

우수자원 선발을 위한 수수(*Sorghum bicolor* L.) 유전자원의 특성평가

윤성탁¹, 정인호^{1*}, 한태규¹, 김영중¹, 유제빈¹, 楊 景¹, 예민희¹, 백승우² 김건우³

¹단국대학교 식량생명공학과, ²충남농업기술원, ³국립안동대학교 생약자원학과

Evaluation of Crop Characteristics of Sorghum (*Sorghum bicolor* L.) Germplasm for the Selection of Excellent Resources

Seong-Tak Yoon¹, In-Ho Jeong^{1*}, Tae-Kyu Han¹, Young-Jung Kim¹, Je-Bin Yu¹, Yangjing¹,
Min-Hee Ye¹, Seung-Woo Baek² and Kun-Woo Kim³

¹Department of Crop Science and Biotechnology, Dankook University, Cheonan 31116, Korea

²Chungcheongnam-do Agricultural Research & Extension Services, Yesan 32418, Korea

³Department of Medicinal Plant Resources, Andong National University, Andong 36729, Korea

Abstract - The aim of this study is to select the superior resources of high yield, high content of functional material optimal to mechanical harvesting by the evaluation of crop growth and yield characteristics in sorghum germplasm. One hundred accessions of sorghum germplasm were used in this experiment. Days from seeding to heading date showed the range from 68 to 94 days with the highest frequency proportion was the group from 80 to 85 days, which occupied 34% (34 plant resources) of 100 germplasm. Ear types of 100 sorghum germplasm could be classified as 7 types of broom-tillering, half broom-tillering, extreme open-loose type, open-loose type, intermediate type, compact type, extreme-compact type of which intermediate type was the highest ratio of 28% (28 plant resources) of 100 germplasm. Yield showed the range from 106 to 365 kg/10a with the highest frequency proportion of it was the group from 150 to 200 kg/10a, which occupied 44% (44 plant resources) of 100 germplasm. Among 100 sorghum germplasm, 18 ideal resources of high yield and short plant height appropriate for mechanical harvesting were selected. In order to evaluate high content of functional substance, selected 18 resources were analyzed for total polyphenol content, DPPH radical scavenging activity and total anthocyanin content. Finally, we selected 5 resources of short plant height, high yield, high content of total polyphenol and high DPPH radical scavenging activity among 18 genetic resources.

Key words - Crop characteristics, Sorghum, Germplasm, Selection

서 언

잡곡은 광의적으로는 벼를 제외한 것을 말하며, 협의적으로 는 조, 수수, 기장, 피, 옥수수, 메밀 등을 일컫는다. 잡곡은 벼와 비교하면 열등 작물로서 인식되어 왔으나 무기질, 비타민 및 식 이섬유가 벼의 2~3배 정도 많고 생리활성 물질을 다량 함유하 고 있어 건강을 위한 보조식량으로서 중요시 되고 있다(Kim and Lee, 2006).

수수(*Sorghum bicolor* L.)는 밀(*Triticum aestivum* L.), 쌀 (*Oryza sativa* L.), 옥수수(*Zea mays* L.), 보리(*Hordeum vulgare* L.)에 이어서 세계에서 다섯 번째로 중요한 식량작물이 며, 영양성분은 현미쌀과 비교하여 미네랄과 비타민 B 등의 함 량이 높고 폴리페놀과 탄닌 등의 항산화성분 함량이 풍부해서 항산화 활성이 뛰어나다. 그리고 각종 광물질 미량원소들이 많 이 포함되어 있어 모세혈관을 튼튼하게 하고 콜레스테롤 함량 을 낮추어 주는 약리작용으로 심혈관계 질환에 효과가 있는 것 으로 알려져 있다. 우리나라에서는 1964년 16천여 ha에서 수수 가 재배되었으나, 그 후 계속 감소하여 1980년에 3천여 ha, 현재

*교신저자: wind2896@naver.com

Tel. +82-41-550-3600

는 1.5천여 ha에 불과한 실정이며, 2008년 기준 전체 공급량 17,664 톤 중 수입량 비중이 85%나 차지하고 있고, 충청북도와 강원도 그리고 경상북도를 제외한 나머지 지역은 면적과 생산량 비중이 매우 낮은 실정이다. 최근 웰빙 문화의 확산으로 인하여 기능성 식품에 대하여 인식이 높아지며 잡곡이 보유한 다양한 기능성이 새롭게 부각이 되어 소비 또한 증가하는 추세이다 (Lee, 2015). 하지만 현재 수수 품종은 국립식량과학원과 강원도농업기술원에서 육성된 몇 품종에 불과하며, 최근 개발된 고기능성 품종인 동안메를 제외하고 농가에 보급된 품종이 미흡한 실정이다.

따라서 본 시험은 수수 유전자원의 수집, 평가를 통한 우수 유전자원의 탐색과 재배기술을 통하여 중부지방에서 기계수확에 적합한 단간종이면서 고수량성은 물론 고기능성 물질 함유 유

전자원을 선발하여 수수 품종 개발의 기초자료로 활용하고자 실시하였다.

재료 및 방법

시험재료 및 재배방법

본 시험은 2015년 경기도 안성시 공도읍 마정리 425-1에 위치한 시험포장에서 수행하였다. 사용 수수 유전자원은 경기도 수집 25 자원, 충청남도 수집 9 자원, 충청북도 수집 15 자원, 경상남도 수집 9 자원, 강원도 수집 25 자원, 인천광역시 수집 8 자원, 중국 동북3성 수집 9 자원으로 총 100 자원을 사용하였으며, 대조품종으로는 농촌진흥청 국립식량과학원에서 육성한 황금찰과 남풍찰을 사용하였다(Table 1).

Table 1. List of sorghum accessions collected from various localization

Accession no.	Prefecture	City	Latitude	Longitude
DS003	Gyeonggi-do	Anseong-si	37°0'28.69"	127°16'46.84"
DS005	Gyeonggi-do	Anseong-si	37°0'28.69"	127°16'46.84"
DS014	Gyeonggi-do	Anseong-si	37°0'28.69"	127°16'46.84"
DS016	Gyeonggi-do	Anseong-si	37°0'28.69"	127°16'46.84"
DS017	Gyeonggi-do	Anseong-si	37°0'28.69"	127°16'46.84"
DS019	Gyeonggi-do	Anseong-si	37°0'28.69"	127°16'46.84"
DS020	Gyeonggi-do	Anseong-si	37°0'28.69"	127°16'46.84"
DS027	Gyeonggi-do	Anseong-si	37°0'28.69"	127°16'46.84"
DS028	Gyeonggi-do	Anseong-si	37°0'28.69"	127°16'46.84"
DS030	Gyeonggi-do	Anseong-si	37°0'28.6"	127°16'46.84"
DS034	Gyeonggi-do	Yeoju-si	37°17'52.89"	127°38'13.79"
DS038	Gyeonggi-do	Yongin-si	37°14'27.91"	127°10'39.19"
DS042	Gyeonggi-do	Icheon-si	37°16'19.18"	127°26'5.36"
DS044	Chungcheongnam-do	Cheonan-si	36°48'54.46"	127°6'50.02"
DS047	Chungcheongbuk-do	Cheongju-si	36°38'32.76"	127°29'20.52"
DS066	Chungcheongbuk-do	Jecheon-si	37°7'57.30"	128°11'27.41"
DS068	Chungcheongbuk-do	Jecheon-si	37°7'57.30"	128°11'27.41"
DS071	Chungcheongbuk-do	Jecheon-si	37°7'57.30"	128°11'27.41"
DS077	Chungcheongbuk-do	Danyang-gun	36°59'4.37"	128°21'55.87"
DS082	Chungcheongbuk-do	Eumseong-gun	36°56'22.84"	127°41'25.81"
DS083	Chungcheongbuk-do	Jincheon-gun	36°51'19.37"	127°26'10.00"
DS087	Chungcheongnam-do	Cheonan-si	36°48'54.46"	127°6'50.02"
DS088	Chungcheongnam-do	Cheonan-si	36°48'54.46"	127°6'50.02"
DS204	Gyongsangnam-do	Hapcheon-gun	35°33'59.67"	128°9'56.88"
DS205	Gyongsangnam-do	Hapcheon-gun	35°33'59.67"	128°9'56.88"
DS206	Gyongsangnam-do	Hapcheon-gun	35°33'59.67"	128°9'56.88"
DS207	Gyongsangnam-do	Hapcheon-gun	35°33'59.67"	128°9'56.88"
DS208	Gyongsangnam-do	Hapcheon-gun	35°33'59.67"	128°9'56.88"
DS209	Gyongsangnam-do	Sancheong-gun	35°24'56.12"	127°52'24.59"

Table 1. List of sorghum accessions collected from various localization (Continued)

