도복 및 내재해성에 강한 다수성 찰수수 “남풍찰”

최명은^{1*} · 김정인¹ · 정태욱² · 곽도연¹ · 김기영² · 고지연¹ · 우관식¹ · 송석보¹ · 정기열¹ · 오인석¹

¹농촌진흥청 국립식량과학원, ²농촌진흥청 연구정책국

Waxy Sorghum (*Sorghum bicolor* L.) Variety ‘Nampungchal’ with Lodging Resistant and High Yield

Choe Myeong-Eun¹, Kim Jung-In¹, Jung Tae-Wook², Kwak Do-Yeon¹, Kim Ki-Young²,
Ko Jee-Yeon¹, Woo Koan-Sik, Song Seok-Bo¹, Jung Ki-Youl¹, and Oh In-Seok¹

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

²Research Policy Bureau, RDA, Jeonju 54875, Korea

Abstract : ‘Nampungchal’ is a *Sorghum bicolor* L. developed and registered by Department of Southern area crop science, NICS, RDA in 2012. This variety was developed through pure line breeding method from ‘Namhae’ landrace. ‘Nampungchal’ is a medium maturing variety having 68 days from planting to heading of sorghum in Miryang, Korea. The plant is pigmented (purple), the glumes and grains are red-brown with waxy endosperm. The panicle has less compact shape and the length is 23 cm. The grain yield of ‘Nampungchal’ is about 2.28MT/ha that is higher 9%, when compared with standard variety ‘Hwanggeumchal’. Culm length and width are about 142 cm and 20.2 cm, respectively. It could be reduce the lodging problem by thicker stems and also adapted to mechanized cultivation. ‘Nampungchal’ does produce high quantities of polyphenol and tannin contents with DPPH radical scavenging activity in pigmented testa. The object of this breeding program is improvement for mechanized production with high yield potential, lodging resistant, and responsive to favorable environmental conditions.

Keywords : *Sorghum bicolor* L., Nampungchal, Glutinous, Variety

서 언

수수(*Sorghum*, *Sorghum bicolor* L.)는 세계 5대 곡물로 전세계 평균 1.45Mt/ha의 수량성으로 4,200만 ha에서 재배되고 있다(FAO 2012). 대부분의 수수는 반건조, 아열대 지방에서 생산되며 강우량이 많은 지역에서의 재배는 제한적이다.

수수는 지역에 따라 재배 목적이 다른데, 아시아와 아프리카에서는 주로 종실을 식량으로 소비하고 유럽에서는 식물체 전체를 사료용이나 산업용으로 이용하고 있다(Dykes et al. 2005). 이용 방법이 다양한 만큼 육종 목표도 세분화되지만 우리나라와 같이 종실을 이용하는 경우에는 높은 수량성과 단간, 내도복성, 환경 적응성이 높은 품종을 육종목표로 하고 있다. 또한 수수는 C4 작물로 고온, 높은 광도, 적은 요소량 적응성을 가지는 광합성

효율이 높아 향후 기후 온난화에 적응성이 강한 작물로 주목 받고 있다(Paterson et al. 2009).

우리나라에서는 오래전부터 찰수수를 이용하여 전통음식인 수수 부꾸미, 수수 떡, 문배주와 혼반용으로 소비했으며, 최근 소비자의 건강에 대한 관심과 식품산업의 발전으로 소화흡수율과 콜레스테롤수치를 줄이고, 항산화, 항암 능력을 가지는 식품에 대한 관심도가 증가함에 따라 수수에 대한 연구도 활발한 실정이다. 다수의 논문들이 수수의 영양학적 가치와 그 기능성에 대해 연구해 왔으며 낮은 소화흡수율 (Anglani 1998)과 높은 항산화능(Dykes & Rooney 2006), 항염증, 항암효과(Bralley et al. 2008, Awika et al. 2009, Yang et al. 2009)와 천연 색소(Awika et al. 2004)가 대표적이다. 대부분의 건강기능성은 페놀화합물에서 유래되는 것으로 모든 수수는 페놀화합물을 가지고 있다. 다만 그 형태와 양은 유전형과 유전자에 영향을 받는다(Dykes and Rooney 2006).

