

TEMPERATURAS DE SECADO ARTIFICIAL Y SU EFECTO EN LA GERMINACIÓN DE SEMILLAS DE SORGO

ARTIFICIAL DRYING TEMPERATURES AND THEIR EFFECTS UPON SORGHUM SEEDS GERMINATION

Roberto Soto Ortiz¹,
Federico Facio Parra²,
Leticia A. Bustamante García²,
Enrique Alvarado Morales³,
Elaine M. Rodríguez Del Ángel⁴,
Sergio Dávila Cabello⁵

¹Instituto de Ciencias Agrícolas,
Universidad Autónoma de Baja California,

²Asgrow Mexicana, Guadalajara, Jalisco,
Departamento de Estadística, UAAAN;

³Asesor externo Semillas Aspros,
⁴Centro de Tecnología de Semillas,
Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

25315 Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

RESUMEN

La presente investigación tuvo el objetivo de encontrar el punto óptimo de humedad de semilla para cosecha de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) mediante la evaluación de tres temperaturas en el secado de semillas y la germinación de éstas en tres períodos de almacenamiento. La cosecha se efectuó manualmente a porcentajes de humedad de 15, 18, 21 y 27 y secada en equipo experimental, en laboratorio, a temperaturas de 39, 41 y 43°C hasta el punto de alcanzar 14% de humedad, utilizando un flujo de aire de $3 \text{ m}^3 \text{ min}^{-1}$ y una presión estática de 14 cm de agua. Posteriormente, la semilla fue almacenada hasta por 120 días y evaluada su calidad a los 0, 60 y 120 días de almacenamiento. Los resultados de germinación indican que el secado indujo latencia secundaria, la cual fue más acentuada con la temperatura de 43°C y a contenidos de humedad de 21 y 27%. La condición latente de la semilla desapareció a partir de los 60 días de almacenamiento. En general, la temperatura de secado no ejerció un efecto significativo sobre los valores finales de germinación, por lo tanto, es factible cosechar semilla de sorgo hasta con 21% de contenido de humedad y secar utilizando una temperatura máxima de 43°C sin afectar su germinación.

Palabras clave: *Sorghum bicolor* L. Moench, contenido de humedad, humedad de cosecha.

ABSTRACT

In order to determine the optimum harvesting time for sorghum seeds (*Sorghum bicolor* L. Moench) in the Northern locations of the state of Tamaulipas, Mexico, an experiment was run to evaluate three drying temperature levels on the quality of seeds. Samples of the crop were hand harvested at 15, 18, 21 and 27% moisture content. Seeds were dried under laboratory conditions at 39, 41 and 43°C (102, 106 and 110°F) using an air flow of $3 \text{ m}^3 \text{ min}^{-1}$ and a static pressure of 14 cm (5 inches of water); each seeds container was graded in three levels of deepness. Afterward seeds were stored for up to 120 days and assessed for germination capacity at storage time of 0, 60 and 120 days. The results indicated drying induction of secondary dormancy of seeds which was higher at 43°C and 21 and 27% moisture content. The dormancy was eluded after 60 storage days. According to these results it can be stated that harvesting sorghum seeds at 21% moisture content and artificially drying at 43°C temperature has no negative effects on seed germination.

Key words: *Sorghum bicolor* L. Moench, seed moisture content, harvesting.

INTRODUCCIÓN

El sorgo es el quinto cultivo en importancia entre los cereales a nivel mundial después del arroz, trigo, maíz, y cebada. México se encuentra entre los principales países productores; la superficie sembrada en 1988 fue de más de un millón de hectáreas, y para 1996 la superficie fue de 2.3 millones ha. La zona productora de semilla de sorgo más importante en nuestro país es la región norte del estado de Tamaulipas, donde en 1988 se destinaron 24000 ha para la producción de semilla. (Williams *et al.*, 1988). La demanda de semilla de sorgo en México para 1996 fue de 13,991 t, de las cuales sólo se abastecieron 1,311 de calidad certificada, producción nacional, llenándose el déficit con semilla de procedencia extranjera; la razón principal para esta preferencia es el bajo precio de las semillas de importación (Montelongo, 1997).

