쓰러짐에 강하고 수량성이 우수한 팥 품종 ‘홍진’

송석보^{1*} · 고지연² · 우관식² · 최명은¹ · 추지호¹ · 하태정¹ · 한상익¹ · 광도연¹

¹농촌진흥청 국립식량과학원, ²농촌진흥청 연구정책국

A Small Redbean Cultivar ‘Hongjin’ with Lodging Tolerance and High Yield

SeokBo Song^{1*}, JeeYeon Ko², KoanSik Woo², MyeongEn Choe¹, Jiho Chu¹, TaeJoung Ha¹, Sangik Han¹, and DoYeon Kwak¹

¹Department of Southern Area Crop Science, NICS, RDA, Miryang 50424, Republic of Korea

²Research Policy Bureau, RDA, Jeonju 54875, Republic of Korea

Abstract A new small redbean cultivar, ‘Hongjin’, was developed by an artificial cross between ‘SA9206-2B-6-1-2-3-2’ and ‘Suwon38’ at the National Institute of Crop Science, RDA, Korea, in 1999, and selected for the further yield trials under the name ‘Miryang 23’. It was prominent and had desirable agronomic traits, such as high grain quality, lodging tolerance, and high antioxidant activity in the regional adaptation yield trials (RYT) from 2013 to 2015. ‘Hongjin’ was finally released as a new cultivar in 2015. ‘Hongjin’ has some distinct phenotypic traits, including a semi-determinate growth habit, yellow flowers, green embryonic axis, dark red seed coat, white hilum, and small spherical seeds (15.4 g per 100 seeds). The average yield of ‘Hongjin’ was 1.99 MT/ha in the regional yield trials (RYT), which was slightly higher than that of the check cultivar ‘Chungju’ (1.84 MT/ha) (Registration No. 7510).

Keywords Small redbean, Adzukibean, Hongjin, Lodging resistance

Received on October 14, 2019. Revised on October 15, 2019. Accepted on November 1, 2019.

* Corresponding Author (E-mail: songsb1254@korea.kr, Tel: +82-55-350-1243, Fax: +82-353-3050)

서 언

팥(*Vigna angularis* (Willd.) Ohwi & Ohashi)은 한국을 비롯 한 일본, 중국 등 동아시아 지역에서 많이 재배되어 왔다(Rho et al. 2003). 2017년 현재 우리나라 팥 재배면적은 4,386 ha에서 5,001톤이 생산되고 있다. 팥은 두과작물 일년생 콩과(Fabaceae, Leguminosae) 식물로 콩 다음으로 재배면적이 큰 작물이다. 콩에 비하여 수량성은 낮으나, 기후 및 토양에 대한 적응성이 우수하여 다양한 작부체계에 유용하게 이용될 수 있다(Rho et al. 2003). 팥은 주로 팥죽과 팥밥 등의 주식재료로 사용하는 한편, 떡이나 빵, 과자 등의 다양한 식재료로도 사용되고 있다(Kim et al. 2003). 팥은 최근 현대인의 건강식품으로서 뿐만 아니라 천연색소(Bae & Jung 2010), 다이어트 음료(Song et al. 2011), 미백용 화장품(Lee 2015) 등의 다양한 용도로 활용되고 있다. 팥은 단백질과 지방질 함량이 낮고 탄수화물이 높은 두류 작물로서 단백질은 약 20%, 탄수화물이 약 50% 정도 함유되어 있으며 탄수화물은 대부분 전분으로 이루어져 있다.