Accession no.	Prefecture	City	Latitude	Longitde
DS211	Gyongsangnam-do	Goseong-gun	34°58'23.34"	128°19'20.09"
DS212	Gyongsangnam-do	Goseong-gun	34°58'23.34"	128°19'20.09"
DS213	Gyongsangnam-do	Uiryeong-gun	35°19'19.88"	128°15'41.97"
DS214	Gyeonggi-do	Anseong-si	37°0'28.69"	127°16'46.84"
DS215	Gyeonggi-do	Anseong-si	37°0'28.69"	127°16'46.84"
DS218	Gyeonggi-do	Anseong-si	37°0'28.69"	127°16'46.84"
DS219	Gyeonggi-do	Anseong-si	37°0'28.69"	127°16'46.84"
DS220	Gyeonggi-do	Anseong-si	37°0'28.69"	127°16'46.84"
DS222	Gyeonggi-do	Gimpo-si	37°36'54.89"	126°42'56.28"
DS223	Gyeonggi-do	Gimpo-si	37°36'54.89"	126°42'56.28"
DS224	Gyeonggi-do	Ansan-si	37°0'28.69"	127°16'46.84"
DS225	Gyeonggi-do	Ansan-si	37°0'28.69"	127°16'46.84"
DS227	Gangwon-do	Yeongwol-gun	37°11'1.09"	128°27'42.31"
DS230	Gangwon-do	Yeongwol-gun	37°11'1.09"	128°27'42.31"
DS232	Gangwon-do	Yeongwol-gun	37°11'1.09"	128°27'42.31"
DS236	Gangwon-do	Yeongwol-gun	37°11'1.09"	128°27'42.31"
DS239	Gangwon-do	Yeongwol-gun	37°11'1.09"	128°27'42.31"
DS246	Gangwon-do	Yeongwol-gun	37°11'1.09"	128°27'42.31"
DS247	Gangwon-do	Yeongwol-gun	37°11'1.09"	128°27'42.31"
DS248	Gangwon-do	Yeongwol-gun	37°11'1.09"	128°27'42.31"
DS249	Gangwon-do	Wonju-si	37°20'31.99"	127°55'12.58"
DS250	Gangwon-do	Wonju-si	37°20'31.99"	127°55'12.58"
DS251	Gangwon-do	Wonju-si	37°20'31.99"	127°55'12.58"
DS263	Chungcheonnam-do	Cheonan-si	36°48'54.46"	127°6'50.02"
DS272	Incheon	Ganghwa-gun	37°44'48.21"	126°29'16.34"
DS281	Incheon	Ganghwa-gun	37°44'48.21"	126°29'16.34"
DS284	Incheon	Ganghwa-gun	37°44'48.21"	126°29'16.34"
DS285	Incheon	Ganghwa-gun	37°44'48.21"	126°29'16.34"
DS287	Incheon	Ganghwa-gun	37°44'48.21"	126°29'16.34"
DS289	Incheon	Ganghwa-gun	37°44'48.21"	126°29'16.34"
DS292	Incheon	Ganghwa-gun	37°44'48.21"	126°29'16.34"
DS293	Incheon	Ganghwa-gun	37°44'48.21"	126°29'16.34"
DS336	Chungcheonbuk-do	Jecheon-si	37°7'57.30"	128°11'27.41"
DS351	Gangwon-do	Yeongwol-gun	37°11'1.09"	128°27'42.31"
DS352	Gyeonggi-do	Anseong-si	37°0'28.69"	127°16'46.84"
DS355	Gangwon-do	Yeongwol-gun	37°11'1.09"	128°27'42.31"
DS356	Gangwon-do	Yeongwol-gun	37°11'1.09"	128°27'42.31"
DS358	Gangwon-do	Yeongwol-gun	37°11'1.09"	128°27'42.31"
DS366	Gangwon-do	Yeongwol-gun	37°11'1.09"	128°27'42.31"
DS371	Gangwon-do	Yeongwol-gun	37°11'1.09"	128°27'42.31"
DS372	Gangwon-do	Yeongwol-gun	37°11'1.09"	128°27'42.31"
DS376	Gangwon-do	Yeongwol-gun	37°11'1.09"	128°27'42.31"
DS380	Gangwon-do	Yeongwol-gun	37°11'1.09"	128°27'42.31"
DS381	Gangwon-do	Yeongwol-gun	37°11'1.09"	128°27'42.31"
DS382	Gangwon-do	Yeongwol-gun	37°11'1.09"	128°27'42.31"
DS395	Chungcheonbuk-do	Jecheon-si	37°7'57.30"	128°11'27.41"

Table 1. List of sorghum accessions collected from various localization (Continued)

Accession no.	Prefecture	City	Latitude	Longitde
DS398	Gyeonggi-do	Anseong-si	37°0'28.69"	127°16'46.84"
DS405	Chungcheonbuk-do	Jecheon-si	37°7'57.30"	128°11'27.41"
DS409	Chungcheonbuk-do	Chungju-si	36°38'32.76"	127°29'20.52"
DS411	Chungcheonbuk-do	Jecheon-si	37°7'57.30"	128°11'27.41"
DS412	Chungcheonbuk-do	Jecheon-si	37°7'57.30"	128°11'27.41"
DS420	Chungcheonbuk-do	Eumseong-gun	36°56'22.84"	127°41'25.81"
DS422	Gyeonggi-do	Anseong-si	37°0'28.69"	127°16'46.84"
DS428	Chungcheonbuk-do	Chungju-si	36°38'32.76"	127°29'20.52"
DS438	China	Heilongjiang	45°44'32.52"	126°39'41.99"
DS441	China	Jilin	43°53'47.54"	125°19'33.10"
DS447	China	Jilin	43°53'47.54"	125°19'33.10"
DS448	China	Jilin	43°53'47.54"	125°19'33.10"
DS450	China	Jilin	43°53'47.54"	125°19'33.10"
DS453	China	Jilin	43°53'47.54"	125°19'33.10"
DS456	China	Jilin	43°53'47.54"	125°19'33.10"
DS459	China	Jilin	43°53'47.54"	125°19'33.10"
DS462	China	Jilin	43°53'47.54"	125°19'33.10"
DS464	Chungcheonnam-do	Yesan-gun	36°40'57.40"	126°50'54.22"
DS467	Chungcheonnam-do	Yesan-gun	36°40'57.40"	126°50'54.22"
DS469	Chungcheonnam-do	Yesan-gun	36°40'57.40"	126°50'54.22"
DS472	Chungcheonnam-do	Yesan-gun	36°40'57.40"	126°50'54.22"
DS475	Chungcheonnam-do	Yesan-gun	36°40'57.40"	126°50'54.22"
DS485	Gangwon-do	Pyeongchang-gun	37°22'13.71"	128°23'23.92"
DS488	Gangwon-do	Pyeongchang-gun	37°22'13.71"	128°23'23.92"
DS491	Gangwon-do	Wonju-si	37°20'31.99"	127°55'12.58"

Table 2. Soil characteristics of the field before the experiment

Soil depth	pH (1:5)	EC (ds/m)	OM (g/kg)	PO ₄ ⁻ (mg/kg)	K	Ca	Mg
					cmol ⁺ /kg		
5 cm	7.3	0.5	12.0	345.3	0.5	7.8	1.8
15 cm	7.5	0.4	9.7	348.3	0.4	7.6	1.6

재배방법은 고품질 비닐멀칭 재배로 표준 재식거리인 휴폭 60 cm × 주간 20 cm로 하였고, 시비는 표준시비량인 질소-인산-칼리 15-5-15 kg/10a를 시비하였다. 파종은 2015년 5월 15일에 트레이 파종을 실시하였고, 3주간 육묘하여 2015년 6월 5일 이식하였으며, 정확한 수량성 조사를 위하여 방조망을 설치하여 새 피해를 방지하였다.

시험포장의 토양 분석 결과를 보면, 표토는 pH 7.3 (1:5), EC 0.5 (ds/m), OM 12.0 g/kg, 인산 345.3 mg/kg, K 0.5 cmol⁺/kg, Ca 7.8 cmol⁺/kg, Mg 1.8 cmol⁺/kg였으며, 심토는 pH 7.5(1:5), EC 0.4(ds/m), OM 9.7 g/kg, 인산 348.3 mg/kg, K 0.4 cmol⁺/

kg, Ca 7.6 cmol⁺/kg, Mg 1.6 cmol⁺/kg의 함량으로 조사되었다. 표토와 심토간의 유기물함량이 2 g/kg의 차이가 있었으며, 나머지는 큰 차이가 없었다(Table 2).

본 시험에 사용된 100자원의 생육특성은 Table 3과 같으며, 생육특성 조사는 국립농업유전자원센터의 수수 유전자원 생육 특성 조사기준을 사용하였다. 출수소요일은 1구에서 이삭이 50%가 출수한 날까지를 출수소요일로 하였고, 이삭의 모양은 극산수형, 산수형, 중간형, 밀수형, 극밀수형, 반소경수수, 소경수수로 이삭형태를 구분하였다. 간장은 지면에서 이삭목까지의 길이를 측정하였으며, 이삭길이는 이삭이 있는 부분의 길

