중만생 향산화 적색메벼 ‘건강홍미’

송유천¹ · 조준현^{1*} · 이지윤¹ · 이종희² · 오성환² · 한상익¹ · 정국현¹ · 서우덕¹

황운하¹ · 장기창² · 박노봉¹ · 박동수¹ · 김상열¹ · 강항원¹ · 이학동³

¹국립식량과학원, ²농촌진흥청, ³국립원예특작과학원

Antioxidant Functional and Red Pericarp Rice ‘Geonganghongmi’

You-Chun Song¹, Jun-Hyeon Cho^{1*}, Ji-Yoon Lee¹, Jong-Hee Lee², Sung-Hwan Oh², Sang-Ik Han¹,

Kuk-Hyun Jung¹, Woo-Duck Seo¹, Woon-Ha Hwang¹, Ki-Chang Jang², No-Bong Park¹,

Dong-Soo Park¹, Sang-Yeol Kim¹, Hang-Won Kang¹, and Hak-Dong Lee³

¹National Institute of Crop Science (NICS), RDA, Korea

²Rural Development Administration, Jeonju, Korea

³National Institute of Horticultural and Herbal Science (NIHHS), RDA, Korea

Abstract : To fit the market demands for functional rice such as black and red color rice, ‘Sugary’ a high free sugar content line was backcrossed to the black rice ‘Milyang152’. The pedigree method was adapted in selection and generation advance. A high polyphenol content line, YR19646-3-2-1-1-2-2 showing red pericarp was selected and designed as ‘Milyang234’ followed by variety name ‘Geonganghongmi’ in 2010. Heading date of ‘Geonganghongmi’ was Aug. 19, medium-late maturing cultivar. ‘Geonganghongmi’ showed resistance to leaf blast and rice stripe virus while susceptible to major diseases and insects. The total polyphenol content of ‘Geonganghongmi’ was high as much as 24.2mg/g compare to that of 4.9mg/g of ‘Nampyeongbyeol’ and 17.2mg/g of a red pericarp rice ‘Jeogjinju’ at 70% ethanol extraction conditions. In local adaptability tests, yield of ‘Geonganghongmi’ was 4.5MT/ha about 86% of ‘Nampyeongbyeol’ and 102% of ‘Jeogjinju’, respectively. ‘Geonganghongmi’ is suitable for southern and middle plain area of Korea.

Keywords : Rice, Geonganghongmi, Milyang234, Polyphenol, Functional substance

서 언

최근 건강 및 장수에 대한 관심이 고조되면서 유색미 수요가 크게 증가되고 있다. 또 한편으로는 특정 유효물질을 증가시키는 발아현미, 인삼농축액 또는 칼슘 등을 코팅한 쌀 그리고 생리활성 물질을 부가한 버섯쌀 등이 가공 유통되고 있다. 그 중 당질미는 배유 내부에서 phytoglycogen 등 다양한 기능성 물질들이 저장되어 있어 특수용도미로서 이용가치가 큰 것으로 보고되고 있다 (Takahashi et al. 2010, Lee et al. 2012, Song et al. 2015). 현재 국내에서 유통되고 있는 유색미 종류는 흑미 (Song et al. 2010) 및 홍미 (Yang et al. 2011, 2012) 등 다양한 색깔을

보이고 있다. 일반적으로 홍미의 색소는 종피내에 분포하고 자색과 흑색소는 과피내에 축적되어 있다 (Yang et al. 2011). 유색미의 색소성분으로는 적색계는 탄닌, 자색계는 안토시아닌으로 알려져 있으며, 자색의 주요성분은 시아니딘-3-글루코사이드 (cyanidine-3-glucoside)로 구성되어 있고 그 외에 말비딘-3-글루코사이드 (malvidin-3-glucoside)도 소량 함유되어 있는 것으로 알려져 있다. 이러한 색소들은 항산화 활성을 나타내며 주로 cyanidine-3-glucoside이 강력한 항산화 성분을 가지고 있다고 하였다 (Seo et al. 2013). 이에 기능성 성분이 뛰어난 적색미인 ‘건강홍미’를 개발하여 그 육성 경위와 주요 특성을 보고 하고자 한다.

재료 및 방법

본 연구는 2007, 2009, 2010년 3년간 실시한 영호남 및 중부

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

(Received on July 15, 2016. Accepted on September 20, 2016.)

Fig. 1. Pedigree diagram of 'Geonganghongmi'.

