

소독제의 침지시간 및 희석농도가 수수 발아 및 오염율에 미치는 영향

김경민¹ · 최세현¹ · 김창수^{1,2,†}

Concentration- and Time-Dependent Effect of Disinfectant Treatment on Sorghum Seeds

Kyeongmin Kim¹, Se-Hyun Choi¹, and Changsoo Kim^{1,2,†}

ABSTRACT Sorghum (*Sorghum bicolor* L.) is an annual crop belonging to Poaceae, and is the fifth-largest crop after maize, wheat, rice, and barley. This study was conducted to establish an efficient seed sterilization method to manage fungal or bacterial infections of germinating sorghum seeds. Two varieties of sorghum seeds (BTx623 and SAP317) were treated with benomyl-thiram and thiophanate-methyl triflumizole which are known to be effective disinfectants for sorghum seeds. For SAP317, the highest germination rate was accomplished with 24-hour treatment of both chemicals at a 200× dilution rate. For BTx623, the highest germination rate was observed after 24-hour treatment at a 200×/400× dilution rate for benomyl-thiram and control/200× for thiophanate-methyl triflumizole. Consequently, the optimal treatment for the seed disinfection in sorghum seeds may be at the dilution rate of 200× or 400× for 24 hours.

Keywords : contamination rate, germination rate, seed disinfection, seed sterilization, sorghum

수수(*Sorghum bicolor* L.)는 일년생식물로 화본과(Poaceae)이며, 밀, 옥수수, 보리, 쌀과 함께 세대 5대 곡류작물이고 환경에 잘 적응해 열대지역, 아열대지역, 온대기후와 같은 지역에서 광범위하게 재배되고 있다(Dillon *et al.*, 2007). 현재 주요 재배지역은 우리나라, 중국, 아프리카, 미국, 인도와 호주 등이며, 식용이나 사료용으로 주로 사용되고 있다(Afify *et al.*, 2011; Elkhaliifa *et al.*, 2005; Murty & Kumar, 1995).

우리나라에서의 주요 재배지역은 충청북도와 강원도 지방이며, 우리나라에서 수수의 생산액은 1980년대부터 지속적으로 하락하고 있는 추세이다(Choi *et al.*, 1996). 또한 우리나라에서 수수의 재배면적은 2018년 기준 약 1,535 ha를 나타내고 있으며 생산량은 약 2,700톤을 유지하고 있다. 다른 식량 작물에 비해 생산량은 증가와 감소가 반복적으로 나타나는 추세이며, 많지는 않으나 꾸준하게 생산되는 작물이다(FAOSTAT, 2018). 최근 들어 한국의 기후는 불규칙적

인 단기 집중호우의 영향으로 보다 다습한 아열대성 기후로의 변화가 일어나고 있다(Fraedrich *et al.*, 2001; Beck *et al.*, 2006) 하지만 수수는 건조기후에 보다 적합하고, 내건성이 강한 작물이다(Ahn *et al.*, 2012; Khosla *et al.*, 1995; Park *et al.*, 1999). 이로 인해, 수수 종자는 재배기간 중에 다양한 병원체에 의해 오염이 될 수 있다(Choi *et al.*, 2013; Min *et al.*, 2017). 포장에서 병으로 발생할 경우, 전염원의 역할과 농작물 생산에 큰 피해를 주게 된다. 그러므로 종자생산 단계에서부터 전염원의 차단이 매우 중요하다. 종자는 농산물의 품질과 수량을 결정할 뿐만 아니라 경작과정에서 발생할 수 있는 병·해충의 피해, 환경장해 등에 대응하는 저항성의 정도를 결정하기 때문에 모든 생산과정에 전반적인 영향을 준다. 그와 더불어 수수는 영양 및 생식생장기에는 내건성이 강하지만 그와 별개로 유전적이나 환경적인 요인으로 발아율은 불량하다(Younesi & Moradi, 2009). 그러므로 수수 파종 전 수수종자에 대한 소독이 중요하다.