Uno de los problemas más importantes al que se enfrentan los agricultores en esta región es la presencia de lluvias durante el periodo de postmaduración del sorgo. Esto ocasiona retrasos en la cosecha y pérdidas en la cantidad y calidad de semilla producida. Durante el ciclo primavera-verano 1993 se registraron pérdidas de 85% de la producción en campo por efecto de las lluvias registradas durante el periodo de cosecha (SNICS, 1993).

El secado artificial es una práctica que contribuye a realizar la cosecha lo más temprano posible al reducir el contenido de humedad de la semilla a niveles que permiten un almacenamiento seguro de la misma; sin embargo, el secado es una operación delicada dado el riesgo de dañar semillas por el efecto de altas temperaturas (Thomson, 1979; Nellist, 1981; Aguirre y Peske, 1992).

Los factores más relacionados con la pérdida de viabilidad durante el secado artificial son: la calidad inicial de la semilla, temperatura de la misma, contenido de humedad inicial y el tiempo de exposición. (Chirmaksorn *et al.*, 1978; Nellist, 1981). La condición ideal es alcanzar un equilibrio entre la temperatura, el tiempo de secado, y el contenido de humedad de la semilla (Rave y Kanawade, 1982).

Se ha estudiado ampliamente el tipo de daño a la semilla asociado con el uso excesivo de calor durante el secado; al respecto, Thomson (1979) señala que el secado puede disminuir la capacidad de germinación, aumentar el número de plantas anormales, afectar la permeabilidad de la cubierta, destruir enzimas o causar endurecimiento de las capas internas. Nellist y Hughes (1973) mencionan, además de lo anterior, el desarrollo de fracturas internas, partido de la cubierta de la semilla y decoloración. Brooker *et al.* (1974) señalan igualmente que las temperaturas de secado pueden tener un efecto significativo en la calidad de la semilla; temperaturas excesivas en maíz causan rajaduras, quebrado, decoloración y disminución en la separación del almidón; en trigo, las temperaturas altas alteran las propiedades de horneado del grano.

La temperatura crítica de secado es la permisible a la cual la semilla puede ser expuesta durante el proceso de secado sin afectar su viabilidad. La temperatura del agente secante está limitada por el contenido de humedad inicial y el tiempo de exposición (Rave y Kanawade, 1982). Temperaturas bajas (menores a 43°C) son usadas para semillas, temperaturas medias (menores a 54°C) para molienda y proceso, y temperaturas inferiores a 82°C para la fabricación de piensos en alimentación de animales (Hall, 1980).

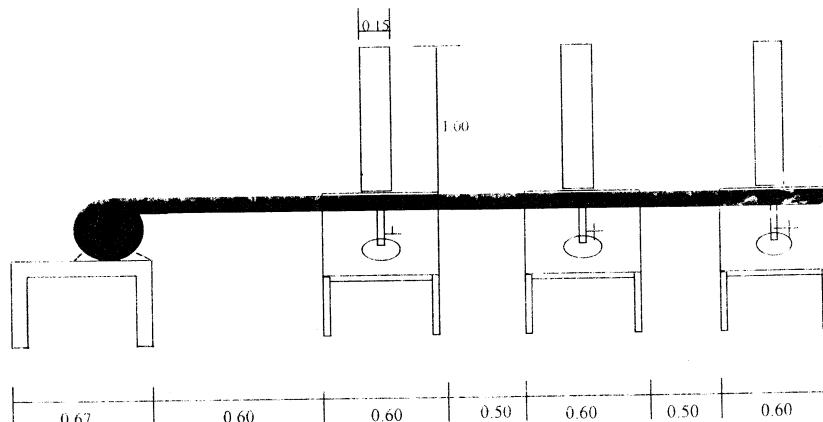
Por lo anterior, el presente trabajo tuvo como objetivo determinar el punto óptimo de cosecha de sorgo mediante la determinación de los valores óptimos de la temperatura de secado y contenido de humedad de la semilla.

