

수수의 종자형태 및 발아세 평가

전승호* · 윤동경** · 오승가** · 이은정** · 이현준** · 이병진* · 정기열*** · 조영손***[†]

*경남과학기술대학교 종자실용화 연구소, **경남과학기술대학교 농학·한약자원학부, ***국립식량과학원

Evaluation of Seed Vigor and Morphology by Varietal Difference of Sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench)

Seung-Ho Jeon*, Dong-Kyung Yoon**, Seung-Ka Oh**, Eun-Jung Lee**, Hyoun-Jun Lee**,
Byung-Jin Lee*, Ki-Youl Jung***, Young-Son Cho***[†]

*Research Center for Seed Utilization, Gyeongnam National University of Science and Technology, Jinju 660-758, Korea

**Division of Agronomy & Medicinal Plant Resources, Gyeongnam National University of Science & Technology,
Jinju 660-758, Korea

***Department of Functional Crop, NICS, RDA, Miryang 627-803, Korea

ABSTRACT This study was conducted to evaluate basic seed characteristics such as morphological characteristics and various seed vigor using 4 sorghum varieties, Nampungchal, Donganme, Hwanggeumchal and Whinchal. No difference was shown in morphological characteristics of the varieties except that the width. Whinchal has bulb-shaped seed, while the other varieties have oval-shaped seeds. The seed coat color of Whinchal is obviously different from those of the other varieties; especially, Nampungchal and Hwanggeumchal are not glossy. Germination rate were Hwanggeumchal > Nampungchal > Donganme > Whinchal in the order of higher rate in standard germination tests and cold germination test. In the ageing test, Donganme showed the lowest 15% decrease in comparison with the standard cultivar. Electric conductivity (EC) has negative correlation with standard germination tests, cold germination test and accelerated ageing test. In the percentage of emergence (PE), Hwanggeumchal was the highest 85.7% which was more than 40% to the lowest Whinchal. Mean emergence time (MET) showed significant difference between the varieties; Whinchal showed the slowest 6.0 days.

Keywords : ageing test, cold germination, seed vigor, electric conductivity

열대원산인 수수는 외떡잎식물 벼목 화본과의 한해살이풀로(Kim *et al.*, 2006) 옥수수, 조, 기장, 메밀 등과 함께 중요한 잡곡으로 인식되고 있다(Woo *et al.*, 2009). 대표적인 C₄ 작물인 수수는 고온 건조한 환경에서도 잘 자라는 특성을 가지고 있으며, 이러한 특성 때문에 열대와 그에 준한 건조지대에서 많이 재배되고 있다. 특히 아프리카와 인도를 중심으로 한 아시아의 건조지대가 주산지를 이루고 있다(Bennett *et al.*, 1990; Cho, 2004; Khosla *et al.*, 1995; Yoon *et al.*, 2010). 우리나라에서는 수수의 불량환경에 대한 적응성을 이용해 예로부터 대체작물이나 구황작물로 재배하여 왔고(Jung, 2012), 다른 작물과 혼작하기에 유리해 농가의 보조 식량으로 이용하고 있다(Kim *et al.*, 2013).

수수에는 식이섬유와 플라보노이드, 탄닌, 페놀산 등의 Phenolic compounds가 다량 함유되어 있으며(Chae & Hong, 2006; Woo *et al.*, 2010), 수수의 생리적 기능성에 관한 연구들이 보고되고 있다. 수수에 함유되어 있는 식이섬유는 고지혈증, 당뇨와 같은 성인병 예방에 효과가 있다고 보고되었으며(Woo *et al.*, 2010), Phenolic compounds는 강한 항돌연변이원성의 활성이 있는 것으로 보고되고 있다(Grimmer *et al.*, 1992). Phenolic compounds 중 강력한 항산화성을 나타내는 탄닌 성분은 다른 작물에 비해 수수에 그 양이 월등히 많다고 알려져 건강 기능성 농산물로 각광받고 있어 그 수요가 증가하고 있다(Kim, 2013).