팥에 함유된 유리아미노산은 glutamic acid 함량이 제일 많고 aspartic acid, arginine acid, serine 순으로 많다(Koh et al. 1997). 특히 쌀의 제한 아미노산인 라이신 함량이 높으므로 쌀과 혼식하면 아미노산 보충효과로 단백질의 질을 향상시켜 준다(Chang 1999). 이외에도 팥은 비타민 B₁이 많이 함유되어 있고 신장병, 각기병, 숙취 등에도 효과가 있는 것으로 알려져 있다(Chio et al. 2002). 또한 팥의 외피에는 사포닌과 콜린이라는 성분이 들어있어 항암효과와 성인병 예방에도 도움이 된다고 알려져 있으며, 팥에 포함된 사포닌은 0.3% 정도이며 항균활성을 가지고 있다(Kang & Han 2012). 팥의 열량은 337 kcal정도로 낮고(Hwang et al. 2005) 팥의 식이섬유는 5% 수준으로 장운동을 도와 변비 해소에도 좋다(Kim et al. 2003). 팥의 색소는 anthocyanin 계열의 cyanidin으로 알려져 있으며(Yoshida et al. 1996), 이들 색소는 항산화(Arigo et al. 1988) 및 항종양 효과(Koide et al. 1997)를 나타내는 것으로 보고되었다. 팥 품종은 2019년 현재까지 19품종이 개발되어 있고, 가장 많이 재배되고 있는 품종은 ‘아라리’(Song et al. 2016)이다. ‘아라리’는 쓰러짐에 강하고 양금가공

적성이 우수한 품종으로 기계수확이 가능하다. 최근 개발된 팔 품종인 ‘서나’는 쓰러짐에 강하고 꼬투리 달리는 위치가 높아 기계수확에 적합하다(Song et al. 2018).

지금까지 팔 재배농가에서는 붉은 팔으로서 대부분 재래종이나 ‘충주팔’을 재배하고 있으나 이들은 잘 쓰러지고 덩굴성이 되기 쉬운 특성으로 기계화 재배가 곤란하다. 국립식량과학원에서는 이러한 단점을 보완한 팔 품종을 개발하고자 노력한 결과, 직립성의 내도복 다수성 팔 신품종 ‘홍진’을 육성하고 2015년 농촌진흥청의 직무육성신품종선정위원회의 심의를 거쳐 농가에 보급하게 되었다. 본 연구에서는 ‘홍진’ 팔의 육성경위와 주요 특성을 보고하고자 한다.

재료 및 방법

팔 신품종 ‘홍진’(밀양23호)의 특성 및 수량검정 시험은 2013년도부터 2015년도까지 3년간 청원, 익산, 춘천, 밀양 등 4개소에서 수행하였으며, 대비품종인 ‘충주팔’과 수량성 등을 비교 검토하였다. 각 지역에서 시험에 사용한 품종은 중부지역의 경우에는 6월 중순, 남부지역은 6월 하순에 재식거리는 $60 \times 10 \sim 15$ cm로 파종하였고, 입모 후 1주 2본으로 주수를 조정하였다. 시험구는 매년 밀양은 난괴법 4반복, 나머지 3개소는 3반복으로 배치하였으며, 기타 재배법은 농촌진흥청 팔 표준재배법에 준하였다. 생육 특성 및 수량성 조사는 농촌진흥청 시험연구 조사기준(RDA 2012)에 준하여 실시하였다. 또한 내병충성은 팔모자익바이러스, 흰가루병, 갈반병에 대해 포장발병정도를 0-9로 조사하였다. 본 실험은 SAS 프로그램(Ver. 9.2)을 사용하여 통계분석을 하였으며 각 시료간의 유의성 검증은 던컨의 다중범위시험법(Duncan's multiple)으로 $p < 0.05$ 수준에서 유의성을 검증하였다.

종자의 영양성분 및 기능성 성분 함량은 단백질, 무기성분 함량 및 폴리페놀, 플라보노이드, 항산화 활성 등을 조사하였다. 일정량의 시료를 습식 분해한 후 100 mL로 정용한 후 분석용 시료로 사용하였다. 단백질 함량은 Kjeldahl 분석기(2300 Kjeltec Analyzer Unit, Foss Tecator, Hoeganaes, Sweden)를 이용하여 분석하였고, 무기성분의 함량은 550°C 에서 회화한 후 0.5 N 질산을 첨가하여 가운해서 녹이고 GF/C여과지로 여과한 다음 ICP (Inductively Coupled Plasma, Optima-3300DV, Perkin-Elmer, Norwalk, CT, USA)로 분석하였다. 시료의 항산화 성분 분석은 시료의 일정량을 취하여 80% 에탄올로 상온에서 24시간 동안 3회 진탕추출(WiseCube WIS-RL010, Daihan Scientific Co., Ltd., Seoul, Korea)한 다음 여과하여 -20°C 냉동고에 보관하여