Table 3. Growth characteristics of 100 sorghum accessions

Accession no.	H.D. ^z	R.D. ^y	E.T. ^x	C.L. ^w (cm)	E.L. ^v (cm)	E.W. ^u (cm)	L.L. ^t (cm)	L.W. ^s (cm)	S.W. ^r (mm)	N.L. ^q	1000W. ^p (g)	G.Y. ^o (g/head)
DS003	15-8-9	15-9-12	E	344.2	38.8	8.2	84.3	8.0	20.0	13.0	26.42	40.25
DS005	15-8-10	15-9-12	E	196.0	22.7	7.1	81.0	8.5	23.5	12.0	25.17	38.11
DS014	15-8-2	15-9-8	F	343.4	24.0	7.1	74.2	7.0	21.8	12.8	21.38	27.37
DS016	15-8-7	15-9-18	E	387.0	41.4	7.7	79.7	7.8	20.1	12.3	25.22	29.60
DS017	15-7-21	15-9-8	G	132.2	24.2	7.1	62.4	8.0	25.9	10.8	20.24	39.13
DS019	15-7-22	15-9-10	G	146.7	24.3	6.9	66.3	7.2	24.7	11.0	21.94	33.74
DS020	15-7-24	15-9-11	G	132.3	24.7	7.2	57.3	7.6	25.6	11.0	24.35	35.12
DS027	15-7-25	15-9-10	G	143.7	26.0	7.3	66.3	7.3	24.0	10.3	25.89	41.50
DS028	15-8-9	15-9-15	B	297.0	21.3	7.3	72.7	6.6	21.1	11.7	23.73	32.54
DS030	15-8-13	15-9-22	B	398.0	40.0	6.9	94.0	6.8	21.1	13.0	30.28	36.01
DS034	15-8-11	15-9-23	B	375.0	26.3	6.4	78.0	6.4	20.6	12.7	21.17	25.52
DS038	15-7-26	15-9-13	E	129.7	20.7	5.2	65.7	8.6	24.9	9.3	16.75	28.90
DS042	15-7-25	15-9-12	F	137.3	20.0	5.3	61.3	7.6	21.4	9.3	19.54	28.97
DS044	15-8-9	15-9-16	D	379.3	28.3	7.5	83.7	7.6	19.9	13.3	28.29	30.32
DS047	15-8-9	15-9-14	E	304.7	22.0	7.0	71.3	7.1	20.2	12.7	22.11	26.98
DS066	15-7-24	15-9-10	G	145.7	22.0	7.2	62.3	7.8	24.9	11.7	22.10	40.13
DS068	15-7-22	15-9-11	G	138.3	22.3	7.2	66.3	8.1	22.3	11.0	23.19	39.64
DS071	15-7-22	15-9-13	G	142.7	22.3	6.3	62.0	8.0	23.2	11.0	22.66	23.12
DS077	15-8-8	15-9-15	B	338.7	29.7	9.4	79.0	6.8	21.0	13.3	19.99	31.17
DS082	15-8-3	15-9-18	B	358.3	28.7	7.5	92.0	7.6	21.8	12.3	21.37	28.43
DS083	15-8-4	15-9-15	D	361.0	36.7	10.2	92.7	8.4	19.9	13.3	22.43	37.55
DS087	15-7-22	15-9-11	A	147.3	24.7	6.5	58.7	7.9	25.0	11.0	16.27	25.31
DS088	15-8-11	15-9-23	E	412.0	30.7	9.1	87.7	7.0	23.0	14.3	31.76	28.30
DS204	15-8-5	15-9-12	E	349.7	33.3	7.9	93.0	6.5	18.9	11.7	20.77	35.73
DS205	15-8-6	15-9-16	E	330.7	40.3	7.6	86.7	5.7	19.2	12.7	20.45	35.29
DS206	15-8-9	15-9-15	E	330.3	33.7	8.5	87.0	7.6	19.8	12.0	21.14	42.47
DS207	15-8-7	15-9-18	B	337.0	34.3	6.8	91.3	5.9	18.5	12.0	21.49	37.42
DS208	15-8-5	15-9-15	G	329.0	39.7	10.0	87.7	6.6	19.0	12.0	20.28	25.72
DS209	15-8-5	15-9-11	A	322.0	36.0	10.8	82.3	7.4	19.9	12.0	19.88	31.38
DS211	15-7-27	15-9-13	A	273.3	35.0	8.2	76.7	6.4	17.8	9.0	20.30	23.94
DS212	15-8-4	15-9-17	E	361.7	29.7	6.8	90.7	6.9	20.1	11.7	20.11	22.09
DS213	15-8-1	15-9-12	E	154.7	23.3	7.0	77.0	8.6	26.1	12.7	19.49	28.62
DS214	15-8-5	15-9-16	C	343.3	35.3	16.4	87.3	7.8	20.0	11.7	19.79	28.70
DS215	15-8-2	15-9-18	A	298.7	22.7	9.2	63.0	6.3	17.8	11.0	17.79	25.87
DS218	15-7-21	15-9-10	G	133.7	21.7	6.0	62.7	8.7	23.4	11.0	14.55	20.35
DS219	15-8-11	15-9-15	E	369.7	34.3	10.3	88.0	7.5	19.7	12.0	24.51	20.17
DS220	15-8-4	15-9-17	C	352.3	40.7	18.3	82.3	6.8	19.5	12.0	17.25	30.34
DS222	15-8-3	15-9-15	E	364.0	31.3	7.8	84.3	6.2	18.4	13.3	23.14	38.28
DS223	15-8-3	15-9-18	A	372.7	26.7	7.4	80.7	6.6	19.9	13.0	21.78	32.92
DS224	15-8-3	15-9-20	A	333.7	31.0	9.4	81.3	7.1	20.2	13.3	19.13	30.33
DS225	15-8-4	15-9-16	A	304.0	19.0	6.3	83.0	7.3	20.6	11.7	23.07	32.23
DS227	15-7-22	15-9-9	F	133.7	24.0	5.5	66.3	7.9	21.6	10.3	18.21	18.32

Table 3. Growth characteristics of 100 sorghum accessions (Continued)

Accession no.	H.D. ^z	R.D. ^y	E.T. ^x	C.L. ^w (cm)	E.L. ^v (cm)	E.W. ^u (cm)	L.L. ^t (cm)	L.W. ^s (cm)	S.W. ^r (mm)	N.L. ^q	1000W. ^p (g)	G.Y. ^o (g/head)
DS230	15-7-24	15-9-10	E	130.3	21.3	5.4	64.0	8.6	22.2	10.0	16.53	27.44
DS232	15-7-22	15-9-11	F	134.7	22.3	6.3	61.0	9.2	24.7	10.0	14.63	28.41
DS236	15-7-24	15-9-10	F	128.7	23.0	6.4	63.0	9.1	23.9	10.0	19.84	33.75
DS239	15-7-22	15-9-12	G	132.0	22.0	5.3	61.7	8.6	28.0	10.3	16.85	24.55
DS246	15-7-23	15-9-11	G	141.0	22.0	8.2	59.3	7.8	21.3	11.0	20.70	23.66
DS247	15-7-24	15-9-12	G	146.3	23.7	8.4	64.3	7.9	22.3	10.7	19.43	33.81
DS248	15-7-22	15-9-13	G	126.7	22.7	6.3	68.7	8.3	22.2	9.7	20.32	34.28
DS249	15-7-21	15-9-11	F	130.3	21.7	4.8	62.3	8.0	23.0	10.7	15.76	25.60
DS250	15-7-22	15-9-12	F	148.0	26.3	5.5	75.0	8.3	23.4	9.7	16.24	18.33
DS251	15-8-9	15-9-18	G	301.0	32.0	4.9	77.3	7.5	17.1	12.3	14.67	27.09
DS263	15-8-2	15-9-11	E	362.3	25.7	9.6	85.7	8.1	21.2	12.0	24.32	29.27
DS272	15-8-9	15-9-13	E	339.0	37.0	10.0	95.3	8.2	21.8	12.7	24.52	28.29
DS281	15-8-11	15-9-17	B	358.0	31.0	9.7	77.7	5.5	29.7	11.3	23.92	34.65
DS284	15-8-15	15-9-19	C	377.0	26.3	12.3	81.7	8.9	22.8	13.3	27.07	35.62
DS285	15-8-8	15-9-25	D	377.0	31.7	13.3	89.0	7.3	22.3	12.0	19.73	24.81
DS287	15-8-9	15-9-18	E	319.0	25.0	6.7	98.3	6.7	17.0	11.7	22.34	18.68
DS289	15-8-3	15-9-25	A	355.0	34.0	13.3	88.3	8.3	19.8	11.0	22.08	27.76
DS292	15-8-4	15-9-13	D	348.3	25.3	9.7	93.0	6.7	18.3	11.3	23.06	24.48
DS293	15-8-5	15-9-13	B	408.0	44.4	12.3	93.0	7.0	21.3	13.7	24.52	32.14
DS336	15-8-11	15-9-10	E	429.3	30.0	6.3	91.7	7.7	20.8	13.3	26.97	23.33
DS351	15-7-26	15-9-24	A	315.3	32.7	9.3	78.7	7.3	18.1	10.3	23.31	44.96
DS352	15-8-9	15-9-26	B	361.3	30.0	8.3	95.7	7.7	20.9	14.7	26.04	27.08
DS355	15-8-6	15-9-25	D	341.7	32.7	10.0	84.7	6.7	19.7	12.7	22.59	32.48
DS356	15-8-10	15-9-15	E	369.7	28.0	7.7	97.0	6.3	22.8	13.3	21.21	24.12
DS358	15-8-2	15-9-22	B	371.7	40.5	10.0	92.3	8.3	19.3	10.7	23.59	39.82
DS366	15-8-2	15-9-23	C	352.3	37.0	11.7	80.3	8.0	17.9	12.7	23.81	22.31
DS371	15-8-3	15-9-26	E	360.0	39.2	12.0	88.3	8.8	20.0	20.0	21.25	33.55
DS372	15-7-31	15-9-13	D	176.7	29.0	4.6	77.7	8.5	24.4	10.3	26.78	27.28
DS376	15-8-3	15-9-26	C	345.7	37.0	9.1	83.3	6.5	19.4	12.3	16.83	24.67
DS380	15-8-1	15-9-21	F	232.7	25.9	7.3	71.0	9.5	20.7	10.7	26.62	28.22
DS381	15-8-5	15-9-12	E	179.7	21.5	3.5	62.0	7.5	19.6	10.3	32.54	34.99
DS382	15-8-5	15-9-27	C	309.0	34.5	12.7	80.0	6.8	18.5	10.7	23.55	43.91
DS395	15-7-27	15-9-25	C	341.7	38.1	18.3	78.7	6.2	23.5	12.3	18.11	38.74
DS398	15-7-28	15-9-22	D	350.3	35.3	11.7	71.3	7.9	19.3	11.0	16.82	37.14
DS405	15-8-1	15-9-25	D	355.7	31.3	8.0	74.0	8.0	22.4	11.7	16.88	25.98
DS409	15-8-2	15-9-27	B	351.0	29.3	8.0	75.3	6.8	21.5	11.3	14.83	25.10
DS411	15-7-30	15-9-26	C	339.7	42.0	11.0	82.0	7.3	19.3	11.3	21.15	27.01
DS412	15-8-6	15-9-25	D	356.0	28.7	8.7	78.3	6.6	20.2	13.0	25.64	29.26
DS420	15-8-3	15-9-27	C	303.0	33.3	12.7	79.3	7.1	20.6	10.7	19.89	35.21
DS422	15-8-1	15-9-24	B	331.0	29.7	8.0	74.0	6.8	17.5	10.7	23.37	27.32
DS428	15-7-30	15-9-16	E	137.0	24.3	6.4	70.0	8.1	22.5	10.3	16.61	36.22
DS438	15-8-3	15-9-17	D	126.7	29.0	5.8	88.7	8.9	22.3	9.3	25.41	35.45

Table 3. Growth characteristics of 100 sorghum accessions (Continued)

