JY. 1995. An aromatic semi-dwarf lodging resistance rice variety ‘Hyangmibyeolho’. Agricultural Science Reports of RDA, Korea. 37: 67-74.
3. Hong HC, Kim YG, Yang CI, Hwang HG, Lee JH, Lee SB, Choi YH, Kim HY, Lee KS, Yang SJ, Kim MK, Jeong OY, Cho YC, Jeon YH, Choi IS, Jeong EG, Oh SK, Yea JD, Shin YS, Kim JJ. 2011. A high essential amino acid properties rice cultivar ‘Haiami’. Korean J Breed Sci 43: 543-548.
4. Lee SB, Lee JH, Shin YS, Lee KS, Hwang HG, Jeong OY, Yang CI, Choi YH, Yang SJ, Jeon YH, Hong HC, Kim HY, Cho YC, Lee JH, Yea JD, Oh MK, Kim MK, Kim YK, Jeon KH, Lee YT. 2011. A medium-maturing, high non-dietary starch, specialty rice cultivar ‘Goami3’. Korean J Breed Sci 43: 595-599.
5. Moon HP, Jung KH, Choi YG, Lee JH, Hwang HG, Kim MK, Yang SJ, Hwang KH, Song MT, Hong HC, Shin YS, Kim HY, Ruy HY. 2003. A new aromatic and glutinous rice cultivar ‘Seolhyangchalbyeol’. Korean J Breed Sci 35: 241-242.
6. Rural Development Administration (RDA). 2012. 2012 Project plan for collaborative research program to develop new variety of summer crop. pp. 5-50.
7. Rural Development Administration (RDA). 2013a. 2012 Report of new cultivars development and research in summer crop. pp. 5-215.
8. Rural Development Administration (RDA). 2013b. 2013 Project plan for collaborative research program to develop new variety of summer crop. pp. 5-48.
9. Rural Development Administration (RDA). 2014a. 2013 Report of new cultivars development and research in summer crop. pp. 5-215.
10. Rural Development Administration (RDA). 2014b. 2014 Project plan for collaborative research program to develop new variety of summer crop. pp. 3-50.
11. Rural Development Administration (RDA). 2015. 2014 Report of new cultivars development and research in summer crop. pp. 3-171.