수수는 대표적 자식성 식물이지만 타식물이 0~30%로 순계유

*Corresponding author (E-mail: cme0807@korea.kr, Tel.: +82-55-350-1244; Fax: +82-55-352-3059)

(Received on February 16, 2016. Accepted on April 20, 2016.)

지를 위한 노력이 필요하다(Fehr and Hadley 1980)이 기존의 재래종은 종자의 혼입도가 높아 일정한 품질의 생산물을 얻기 어렵고 키가 일정하지 않아 기계화 수확이 어렵다. 안정적인 수수 생산과 기계수확을 위해서는 재래종의 순계분리 및 교잡육종을 통한 우수품종의 육종이 필요하다. 우리나라의 농가에서 주로 재배되어온 재래수수는 대부분 키가 2 m이상으로 도복에 약하고 병해충에 취약해 품질이 불균일하다. 따라서 도복 및 내재해성에 강하고 기능성 물질을 다량 함유하고 있는 다수성 찰수수 품종육성이 필요한 실정이다. 현재까지 국내 수수 육성품종은 강원도농업기술원에서 지역재래종을 순계분리한 찰수수 ‘황금찰’과 국립식량과학원에서 개발된 지역재래종 순계분리종 메수수 ‘동안메’가 있다. 이에 국립식량과학원의 잡곡 육종연구진은 지역별로 우수한 재래종을 순계분리하여 도복에 강하고, 수량이 높아 재배성이 우수하고, 혼반용으로 적합한 찰수수 품종육성에 노력을 기울여 왔던 바(Ko et al. 2015) ‘남풍찰’을 개발하여 2012년 농촌진흥청의 직무육성 신품종 선정위원회의 심의를 거쳐 보급하게 되었기에 그 육성경위와 주요 특성을 보고하고자 한다.

재료 및 방법

본 시험은 2011~2012년 밀양, 수원, 해남, 괴산, 원주 5개 지역에서 보통기 표준재배를 수행하였고, 표준품종 ‘황금찰’과 비교 검토하였다. 각 지역에서 시험에 공시한 품종은 보통기 재배로 5월 15일에 파종하여 15일 동안 육묘하여 5월 30일에 정식하였으며 재식거리는 60×20 cm로 주당 1본으로 재식하였으며, 시험구는 난괴법 3반복으로 배치하였다. 시비량은 ha당 N-P₂O₅-K₂O로서 100-70-80 kg을, 퇴비는 10 ton을 전량기비로 사용하였다. 생육특성으로 간장, 출수일수, 엽장, 엽폭 등을 조사하였으며, 수량관련 특성으로 주당이삭중, 현곡천립중을 조사하였다. 출수일수는 파종에서부터 출수가 50% 되었을 때의 기간을 출수소요일로 하였다. 그 외의 조사는 농촌진흥청 연구조사분석기준에 따라 조사하였다.

‘남풍찰’의 배유특성을 알고자 아밀로스 함량을 분석하고, 영양성분 및 기능성을 평가하고자 무기성분 및 폴리페놀, 탄닌, 항산화활성을 조사하였다. 아밀로스 함량은 아밀로스가 나선구조 속에 요오드 분자를 결합시켜 안정된 청자색 혼합물을 형성시키는 특성을 이용하여 아밀로스-요오드 혼합물의 청색을 가장 많이 흡수하는 적색파장에서의 흡광도를 비색계(Multiskan Spectrum, Thermo Fisher Scientific, Vantaa, Finland)를 이용하여 620 nm에서 측정하였으며, 표준품으로 pure potato