Accession no.	H.D. ^z	R.D. ^y	E.T. ^x	C.L. ^w (cm)	E.L. ^v (cm)	E.W. ^u (cm)	L.L. ^t (cm)	L.W. ^s (cm)	S.W. ^r (mm)	N.L. ^q	1000W. ^p (g)	G.Y. ^o (g/head)
DS441	15-8-7	15-9-12	F	92.3	17.3	4.1	78.0	9.8	22.3	8.3	25.79	24.86
DS447	15-7-31	15-9-12	G	159.3	21.0	4.7	66.0	8.8	19.1	8.3	29.28	33.07
DS448	15-7-31	15-9-10	G	154.7	29.0	3.6	77.0	8.5	23.1	11.3	31.39	27.02
DS450	15-7-23	15-9-9	G	116.3	25.3	5.5	69.3	9.0	26.0	9.3	31.27	39.55
DS453	15-7-24	15-9-9	F	105.7	24.0	3.3	62.7	7.5	19.0	6.3	24.85	35.00
DS456	15-8-2	15-9-10	G	116.3	36.7	4.2	63.0	9.0	28.5	12.0	28.81	41.12
DS459	15-8-3	15-9-15	G	167.0	26.7	3.9	79.7	8.1	20.1	11.7	28.81	28.79
DS462	15-8-3	15-9-12	F	104.7	27.0	5.3	69.0	8.9	16.6	8.7	26.63	34.86
DS464	15-7-27	15-9-21	C	310.7	33.3	8.7	68.7	6.6	17.8	11.7	20.07	31.14
DS467	15-7-22	15-9-11	F	165.3	21.3	4.7	71.0	7.9	18.6	8.0	24.06	30.59
DS469	15-7-30	15-9-12	F	139.7	21.3	3.7	65.0	7.7	19.7	10.3	18.28	28.22
DS472	15-7-30	15-9-10	F	141.0	24.7	4.6	64.3	7.7	21.5	8.7	22.35	36.18
DS475	15-8-2	15-9-20	A	300.7	31.0	12.0	75.7	7.0	22.7	10.0	17.68	23.41
DS485	15-7-25	15-9-10	G	124.3	23.0	6.1	64.0	8.5	26.2	9.7	20.54	37.55
DS488	15-8-1	15-9-10	G	140.7	23.3	5.2	63.3	7.7	23.1	11.3	24.35	38.32
DS491	15-7-30	15-9-12	F	70.0	21.0	5.0	56.0	8.1	24.5	10.3	24.31	20.09
Hwanggeumchal	15-7-21	15-9-11	G	128.3	23.0	6.3	59.7	7.8	22.9	10.3	22.53	33.63
Nampungchal	15-7-26	15-9-13	F	135.3	24.0	6.2	74.7	8.8	22.6	12.0	23.14	31.57

^zH.D.: Heading Date, ^yR.D.: Ripening Date, ^xE.T.: Ear type, ^wC.L.: Culm length, ^vE.L.: Ear length, ^uE.W.: Ear width, ^tL.L.: Leaf length, ^sL.W.: Leaf width, ^rS.W.: Stem width, ^qN.L.: No. of leaf, ^p1000W.: 1000 grain wt, ^oG.Y.: Grain yield.

이를 측정하였다. 이삭폭은 이삭 중앙부위의 두께로 측정하였으며, 경태는 줄기 첫째마디와 둘째마디 사이의 두께로 측정하였으며, 엽수는 한 개체에서 전체 잎의 수로 측정하였다. 1,000립중은 완전히 성숙한 1,000립의 무게로 측정하였으며, 수량성은 10a당 주수 × 이삭중으로 산출하였다.

우수 유전자원 선발 기준은 기계수확에 적합한 농촌진흥청 발간 한국재래수수 유전자원 특성집의 단간종 기준인 150 cm 이하로 하였으며, 이삭당 수량은 대조품종보다 높은 33.63 g 이상인 것을 기준으로 하였다.

기능성물질 분석

총 폴리페놀 함량 분석은 페놀성물질인 phosphomolybdic acid와 반응하면 청남색으로 변화하는 것을 이용한 Folin-Ciocalteu (Dewanto *et al.*, 2002) 방법을 변형하여 수행하였다. 분쇄시료 0.5 g에 80% methanol 12.5 ml를 가한 뒤 상온에서 24시간동안 shaking (SK-300, JEIO TECH, Korea)하여 여과지(Whatman No. 1)로 거른 것을 1/10로 희석하여 시료로 사용하였다. 시료

300 µl에 1N-folin ciocalteu reagent (Sigma Co., USA) 300 µl를 가한 뒤 Na₂CO₃ (Daejung, Korea) 600 µl를 첨가하고, 증류수 2400 µl를 더해준 후 30분간 반응을 시킨 다음 반응액 500 µl를 증류수 4500 µl로 희석을 시킨 후 760 nm에서 흡광도를 측정(Optizen pop, Mecasys) 하였다. 표준물질은 Gallic acid (Sigma Co., USA)를 사용하여 얻은 검량선으로 총 폴리페놀 함량을 계산하였다(Fig. 1).

전자공여능 측정은 DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl)가 안정된 radical로 보라색을 띠고 있지만 항산화가 활성화 되면 노란색으로 변하는 것을 이용한 Blois (1958)의 방법을 약간 변형하여 수행하였다. 분쇄시료 0.5 g에 80% ethanol 12.5 ml를 가한 뒤 상온에서 24시간동안 shaking (SK-300, JEIO TECH, Korea)하여 여과지 (Whatman No. 1)로 거른 것을 시료로 사용하였다. 시료 60 µl를 80% ethanol 240 µl로 희석한 뒤 0.2 mM의 DPPH용액(갈색 플라스크에 99% ethanol에 녹임, Sigma Co., USA) 3 ml를 가한 뒤 30분간 반응을 시킨 후 517 nm에서 흡광도를 측정(Optizen pop, Mecasys) 하였다. 그리고 8 mg/ml

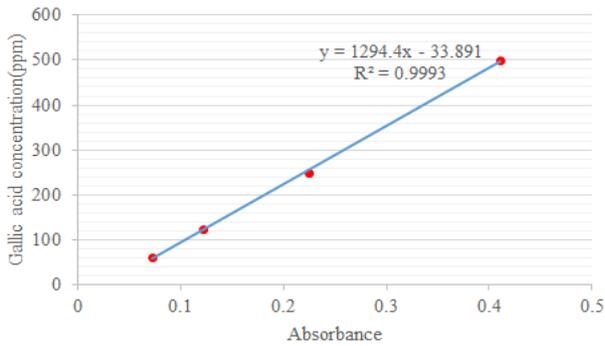


Fig. 1. Calibration of gallic acid concentration.

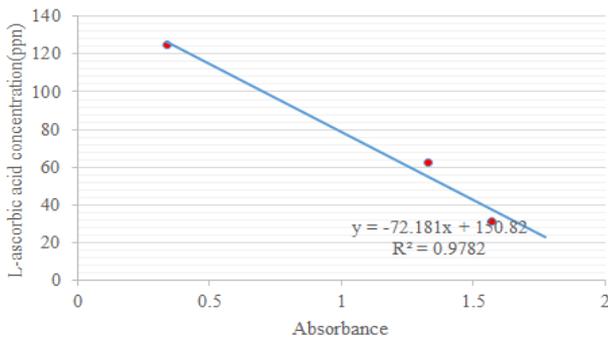


Fig. 2. Calibration of L-ascorbic acid concentration.

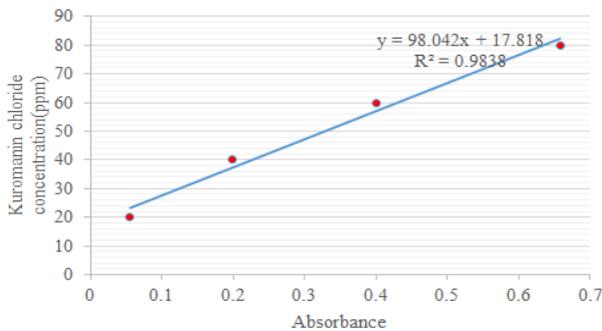


Fig. 3. Calibration of kuromanin chloride concentration.

농도는 시료를 1/5로 희석하여 사용하였다. 표준물질은 L-ascorbic acid (Sigma Co., USA)를 사용하였으며(Fig. 2), 전자공여능은 시료와 반응시킨 것과 반응시키지 않은 것의 흡광도 차이를 백분율(%)로 나타내었다.

총 안토시아닌 함량 분석은 분쇄시료 0.2 g에 80% methanol 5 ml를 가한 뒤 0.1 N hydrochloric acid (Duksan, Korea) 5 ml를 첨가한 뒤 상온에서 24 시간 동안 shaking (SK-300, JEIO TECH, Korea)하여 여과지 (Whatman No. 1)로 거른 것을 520

nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준물질은 kuromanin chloride (Sigma Co., USA)를 사용하여 얻은 검량선으로 총 안토시아닌 함량을 계산하였다(Fig. 3).

통계분석은 모든 실험은 3반복으로 수행하였으며, 통계분석은 SAS (SAS Institute Inc., Ver. 9.2, Clay, NC, USA)를 이용하여, 생육특성과 기능성 물질의 함량은 DMRT분석을 실시하였고, 기능성 물질간의 상관관계는 선형회귀분석을 실시하였다.

결과 및 고찰

생육특성

출수소요일

출수소요일과 관련한 선발목표는 경지이용률 향상을 위해 2모작 작부체계에 적합한 조기출수를 이상형으로 하였으며, 대조품종인 황금찰은 68일, 남풍찰은 73일이 소요되었다. 본 시험에서 사용한 수수 100 자원의 출수소요일은 68~94일의 변이로 변이 폭이 컸으며, 평균은 79.3일이었다. 출수소요일의 분포는 80~85일의 계급치가 34% (34자원)로 최빈수였고, 출수소요일이 60~70일로 빠른 13 자원도 있어 활용할 필요가 있었으며, 90~95일의 계급치가 6% (6자원)로 가장 낮았으며, 나머지 출수소요일간에는 큰 차이가 없었다(Fig. 4). 유전자원 100 자원과 대조품종 간 출수소요일의 차이는 대조품종과 비슷한 유전자원이 26 자원이었으며, 대조품종보다 느린 유전자원은 74 자원이었다. 그리고 중국 도입 유전자원 9 자원의 출수소요일은 69~84일의 변이를 보였으며, 평균은 77.3일로 나타났다. 이와 같이 100 자원의 출수소요일의 변이 폭이 큰 이유는 자원 특유의

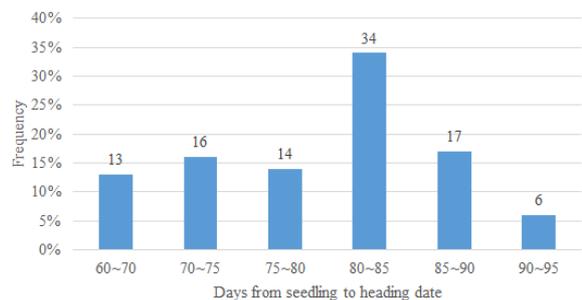


Fig. 4. Frequency distribution of days from seeding to heading date of 100 sorghum accessions (Hwanggeumchal : 68 day, Nampungchal : 73 day).