[†]Corresponding author: (Phone) +82-55-751-3221 (E-mail) yscho@gntech.ac.kr

<Received 4 September 2014; Revised 14 October 2014; Accepted 20 October 2014>

그러나 아직 수수의 생산성 향상을 위해 우리 실정에 적합한 표준 재배기술이 확립되지 않아 생산성에 매우 취약한 실정이다. 지금까지 이루어진 연구를 살펴보면 작부체계 및 그루터기에 관한 연구(Jeon *et al.*, 2012; Yun *et al.*, 2012)와 기계이식(Kim, 2013) 등의 재배관련 연구는 진행되고 있으나 종자에 대한 연구는 미흡한 실정이다(Yoon *et al.*, 2010).

특히, 수수의 종자에 관한 연구는 종자 크기에 따른 발아 특성(Jung *et al.*, 2012) 및 포장출현율 예측을 위한 종자세(Kim *et al.*, 2013) 등에 관한 연구로 주요 품종별 종자특성 및 종자세 평가에 관한 연구는 전무한 실정이다.

따라서 본 연구는 수요와 재배면적이 점차 확대되고 있는 수수의 안정적인 생산을 확립하기 위한 기초자료로 활용하고자 주요 4품종(남풍찰, 동안메, 황금찰, 흰찰)을 이용하여 종자의 형태적 특성과 다양한 종자세 검사 등 종자의 품질 특성을 알아보았다.

재료 및 방법

시험재료

본 시험에 이용된 종자는 2013년 10월 수확한 수수 종자 4품종(cv. 남풍찰수수, 동안메수수, 황금찰수수, 흰찰수수)을 수확 후 이용 시까지 비닐팩에 담아 4°C의 종자저장고에 보관하여 실험에 이용하였다.

종자형태특성

종자의 형태조사는 수수 4품종의 정상립을 100립씩 4반복으로 선별하여 종자의 형태를 나타내는 장, 폭, 두께를 측정해 평균값을 조사하였다. 종자의 종피색은 색차계(Minolta, spectrophotometer, cm-3500d, Japan)를 이용하여 L, a, b값으로 환산하였다.

표준발아검사

표준발아검사(standard germination test)는 ISTA (2007)의 'International Rules for Seed Testing'에 따라 직경 9 cm Petri Dish에 여과지 2매를 깔고 종자를 100립 4반복으로 치상하였다. 그 후 온도 25°C, 상대습도 80%로 유지되는 항온기에 10일간 두어 발아시켰다. 발아조사는 유근이 1 mm 이상 돌출한 것을 발아개체로 하여 발아개체를 조사하였다.

발아의 특성을 알아보기 위해 발아력 평가는 다음과 같은 방법으로 실시하였다.

- 1) 발아율 : $PG = (N / S) \times 100$
- 2) 평균발아일수 : $MGT = \sum(t_i n_i) / N$
- 3) 평균발아속도 : $MDG = N / T$
- 4) 발아속도지수 : $PI = \sum[(T - t_i + 1)n_i]$

저온검사

저온검사(cold germination test)는 ISTA (2007)의 rule에 준하여 종자를 100립 4반복으로 온도 10°C로 항온기 내에 두어 7일간 저온처리를 하였다. 7일 후 25°C에 옮겨 발아시키고 10일간 발아개체를 조사하였다.

노화촉진검사

노화처리는 McDonald & Phaneendranath (1978)의 방법에 따라 plastic accelerated aging (AA) box에 온도 41°C, 상대습도 100%로 유지되는 항온기 내에 넣어 4일간 인위 노화처리를 하였다. 4일 후 25°C에 옮겨 발아시키고 10일간 발아개체를 조사하였다.