평야지 7개 지역의 벼지역 적응시험 포장에서 보통기 표준재배로 '남평벼'를 공시하여 수행하였다 (RDA 2007a, RDA 2009, RDA 2010). 각 시험지별 재배 방법은 4월 30일에 파종하여 30일간 육묘한 후 5월 30일에 30×15cm 재식거리로 주당 3본씩 이앙하고, 시비량은 N-P₂O₅-K₂O=9-4.5-5.7kg/10a로 재배 하였다. 그 밖의 재배관리와 품종육성을 위한 주요 농업적 특성, 수량특성, 생리장해, 병충해 저항성 및 품질분석 조사는 농촌진흥청 신품종개발 공동연구사업 과제 수행계획서 조사기준에 준하였다 (RDA 2007b). 항산화 활성 분석 방법으로 1) ABTS 라디칼 소거활성 측정은 ABTS (2-azino-bis 3-ethylbenzthiazoline-6-sulphonic acid)의 안정적인 라디칼을 이용한 항산화 효과로 Vandenberg et al. (1999) 등의 방법을 수정하여 측정하였다 (Seo et al. 2013). 7 mM ABTS (Sigma, USA)와 2.45 mM potassium persulfate를 혼합해 빛이 들어오지 않는 암소에서 실온으로 24시간 동안 방치하여 ABTS 자체의 라디칼을 형성시킨 후 증류수로 희석하였으며 희석된 ABTS 라디칼용액 0.9 ml에 농도 별 추출물 0.1 ml를 섞고, 실온에서 10분 후에 734 nm에서 흡광도를 측정하여 아래의 식에 의해 항산화 활성을 산출하였다. * ABTS 라디칼 소거능 (%) = [(무처리 흡광도- 추출물 처리 흡광도)/무처리 흡광도] × 100. 2) DPPH 라디칼 소거활성 측정을 위한 DPPH (α-Diphenyl-β-picrylhydrazyl) assay는 Seo et al. (2013)의 실험법을 따랐다. 각각의 쌀 추출물 1 mg/ml

농도를 초순수 메탄올 (Sigma, USA)로 정량하여 50, 100, 200, 400μg/ml로 희석한 용액 500μl와 1.0mM DPPH (Sigma, USA) 시약 0.5 ml를 혼합한 후 빛이 들어오지 않는 암소에서 실온으로 30분간 반응시켰다. 흡광 분광계를 사용하여 517 nm에서 흡광도를 측정하였다. DPPH radical 소거능은 다음과 같이 구하였다. * DPPH 라디칼 소거능 (%) = (1 - 추출물 처리 흡광도/무처리 흡광도) × 100.

결과 및 고찰

육성경위

'건강홍미'는 소비자의 기능성 유색미에 대한 요구에 부응하기 위해 흑미계통인 '밀양152호'에 유리당 함량이 높은 유전자원 'sugary'를 교배한 다음 기능성 성분을 높이고자 'sugary'로 한번 더 여교배한 다음 계통육종법으로 육성한 품종이다 (Fig. 1). 생산력검정 예비시험 및 2년간의 생산력검정시험에서 재배적 특성이 양호하고 적색색소가 양호하며 항산화성이 높은 YR19646-3-2-1-1-2-2계통을 선발하여 '밀양234호'의 계통명을 부여하였다. 2007, 2009, 및 2010년 3년의 지역적응시험 결과 재배안전성 및 기능성이 인정되어 농작물 직무육성 신품종 선정위원회에서 신품종으로 선정되었다. '건강홍미'는 지역적

Fig. 2. Plant type at maturing stage and brown rice grain shape of 'Geonganghongmi'.

Table 1. Heading date of 'Geonganghongmi'.

Location	Heading date		Transplanting date
	Geonganghongmi	Nampyeongbyeon	
Middle plain area	Aug. 21	Aug. 11 ^z	May 30
Yeongnam plain area	Aug. 20	Aug. 19	May 30
Honam plain area	Aug. 18	Aug. 16	May 30
Mean	Aug. 19 [*]	Aug. 14	-

^z Hwaseongbyeon

^{*} significant at $P < 0.05$.

Table 2. Major agronomic traits and yield components of 'Geonganghongmi'.