amylose(Cat. No. S2004, Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA)를 이용하여 정량하였다(Jeong et al. 2006). 칼륨, 칼슘, 마그네슘 및 나트륨 함량을 분석하기 위해 일정량의 시료를 550°C에서 회화한 후 0.5 N 질산을 첨가하여 가온해서 녹이고 GF/C 여과지로 여과한 다음 25 mL 정용하여 분석용 시료로 사용하였고, ICP(inductively coupled plasma, Optima-3300DV, Perkin- Elmer, Norwalk, CT, USA)를 이용하여 분석하였다(Woo et al. 2010). 항산화 성분은 동결 건조하여 분쇄된 시료를 80% 에탄올로 진탕추출하여 얻은 추출물을 얻어 총 폴리페놀을 분석하였다. 총 탄닌의 함량 측정은 시료 1 mL에 95% ethanol 1 mL과 증류수 1 mL를 가하여 잘 흔들어 주고 5% Na₂CO₃용액 1 mL과 1 N Folin-ciocalteu reagent(Sigma-Aldrich) 0.5 mL를 가한 후 실온에서 60분간 발색시킨 다음 725 nm에서 흡광도를 측정하였으며, tannic acid(Sigma-Aldrich)를 표준물질로 검량선을 작성하여 mg tannic acid equivalent(TAE)/g(dry basis)로 나타내었다(Duval & Shetty 2001).

diphenyl-2-picrylhydrazyl(DPPH) 소거능 측정을 위해 DPPH 시약은 Sigma-Aldrich에서 구입하여 사용하였으며 methanol에 용해한 0.2 mM DPPH 용액 0.8 mL 시료 0.2 mL를 첨가한 후 암소에서 30분간 방치한 후 520 nm에서 흡광도를 측정하였다. DPPH 소거활성은 mg(Trolox equivalent(TE) antioxidant capacity)/100 g sample로 표현하였다(Choi et al. 2006).

2'-azino-bis-3-ethylbenzo-thiazoline-6-sulfonic acid ABTS radical의 소거활성은 ABTS 7.4 mM과 potassium persulphate 2.6mM을 하루 동안 암소에 방치하여 ABTS 양이온을 형성시킨 후 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 methanol로 희석하였다. 희석된 ABTS용액 1 mL에 추출액 50 μ L를 가하여 흡광도의 변화를 정확히 30분 후에 측정하였다. 소거활성은 mg (TE antioxidant capacity)/100 g sample로 표현하였다(Woo et al. 2010). 측정 방법은 Choi et al.(2006)의 방법을 변형하여 측정하였다. 통계처리에는 SAS(Statistical Analysis System, Ver 9.1, USA) 프로그램을 이용하였다.

결과 및 고찰

육성경위

‘남풍찰’은 도복 및 내재해성에 강한 다수성 찰수수를 육성하기 위해 2009년 경남 남해에서 수집한 자원으로부터 배유의 특성이 찰성이고 도복에 강한 자원을 선정하여 기본집단 양성

Fig. 1. Pedigree diagram of *Sorghum bicolor* L. 'Nampungchal'.

²⁾PYT: Preliminary yield trial, LAT: Local adaptability test.

Table 1. Days to heading between 'Nampungchal' and 'Hwanggeumchal' according region. (local adaptability test, 2011~2012)

Variety	Year	Region					
		Wonju	Goesan	Goesan	Suwon ^{y)}	Miryang	Mt
Nampungchal	2011	80 ^{z)}	-	71	-	68	74
	2012	76	73	69	(90)	69	72
Hwanggeumchal	2011	73	-	61	-	66	66
	2012	67	66	58	(87)	59	63
Mean		74	69.5	64.8	88.5 ^{y)}	65.5	68.8

^{z)} Days to heading indicate days when 50% of the plants have emerged seed heads.

^{y)} The Mean of days to heading excluded Suwon value which was planted on April 20th.

후 2009 ~ 2011년 4년간 분리육종법을 통해 순계 분리로 육성된 품종이다. 2011 ~ 2012년에 생산력 검정 시험과 기후생태가 다른 5개 지역에서 실시한 지역적응시험을 동시에 수행하면서 '밀양4호'로 계통명을 부여 받으면서, 특성을 검정한 결과 신품종 보호출원 요건에 합당함이 인정되어 2012년 농촌진흥청의 농작물직무육성 신품종선정위원회에서 보호출원 품종으로 선정되었다. '남풍찰'의 품종명은 남해에서 수집한 찰수수란 의미로 부여됐으며, 품종의 육성과정은 Fig.1과 같다.