전기전도도 검사

전기전도도는 ISTA (1999)의 방법에 따라 전기전도도계(Orion 2 star, Thermo Scientific)를 사용하여 측정하였다. 침지 전 종자 수분의 함량은 10~14%로 조절하여 준비된 플라스크에 5.00 g 정도의 종자시료를 넣고 밀봉한 다음 25°C에서 24시간 유지 후 시료마다 10분 간격으로 실시하였다. 종자 g당 전기전도도 값은 다음 식에 의하여 구하였다.

$$\text{전기전도도}(\mu\text{Scm}^{-1}\text{g}^{-1}) = \frac{\text{측정된 전기전도도}(\mu\text{S}) - \text{증류수의 전기전도도}(\mu\text{S})}{\text{시료종자의 무게}(g)}$$

출현율 검사

수수 종자는 6월 10일 경남과학기술대학교 실험농장 식양토의 전작포장에 관행 표준재배법에 따라 이랑너비 60 cm, 포기사이 20 cm로 주당 5립씩 파종하였으며, 파종 후 토양 수분조건을 균일하게 하기 위해 10분간 관수 하였다. 더 이상의 출현모가 발생하지 않은 파종 22일째에 10 m² 면적에 출현한 묘수를 3반복으로 조사하였으며, 출현율(Percentage of emergence, PE)과 평균출현일수(Mean emergence time, MET)를 조사하였다.

통계분석

수집된 데이터는 SAS프로그램(V. 9.2, Cary, NC, USA)의 PROC ANOVA procedure를 이용하여 Duncan의 다중

범위검정법(Duncan's multiple range test, DMRT)을 통해 평균값을 5% 유의수준에서 비교하였다.

결과 및 고찰

종자의 형태특성

수수의 주요 4품종의 형태적 특성을 알아보기 위하여 장, 폭, 두께를 측정해 평균값을 알아본 결과는 Table 1과 같다. 먼저 종자의 길이는 4.02~4.18 mm로 품종간의 큰 차이는 나타나지 않았으나, 폭은 3.99 mm로 흰찰이 가장 컸으며 동안메가 3.62 mm 가장 작게 나타났다. 두께의 차이에서도 큰 차이는 보이지 않았으나 종실형태에서 흰찰수수가 원형에 가까운 형상을 보였으며, 나머지 품종은 난형의 형상으로 보였다(Yoon *et al.*, 2010). 품종간의 천립중에서는 흰찰과 황금찰이 가장 무거운 31.5~31.9 g으로 나타났으며 동안

메와 남풍찰수수는 22.8~25.3 g으로 적게 나타났다.

수수의 4품종의 종피색을 색차계를 이용해 알아본 결과는 Table 2와 같다. 밝기를 나타내는 L값은 흰찰이 86.8로 가장 높았으며 다음은 황금찰순으로 남풍찰와 동안메는 가장 낮은 값을 나타냈다. a값은 흰찰이 가장 낮았으며, b값은 흰찰이 가장 높았고 동안메가 가장 낮게 나타났다. 광택의 유무는 흰찰과 동안메는 광택종자이었으며, 남풍찰과 황금찰은 무광택 종자이었다.

종자세 평가

표준발아검사

표준발아검사에서 본 수수 4품종의 발아율은 흰찰을 제외한 남풍찰, 동안메와 황금찰은 83% 이상으로 나타났고 (Table 3), 평균발아속도도 흰찰의 낮은 발아율로 인하여 가장 낮게 나타났고 나머지 3품종은 유의성이 인정되지 않았

Table 1. Morphology of four varieties of sorghum (*Sorghum bicolor* L.).

Variety	Length (mm)	Width (mm)	Thickness (mm)	Thousand seed weight (g)
Nampungchal	4.18±0.17	3.81±0.11	2.49±0.15	22.8±0.61
Donganme	4.02±0.25	3.62±0.20	2.44±0.19	25.3±0.70
Hwanggeumchal	4.12±0.19	3.80±0.32	2.54±0.18	31.5±0.73
Whinchal	4.04±0.16	3.99±0.23	2.43±0.16	31.9±0.79

¹⁾Each value is mean±SD.

Table 2. Hunter value and glossy of four varieties of sorghum (*Sorghum bicolor* L.).