분석용 시료로 사용하였으며, 시료의 농도는 추출용매를 이용하여 $100 \mu\text{g/mL}$ 의 농도로 보정하여 사용하였다. 팔 추출물에 대한 총 폴리페놀 함량은 Folin-Ciocalteu phenol reagent가 추출물의 폴리페놀성 화합물에 의해 환원된 결과 몰리브덴 청색으로 발색하는 것을 원리로 분석하였다(Dewanto et al. 2002). 각 추출물 50 μL 에 2% Na_2CO_3 용액 1 mL를 첨가한 후 3분간 방치한 후, 50% Folin-Ciocalteureagent (Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA) 50 μL 를 첨가하였다. 30분 반응 시킨 후, 반응액의 흡광도 값을 750 nm에서 측정하였고, 표준물질인 gallic acid (Sigma-Aldrich)를 이용하여 검량선을 작성하였으며, 시료 g 중의 mg gallic acid equivalent (GAE, dry basis)로 나타내었다. 총 플라보노이드 함량은 Dewanto (2002) 등의 방법에 따라 추출물 250 μL 에 증류수 1 mL와 5% NaNO_2 75 μL 를 첨가한 다음, 5분 후, 10% $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 150 μL 를 첨가하였다. 상온에서 6분 방치한 후 1 N NaOH 500 μL 를 첨가하였다. 11분간 반응 시킨 후, 반응액의 흡광도 값을 510 nm에서 측정하였다. 표준물질인 (+)-catechin (Sigma-Aldrich)를 이용하여 검량선을 작성하였으며, 시료 g 중의 mg catechin equivalent (CE, dry basis)로 나타내었다. 추출물에 대한 항산화활성은 ABTS (2,2'-azino-bis-3-ethylbenzo-thiazoline-6-sulfonic acid, Sigma-Aldrich) 및 DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl, Sigma-Aldrich) radical의 소거 활성을 측정하였다(Choi et al. 2006). ABTS radical의 소거 활성은 ABTS 7.4 mM과 potassium persulphate 2.6 mM을 하루 동안 어두운 곳에 방치 하여 ABTS 양이온을 형성시킨 후 이 용액을 735 nm에서 흡광도 값이 1.4~1.5가 되도록 물 흡광계수($\epsilon = 3.6 \times 10^4 \text{ M}^{-1} \text{ cm}^{-1}$)를 이용하여 메탄올로 희석하였다. 희석된 ABTS 용액 1 mL에 추출액 50 μL 를 첨가하여 흡광도의 변화를 정확히 30분 반응시킨 후에 측정하였다. DPPH radical의 소거 활성은 0.2 mM DPPH용액(99.9% ethanol에 용해) 0.8 mL에 시료 0.2 mL를 첨가한 후 520 nm에서 정확히 30분 반응시킨 후에 흡광도 감소치를 측정한다. ABTS 및 DPPH radical의 소거 활성은 mg TE (Trolox equivalent antioxidant capacity)/g extract residue (ER)로 나타내었다.

결과 및 고찰

육성경위

팔 신품종 ‘홍진’은 국립식량과학원 남부작물부에서 내도복, 다수성 품종 육성을 위해 ‘SA9206-2B-6-1-2-3-3-2’을 모본으로 하고 ‘Suwon38’을 부분으로 하여 1999년 인공교배하고, 2000년

및 2001년에 F₁, F₂ 세대 집단을 양성하고, F₃부터 계통육종법으로 선발한 'SA9910-2B-12-2-4-3-5-3' 계통이다. 2011년과 2012년도에 실시한 생산력검정시험에서 도복에 강하고 수량성 등이 우수한 계통으로 판단되어 '밀양23호'의 계통명을 부여하였다. '밀양23호'는 2013년부터 2015년 까지 3년간 밀양 등 전국 4개 지역에서 적응성 검정을 실시한 결과, 그 우수성이 인정되어 2015년 12월 농작물 직무육성신품종선정위원회에서 신규등록 품종으로 결정하고 '홍진'으로 명명 하였다(RDA 2015). '홍진'의 육성 과정은 Fig. 1과 같다.