¹충남대학교 식물자원학과 연구원 (Researcher, Department of Crop Science, Chungnam National University, Daejeon 34134, Republic of Korea)

²충남대학교 스마트농업시스템학과 교수 (Professor, Department of Smart Agriculture Systems, Chungnam National University, Daejeon 34134, Republic of Korea)

†Corresponding author: Changsoo Kim; (Phone) +82-42-821-5721; (E-mail) changsookim@cnu.ac.kr

<Received 5 February, 2020; Revised 31 March, 2020; Accepted 2 April, 2020>

수수 종자의 효율적인 소독방법에 대해서는 이전에 연구 보고되었다(Oyebanji *et al.*, 2009; Sim *et al.*, 2018). 그러나 수수에 대한 세부적인 소독방법에 따른 발아특성 차이에 관한 연구가 미비한 실정이다. 따라서 본 실험은 수수종자에 대한 종자소독 방법에 따른 발아율 및 오염률에 대한 연구를 수행한 결과를 토대로 효과적인 수수 종자 소독에 대한 기초자료로 활용하고자 실시하였다.

재료 및 방법

공시재료

공시품종은 2018년 충남대학교에서 채종한 수수 종자 중 수확량이 가장 많은 BTx623과 SAP317를 사용하였다. 처리 약제는 2015년 수수에 등록된 종자 소독제인 베노밀·티람수화제(benomyl 20%, thiram 20%)와 티오파네이트메틸·트리플루미졸수화제(thiophanate-methyl 45%, triflumizole 15%)를 사용하였다.

침지시간에 따른 발아율 검정 및 오염률 조사

베노밀·티람수화제(benomyl 20%, thiram 20%)와 티오파네이트메틸·트리플루미졸수화제(thiophanate-methyl 45%, triflumizole 15%)를 200배액을 기준으로 희석액 6시간, 12시간, 24시간 침지하였다. 대조구인 무처리구는 증류수를 이용하여 24시간 침지하였다. 직경 9 cm의 petri-dish에 filter paper를 깔고 침지된 종자 20립씩 치상한 후 향온기(한백과학, HB-301L-L)에서 25±0.5°C 조건으로 하였고 기계 내부의 습도가 30% 조건으로 유지되어 수수종자의 발아를 위해 filter paper를 증류수 1 ml로 적신 뒤 발아를 시켰다. 발아기간 중 습도 유지를 위해 매일 1 ml의 증류수를 보충해 주었고, 3 반복 수행하였다. 발아기준은 종자에서 유근 또는 유아가 2 mm 이상 출현한 것을 기준으로 하였고, 치상 후 2일부터 7일까지 발아조사를 실시하였다. 종자의 오염을 판별하기 위해 종자 치상 후, 7일이 지난 시점에 육안으로 확인 가능한 종자 주변의 박테리아 또는 곰팡이의 오염여부를 조사하였다.

희석농도에 따른 발아율 검정 및 오염률 조사

실험에 사용된 소독제는 베노밀·티람수화제(benomyl 20%, thiram 20%)와 티오파네이트메틸·트리플루미졸수화제(thiophanate-methyl 45%, triflumizole 15%)를 침지시간 24시간을 기준으로 희석액 100배, 200배, 400배액으로 희석하여 사용하였다. 대조구인 무처리구는 24시간을 기준으로 증류수를 이용하여 침지하였다. 처리방법은 침지시간에 따른 발

아율 검정 및 오염률 조사 방법과 동일하게 수행하였다.

통계분석

본 실험결과는 R (ver 3.6.1)의 aov 함수를 이용한 분산분석 실시 후 평균간의 유의한 차이가 있어서 사후 검정으로 agricolae 패키지의 던컨의 다중검정을 실행하였다.

결과 및 고찰

침지시간에 따른 발아율과 오염률 평가

수수 종자소독제의 처리시간에 따른 발아율과 오염률은 각각 3반복하여 평균값을 나타내며, 소수점 셋째자리에서 반올림하여 계산하였다. SAP 317을 베노밀·티람수화제를 처리했을 때, 6시간 및 12시간 처리보다 무처리와 24시간 처리에서 높은 발아율을 보였다. 실험에 사용한 두 소독제는 24시간 침지가 기준이라 그 이하의 처리는 종자발아의 충분한 침지가 되지 않아 발아율에 영향을 미친 것으로 보인다. 무처리는 24시간 순수한 물에서 침지한 것으로 소독

Table 1. Germination rate with different treatment times.