출수에 관여하는 환경요인의 차이에 의한 것으로 판단되며, 좀 더 많은 생리적 연구가 필요하리라고 생각된다.

Hong *et al.* (1997)은 수수 105 품종의 평균 출수소요일은 75.7일 소요되었다고 하였는데 본 시험보다 3~4일 정도 빨랐으며, Choi *et al.* (1996)은 도입유전자원의 평균 출수소요일은 80일로 본 시험과 유사하였다.

Yoon *et al.* (2010)은 출수소요일은 67~88일의 변이를 보였으며, 평균 77.4일로 유사하였으나, 76~80일 37.4%로 최빈수를 보여 본 시험의 결과와 차이를 보였다. 또한 Lee (2015)는 56~83일의 변이와 평균 67.5일 그리고 50~61일 31.4%로 가장 많아 본 시험의 결과와 차이를 보였는데, 이는 재배지역 및 기상 조건과 재료의 유전적 차이로 인한 결과라 생각된다.

이삭형태

선발목표는 수량적 측면에서는 극밀수형과 밀수형이 이상형으로 이삭곰팡이병 저항성 측면에서는 중간형과 산수형을 이상형으로 설정하였으며, 대조품종인 황금찰은 극밀수형, 남풍찰은 밀수형이었다.

본 시험에서 사용한 수수 100 자원의 이삭형태는 밀수형, 중간형, 소경수수형 등 총 7종류의 형태가 관찰되었으며(Fig. 5), 중간형이 22% (22자원)로 최빈수였다. 그 다음으로는 극밀수형이 21% (21자원)이었고, 산수형과 극산수형, 그리고 산수형이 각각 10% (10자원)로 가장 적었다(Fig. 6). 유전자원 100 자원과 대조품종 간 이삭형태의 차이는 황금찰과 같은 극밀수형은 21 자원이었으며, 남풍찰과 같은 밀수형은 15 자원으로 대조품종과 다른 이삭형태인 유전자원은 64 자원이었다. 그리고 중국 도입 유전자원 9 자원의 이삭형태는 산수형 1 자원, 밀수형 3 자원

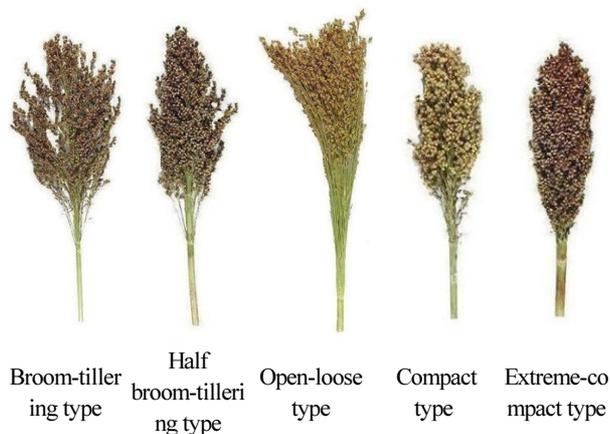


Fig. 5. Typical ear types of sorghum (*Sorghum bicolor L.* Moench).

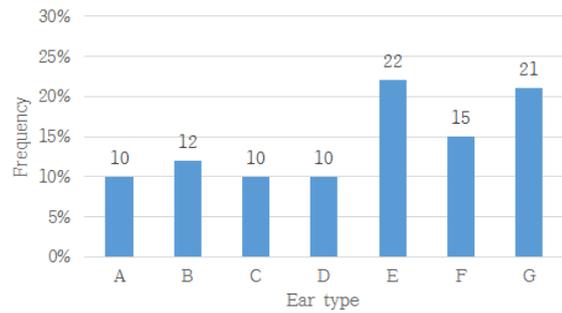


Fig. 6. Frequency distribution of ear type of 100 sorghum accessions A: Broom-tillering type B: Half broom-tillering type C: Extreme open-loose type D: Open-loose type E: Intermediate type F: Compact type G: Extreme-compact type (Hwangeumchal : Extreme-compact type, Nampungchal : Compact type).

그리고 극밀수형 5 자원으로 나타났다.

Kang and Lee (1996), Seong *et al.* (2011), Goh *et al.* (2012), Lee (2015)는 이삭형태 분류를 극산수형, 중간불수형, 극산직립형, 반밀수타원형, 반편수형, 산직립형, 밀수타원형, 밀수란형, 편수형으로 총 9 가지의 수형으로 분류하였으나, 상기의 결과는 본 시험과 조사기준이 달라서 비교하기 어려웠다.

Yoon *et al.* (2010)의 이삭형태는 본 시험보다 분류가 2 개 적은 5 가지로 분류하였으며, 소경수수형이 38.0% (68자원)로 가장 많았으며, 그 다음으로 반소경수수형이 25.1% (45자원)로 많았다. 본 시험결과는 중간형과 밀수형이 대부분으로 차이를 보였으며, 이는 재료의 유전적 차이로 인한 결과라 생각된다.

간장

선발목표는 기계수확에 적합한 150 cm 이하 단간종으로 하였으며, 대조품종인 황금찰은 128.3 cm, 남풍찰은 135.0 cm였다. 본 시험에서 사용한 수수 100 자원의 간장은 70~429 cm의 변이로 변이 폭이 컸으며, 평균은 260.0 cm였다. 간장의 분포는 100~150 cm의 계급치가 31% (31자원)로 최빈수였고, 그 다음은 300~350 cm의 계급치로 27% (27자원)로 많았고, 150 cm 이하인 단간종 유전자원은 총 33 자원이었다(Fig. 7). 유전자원 100 자원과 대조품종 간 간장의 차이는 황금찰보다 작은 유전자원은 9 자원이었으며, 황금찰과 남풍찰 사이의 유전자원은 10 자원이었고, 남풍찰보다 큰 유전자원은 81 자원이었다. 그리고 중국 도입 유전자원 9 자원의 간장은 92.4~167.0 cm의 변이를 보였으며, 평균은 127.0 cm로 중국 도입 유전자원 대부분이 단간종이었다.

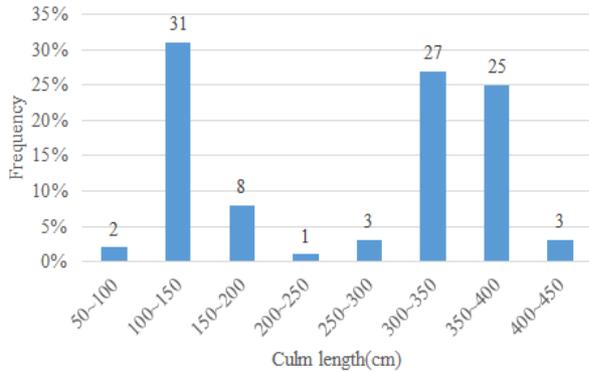


Fig. 7. Frequency distribution of culm length of 100 sorghum accessions (Hwanggeumchal : 128.3 cm, Nampungchal : 135.0 cm).

Choi *et al.* (1996)의 미국과 중국에서 도입된 유전자원의 간장은 73~272 cm의 변이를 보였고, 평균은 121 cm로 본 시험보다 변이가 작았으며, Yoon *et al.* (2010)의 간장의 변이 폭은 92~360 cm로 본 시험보다 작았으며, 평균은 253.8 cm로 본 시험결과와 유사한 결과였다.

Seong *et al.* (2011)의 간장은 300 cm 이상 6개체 (12.2%)와 200~300 cm 10개체 (20.4%) 그리고 나머지는 200 cm 이하로 본 시험결과와 차이가 있었다. Choi *et al.* (2012)은 간장은 75~281 cm의 변이를 보였고, 평균 175 cm, 150~200 cm인 자원이 59 품종 (42.1%)으로 가장 많이 나타났다고 하였는데, 이는 본 시험결과보다 변이의 폭이 작았고, 평균 또한 차이가 있었다. Lee (2015)의 간장도 128~345 cm의 변이를 보였으며, 평균 209.8 cm, 최빈수는 131~160 cm가 23.9% (37자원)로 본 시험결과와 차이를 보였다.

이삭길이

이삭길이는 대조품종인 황금찰은 23.0 cm, 남풍찰은 28.8 cm였으며, 본 시험에서 사용한 수수 100 자원은 17.3~44.4 cm의 변이로 변이 폭이 컸으며, 평균은 28.8 cm였다. 이삭길이의 분포는 20~25 cm의 계급치가 35% (35자원)로 최빈수였다. 그 다음으로 25~30 cm 계급치가 23% (23자원)로 높았으며, 15~20 cm 계급치가 2% (2자원)로 가장 작았다(Fig. 8). 유전자원 100 자원과 대조품종 간 이삭길이의 차이는 황금찰보다 짧은 유전자원은 23 자원이었으며, 황금찰과 남풍찰 사이의 유전자원은 30 자원이었고, 대조품종보다 긴 유전자원은 47 자원이었다. 그리고 중국 도입 유전자원 9 자원의 이삭길이는 17.3~36.7 cm의 변이를 보였으며, 평균은 26.2 cm로 나타났다.

Choi *et al.* (1996)의 연구결과에서는 이삭길이가 20~37 cm

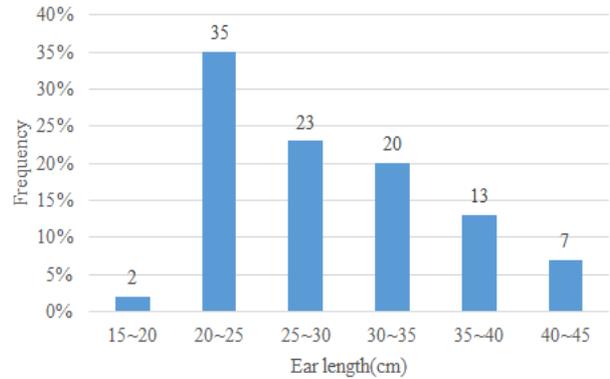


Fig. 8. Frequency distribution of ear length of 100 sorghum accessions (Hwanggeumchal : 23.0 cm, Nampungchal : 28.8 cm).