주요 특성

1. 출수기 및 생육기간

'남풍찰'은 Table 1과 같이 5개소 보통기 5월 중순 재배에서 평균출수일수는 73일, '황금찰'이 65일로 8일 차이가 나는 중생종임.

2. 잎과 줄기

'남풍찰'의 간장 길이는 평균 142cm로 황금찰보다 10cm길며, 엽장이 좀더 넓은편이다. 줄기의 굵기가 남풍찰은 평균 20.2mm, 황금찰은 15mm로 줄기의 직립강도와 도복 저항성이 황금찰보다 강하다(Table 2).

3. 이삭과 낱알

'남풍찰'과 '황금찰' 두 품종 모두 영과색이 적갈색이며 이삭 길이는 22~23cm 정도의 타원형으로 유사하지만 남풍찰의 이삭 밀도가 성긴편이다. 배유전분의 특성은 찰성이며, 천립중과 주당 이삭중이 각 각 22.8g, 26.6g으로 남풍찰이 황금찰보다 높은 편이다(Table 3).

Table 2. Leaf and culm characteristics of ‘Nampungchal’.

(NICS in Miryang, 2011~2012)

Variety	Days to heading	Culm length (cm)	Thickness of culm(mm)	Length of leaf(cm)	Width of leaf (cm)
Nampungchal	68 a ²⁾	142 a	20.2 a	52.8 a	7.8 a
Hwanggeumchal	62 b	132 b	15.0 b	48.9 b	6.9 a

²⁾ The same letters within column are not significantly different between varieties at the 5% probability level by DMRT.

Table 3. Panicle and grain characteristics of ‘Nampungchal’.

(NICS in Miryang, 2011~2012)

Variety	Panicle		Spikelet density	Seed color	Weight of 1,000 seed(g)	Weight per panicle(g)	Endosperm
	Length(cm)	Type					
Nampungchal	23 a ²⁾	Oval	Less compact	Red Brown	22.8 a	26.6	Waxy
Hwanggeumchal	22 a	Oval	Medium	Red Brown	19.0 b	20.6	Waxy

²⁾ The same letters within column are not significantly different between varieties at the 5% probability level by DMRT.

Table 4. Reaction to major disease and insects of ‘Nampungchal’.

(NICS in Miryang, 2011~2012)

Variety	Grain fertility ²⁾	Lodging ³⁾	Premature gemination	Disease ³⁾ (0~9)		Insect (0~9)			
				Anthraco	Mold	corn borer	Heliothinae	Aphid	Hemiptera
Nampungchal	Weak	3	Weak	1	5	3	3	3	3
Hwanggeumchal	Weak	7	Weak	1	7	3	7	3	3

²⁾ Grain fertility during rainy season.

³⁾ Lodging degree : symptomless, 0 ; 1~ 5%, 1; 6~10%, 3; 11~50% 5; 51~75% , 7; over 76%, 9.

³⁾ Disease and insect degree : symptomless, 0 ; below 1% of diseased panicle, 1; 1~5% 3; 6~25% 5; 26~50% , 7; over 50%, 9.

4. 도복, 생리장애 저항성 및 병해충 저항성

‘남풍찰’은 도복에 강하며, 불임과 수발아가 잘 유발되는 강우 지속 조건하에서도 불임 발생과 수발아성이 적었다. ‘남풍찰’은 대표적인 수수의 병해인 이삭곰팡이병에 ‘황금찰’에 비해 저항성을 나타내었다. 충해는 왕담배나방에서 피해가 ‘황금찰’에 비해 적었으며 그 외에는 유사하였다(Table 4).

5. 성분특성

무기성분 분석결과 칼륨 619.6 mg/100g, 칼슘 19.8 mg/100g, 마그네슘 201.2 mg/100g, 나트륨 11.4 mg/100g 이며, 배유의 아밀로스 함량은 5.7 g/100g으로 황금찰보다 낮았다(Table 5). 향산화성분인 폴리페놀, 플라보노이드, 탄닌의 함량은 각각 17.7 mg/g, 3.7 mg/g, 9.3 mg/g으로 표준품종 ‘황금찰’보다 높았으며, DPPH, ABTS 소거활성 역시 ‘황금찰’보다 ‘남풍찰’이 더 높게 나타났다(Table 6).