Cultivar	Culm length (cm)	Panicle length (cm)	No. of panicles /hill	No. of spikelets /panicle	Ratio of ripened grain (%)	Brown rice 1000 grain weight(g)
Geonganghongmi	81 ^{**}	20 [*]	16 [*]	86 ^{**}	83.8 [*]	19.8 [*]
Nampyeongbyeon	72	18	13	106	88.7	21.0

^{*} and ^{**} significant at $P < 0.05$ and $P < 0.01$, respectively.

응시협결과 남부 및 중부평야지 1모작지에 적응성이 높으며 현미의 색이 적색인 중만생 품종으로서, 폴리페놀 및 감마오리자놀 등 항산화활성이 높은 기능성물질의 함량이 높아 노화방지, 고지혈증 등의 대사증후군을 예방하고 개선시키는 기능성 벼 품종으로 활용이 가능한 품종이다 (Fig 2).

출수기 및 주요 농업적 특성

'건강홍미'의 출수기는 중부 및 남부평야지 보통기 재배에서

3개년 평균이 8월 19일로 '남평벼'보다 5일 늦은 중만생종의 생태형을 나타냈다 (Table 1). '건강홍미'의 간장은 81cm로 '남평벼'보다 9cm정도 더 길었다. 이삭길이는 20cm로 '남평벼'보다 2cm정도 길고 주당수수는 '남평벼'보다 3개정도 많았으나 수당립수는 86개로 '남평벼'보다 적었다. 등숙률은 83.8%로 '남평벼'보다 낮았고 현미 천립중 또한 19.8g으로 약간 가벼웠다 (Table 2).

Table 3. Reaction to the environmental and physiological stress of ‘Geonganghongmi’.

Cultivar	Low tem. germinability (13°C 15DAS, %)	Appearance of wilting	Adult leaf senescence	Viviparous germination ^z (%)	Cold tolerance ^y		
					Seedling stage (0-9)	Heading delay (days)	Grain fertility (%)
Geonganghongmi	98*	Resistant	Slow	67.9**	7	13	31.7 ^{ns}
Nampyeongbyeon	84	Resistant	Slow	4.2	6	16	38.7

^z Germination rate under water saturated incubation(25°C) for 7 days on the panicle at 40 days after pollination.

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

Not significant(ns) in the t-test, * and ** significant at $P < 0.05$ and $P < 0.01$, respectively.

Table 4. Lodging tolerance of ‘Geonganghongmi’.

Cultivar	Plant height ^z (cm)	Length of 3rd internode (cm)	Breaking weight of 3rd internode (g)	Lodging index	Field lodging (1-9)
Geonganghongmi	106*	14.0*	462*	341*	3
Nampyeongbyeon	103	12.8	571	268	1

^z Culm length + Panicle length

* significant at $P < 0.05$.

Table 5. Reaction to leaf and panicle blast of ‘Geonganghongmi’.

Cultivar	Leaf blast nursery (N : 24kg/10a)				Panicle blast field nursery (N : 22kg/10a)			
	No. of tested site(14)				Diseased panicle ^y (%)			
	R ^z (0~3)	M (4~6)	S (7~9)	Avg.	Icheon	Jecheon	Yaesan	Miryang
Geonganghongmi	11	3	0	2.7	0.3	0.0	0.0	0.0
Nampyeongbyeon	3	9	2	4.9	0.7	0.7	4.2	16.8

^z R : Resistant, M : Moderate, S : Susceptible. ^y Maximum infection ratio

Table 6. Reaction of durable resistance to leaf blast of ‘Geonganghongmi’.

Cultivar	Percentage of diseased leaf area Based on sequential seeding (%)							Durable resistance index	No. of virulence isolate
	1st	2nd	3rd	4th	5th	6th	7th		
Geonganghongmi	30.0	35.0	30.0	40.0	40.0	30.0	40.0	4	11
Nampyeongbyeon	40.0	50.0	45.0	50.0	40.0	50.0	40.0	7	7

생리장해 및 도복 저항성

‘건강홍미’의 성숙기 하위엽의 노화는 ‘남평벼’와 비슷하고, 저온발아성 (98%)과 수발아율 (67.9%)은 ‘남평벼’보다 높았다. 냉생성 검정결과 출수 지연일수는 3일정도 짧지만 냉수구 임실율은 ‘남평벼’에 비해 조금 낮았다 (Table 3). 도복관련 특성에서 ‘남평벼’에 비해 3절 간장이 길고 도복지수가 높은 등 도복에는 약한 편이었다 (Table 4).