의 변이를 보였으며, 평균 25 cm로 변이의 폭이 커, 본 시험결과와 유사한 결과를 보였으며, Yoon *et al.* (2010)의 연구에서도 이삭길이는 15~49 cm 변이를 보였고, 평균 28.8 cm로 본 시험결과와 유사한 결과를 보였으나, 최빈수는 31~35 cm가 47 자원 (26.3%)으로 본 시험결과와는 차이가 있었다. 또한 Seong *et al.* (2011)의 결과에서는 평균 28.8 cm로 본 시험결과와 유사한 결과였으며, Choi *et al.* (2012)은 9~62 cm 변이를 보였으며, 평균 26 cm로 나타났고, 최빈수는 21~30 cm 계급치로 본 시험결과와 마찬가지로 변이가 컸다.

이삭폭

이삭폭은 대조품종인 황금찰은 6.3 cm, 남풍찰은 6.2 cm였으며, 본 시험에서 사용한 수수 100 자원의 이삭폭은 3.3~18.3 cm의 변이로 변이 폭이 컸으며, 평균은 7.9 cm였다. 이삭폭의 분포는 7~9 cm의 계급치가 30% (30자원)로 최빈수였고, 그 다음으로 5~7 cm가 27% (27자원)로 많았다(Fig. 9). 유전자원 100 자원과 대조품종 간 이삭폭의 차이는 황금찰과 남풍찰보다 작거나 같은 유전자원은 31 자원이었으며, 대조품종보다 큰 유전자원은 69 자원이었다. 그리고 중국 도입 유전자원 9 자원의 이삭폭은 3.3~5.8 cm의 변이를 보였으며, 평균은 4.5 cm로 대체적으로 이삭폭이 작았다. 2

Choi *et al.* (1996)의 이삭폭의 평균은 7 cm로 변이가 크지 않았던 반면 본 시험에 사용한 자원은 변이가 컸다. 그러나 Seong *et al.* (2011)의 결과에서는 이삭폭은 10 cm 이상 7 자원이었고, 대부분이 10 cm 이하로 본 시험결과와 유사하였다. 또한 Lee (2015)의 결과에서는 이삭폭은 5~27 cm의 변이로 보였으며, 평균 11.1 cm로 본 시험결과보다 변이가 컸으며, 평균 또한 컸다.

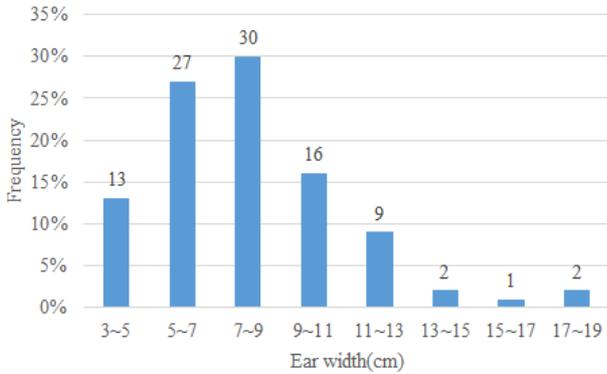


Fig. 9. Frequency distribution of ear width of 100 sorghum accessions (Hwanggeumchal : 6.3 cm, Nampungchal : 6.2 cm).

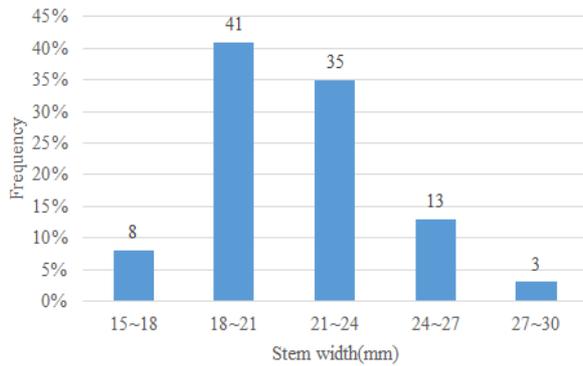


Fig. 10. Frequency distribution of stem width of 100 sorghum accessions (Hwanggeumchal : 22.9 mm, Nampungchal : 22.6 mm).

경태

경태의 선발목표는 경태가 굵을수록 도복에 강하여 경태가 굵은 것을 이상형으로 하였으며, 대조품종인 황금찰은 22.9 mm, 남풍찰은 22.6 mm였으며, 본 시험에서 사용한 수수 100자원의 경태는 16.6~29.7 mm의 변이로 변이 폭이 컸으며, 평균은 21.4 mm였다. 경태의 분포는 18~21 mm의 계급치가 41% (41자원)로 최빈수였고, 그 다음으로 21~24 mm 계급치가 35% (35자원)로 많았다(Fig. 10). 유전자원 100 자원과 대조품종 간 경태의 차이는 황금찰과 남풍찰보다 작은 유전자원은 71 자원이었으며, 대조품종보다 경태가 크거나 같은 유전자원은 29 자원이었다. 그리고 중국 도입 유전자원 9 자원의 경태는 16.6~28.5 mm의 변이를 보였으며, 평균은 21.9 mm로 나타났다.

Seong *et al.* (2011)의 연구결과에서는 경태 대부분이 2.2 ± 0.1 cm로 본 시험결과와 유사한 결과가 나왔으며, Goh *et al.* (2012)의 연구결과에서도 경태가 모두 2 cm 이상으로 본 시험결과와 유사한 결과를 보였다. Choi *et al.* (1996)의 연구결과

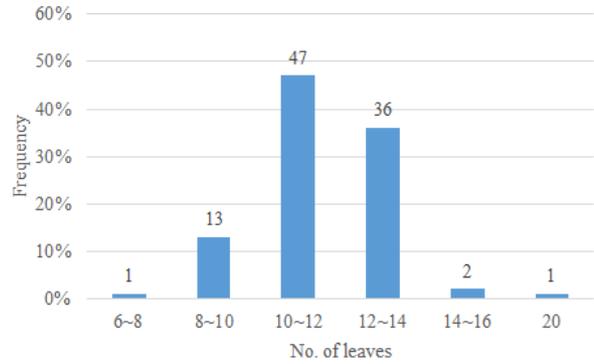


Fig. 11. Frequency distribution of no. of leaves of 100 sorghum accessions (Hwanggeumchal : 10.3, Nampungchal : 12).

에서는 경태의 평균이 17 mm로 사용 자원 간에 큰 차이가 없었고 하였는데 본 시험결과는 변이의 차이가 있었으며, Choi *et al.* (2012)의 연구결과에서도 경태는 5.8~42.7 mm의 변이를 보였으며, 평균은 11.6 mm였고, 8.1~11.0 mm가 42.9%로 최빈수로 본 시험과 차이를 보였다.

엽수

엽수는 대조품종인 황금찰은 10.3 개, 남풍찰은 12 개였으며, 본 시험에서 사용한 수수 100 자원의 엽수는 6.3~20 개의 변이로 변이 폭이 컸으며, 평균은 11.4 개였다. 분포는 10~12 개의 계급치가 47% (47자원)로 최빈수였고, 그 다음으로 12~14 개의 계급치가 36% (36자원)로 많았으며, 8~14 개의 계급치가 96% (96자원)로 대부분이었다(Fig. 11). 유전자원 100 자원과 대조품종 간 엽수의 차이는 황금찰보다 적은 유전자원은 18 자원이었으며, 황금찰과 남풍찰 사이의 유전자원은 53 자원이었고, 대조품종보다 많은 유전자원은 7 자원이었다. 그리고 중국 도입 유전자원 9 자원의 엽수는 6.3~12 개의 변이를 보였으며, 평균은 9.5 개였다.

천립중

천립중의 선발목표는 립중이 무거울수록 발아율이 높아 무거운 것을 이상형으로 설정하였다. 대조품종인 황금찰은 22.53 g, 남풍찰은 23.14 g 이었으며, 본 시험에서 사용한 수수 100 자원의 천립중은 14.55~32.54 g의 변이로 변이 폭이 컸으며, 평균은 22.14 g이었다. 천립중의 분포는 21~25 g의 계급치가 38% (38자원)로 최빈수였고, 그 다음으로 17~21 g 계급치가 26% (26 자원)로 많았다(Fig. 12). 유전자원 100 자원과 대조품종 간 천립중의 차이는 황금찰보다 작은 유전자원은 56 자원이었으며,

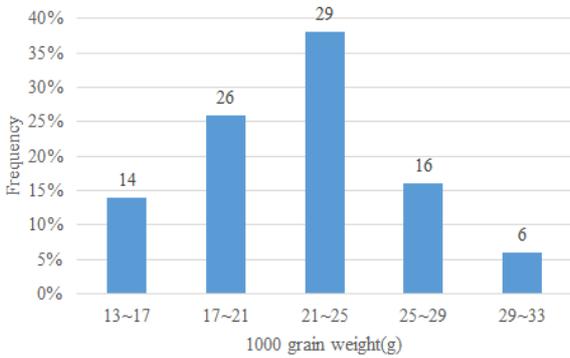


Fig. 12. Frequency distribution of 1000 grain weight of 100 sorghum accessions (Hwanggeumchal : 22.53 g, Nampungchal : 23.14 g).

대조품종보다 크거나 같은 유전자원은 44 자원이었다. 그리고 중국 도입 유전자원 9 자원의 천립중은 24.85~31.39 g의 변이를 보였으며, 평균은 28.03 g로 나타났다.

Kang and Lee (1996)의 시험결과에서는 천립중 평균이 23 g으로 본 시험결과 보다 컸으며, Hong *et al.* (1997)의 시험결과도 천립중의 평균이 24.1 g으로 본 시험결과보다 컸다. Yoon *et al.* (2010)은 10.6~38.1 g의 변이로 나타났으며, 평균은 25.6 g 이었고, 26~30 g이 44.1% (79 자원)로 가장 많아 본 시험결과와 유사하였으며, 최빈수는 본 실험과 차이가 있었다.