6. 수량성

2011년에서 2012년의 생산력 검정시험 보통기 재배시 ‘남풍찰’ 평균수량은 2.10 MT/ha 으로서 대비품종인 ‘황금찰’에 비해 45% 증수하였다. 지역적응 시험은 원주, 괴산, 해남, 수원, 밀양 5개 지역에서 실시하였으나 2011년 수원은 보통기에 (파종일이 4월 20일, 정식일이 5월 20일)재배되지 않아 성적에서 제외하였고, 원주, 괴산, 해남과 밀양 지역에서 실시한 결과는 보통기 재배시 2.28 MT/ha으로 대비품종인 ‘황금찰’에 비해 9% 증수였다(Table 7, 8).

7. 적응지역 및 재배상 유의점

‘남풍찰’은 전국에 추천되는 중생 찰수수 품종으로 광지역성을 나타낸다. 또한, 도복 등 재해에는 비교적 강하지만 작물 특성상 고온 건조에 강하고 습해에는 약하므로 과습지나 배수가 불량한 논토양에서 재배는 지양하는 것이 좋다. 질소질 비료

Table 5. Nutrient composition and amylose contents of ‘Nampungchal’.

Variety	Mineral content(mg/100g)				Amylose Content (g/100g)
	K	Ca	Mg	Na	
Nampungchal	619.6±182.8 ^{z)}	19.8±2.8	201.2±19.7	11.4±2.5	5.7±0.6
Hwanggeumchal	498.1±135.9	18.4±3.7	181.3±47.2	13.5±5.3	6.4±1.4

^{z)} All result presented as mean±SD of three independent experiments performed in triplicate.

Table 6. Antioxidant potential of ‘Nampungchal’ extracts against ABTS, DPPH method.

Variety	Polyphenols Content (mg/g)	Flavonoids content (mg/g)	Tannins Content (mg/g)	DPPH Radical scavenging activity (mgTE/100g)	ABTS Radical scavenging activity (mgTE/100g)
Nampungchal	17.7±1.2 ^{z)}	3.7±0.2	9.3±1.0	17.1±1.8	22.6±1.5
Hwanggeumchal	12.8±1.6	3.2±0.2	6.4±1.0	11.8±1.8	16.9±2.1

^{z)} All result presented as mean±SD of three independent experiments performed in triplicate.

Table 7. Grain yield performance of ‘Nampungchal’ at replicated yield trials (RYT).

(NICS in Miryang, 2011~2012)

Variety	Grain yield(Mt/ha)		Mean	index
	2011	2012		
Nampungchal	2.54	1.65	2.10 a ^{z)}	1.45
Hwanggeumchal	1.21	1.68	1.45 b	1.00

^{z)} The same letters within column are not significantly different between varieties at the 5% probability level by DMRT.

Table 8. Grain yield performance of ‘Nampungchal’ at local adaptability test (LAT).

(2011~2012)

Region	Nampungchal				Hwanggeumchal		
	2011	2012	Mean (MT/ha)	Index	2011	2012	Mean (MT/ha)
Wonju	2.47	3.92	3.20	0.84	3.46	4.17	3.82
Goesan	-	1.83	1.83	1.08	-	1.69	1.69
Haenam	2.83	2.02	2.43	0.98	3.19	1.74	2.47
Suwon	-	1.67	1.67	1.42	-	1.18	1.18
Miryang	2.76	1.73	2.25	1.68	1.13	1.54	1.34
Average	2.69	2.23	2.28	1.09	2.59	2.06	2.10

과용시 도복이 우려되므로 균형시비가 이루어지도록 하고, 출수 이후 조류피해 방제가 필요하다.

적 요

‘남풍찰’은 경남 남해에서 수집된 재래집단을 기본으로 하여

분리육종법을 통해 국립식량과학원에서 2012년 육성된 신품종으로 주요특성과 수량성을 요약하면 다음과 같다. 출수기는 표준품종인 ‘황금찰’보다 보통기 재배에서는 8일 정도 늦은 중생종으로 출수일수는 73일 정도이다. 간장은 142cm 정도로 황금찰에 비해 약간 크고, 도복에 강한 특성을 나타낸다. 이삭은 밀수형이며 이삭길이는 23cm이다. 영과색이 적갈색이며, 배유의 아밀로

Fig. 2. Photograph of ‘Nampungchal’ grown in local adaptability trial in Miryang.