Germicide	Varieties	Treatment time	Germination rate	<i>p</i> -value [↓]	
Benox ^x	SAP317	Control	89.17a ^z	0.004559	
		6 h	38.33b		
		12 h	55.83b		
		24 h	94.10a		
	BTx623	Control	88.33a	3.04E-06	
		6 h	36.67b		
		12 h	0c		
		24 h	95.83a		
		Control	87.50a		6.02E-09
SAP317	6 h	0b			
	12 h	5.00b			
	24 h	94.17a			
Thio ^y	SAP317	Control	95.00a	0.001812	
		BTx623	6 h		39.17bc
			12 h		20.83c
	BTx623	24 h	61.67b		

^xbenomyl-thiram water dispersible powder

^ythiophanate-methyl triflumizole water dispersible powder

^zMeans in the columns with different letters are significantly different at the 5% significance level by the Duncan's multiple range test

[↓]*p*-value: *p*-values obtained by the Student's *t*-test

제의 무처리로 오염률이 높게 나타난 것으로 보인다. 티오파네이트메틸·트리플루미졸수화제를 사용한 경우 결과는 동일하였다(Table 1). BTx623은 베노밀·티람수화제를 처리

했을 경우 발아율은 6시간, 12시간 처리보다 무처리와 24시간 처리가 발아율이 다소 높은 것으로 확인되었다. 티오파네이트메틸·트리플루미졸수화제를 처리한 경우에는 무처리가 발아율이 가장 높았으며, 다음으로는 24시간 처리가 높았다(Table 1). SAP317의 오염율은 베노밀·티람수화제와 티오파네이트메틸·트리플루미졸수화제 두 처리 모두 6시간, 12시간 및 24시간 처리에서 오염률이 확연히 낮아지는 것을 확인할 수 있었다(Table 2). 오염율은 BTx623의 베노밀·티람수화제를 처리한 경우 무처리를 제외한 모든 처리에서 낮은 것을 확인할 수 있었고, 티오파네이트메틸·트리플루미졸수화제를 처리한 경우 12시간, 24시간 처리가 가장 낮았다(Table 2).

Table 2. Contamination rate with different treatment times.

Germicide	Varieties	Treatment time	Contamination rate	<i>p</i> -value ¹
Beno ^x	SAP317	Control	97.50a ^z	5.23E-12
		6 h	3.33b	
		12 h	0.83b	
		24 h	0.83b	
	BTx623	Control	99.17a ^z	5.16E-14
		6 h	0b	
Thio ^y	SAP317	Control	97.5a	5.23E-12
		6 h	3.33b	
		12 h	0.83b	
		24 h	0.83b	
	BTx623	Control	96.67a	8.41E-09
		6 h	10.83b	
		12 h	0c	
		24 h	1.67c	

^xbenomyl-thiram water dispersible powder

^ythiophanate-methyl triflumizole water dispersible powder

^zMeans in the columns with different letters are significantly different at the 5% significance level by the Duncan's multiple range test

¹*p*-value: *p*-values obtained by the Student's *t*-test

침지시간, 품종, 농약에 따른 발아율과 오염률의 다원분산 분석

침지시간이 영향을 끼치는지 검증하기 위해 침지시간, 품종, 농약에 따른 발아율과 오염률에 대해 다원분산분석을 수행하였다. 발아율에 관한 다원 분산분석결과, 침지시간만 영향을 주지 않고 농약의 종류에 따라서도 발아율에 영향을 주는 것으로 나타난다. 더불어 시간과 품종, 품종과 농약, 시간과 품종과 농약에 각각의 상호작용이 확인된다. 이는 침지시간만으로 영향이 생긴다고 결론을 내리기는 어렵다(Table 3). 하지만 오염률에 관한 다원 분산분석결과를 살펴보면 침지시간에 따라 오염률에 영향을 주며 침지시간과 농약의 상호작용을 확인할 수 있다(Table 4).

희석농도에 따른 발아율과 오염률 평가

수수 종자소독제의 처리농도에 따른 발아율과 오염률은

Table 3. Germination rate according to treatment time, variety, and germicide.

Source	Df ^x	Sum Sq ^y	Mean Sq ^z	F value	Pr (>F)
Time (A)	3	49240	16413.4	119.4831	<2.2E-16 ^{***1}
Variety (B)	1	133	133.3	0.9706	0.3319175
Germicide (C)	1	1692	1692.2	12.3185	0.0013564 ^{**}
A × B	3	2868	955.9	6.9586	0.0009804 ^{***}
A × C	3	840	280.0	2.0385	0.1281775
B × C	1	1408	1408.3	10.2521	0.0030812 ^{**}
A × B × C	3	4622	1540.6	11.2152	3.453E-05 ^{***}
Residuals	32	4396	137.4		

^xDegrees of freedom

^ySum of squares

^zMean of squares

¹Significance codes: 0 ‘***’; 0.001 ‘**’; 0.01 ‘*’

Table 4. Contamination rate according to treatment time, variety, and germicide.