이삭당 수량

이삭당 수량의 선발목표는 수량성이 큰 것을 이상형으로 이삭당 수량이 대조품종보다 높은 33.63 g 이상을 이상형으로 설정하였으며, 대조품종인 황금찰은 33.63 g, 남풍찰은 31.57 g이었다. 본 시험에서 사용한 수수 100 자원의 이삭당 수량은 18.32~44.96 g의 변이로 변이 폭이 컸으며, 평균은 30.74 g이었다. 이삭당 수량의 분포는 26~30 g의 계급치가 24% (24자원)로 최빈수였고, 33.63 g 이상인 유전자원은 36 자원이었다 (Fig. 13). 유전자원 100 자원과 대조품종 간 이삭당 수량의 차이는 남풍찰보다 작은 유전자원은 56 자원이었으며, 대조품종보다 크거나 같은 유전자원은 43 자원이었다. 그리고 중국 도입 유전자원 9 자원의 이삭당 수량은 24.86~41.12 g의 변이를 보였으며, 평균은 33.30 g으로 나타났다.

Choi *et al.* (1996)의 미국과 중국에서 도입한 유전자원의 이삭당 종실수량은 평균 49 g/주였으며, 최고수량은 8806~2가 79 g/주로 본 시험보다 이삭당 수량이 높았다.

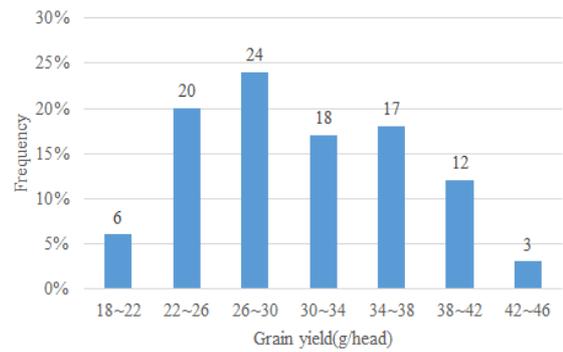


Fig. 13. Frequency distribution of grain yield of 100 sorghum accessions (Hwanggeumchal : 33.63 g, Nampungchal : 31.57 g).

Table 4. List of accessions of good growth and grain yield characteristics selected

Accession no.	Culm length(cm)	Grain yield(g/head)
DS017	132.2 abc ^z	39.13 abcd
DS019	146.7 a	33.74 ef
DS020	132.3 abc	35.12 cdef
DS027	143.7 ab	41.50 a
DS066	145.7 ab	40.13 ab
DS068	138.3 ab	39.64 abc
DS236	128.7 abc	33.75 ef
DS247	146.3 ab	33.81 ef
DS248	126.7 abc	34.28 ef
DS428	137.0 abc	36.22 bcdef
DS438	126.7 abc	35.45 cdef
DS450	116.3 cd	39.55 abc
DS453	105.7 d	35.00 cdef
DS456	116.3 cd	41.12 a
DS462	104.7 d	34.86 def
DS472	141.0 ab	36.18 bcdef
DS485	124.3 bcd	37.55 abcde
DS488	140.7 ab	38.32 abcde
Hwanggeumchal	128.3 abc	33.63 ef
Nampungchal	135.3 abc	31.57 f
Mean	130.7	36.96

^zMeans with same letter are not significantly different at the 0.1% level by DMRT.

우수 유전자원 선발

사용한 수수 100 자원의 총 9 가지의 생육 및 수량특성을 조사 분석한 결과 기계수확에 용이한 단간종인 150 cm 이하인 33 자원과 이삭당 수량이 대조품종보다 높은 33.63 g 이상인 36 자원 중 단간종이며 이삭당 수량이 높은 18 자원을 선발하였다. 선발

된 18자원의 평균 간장은 130.7 cm이며, 평균 이삭당 수량은 36.96 g이었다(Table 4).

선발된 유전자원의 기능성물질 함량

상기의 선발된 18 자원 중 기능성물질 함량이 높은 자원을 선발하기 위하여 총 폴리페놀 함량, 전자공여능 및 총 안토시아닌 함량을 분석한 결과는 다음과 같다.

총 폴리페놀 함량

총 폴리페놀 함량은 대조품종인 황금찰은 174.08 µg GAE/g 이었으며, 남풍찰은 292.30 µg GAE/g이었다. 선발된 18 유전자원의 평균함량은 200.37 µg GAE/g이었으며, DS462가 89.08 µg GAE/g으로 함량이 가장 낮았으며, DS027이 363.06 µg GAE/g으로 함량이 가장 높았다. DS017은 332.43 µg GAE/g, DS019은 326.39 µg GAE/g, DS020 293.16 µg GAE/g, DS027

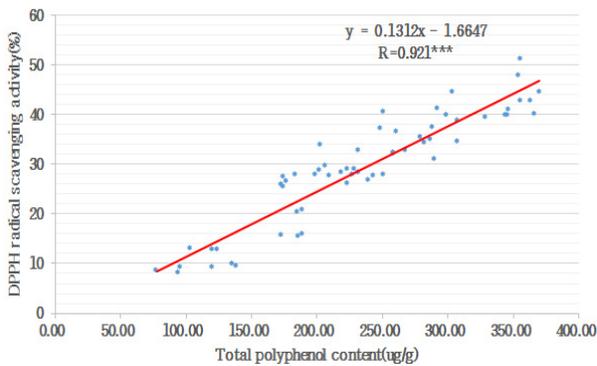


Fig. 14. Correlation between total polyphenol contents and DPPH radical scavenging activity in sorghum methanol extracts.

363.06 µg GAE/g, DS066 358.75 µg GAE/g으로 대조품종인 남풍찰보다 함량이 높았다(Table 5).

Yoon *et al.* (2012)의 총 폴리페놀 함량은 찰수수는 682.2 µg/g, 황금찰수수는 541.1 µg/g, 재래찰수수는 237.9 µg/g으로 나타나 본 실험결과와 유사한 결과가 나타났다. Woo *et al.* (2011)은 경남 밀양에서 재배한 황금찰수수는 16.63 mg GE/g, 강원도 원주에서 재배한 수수는 15.71 mg GE/g, 전남 신안에서 재배한 것은 9.30 mg GE/g이었고, Sa *et al.* (2010)은 빛자루수수는 22.9 mg GAE/g, 메수수는 22.7 mg GAE/g, 장목수수는 22.7 mg으로 높은 함량을 나타냈으며, 흰수수가 16.4 mg GAE/g으로 가장 함량이 낮았다. Lee (2015) 연구에서는 81.0~235.7 mg GAE/g의 범위로, 수수 28 개 자원의 총 폴리페놀 함량은 235.7, 233.6, 230.3 mg GAE/g으로 높은 함량을 보여 실험결과 간에 차이를 보였다. 이는 재배 및 기상조건과 재료의 유전적 차이와 실험절차, 표준물질 종류, 추출방법 등에 따라 분석치 간의 차이가 크므로 평면적 비교는 적합하지 않다고 하였다(Lee and Lee, 1994).

전자공여능

DPPH radical 소거능은 대조품종인 황금찰이 26.25%였으며, 남풍찰은 33.65%였다. 선발된 18 유전자원의 평균은 29.03%였으며 DS462가 8.67%로 가장 낮았으며, DS027이 46.12%로 가장 높았다. DS017은 39.94%, DS019은 41.67%, DS020 39.43%, DS027 46.12%, DS066 43.55%, DS068 35.29%, DS236 36.59%로 대조품종인 남풍찰보다 소거능이 높거나 유사하였다(Table 6).

Table 5. Total polyphenol contents in selected 18 sorghum accessions and comparative variety

Accession no.	Content(µg/g)	Accession no.	Content(µg/g)
DS027	363.06 a ^z	DS247	222.40 fgh
DS066	358.75 a	DS438	220.25 gh
DS017	332.43 b	DS485	213.34 gh
DS019	326.39 b	DS472	201.26 hij
DS020	293.16 c	DS428	185.73 ij
Nampungchal	292.30 c	DS456	185.73 ij
DS236	273.31 cd	Hwangeumchal	174.08 j
DS068	256.06 de	DS453	131.36 k
DS488	252.61 de	DS450	115.83 k
DS248	237.50 efg	DS462	89.08 l

^zMeans with same letter are not significantly different at the 0.1% level by DMRT.

Table 6. DPPH radical scavenging activity in selected 18 sorghum accessions and comparative variety

Accession no.	8 mg/ml activity (%)	Accession no.	8 mg/ml activity (%)
DS027	46.12 a ^z	DS247	29.01 hi
DS066	43.55 ab	DS248	27.98 i
DS019	41.67 bc	DS485	27.45 i
DS017	39.94 cd	DS438	27.20 i
DS020	39.43 cd	Hwangeumchal	26.25 ij
DS236	36.59 de	DS456	22.98 j
DS068	35.29 ef	DS428	15.69 k
Nampungchal	33.65 efg	DS450	12.86 kl
DS488	32.51 fgh	DS453	9.60 lm
DS472	30.14 ghi	DS462	8.67 m

^zMeans with same letter are not significantly different at the 0.1% level by DMRT.
Blank absorbance : 2.180.

Yoon *et al.* (2012)의 전자공여능은 40 mg/ml 농도로 88.47~90.11%를 보였으며, Sa *et al.* (2010)은 10 µg/ml 농도에서, 메수수는 94.3%, 붉은장목수수는 94.0%로 높은 활성이 나타났고, Lee (2015)의 DPPH radical 활성 검정결과 7.4~100 µg/ml로 다양하게 나타나 실험결과 간에 차이를 보였다. 이는 추출용매의 차이와 시료와 DPPH용액 반응 비율의 차이에 인한 것으로 생각된다. 또한 이는 재배 및 기상조건과 재료의 유전적 차이와 실험절차, 표준물질 종류, 추출방법 등에 따라 분석치 간의 차이가 크므로 단순한 비교(Lee and Lee, 1994)는 어려운 실정이다.