병충해 저항성

‘건강홍미’의 잎도열병 발모자리 검정에서는 전국 평균 저항성 정도가 2.7로 저항성 반응을 나타냈고, 목도열병 포장검정에서 ‘남평벼’보다 발병 정도가 경미했다 (Table 5, Table 6). 줄무늬잎마름병에는 저항성이나 흰잎마름병, 기타 바이러스병 및 해충에 대한 저항성은 없었다 (Table 7, Table 8).

Table 7. Reaction to bacterial blight and virus diseases of ‘Geonganghongmi’.

Cultivar	Bacterial blight				Virus disease		
	K ₁	K ₂	K ₃	K3a	Stripe	Dwarf	Black streaked dwarf
Geonganghongmi	S ^z	S	S	S	R	S	S
Nampyeongbyeon	S	S	S	S	R	R	S

^z R : Resistant, S : Susceptible**Table 8.** Resistance to major insects of ‘Geonganghongmi’.

Cultivar	Brown planthopper	Small brown planthopper
Geonganghongmi	S ^z	S
Nampyeongbyeon	S	S

^z R : Resistant, S : Susceptible**Table 9.** Milling property and grain quality of ‘Geonganghongmi’.

Cultivar	Milling properties ^z				Brown rice				Translucency (1-9)	WC/WB (0-9)
	BR (%)	MB (%)	MRH (%)	HR (%)	Length (mm)	Width (mm)	Thickness (mm)	L/W Ratio		
Geonganghongmi	82.3 ^{ns}	-	-	-	5.09 [*]	2.85 ^{ns}	1.80 ^{ns}	1.78 ^{ns}	9	-
Nampyeongbyeon	82.5	88.7	73.2	91.3	4.88	2.80	1.89	1.74	1	1/0

^zBR : Brown/rough rice ratio, MB : Milled/brown rice ratio
 MRH : Milling recovery of head rice, HR : Head rice ratio of milled rice
 Not significant(ns) in the t-test, * significant at P < 0.05.

Table 10. Physicochemical properties ‘Geonganghongmi’.

Cultivar	Amylose (%)	Protein (%)	Alkali digestion value (1-7)
Geonganghongmi	19.8 ^{ns}	7.7 [*]	6.7
Nampyeongbyeon	19.7	6.6	6.5

Not significant(ns) in the t-test, * significant at P < 0.05.

품질 및 기능성 물질 함량

‘건강홍미’의 현미의 장폭비는 1.78로 ‘남평벼’와 비슷한 단립형이며, 알칼리 붕괴도와 아밀로스 함량은 ‘남평벼’와 비슷하고, 단백질 함량은 1.1% 높았다 (Table 9, Table 10). ‘건강홍미’는 기존의 붉은색 품종인 ‘적진주벼’에 비하여 총폴리페놀은 40%, 감마오리자놀은 10%가 더 들어 있는 것으로 나타났으며, 추출물의 향산화 활성을 검정한 결과 ‘건강홍미’가 77.2%로 ‘적진주벼’에 비해 약 18% 더 높은 활성을 나타냈다 (Fig. 3, Fig 4, NICS 2010, Seo et al. 2013).

수량성

‘건강홍미’의 수량성은 2007, 2009, 및 2010년 3개년간 실시

한 지역적응시험 보통기 재배에서 쌀수량 4.5MT/ha로 ‘남평벼’보다 14% 감소되었으나 특수미 비교품종인 ‘적진주벼’에 비해서는 2% 증수하였다 (Table 11, Table 12).

적응지역 및 재배상 유의점

‘건강홍미’는 중만생종 품종으로 적기에 모내기를 실시하여야 하며, 냉수용출답 등 출수지연이 우려되는 지역은 재배를 피해야 한다. 도열병 및 줄무늬잎마름병을 제외한 흰잎마름병, 기타 바이러스 및 벼멸구에는 약하므로 적기 기본방제를 하여야 한다. 질소질 비료 과용 시 출수지연, 등숙불량이 우려되므로 적정 균형시비 해야 한다.

Fig. 3. Contents of total phenolic and γ -oryzanol in 'Geonganghongmi'.

* Bar means standard deviation (n=3)

Fig. 4. Antioxidants (Brown rice) effects of 'Geonganghongmi'.

* Bar means standard deviation (n=3)

Table 11. Summarized results of local adaptability test of 'Geonganghongmi'.