Source	Df ^x	Sum Sq ^y	Mean Sq ^z	F value	Pr (>F)
Time (A)	3	81698	27232.8	2904.8237	<2E-16 ^{***j}
Cultivar (B)	1	16	15.8	1.6806	0.20412
Agrochem (C)	1	3	3.3	0.3472	0.55983
A × B	3	11	3.6	0.3843	0.76504
A × C	3	105	34.9	3.7176	0.02118*
B × C	1	29	29.3	3.1250	0.08664
A × B × C	3	60	19.9	2.1250	0.11649
Residuals	32	300	9.4		

^xDegrees of freedom

^ySum of squares

^zMean of squares

^jSignificance codes: 0 ‘***’; 0.001 ‘**’; 0.01 ‘*’

Table 5. Germination rate with different treatment concentrations.

Germicide	Varieties	Treatment concentration	Germination rate	<i>p</i> -value ^j
Beno ^x	SAP317	Control	93.33a ^z	0.001104
		100×	62.50b	
		200×	94.17a	
		400×	87.50a	
BTx623	BTx623	Control	87.50b ^z	1.34E-05
		100×	74.17c	
		200×	95.83a	
		400×	96.67a	
Thio ^y	SAP317	Control	90.83a	0.000376
		100×	8.33c	
		200×	83.33a	
		400×	32.50b	
BTx623	BTx623	Control	88.33a	0.036539
		100×	37.50b	
		200×	73.33ab	
		400×	47.50b	

^xbenomyl-thiram water dispersible powder

^ythiophanate-methyl triflumizole water dispersible powder

^zMeans in the columns with different letters are significantly different at the 5% significance level by the Duncan’s multiple range test

^j*p*-value: *p*-values obtained by the Student’s *t*-test

각각 3반복하여 평균값을 나타내며, 소수점 셋째자리에서 반올림하여 계산하였다. 마찬가지로 두 품종에 대해 처리농도에 따른 발아율과 오염률의 차이를 확인하였다. SAP317

Table 6. Contamination rate with different treatment concentrations.

Germicide	Varieties	Treatment concentration	Contamination rate	<i>p</i> -value ^j
Beno ^x	SAP317	Control	100a ^z	2.96E-15
		100×	0.83b	
		200×	0b	
		400×	0b	
BTx623	BTx623	Control	94.17a ^z	4.15E-10
		100×	0.83c	
		200×	0.83c	
		400×	10.83b	
Thio ^y	SAP317	Control	91.67a	9.48E-11
		100×	0b	
		200×	2.50b	
		400×	1.67b	
BTx623	BTx623	Control	100a	7.87E-10
		100×	1.67c	
		200×	1.67c	
		400×	10.83b	

^xbenomyl-thiram water dispersible powder

^ythiophanate-methyl triflumizole water dispersible powder

^zMeans in the columns with different letters are significantly different at the 5% significance level by the Duncan’s multiple range test

^j*p*-value: *p*-values obtained by the Student’s *t*-test

의 발아율은 베노밀·티람수화제 희석액 100배 처리를 제외한 무처리와 200배, 400배로 처리에서 발아율이 높았다. 실험에 사용한 종자소독제는 200배 희석이 기본이지만 100배

희석은 약효가 강해 이 경우에는 오히려 발아율을 낮추는 것으로 보인다. 티오파네이트메틸·트리플루미졸수화제 처리에서는 무처리와 200배액 처리에서 발아율이 높았다(Table 5). BTx623의 발아율은 베노밀·티람수화제를 200배와 400배액 처리에서 발아율이 높은 것을 알 수 있었다. 티오파네이트메틸·트리플루미졸수화제 처리는 무처리에서 발아율은 88%로 가장 높았으며, 그 다음으로 200배 처리에서 73%로 높았다(Table 5). SAP317의 오염률은 베노밀·티람수화제와 오파네이트메틸·트리플루미졸수화제 모두에서 100배, 200배, 400배를 처리했을 때 오염률이 낮은 것을 볼 수 있었다(Table 6). BTx623의 오염률을 조사한 결과 무처리가 오염률 94%로 가장 높았으며 베노밀·티람수화제 100배와 200배액 처리에서 오염률이 낮은 것을 알 수 있었다(Table 6).