Variety	Hunter value ¹⁾			Glossy
	L	a	b	
Nampungchal	38.8±5.45	28.8±2.68	30.0±8.51	×
Donganme	39.4±6.11	28.2±5.26	22.8±8.76	○
Hwanggeumchal	49.6±5.86	28.0±4.69	29.4±4.93	×
Whinchal	86.8±5.63	4.40±1.34	37.4±7.13	○

¹⁾L: lightness; a: redness(+ red, - green); b: yellowness(+ yellow, - blue)

²⁾Each value is mean±SD.

Table 3. Variations of seed germination of sorghum cultivars under standard germination test.

Variety	PG ¹⁾ (%)	MGT	MDG	PI
Nampungchal	82.7 ^{a2)}	2.54 ^b	10.4 ^a	399 ^{ab}
Donganme	84.1 ^a	2.61 ^a	10.6 ^a	375 ^b
Hwanggeumchal	87.3 ^a	2.55 ^b	11.2 ^a	419 ^a
Whinchal	50.8 ^b	2.57 ^{ab}	6.50 ^b	239 ^c

¹⁾PG: Percent germination; MGT: Mean germination time; MDG: Mean daily germination; PI: Promptness index.

²⁾Column means followed by the same letter were not significantly different at the 5% level according to DMRT.

으며, 평균발아일수는 남풍찰과 황금찰이 가장 빠른 2.54, 2.55로 나타났다. 발아율과 속도를 동시에 나타내는 발아속도지수에서는 황금찰이 가장 높은 419로 나타났으며 남풍찰>동안메>흰찰 순으로 나타났다.

저온검사

저온검사는 온대지역의 파종기가 이른 봄 등의 토양이 저온, 다습의 포장조건과 가장 유사한 검사법으로 포장출현율 등을 잘 반영해 주는 것으로 알려져 있다(Hoppe, 1956; Isely, 1957). 저온검사의 발아율은 Table 4에서 보는 바와 같이 황금찰에서 가장 높은 85.7%로 나타났으며 다음은 남풍찰과 동안메 순이었고, 흰찰은 44.0%로 가장 낮았다. 다른 품종에서는 표준발아검사에 비해 10% 이상의 저조율을 보였으나, 황금찰에서는 차이를 보이지 않았다. 발아속도지수에서도 황금찰은 426 으로 표준발아검사와 차이를 보이지 않으며 높은 값을 나타내 포장 출현력에서도 가장 우수할 것으로 예측되었던 반면, 흰찰은 193으로 아주 낮은 값이 나타났다.

노화촉진검사

노화촉진검사는 종자의 저장잠재력을 종자세 지수로 나

타낼 수 있는 검사법으로 잘 알려져있다(Ferguson, 1990; TeKrony, 1983). 수수의 품종별 노화촉진검사를 알아본 결과는 Table 5에서 보는 바와 같이 황금찰과 남풍찰이 가장 높은 82% 이상의 발아율이 나타났으며 흰찰이 가장 낮은 48% 발아율이 나타났다. 표준발아검사와 비교시 동안메에서는 15% 이상의 감소를 보인 반면, 나머지 품종에서는 거의 차이를 보이지 않는 것으로 나타났다.

밑에서는 노화처리를 했을 때 초기 발아율이 떨어졌고(Stoyanova, 1992), 녹두와 콩에서도 발아율이 떨어진다고 보고 되었으나(Bishnoi and Santos, 1996; Rastegar *et al.*, 2011), 수수의 3품종(남풍찰, 황금찰, 흰찰)에서는 노화처리에 따른 발아율 저하 및 평균발아속도 변화는 나타나지 않았다.