스 함량이 5.7%로 찰수수에 해당하며, 낱알의 무기성분 중 칼슘 19.8 mg/100g, 마그네슘 201.2 mg/100g, 칼륨 619.6 mg/100g으로 비교적 함량이 높으며 DPPH, ABTS 소거 항산화활성 역시 ‘황금찰’에 비해 높은 특성을 가지고 있다. 수량은 지역적응 시험 보통기재배 평균 2.28 MT/ha로서 표준품종 보다 9% 정도 증수되는 다수성이고, 내도복 및 내재해 품종으로 기계화 재배에 유리한 우수한 품종이다(Fig. 2).

사 사

본 논문은 농촌진흥청 시험연구사업(세부과제명: 기계화 및 작부체계 적합 잡곡 품종 육성, 세부과제번호: PJ011365012015)의 지원에 의해 이루어진 것임.

REFERENCES

1. Anglani C. 1998. Sorghum for human food-A review. *Plant Foods Hum. Nutr.* 52: 85-95.
2. Awika JM, Rooney LW, Waniska RD. 2004. Properties of 3-deoxyanthocyanins from sorghum. *J. Agric. Food Chem.* 52: 4388-4394.
3. Awika JM, Yang L, Browning JD, Faraj A. 2009. Comparative antioxidant, antiproliferative and phase II enzyme inducing potential of sorghum (*Sorghum bicolor*) varieties. *LWT-Food Sci. Technol.* 42: 1041-1046.
4. Bralley E, Greenspan P, Hargrove JL, Hartle DK. 2008.

- Inhibition of hyaluronidase activity by select sorghum brans. *J. Med. Food.* 11: 307-312.
5. 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.
6. Duval B, Shetty K. 2001. The stimulation of phenolics and antioxidant activity in pea (*Pisum sativum*) elicited by genetically transformed anise root extract. *J. Food Biochem.* 25: 361-377.
7. Dykes L, Rooney LW, Waniska RD, Rooney WL. 2005. Phenolic compounds and antioxidant activity of sorghum grains of varying genotypes. *J. Agric. Food Chem.* 53: 6813-6818.
8. Dykes L, Rooney LW. 2006. Sorghum and millet phenols and antioxidants. *J. Cereal Sci.* 44: 236-251.
9. Fehr WR, Hadley HH. 1980. Hybridization of crop plants, *Am. Soc. Agron.*
10. Food and Agricultural Organization (FAO). 2012. FAOSYTAT Prod Stat Database, Yearly Production. Url: <http://faostat.fao.org>
11. Jeong EG, Kim KJ, Cheon A, Lee CK, Kim SL, Brar DS. 2006. Characterization of grain quality under lodging time and grade at ripening. *Korean J. Crop Sci.* 51: 440-444.
12. Ko JY, Woo KS, Song SB, Kim KY, Jung TW, Oh BG, Lee MC. 2015. A Medium Late Maturing, Glutinous Proso Millet (*Panicum miliaceum* L.) Variety ‘Ibaekchal’. *Korean J. Breed. Sci* 47: 288-293.
13. Paterson AH, Bowers JE, Bruggmann R, Dubchak I, Grimwood J, Gundlach H. 2009. The *Sorghum bicolor* genome and the diversification of grasses. *Nature* 457: 551-556.
14. Woo KS, Ko JY, Song SB, Lee JS, Kang JR, Oh BG, Nam MH, Jeong JH, Jeong HS, Seo MC. 2010. Physicochemical characteristics of vinegars fermented from cereal crops with Incalgyun. *J. Korean Soc. Food. Sci. Nutr.* 39: 1171-1178.
15. Yang L, Browning JD, Awika JM. 2009. Sorghum 3-deoxyanthocyanins possess strong phase II enzyme inducer activity and cancer cell growth inhibition properties. *J. Agric. Food Chem.* 57: 1797-1804.