식물학적 및 농업적 특성

'홍진'은 중간신육형으로 잎의 모양은 원형으로 크고 줄기는 녹색이다. 꽃은 황색이며 꼬투리는 황갈색이다. 종피색은 암적색이며 배꼽색은 백색이다(Table 1). '홍진'의 생육특성을 '충주팔'

과 비교해 보면 개화기는 8월 21일이고, 성숙기는 9월 27로서 '충주팔'에 비해 개화기는 5일 늦고 성숙기는 4일이 빠르다. 경장은 54 cm로서 '충주팔' 보다 11 cm 짧고 개체당 협수는 22개로 '충주팔'과 비슷하였으나 100립중은 15.4 g으로 '충주팔'보다 종실이 큰 품종이다(Table 2).

내재해 및 내병충성

'홍진'의 포장에서의 도복성은 '충주팔' 보다 강하였으며, 수량과 품질에 영향을 크게 미치는 팔모자익바이러스, 흰가루병, 갈반병에 대한 저항성은 '충주팔'과 비슷한 수준이었다(Table 3).

종실 품질

'홍진'의 단백질 함량은 21.8%로서 '충주팔'과 비슷하였으며 곡실의 무기성분 중 칼륨과 칼슘, 마그네슘, 나트륨 함량은 각각

Fig. 1. Pedigree diagram of a new small redbean variety 'Hongjin'.

Table 1. Inherent characteristics of 'Hongjin' determined by the regional yield trial from 2013 to 2015.

Variety	Growth habit	Embryonic color	Stem color	Flower color	Leaf shape	Pod color	Seed coat color	Hilum color
Hongjin	Semi-determinate	Green	Green	Yellow	Orbicular	Yellow brown	Dark red	White
Chungju	Determinate	Green	Green	Yellow	Orbicular	Yellow	Dark red	White

Table 2. Agronomic characteristics of 'Hongjin' determined by the regional yield trial from 2013 to 2015.

Variety	Flowering date	Maturity date	Stem height (cm)	No. of pods/plant	Seeds/pod	100-seed weight (g)
Hongjin	Aug. 21	Sep. 27	54 b ^z	22 a	6.9 a	15.4 b
Chungju	Aug. 16	Oct. 1	65 a	23 a	6.3 a	14.0 a

^zThe same letters are not significantly different between varieties at the 5% probability level by DMRT.

Table 3. Resistance of ‘Hongjin’ to lodging and major disease from 2013 to 2015.

Variety	Lodging (1-9)	Field resistance (0-9) ^z		
		Azuki bean mosaic virus	Powdery mildew	Brown leaf spot
Hongjin	3	0	1	1
Chungju	5	0	1	3

^z0: tolerant, 9: susceptible**Table 4.** Protein and inorganic contents of ‘Hongjin’ estimated in 2015.

Variety	Protein (%)	Inorganic content (mg/100g)			
		K	Ca	Mg	Na
Hongjin	21.8 a ^z	1102.9 a	72.5 b	170.8 a	25.6 b
Chungju	19.4 a	1099.2 a	90.3 a	175.8 a	40.3 a

^zThe same letters are not significantly different between varieties at the 5% probability level by DMRT.**Table 5.** Antioxidant compounds and radical-scavenging activity of ‘Hongjin’ estimated in 2015.

Variety	Antioxidant compounds		Radical-scavenging activity	
	Polyphenol (mg GAE/100 g)	Flavonoid (mg CE/100 g)	ABTS (mg TE/100 g)	DPPH (mg TE/100 g)
Hongjin	179.3 b ^z (133) ^y	127.1 b (167)	663.2 b (115)	434.8 b (146)
Chungju	135.1 a (100)	75.9 a (100)	574.9 a (100)	297.6 a (100)

^zThe same letters are not significantly different between varieties at the 5% probability level by DMRT.^yMean yield of Hongjin/mean yield of chungju × 100**Table 6.** Results of yield trials of ‘Hongjin’ at Milyang from 2011 to 2012.