Region	No. of tested sites	Nampyeongbyeo (MT/ha)	Milled rice of Geonganghongmi (MT/ha)					
			'07	'09	'10	Mean	Index(A/B)	Range
Middle plain	3	5.14(4.72) ^z	3.00	5.29	3.93	4.60	88(104)	3.61 ~ 5.67
Yeongam plain	1	5.27(4.18)	3.67	4.13	4.21	4.00	77(91)	3.67 ~ 4.21
Honam plain	3	5.29(4.08)	4.46	5.21	4.16	4.61	88(104)	3.61 ~ 5.54
Average	7	5.22(4.41)	4.34	5.09	4.07	4.50	86(102)	

^z () : Jeogjinjubyeo

Table 12. Results of local adaptability test of 'Geonganghongmi'.

Culture season	Region	Location	Geonganghongmi								Nampyeongbyeo							
			Heading date				Milled rice(MT/ha)				Index(A/B)				Milled rice(MT/ha)			
			2007	2009	2010	Avg.	2007	2009	2010	Avg.	2007	2009	2010	Avg.	2007	2009	2010	Avg.
Ordinary-planting (Standard fertilizer level)	Middle plain	Suwon	8.22	8.20	8.27	8.23	4.79	5.67	3.61	4.69	97	90	81	89	[4.93]	[6.28]	[4.48]	[5.23]
		Hwaseong	-	8.20	8.24	8.22	-	5.48	4.10	4.79	-	97	86	92	-	[5.67]	[4.76]	[5.22]
		Cheongwon	8.17	8.19	8.15	8.17	4.20	4.71	4.07	4.33	87	85	89	87	[4.84]	[5.53]	[4.56]	[4.98]
		Avg.	8.20	8.20	8.22	8.21	3.00	5.29	3.93	4.60	92	91	85	89	[3.26]	[5.83]	[4.60]	[5.14]
	Yeongnam plain area	Miryang	8.19	8.23	8.20	8.20	3.67	4.13	4.21	4.00	73	71	85	76	5.05	5.83	4.93	5.27
		Iri	8.18	8.19	8.18	8.18	4.34	4.97	3.61	4.31	81	85	79	82	5.36	5.84	4.59	5.26
		Yesan	8.18	8.19	8.16	8.17	4.67	5.54	4.61	4.94	90	100	96	95	5.20	5.54	4.80	5.18
		Naju	8.17	8.17	8.16	8.16	4.38	5.11	4.26	4.58	80	91	82	84	5.48	5.60	5.19	5.42
		Avg.	8.18	8.18	8.17	8.17	4.46	5.21	4.16	4.61	84	92	86	87	5.35	5.66	4.86	5.29
	Mean		8.19	8.20	8.19	8.19	4.34	5.09	4.07	4.50	85	88	85	86	5.14	5.76	4.76	5.22

적 요

기능성 유색미에 대한 소비자 요구에 따라 흑미계통인 ‘밀양 152호’에 유리당 함량이 높은 유전자원인 ‘sugary’를 교배한 후 기능성 성분을 높이고자 ‘sugary’로 여교배한 다음 계통육종 방법으로 육성한 ‘건강홍미’의 주요 특성을 요약하면 다음과 같다. ‘건강홍미’의 출수기는 중부 및 남부평야지 보통기 재배에서 3개년 평균 8월 19일로 ‘남평벼’에 비해 5일 늦은 중만생종이다. 간장은 81cm로 ‘남평벼’보다 9cm 정도 더 큰편이며, 이삭은 길이가 20cm로 ‘남평벼’보다 2cm 정도 약간 길고 주당수수는 ‘남평벼’ 3개 정도 많았으나 수당립수는 86개로 ‘남평벼’보다 적었다. 등숙률은 83.8%로 ‘남평벼’보다 낮고 현미 천립중은 19.8g으로 약간 가벼웠다. ‘건강홍미’의 냉수구 출수지연일수는 남평벼 대비 3일정도 짧지만 저온발아성 (98%)과 수발아율 (67.9%)은 ‘남평벼’보다 높았고 도복에는 약한 편이었다. ‘건강홍미’는 잎도열병 발모자리 검정에서는 2.7로 저항성 반응을 나타냈고, 줄무늬잎마름병에는 저항성이나 흰잎마름병, 바이러스병 및 기타 해충에는 감수성이었다. ‘건강홍미’의 쌀수량은 4.5MT/ha로 ‘남평벼’보다 14% 감소되었으나 ‘적진주벼’에 비해서는 2% 증수하였다. ‘건강홍미’는 70%에탄올 추출조건에서 ‘적진주벼’에 비해 폴리페놀 함량이 높았으며 추출된 폴리페놀을 이용한 향산화 활성검정에서도 ‘적진주벼’보다 높은 활성을 나타냈다.