희석농도, 품종, 농약에 따른 발아율과 오염률의 다원분산 분석

Tables 3과 4와 같이 희석농도, 품종, 농약에 따른 발아율과 오염률에 대해 다원분산분석을 수행하였다. 농도, 품종, 농약에 따른 발아율 결과, 희석농도만 영향을 주는 것이 아니라 농약의 종류에 따라서도 발아율에 영향을 준다고 나타난다. 이외에 농도와 농약의 상호작용이 확인되었으며, 이는 농도만으로 영향이 생긴다고 결론을 내리기에 어려움이 있다(Table 7). 오염률은 희석농도에 따라 오염률에 영향을 주나 품종도 영향을 미치는 것으로 보여진다. Table 3과 마찬가지로 농도와 품종, 품종과 농약, 농도와 품종과 농약의 상호작용이 확인되었다. 앞선 결과와 마찬가지로 희석농도만으로 영향이 생긴다고 결론을 내리기가 어렵다 (Table 8). 즉, 침지시간과 희석농도 모두 영향을 끼

Table 7. Germination rate according to treatment concentration, variety, and germicide.

Source	Df ^x	Sum Sq ^y	Mean Sq ^z	F value	Pr (>F)
Concentration (A)	3	15242.7	5080.9	32.4097	8.081E-10 ^{***j}
Variety (B)	1	438.0	438.0	2.7940	0.10437
Germicide (C)	1	9918.8	9918.8	63.2691	4.444E-09 ^{***}
A × B	3	1354.7	451.6	2.8804	0.05112
A × C	3	5242.7	1747.6	11.1473	3.624E-05 ^{***}
B × C	1	42.2	42.2	0.2691	0.60750
A × B × C	3	323.4	107.8	0.6877	0.56620
Residuals	32	5016.7	156.8		

^xDegrees of freedom

^ySum of squares

^zMean of squares

^jSignificance codes: 0 ‘***’; 0.001 ‘**’; 0.01 ‘*’

Table 8. Contamination rate according to treatment concentration, variety, and germicide.

Source	Df ^x	Sum Sq ^y	Mean Sq ^z	F value	Pr (>F)
Concentration (A)	3	79404	26467.8	4148.4286	<2.2E-16 ^{***j}
Variety (B)	1	110	109.5	17.1633	0.0002341 ^{***}
Germicide (C)	1	1	1.2	0.1837	0.6711063
A × B	3	197	65.8	10.3061	6.681E-05 ^{***}
A × C	3	14	4.6	0.7279	0.5429041
B × C	1	29	29.3	4.5918	0.0398304 [*]
A × B × C	3	127	42.5	6.6599	0.0012739 ^{**}
Residuals	32	32	204	6.4	

^xDegrees of freedom

^ySum of squares

^zMean of squares

^jSignificance codes: 0 ‘***’; 0.001 ‘**’; 0.01 ‘*’

치며, 위와 같은 결과를 토대로 수화제 농도를 200배액으로 희석하고 침지시간을 24시간 동안 처리해서 수수종자의 발아율을 높이고 오염률을 줄여 시간적, 경제적으로 효율적인 사용방법이 농가에 보급된다면 수수생산량 증대에 기여할 것으로 보인다.

적 요

본 연구는 수수 종자에 소독제를 이용하여 알맞은 종자 소독방법을 확립하고자 수행되었으며, 수행된 결과를 요약하면 아래와 같다.

종자소독 실험에 있어 희석액 200배 기준으로 침지시간에 따른 발아율은 SAP317과 BTx623 두 품종 모두 베노밀·티람수화제를 처리하지 않는 무처리와 소독제에 24시간 침지 처리에서 발아율이 가장 높았다. 오염률은 무처리를 제외하고 약제소독 처리에서 효과가 있는 것으로 나타났다. 티오파네이트메틸·트리플루미졸수화제 또한 같은 결과를 나타냈다. 베노밀·티람수화제를 24시간 침종 처리한 후 SAP317 품종에서의 발아율은 무처리와 200배, 400배액에서 가장 높았으며, BTx623 품종에서의 발아율은 200배와 400배액에서 높았다. 티오파네이트메틸·트리플루미졸수화제를 24시간 침종 처리한 후 SAP317과 BTx623 두 품종에서의 발아율은 무처리와 200배 처리에서 가장 높았다. 오염률은 SAP317 품종에서는 두 소독제 모두 무처리를 제외하고 모든 농도 처리에서 효과가 있는 것으로 나타났으며, BTx623 품종에서는 두 소독제 모두 100배와 200배 처리에서 효과가 있는 것으로 나타났다.