전기전도도검사

종자의 물질 투과성을 조절하는 세포막의 투과성 차이에 의해 종자세를 알아보는 전기전도율 검사(Hibbard and Miller, 1928)를 실시한 결과는 Fig. 1과 같다. 수수의 4 품종간의 뚜렷한 차이를 보였으며, 표준발아율이 가장 높았던 황금찰이 19.5 $\mu\text{S cm}^{-1}\text{g}^{-1}$ 로 가장 낮았으며 다음으로는 남풍찰, 동안메, 흰찰 순으로 표준발아검사, 저온검사 및 노화촉진검사의 발아율과 부의 상관관계를 보였으며, Matthews and Bradnock (1967)와 Keeling (1974)가 보고한 콩 및 옥수수에서의 종자로부터의 침출물과 입모율과의 상관관계와 유사한 경향으로 나타났다.

Table 4. Variations of seed germination of sorghum variety under cold germination test.

Variety	PG ¹⁾ (%)	MGT	MDG	PI
Nampungchal	72.7 ^{b2)}	2.50 ^b	9.08 ^b	361 ^b
Donganme	69.0 ^b	2.52 ^b	8.63 ^b	338 ^b
Hwanggeumchal	85.7 ^a	2.50 ^b	10.71 ^a	426 ^a
Whinchal	44.0 ^c	2.62 ^a	5.50 ^c	193 ^c

¹⁾PG: Percent germination; MGT: Mean germination time; MDG: Mean daily germination; PI: Promptness index.
²⁾Column means followed by the same letter were not significantly different at the 5% level according to DMRT.

Table 5. Variations of seed germination of sorghum variety under accelerated ageing test.

Variety	PG ¹⁾ (%)	MGT	MDG	PI
Nampungchal	82.0 ^{a2)}	2.51 ^b	10.25 ^a	407 ^a
Donganme	68.7 ^b	2.52 ^b	8.58 ^b	337 ^b
Hwanggeumchal	88.0 ^a	2.52 ^b	11.00 ^a	431 ^a
Whinchal	48.7 ^c	2.60 ^a	6.08 ^c	216 ^c

¹⁾PG: Percent germination; MGT: Mean germination time; MDG: Mean daily germination; PI: Promptness index.
²⁾Column means followed by the same letter were not significantly different at the 5% level according to DMRT.

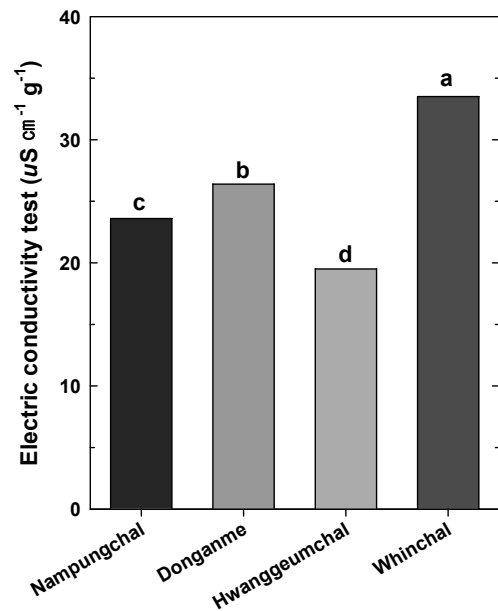


Fig. 1. Changes of conductivity under electric conductivity vigor test.

Table 6. Comparison of field emergence test for four varieties of sorghum (*Sorghum bicolor* L.).

Variety	PE ¹⁾ (%)	MET
Nampungchal	77.3 ^{b2)}	4.77 ^a
Donganme	71.8 ^b	5.01 ^{ab}
Hwanggeumchal	85.7 ^a	4.23 ^b
Whinchal	45.5 ^c	6.00 ^a

¹⁾PE: Percent emergence; MET: Mean emergence time.

²⁾Column means followed by the same letter were not significantly different at the 5% level according to DMRT.