사 사

본 ‘건강홍미’품종은 농촌진흥청 연구사업(세부과제명: 건강 증진 기능성 벼 품종개발, 세부과제번호: PJ01026801)의 지원에 의해 이루어진 것임. 본 ‘건강홍미’를 육성함에 있어 협력하여 주신 국립식량과학원 소속의 벼 육종연구진, 농촌진흥청 연구정책국, 기술지원국 및 각도 농업기술원 관계관계 깊은 감사를 드리는 바이다.

REFERENCES

1. Lee DY, Shrestha S, Seo WD, Lee MH, Jeong TS, Cho JH, Song YC, Kang HW, Rho YD, Baek NI. 2012. Structural and quantitative analysis of antioxidant and low-density lipoprotein-antioxidant flavonoids from the grain of sugary rice. *J. Med. Food* 15: 399-405.
2. National Institute of Crop Science (NICS), RDA. 2010. Annual Report. pp. 20.
3. Rural Development Administration (RDA). 2007a. Report of Development New Variety of Summer Crops. pp. 9-189.
4. Rural Development Administration(RDA). 2007b. Research Plan of Development New Variety of Summer Crops. pp. 7-70.
5. Rural Development Administration (RDA). 2009. Report of Development New Variety of Summer Crops. pp. 13-208.
6. Rural Development Administration (RDA). 2010. Report of Development New Variety of Summer Crops. pp. 5-175.
7. Seo WD, Kim JY, Song YC, Cho JH, Jang KH, Han SI, Ra JE, Oh SH, Kang HJ, Kim BJ, Baek NI, Jeong RH, Nam MH. 2013. Comparative Analysis of Physicochemicals and Antioxidative Properties in New Red Rice (*Oryza sativa* L. cv. Geonganghongmi). *J. Crop Sci. Biotech.* 16(1) : 63~68.
8. Song YC, Lee JS, Ha WG, Hwang HG, Lim SJ, Yeo US, Park NB, Kwak DY, Jang JK, Lee JH, Park DS, Jung KH, Jeong EK, Nam MH, Kim YD, Kim MK, Kwon OH, Oh BG. 2010. A New Early Maturing Blackish Purple Pigmented Glutinous Rice Variety, ‘Josaengheugchal’. *Kor. J. Breed. Sci.* 42(3) : 262~266.
9. Song YC, Lee JH, Lee JY, Kim CS, Kim SR, Jung KH, Park NB, Kwak DY, Ha WG, Lee JS, Kang HW, Cho JH. 2015. ‘Danmi’: A Medium-late Maturing Sugary Rice. *Kor. J. Breed. Sci.* 47(4) : 431~436.
10. Takahashi S, Ohtani T, Satoh H, Nakamura Y, Kawamukai M, and Kadowaki K. 2010. Development of coenzyme Q10-enriched rice using sugary and shrunken mutants. *Biosci. Biotechnol. Biochem.* 74: 182-184.
11. Vandenberg R, Guido RMMH, Henk VDB, Aalt B. 1999. Applicability of an Improved Trolox Equivalent Antioxidant Capacity (TEAC) Assay for Evaluation of Antioxidant Capacity Measurements of Mixtures. *Food Chem.* 66 : 511-517.
12. Yang CI, Lee KS, Choi YH, Jung KH, Jung OY, Hwang HG, Lee JH, Kim HY, Hong HC, Lee SB, Lee YT, Yang SJ, Kang KH, Cho YC, Kim SL. 2011. A New Reddish Brown Color Rice Cultivar ‘Hongjinju’. *Kor. J. Breed. Sci.* 43(6) : 513~518.
13. Yang CI, Lee SB, Jeong JM, Kim MK, Lee KS, Lee JH,

Hwang HG, Choi YH, Kim YG, Shin YS, Jeong OY,
Hong HC, Chun AR, Oh SK, Jeung JU, Kang KH, Kim
CY. 2012. New Early Maturing, Reddish Pericarp and

High Antioxidants Glutinous Rice Variety, 'Jeogjinjuchal'.
Kor. J. Breed. Sci. 44(4) : 637~642.