수수 종자소독 시 활용가능한 기초자료를 정립하기 위해 실시한 실험결과를 종합하여 볼 때 수수종자의 발아율 향상 및 오염률을 줄이기 위해서는 베노밀·티람수화제와 티오파네이트메틸·트리플루미졸수화제 소독제를 200배 희석하여 24시간 침지 하는 것이 수수 종자소독에 가장 효율적이었다.

사 사

본 연구는 충남대학교 학술연구지원사업(2018-1028-01)에 의하여 수행되었음.

인용문헌(REFERENCES)

Afify, A.E.-M.M., H.S. El-Beltagi, S.M.A. El-Salam, and A. A. Omran. 2011. Bioavailability of iron, zinc, phytate and phytase

activity during soaking and germination of white sorghum varieties. Plos one, 6.
 Beck, C., J. Grieser, M. Kottek, F. Rubel, and B. Rudolf. 2005. Characterizing global climate change by means of Köppen climate classification. Klimastatusbericht, 51 : 139-149.
 Choi, B., S. Kim, D. Song, S. Cho, M. Chin, and K. Park. 1996. Growth characteristics and grain yields for introduced germplasms of grain sorghum. Journal of the Korean Society of International Agriculture, 8 : 143-150.
 Choi, H., S. Hong, Y. Lee, W. Kim. 2013. Diversity and pathogenicity of Fusarium species associated with grain mold of sorghum. Korean Journal of Mycology, 41 : 142-148.
 Choi, Y., Y. Moon, S. Ahn, Y. Yoon, Y. Cha, B. Koo, et al. 2012. Characteristics of sweet sorghum germplasm for bioethanol production in reclaimed soil. Korean Journal of Crop Science/Hanguk Jakmul Hakhoe Chi, 57 : 384-388.
 Dillon, S. L., P. K. Lawrence, R. J. Henry, H. J. Price. 2007. Sorghum resolved as a distinct genus based on combined ITS1, ndhF and Adh1 analyses. Plant Systematics and Evolution 268 : 29-43.
 Elkhalfi, A. E. O., B. Schiffler, and R. Bernhardt. 2005. Effect of fermentation on the functional properties of sorghum flour. Food Chemistry, 92 : 1-5.
 Faize, M., L. Burgos, L. Faize, A. Piqueras, E. Nicolas, G. Barba-Espin, et al. 2011. Involvement of cytosolic ascorbate peroxidase and Cu/Zn-superoxide dismutase for improved tolerance against drought stress. Journal of Experimental Botany, 62 : 2599-2613.
 FAOSTAT. 2018. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize>
 Khosla, R., N. Persaud, N. Powell, and D. Brann. 1995. Water use of sorghum on a marginal soil in eastern Virginia. In: Agronomy Abstracts, p. 433.
 Min, H.-G., C. Y. Park, H.-K. Lee, Y.-A. Yeom, J. Oh, B. -S. Kim, et al. 2017. A Survey of Viral Diseases of Proso Millet (*Panicum miliaceum* L.) and Sorghum (*Sorghum bicolor* L.) in South Korea. Research in Plant Disease 23 : 262-267.
 Murty, D. and K. Kumar. 1995. Traditional uses of sorghum and millets. Sorghum and millets: Chemistry and technology 221.
 Oyebanji, O., O. Nweke, O. Odeunmi, N. Galadima, M. Idris, U. Nnodi, et al. 2009. Simple, effective and economical explant-surface sterilization protocol for cowpea, rice and sorghum seeds. African Journal of Biotechnology, 8.
 Park, H., M. Ko, J. Kim, K. Oh, and S. Pae. 1999. Agronomic characteristics of common millet (*Panicum miliaceum* L.) varieties. Korean J. Breed, 31: 428-433.
 Shim, D., K. E. Song, C. Y. Park, S. H. Jeon, J. G. Hwang, E.-J. Kang, et al. 2018. Effects of Hydrogen Peroxide on Germination and Early Growth of Sorghum (*Sorghum bicolor*). Korean Journal of Crop Science, 63 : 140-148.
 Younesi, O. and A. Moradi. 2009. The effect of water limitation in the field on sorghum seed germination and vigor. Australian Journal of Basic and Applied Sciences 3 : 1156-1159.