항산화능과 항산화 성분과의 상관관계를 선형회귀분석한 결과 총 폴리페놀 함량과 DPPH radical 소거능 사이에 99.9% 수준으로 R=0.921의 높은 상관관계가 나타나 총 폴리페놀 함량이 높을수록 DPPH radical 소거능이 증가함을 알 수 있었다 (Fig. 14). Polyphenolic 화합물들은 우수한 항산화력을 가지고 있는 것으로 알려져 있으며(Middleton *et al.*, 1997), Lee (2015)는 총 폴리페놀 함량과 DPPH radical 소거능의 상관관계는 R²=0.52 정의상관관계가 있다고 하였는데, 본 시험도 이와 유사한 결과를 보였다.

총 안토시아닌 함량

총 폴리페놀 함량은 대조품종인 황금찰은 49.22 µg/g이었으며, 남풍찰은 51.52 µg/g이었다. 선발된 18 유전자원의 평균함량은 35.96 µg/g이었으며 최소함량은 DS453가 24.48 µg/g으로 가장 낮았으며, 최고함량은 DS488이 54.85 µg/g으로 가장 높았다. DS488은 54.85 µg/g, DS428은 49.99 µg/g으로 대조품종인

남풍찰과 황금찰보다 함량이 높거나 유사하였다(Table 7).

Yoon *et al.* (2012)의 총 안토시아닌 함량은 몽당수수는 137.5 mg/g, 재래찰수수는 114.17 mg/g, 목탁수수는 121.67 mg/g, 황금찰수수는 167.5 mg/g, 메수수는 65.8 mg/g이었으며, 총 안토시아닌이 가장 많은 품종은 황금찰수수였고, 가장 적은 품종은 메수수로 나타나, 본 실험결과와 차이가 컸다. 이는 재배 및 기상조건과 재료의 유전적 차이와 실험절차, 표준물질 종류, 추출방법 등에 따라 분석치 간의 차이로 생각된다.

적 요

기계수확에 적합하고 고기능성 유전자원을 선발하여 중부지역에 재배품종자원으로 공급하기 위하여 수수 100 자원을 공시하여 실시한 시험결과는 다음과 같다. 황금찰과 남풍찰을 대조 품종으로 하여 수집된 수수 100 자원의 작물학적 특성을 검정한 결과 출수소요일은 68~94일의 변이로 변이가 컸으며, 이삭형태는 7종류의 형태로 중간형이 가장 많이 나타났다. 간장은 70~429 cm의 변이로 변이 폭이 컸으며, 평균 260 cm였고, 100~150 cm가 31%로 최빈수였다. 이삭길이는 17~44.4 cm의 변이를 보였으며, 평균은 28.8 cm였다. 경태는 16.6~29.7 mm의 변이로 변이 폭이 컸으며, 평균은 21.4 mm였고, 엽수는 6.3~20개의 변이로 변이 폭이 컸으며, 평균은 11.4개였다. 천립중은 14.55~32.54 g의 변이로 변이 폭이 컸으며, 평균은 22.14 g이었고, 이삭당 수량은 18.32~44.96 g의 변이로 변이 폭이 컸으며, 평균은 30.74 g이었다. 작물학적 특성 검정을 통해 기계수확에

Table 7. Total anthocyanin contents in selected 18 sorghum accessions and comparative variety

Accession no.	Content ($\mu\text{g/g}$)	Accession no.	Content ($\mu\text{g/g}$)
DS488	54.85 a ^z	DS020	34.51 i
Nampungchal	51.52 b	DS066	32.95 j
DS428	49.99 c	DS236	32.38 j
Hwanggeumchal	49.22 c	DS456	30.93 k
DS247	47.09 d	DS068	30.89 k
DS438	44.29 e	DS017	29.90 kl
DS248	41.70 f	DS019	29.02 l
DS472	38.65 g	DS027	27.24 m
DS462	36.95 h	DS450	25.18 n
DS485	36.35 h	DS453	24.48 o

^zMeans with same letter are not significantly different at the 0.1% level by DMRT.

적합한 150 cm 이하의 단간종이며, 이삭당 수량이 대조품종보다 높은 33.63 g 이상인 18 유전자원을 선발하였다. 선발된 18 유전자원 중 기능성물질 함량이 높은 자원 선발을 위하여 총 폴리페놀 함량, 전자공여능 및 총 안토시아닌 함량을 분석한 결과, 총 폴리페놀 함량은 대조품종인 황금찰은 174.08 $\mu\text{g GAE/g}$ 이었으며, 남풍찰은 292.30 $\mu\text{g GAE/g}$ 이었고, DS017, DS019, DS020, DS027, DS066이 대조품종인 남풍찰보다 함량이 높았다. 전자공여능은 대조품종인 황금찰이 26.25%였으며, 남풍찰은 33.65%였고, DS017, DS019, DS020, DS027, DS066, DS068, DS236이 대조품종인 남풍찰보다 소거능이 높거나 유사하였다. 총 안토시아닌 함량은 대조품종인 황금찰은 49.22 $\mu\text{g/g}$ 이었으며, 남풍찰은 51.52 $\mu\text{g/g}$ 이었고, DS488, DS428이 대조품종인 남풍찰과 황금찰보다 함량이 높거나 유사하였다. 그리고 항산화능과 항산화 성분과의 상관관계를 선형회귀분석 한 결과, 총 폴리페놀 함량과 DPPH radical 소거능 사이에 99.9% 수준으로 R=0.922의 높은 상관관계가 나타나 총 폴리페놀 함량이 높을수록 DPPH radical 소거능이 증가함을 알 수 있었다. 작물학적 특성 검정과 기능성물질 함량분석을 통하여 기계수확에 적합한 단간종이며, 이삭당 수량이 높고, 기능성물질 함량이 높은 DS017, DS019, DS020, DS027, DS066 5자원을 선발하였다.

사 사

본 연구는 충남농업기술원 공동연구사업(과제번호: PJ0112 47042016)의 지원에 의해 수행되었다.

References

- Blois, M.S. 1958. Antioxidant determination by the use of a stable free radical. *Nature* 26:1199-1200.
- Choi B.H., S.K. Kim, D.Y. Song, S.H. Cho, M.S. Chin and K.Y. Park. 1996. Growth characteristics and grain yields for introduced germplasm of grain sorghum. *The Journal of the Korean Society of International Agriculture* 8(2):143-150 (in Korean).
- Choi, Y.H., Y.H. Moon, S.H. Ahn, Y.M. Yoon, Y.L. Cha, B.C. Koo, K.G. Park, H.S. Han and W.S. Kim. 2012. Characteristics of sweet sorghum germplasm for bioethanol production in reclaimed soil. *Korean J. Crop Sci.* 57(4):384-388 (in Korean).
- Dewanto, V., X. Wu, K.K. Adom and R.H. Liu. 2002. Thermal processing enhances the nutritional value of tomatoes by increasing total antioxidative activity. *J. Agric. Food Chem.* 50:3010-3015.
- Goh, E.J., J.H. Yoo, E.S. Seong, J.G. Lee, I.S. Hwang, N.J. Kim and C.Y. Yu. 2012. Antioxidant and antimicrobial activities of sorghum germplasm introduced from USA. *Korean J. Plant Res.* 25(2):193-199 (in Korean).
- Hong, G.C., H.J. Kwon and C.S. Kim. 1977. Studies on the sorghum as a forage crop- II. On the variation of total non-structural carbohydrate and total nitrogen content affected by sorghum cultivars. *Korean J. Breeding Sci.* 9(1):10-26 (in Korean).
- Kang, J.H. and H.J. Lee. 1996. Growth and morphological characteristics of introduced sorghum germplasm. *Korean J. Crop Sci.* 41(2):207-214 (in Korean).

- Kim, Y.S. and G.C. Lee. 2006. A survey on the consumption and satisfaction degree of the cooked rice mixed with multigrain in Seoul, Kyeonggi and Kangwon area. Korea J. Food Cult. 21:661-669 (in Korean).
- Lee, J.H. and S.R. Lee. 1994. Analysis of phenolic substances content in Korean plant foods. Korean J. Food Sci. Technol. 26:310-316 (in Korean).
- Lee, G.H. 2015. Selection of superior lines and physiological activities from the agronomic characteristics in *Sorghum bicolor* M. accessions. Department of Bioconvergence Science and Technology Graduate School, M.S. Thesis, Kangwon National Univ., Korea (in Korean).
- Middleton, E. and C. Kandaswami. 1997. Potential health-promoting properties of citrus flavonoids. Food Technol. 48:115-119.
- Sa, Y.J., J.S. Kim, M.O. Kim, H.J. Jeong, C.Y. Yu, D.S. Park and M.J. Kim. 2010. Comparative study of electron donating ability, reducing power, antimicrobial activity and inhibition of α -glucosidase by sorghum bicolor extracts. Korean J. Food Sci. Technol. 42(5):598-604 (in Korean).
- Seong, E.S., J.H. Yoo, J.G. Lee, I.S. Hwang, N.J. Kim, M.J. Kim, J.K. Lee, B.K. Ghimire, J.D. Lim and C.Y. Yu. 2011. Agronomic characterization of *Sorghum bicolor* (L.) Moench germplasm collected in Gangwon-do for bio-energy crop. Korean J. Crop Sci. 56(2):151-158 (in Korean).
- Woo, K.S., J.S. Lee, J.R. Kang, J.W. Ko, S.B. Song, B.G. Oh, M.C. Seo, D.Y. Kwak and M.H. Nam. 2011. Effects of the cultivated area on antioxidant compounds and antioxidant activities of sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench). J. Korean Soc. Food Sci Nutr. 40(11):1512-1517 (in Korean).
- Yoon, E.T., X.Z. Yu, Q.Y. Zhang, I.S. Kim, T.H. Kim and J.C. Nam. 2010. Agronomic characteristics of *Sorghum bicolor* (L.) Moench germplasm. Korean J. Crop. Sci. 55(1):83-90 (in Korean).
- _____, T.H. Kim, J.C. Nam, T.Y. Kim, H.R. Kim, S.H. Jo, E.W. Lee, M.C. Kim, M.J. Kim and S.M. Kim. 2012. Comparison of functional materials in organic cultivated minor cereal crops. Korean J. Organic Agri. 20(4):619-630 (in Korean).

(Received 10 May 2016 ; Revised 4 July 2016 ; Accepted 19 July 2016)