출현율 평가

수수의 품종별로 포장조건에서 파종하여 더 이상의 출현 묘가 발생하지 않는 10일까지 출현율(Percentage of emergence, PE)과 평균출현일수(Mean emergence time, MET)를 조사하여 분석한 결과는 Table 6과 같다. 출현율에서는 황금찰이 가장 높은 85.7%로, 가장 낮은 출현율을 보인 흰찰보다 40% 이상 차이가 나타났고, 평균 출현일수에서는 흰찰이 가장 느린 6.0일로 품종별 뚜렷한 차이가 나타났다. Jung *et al.* (2012)의 보고에 의하면 수수의 종자 크기에 따라 고도의 유의성이 나타나며, 황금찰과 토종 수수간에서도 출현율, 평균출현일수 등에서 유의성이 있는 것으로 보고되어 이상의 결과와 유사한 것으로 나타났다.

적 요

본 연구는 수요와 재배면적이 점차 확대되고 있는 수수의 안정적인 생산을 확립하기 위한 기초자료로 활용하고자 주요 4품종(남풍찰, 동안메, 황금찰, 흰찰)을 이용하여 종자의 형태적 특성과 다양한 종자세 검사 등 종자의 기본적인 특성을 알아보았다.

1. 수수의 형태적 특성에서는 폭을 제외한 장과 두께는 차이가 나타나지 않았으며, 종실형태는 흰찰은 원형, 나머지 품종은 난형의 형상으로 보였다. 종피색에서는 흰찰과 나머지 품종간의 뚜렷한 차이를 보이며, 남풍찰과 황금찰은 무광택 종자이었다.
2. 표준발아검사 및 저온검사는 황금찰>남풍찰>동안메>흰찰 순으로 나타났고, 노화촉진검사에서는 표준발아검사와 비교시 동안메에서만 15% 이상의 감소를 보였으며, 전기전도율 검사는 표준발아검사, 저온검사 및 노화촉진검사의 발아율과 부의 상관관계를 나타냈다.
3. 출현율 평가에서는 황금찰이 가장 높은 85.7%로, 가

장 낮은 출현율을 보인 흰찰보다 40% 이상의 차이가 나타났고, 평균 출현일수에서는 흰찰이 가장 느린 6.0일로 보이며 품종별 뚜렷한 차이가 나타났다.

사 사

본 논문은 농촌진흥청 연구사업(과제번호 : PJ009281)의 지원에 의해 이루어졌으며, 2014년도 경남과학기술대학교 농학석사학위 논문의 일부임.

인용문헌(REFERENCES)

- Bennett, W. F., B. B. Tucker, and A. B. Maunder. 1990. Modern grain sorghum production. Iowa state Univ. Press, Ames.
- Bishnoi, U. R. and M. M. Santos. 1996. Evaluation of seed of three mungbean cultivars for storability, quality and field performance. *Seed Sci. & Technol.* 24(2) : 237-243.
- Chae, K. Y. and J. S. Hong. 2006. Quality characteristics of Sulgidduk with different mounts of waxy sorghum flour. *Korean J. Food Cookery Sci.* 22 : 363-369.
- Cho, J. Y. 2004. Field Cropping. Hyangmunsa., Seoul. pp. 226-237.
- Ferguson, J. 1990. Report of seed vigour subcommittee. *Journal of Seed Technology.* 14 : 182-184.
- Grimmer, H. R., V. Parbhoo, and R. M. Mcgrath. 1992. Antimutagenicity of polyphenol-rich fraction from *Sorghum bicolor* grain. *J. Sci. Food Agric.* 59 : 251-256.
- Hibbard, R. P. and E. V. Miller. 1928. Biochemical studies on seed viability. I Measurements of conductance and conductance and reduction. *Plant Physiology.* 3 : 335-352.
- Hoppe, P. E. 1956. Correlation between corn germination in laboratory cold tests and stands in the field. *Plant Disease Reporter.* 40 : 887-889.
- Isely, D. 1957. Vigor tests. *Proceedings of the association of official seed analysts.* 47 : 176-182.
- ISTA. 1999. Handbook of Vigour Test Methods. 3rd edition. International Seed Testing Association.
- ISTA. 2007. International Rules for Seed Testing. Edition 2007. International Seed Testing Association.
- Jeon, S. H., E. S. Yun, C. Y. Park, J. B. Hwang, K. Y. Jung, Y. D. Choi, H. J. Kim, and S. I. Shim. 2012. Effects of Cover Crops and Sowing Methods on Weed Occurrences and Growth and Yield of Sorghum (*Sorghum bicolor* L.). *Korean J. Weed Sci.* 32(2) : 107-114.
- Jung, K. Y. 2012. Development of cultivation techniques for enhancing productivity of cereal crop. *Rural Development Administration.* pp. 426-432.
- Jung, K. Y., E. S. Yun, C. Y. Park, Y. D. Choi, J. B. Hwang, and S. H. Jeon. 2012. Effects of seed size variation on germination