Variety	Yield (MT/ha)			
	PYT (2011) ^y	AYT (2012) ^x	Mean	Index ^w
Hongjin	1.69 b ^z	2.07 b	1.88 b	115
Chungju	1.58 a	1.69 a	1.76 a	100

^zThe same letters are not significantly different between varieties at the 5% probability level by DMRT.^yPYT: Preliminary yield trial in 2011.^xAYT: Advanced yield trial in 2012.^wIndex: Mean yield of Hongjin/mean yield of chungju × 100**Table 7.** Yield of ‘Hongjin’ on the regional yield trials carried out at 4 locations.

Location	Hongjin (MT/ha)				Chungju (MT/ha)				Index (a/b × 100)
	2013	2014	2015	Mean (a)	2013	2014	2015	Mean (b)	
Cheongwon	1.32	1.75	1.45	1.51	1.15	1.73	1.62	1.50	101
Chunchen	2.97	2.35	1.87	2.40	2.52	2.29	1.83	2.21	109
Iksan	2.54	1.34	1.42	1.77	2.23	1.51	1.43	1.73	102
Miryang	2.37	2.11	2.34	2.27	2.19	1.86	1.69	1.91	119
Mean	2.30	1.89	1.77	1.99	2.02	2.02	1.65	1.84	108

1102.9와 72.5, 170.8, 25.6 mg/100 g으로 칼륨과 마그네슘 함량은 ‘충주팔’과 비슷하였으나 칼슘과 나트륨 함량은 낮은 것으로 나타났다(Table 4). 또한 ‘홍진’의 총 폴리페놀, 플라보노이드의 항산화 성분 함량은 각각 179.3 mg GAE/100 g, 127.1 mg CE/100 g으로 ‘충주팔’ 보다 1.3배, 1.7배 정도 더 높았다. Radical 소거 활성인 ABTS와 DPPH도 663.2와 434.8 mg TE/100 g으로 ‘충주팔’ 대비 각각 1.2배, 1.5배 정도 높은 것으로 나타났다(Table 5).

수량성

‘홍진’은 2011년과 2012년, 2년간 실시한 생산력검정시험에서 평균수량은 1.88 MT/ha로 표준품종인 ‘충주팔’에 비하여 15% 증수하였으며(Table 6), 2013년부터 2015년에 걸쳐 3년간 실시한 청원, 익산, 밀양, 춘천 등 4개소 지역적응시험에서 평균수량은 1.99 MT/ha로 ‘충주팔’보다 8% 증수하였다(Table 7).

재배상의 유의점

‘홍진’의 적정 파종기는 중부지역은 6월 중순에서 6월 하순, 남부지역은 6월 하순에서 7월 상순이며 산간고랭지에서 재배시에는 서리피해가 발생하지 않도록 유의하고, 수량성 확보를 위하여 개화기와 착엽기 등의 시기에 충분한 관수가 필요하다.

적 요

‘홍진’은 국립식량과학원 남부작물부에서 2015년도에 육성한 적색종피의 팥 신품종으로 1999년에 내도복 다수성품종 육성을 위해 ‘SA9206-2B-6-1-2-3-3-2’을 모본으로 하고 ‘Suwon38’을 부분으로 인공교배하여 계통육종법으로 선발하였고 계통명은 ‘밀양23호’이다. ‘홍진’은 중간신육형으로 잎은 원형으로 크고 줄기는 녹색이며 헝은 황갈색이다. ‘홍진’의 성숙기는 9월 27일로 ‘충주팔’에 비해 4일 빠르고 개화기는 5일 늦다. 경장은 54 cm로서 ‘충주팔’ 보다 짧고 개체당 헝수는 ‘충주팔’과 비슷하다. 100립 중은 15.4 g으로 대립종이며, 평균 수량은 1.99 MT/ha로 ‘충주팔’보다 8% 증수하였다. ‘홍진’은 내도복성이 ‘충주팔’에 비해 매우 강하며 내병성은 비슷한 것으로 나타났다.

사 사

본 논문은 농촌진흥청 시험연구사업(과제번호: PJ011346012019)의 지원에 의해 이루어진 것임.

REFERENCES

- Ariga T, Koshiyama I, Fukushima D. 1988. Antioxidative properties of procyanidins B-1 and B-3 from azuki beans in aqueoussystem. *Agr Biol Chem* 52: 2717-2722.
- Bae DG, Jung YS. 2010. Colorant extracting and its storage stability from red bean and black bean seed coat. *Agric Rex Bull Kyungpook National Univ* 28: 31-38.
- Chang HG. 1999. Information on food for the health of modern people. Shinkwang Publishing Co., Seoul, Korea. pp. 46-50.
- Choi SY, Jeong YJ, Lee SJ, Chi OH, Chegal SA. 2002. Food and health for modern people. Dongmyungsa, Seoul, Korea. pp. 244-246.
- Choi Y, Lee SM, Chun J, Lee HB, Lee J. 2006. Influence of heat treatment on the antioxidant activities and polyphenolic compounds of Shiitake (*Lentinus edodes*) mushroom. *Food Chem* 99: 381-387.
- Dewanto V, Xianzhong W, Liu RH. 2002. Processed sweet corn has higher antioxidant activity. *J Agr Food Chem* 50: 4959-4964.
- Hwang CS, Jeong DY, Kim YS, Na JM, Shin DH. 2005. Effects of enzyme treatment on physicochemical characteristics of small red bean percolate. *Korean J food Sci Technol* 37: 189-193.
- Kang SJ, Han YS. 2012. Studies on the anti-oral microbial activity and selected functional component of small red bean extract. *Korean J food Cookery Sci* 28: 41-49.
- Kim CG, Oh BH, Na JM, Sin DH. 2003. Comparison of physicochemical properties of Korean and Chinese red bean starches. *Korean J Food Sci Technol* 35: 551-555.
- Koh KJ, Shin DB, Lee YC. 1997. Phsicochemical properties of aqueous extracts in small red bean, mung bean and black soybean. *Korean Science of Food Science and Technology* 29: 854-859.
- Koide T, Hashimoto Y, Kamei H, Kojima T, Hasegawa M, Terabe K. 1997. Antitumor effect of anthocyanin fractions extracted from soybeans and red beans in vitro and in vivo. *Cancer Biother Radiopharm* 12: 277-280.
- Lee SY. 2015. Analysis of skin mechanism and an application for functional cosmetic from redbean (*Phaseolus angularis*) shell extract. pp. 1-138.
- RDA (Rural Development Administration). 2012. Agricultural science technology standards for investigation of research. Jeonju, Korea, RDA.
- RDA (Rural Development Administration). 2015. Research plan of development new variety of summer crops. pp. 105-111.
- Rho CW, Son SY, Hong ST, Lee KH, Ryu IM. 2003. Agronomic characters of Korean adzuki beans (*Vigna angularis* (Willd.) Ohwi & Ohashi). *Korean J Plant Res* 16: 147-154.
- Song SB, Ko JY, Woo KS, Choe ME, Kwak DY, Woo KS, Moon JK, Han SIK, Han WY, Choe ME, Ko JC, Oh IS. 2016. A New Small Redbean Cultivar ‘Arari’ with Lodging Resistance and High-Quality. *Korean J Breed Sci* 48: 374-377.
- Song SB, Ko JY, Woo KS, Choe ME, Jung TW, Moon JK, Ha TJ. 2018. A New Small Red bean Cultivar ‘Seona’ with Mechanization Harvesting and Lodging Resistance. *Korean J Breed Sci* 50: 314-318.
- Song SB, Seo HI, Ko JY, Lee JS, Kang JR, Oh BG, Seo MC, Yoon YN, Kwak DY, Nam MH, Woo KS. 2011. Quality characteristics of Adzuki bean sediment according

- to variety. J Korean Soc Food Sci Nutr 40: 1121-1127.
19. Yoshida K, Sato Y, Okuno R, Kameda K, Isobe M, Kondo T. 1996. Structural analysis and measurement of anthocyanin from colored seed coats of Vigna, Phaseolus and Glycine Legumes. Biosci Biotechnol And Biochem 60: 589-593.