- and seeding vigour of sorghum (*Sorghum bicolor* L.). Korean J. Crop Sci. 57(3) : 219-225.
- Keeling, B. L. 1974. Soybean seed rot and the relation of seed exudate to host susceptibility. Phytopathology. 64 : 1445-1447.
- Khosla, R., N. Persaud, N. L. Powell, and D. E. Brann. 1995. Water use sorghum on amarginal soil in eastern Virginia. pp. 433. in 1995 Agronomy abstracts. ASA. Madison. WI.
- Kim, K. O., H. S. Kim and H. S. Ryu. 2006. Effect of *Sorghum bicolor* L. Moench (sorghum, su-su) water extracts on mouse immune cell activation. J. Korean Diet Assoc. 12 : 82-88.
- Kim, S. H. 2013. Transplanting Cultivation Technique with Rice Planting Machine of Sorghum (*Sorghum bicolor* L.) for Labor Saving Cultivation (LSC). Major in Agricultural Resources Graduate School of Agriculture and Bio-Convergence Kyungpook National University.
- Kim, S. H., M. H. Lee, K. H. Kang, M. W. Park, S. I. Shim, J. S. Chung, and Y. W. Na. 2013. Verification of Several Seed Vigor Test Methods to Predict Field Emergence of Sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench). Korean J. Intl. Agri.). 25(1) : 56-61.
- Matthews, S. and W. T. Bradnock. 1967. Relation between seed exudation and field emergence in peas and French beans. Horticultural Research. 8 : 89-93.
- McDonald, M. B. and B. R. Phaneendranath, B. R. 1978. A modified accelerated ageing seed vigour test for soybeans. Journal of Seed Techology. 3(1) : 27-37.
- Rastegar, Z., M. Sedghi, and S. Khomari. 2011. Effects of accelerated aging on soybean seed germination indexes at laboratory conditions. Notulae Scientia Biologicae. 3(3) : 126-129.
- Stoyanova, S. D. 1992. Effect of seed ageing and regeneration on the genetic composition of wheat. Seed Science & Technology. 20 : 489-496.
- TeKrony, D. M. 1983. Seed vigour testing. Journal of Seed Technology. 8 : 55-60.
- Woo, K. S., J. Y. Ko, M. C. Seo, S. B. Song, B. G. Oh, J. S. Lee, J. R. Kang, and M. H. Nam. 2009. Physicochemical characteristics of the tofu (soybean curd) added sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) powder. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 38 : 1746-1752.
- Woo, K. S., M. C. Seo, J. R. Kang, J. Y. Ko, S. B. Song, J. S. Lee, B. G. Oh, G. D. Park, Y. H. Lee, M. H. Nam, and H. S. Jeong. 2010. Antioxidant Compounds and Antioxidant Activities of the Methanolic Extracts from Milling Fractions of Sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench). J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 39(11) : 1695-1699.
- Yoon, S. 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.
- Yun, E. S., K. Y. Jung, C. Y. Park, J. B. Hwang, Y. D. Choi, and S. H. Jeon. 2012. Characteristics of Nutrient Uptake and Stubble Regrowth of Grain Sorghum in Plastic Film House. Korean J. Soil Sci. Fert. 45(6) : 992-997.