Con la hipótesis de que es posible cosechar la semilla de sorgo con altos contenidos de humedad, utilizando los valores óptimos en la temperatura de secado, sin afectar la calidad fisiológica de la semilla.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizó un secador experimental, construido especialmente para la realización del presente trabajo con base en las recomendaciones de Dávila (1981) (Fig. 1). El secador consistió de tres módulos individuales conectados entre sí por una tubería de PVC de 7.62 cm de diámetro. Cada módulo tuvo su propia fuente de calor y control de temperatura. La fuente de aire consistió en un ventilador centrífugo tipo aspas rectas atrasadas, con un motor trifásico de 0.5 caballos de fuerza, 220/440 volts, 50/60 Hertz, y una velocidad de operación de 340 r.p.m. en la transmisión directa, y flujo de aire de $3 \text{ m}^3 \text{ min}^{-1}$, con capacidad para soportar una presión estática de 12.7 a 15.2 cm de columna de agua. El flujo de aire se reguló por una válvula de bronce tipo compuerta, instalada a la entrada de cada uno de los módulos o secadores.

Fig. 1. Vista frontal del secador experimental de semillas.



En junio de 1993 se estableció un lote de producción experimental en el municipio de Valle Hermoso, Tamaulipas. El trabajo consistió en cosechar manualmente semilla de alto contenido de humedad. El acondicionamiento se realizó con la intención de simular el flujo de la semilla por la máquina prelimpiadora y consistió en pasar la semilla a través de una criba de perforaciones circulares con diámetro de 7.8 mm (12/64 de pulgada); de esta manera se eliminó a partículas grandes (material de mayor tamaño que la semilla, como raquis, pedazos de hojas, etc.). El material fino y la mayor parte de las glumas se eliminaron utilizando un aspirador fraccionario de laboratorio. El resultado final fue una semilla libre de impurezas o material extraño, pero con una buena cantidad de glumas adheridas a los granos, situación característica de este material que ingresa con esta condición a los silos secadores, en la planta de acondicionamiento. Dicha semilla fue secada en el equipo experimental de laboratorio, anteriormente descrito, a temperaturas de 39, 41 y

43°C, utilizando un flujo de aire de $3.0 \text{ m}^3 \text{ min}^{-1}$ y una presión estática de 14 cm de agua. La altura de la capa de semillas fue de 0.30 m, haciendo una estratificación para efectos de muestreo cada 0.10 m. La semilla fue posteriormente almacenada hasta por 120 días.

Se evaluó la germinación de la semilla en dos repeticiones de 100 semillas, previamente tratadas con fungicida, para cada unidad experimental, las que se sembraron entre toallas húmedas de papel secante Anchor de 38x25 cm; posteriormente, se introdujeron en una cámara germinadora de alta capacidad a temperatura de 25°C ($\pm 1^\circ\text{C}$) durante siete días, con 8 horas de luz y 16 de oscuridad diariamente. Transcurridos tres días, se hizo un primer conteo de plántulas normales, y a los siete días se realizó la evaluación final. En ésta se anotaron las plántulas normales y anormales, y se contaron las semillas latentes y muertas, siguiendo el criterio de evaluación propuesto por la International Seeds Testing Association (ISTA, 1985); los resultados se expresaron como porcentaje de plántulas normales, anormales, semillas latentes y muertas.

Se aplicó transformación angular a los datos en porcentaje y se analizaron estadísticamente bajo un diseño completamente al azar con arreglo factorial 4x3x3x3, tres repeticiones (Rodríguez, 1991).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Antes de la operación de secado, se evaluó la germinación de cada una de las cosechas (Cuadro 1). En general, la calidad de semilla obtenida, expresada como por ciento de germinación fue aceptable, ya que todos los valores fueron superiores a 90%. La tendencia general fue un descenso en el porcentaje de germinación a medida que se retrasó la cosecha; sin embargo, en el análisis de varianza respectivo, se encontró que las medias de germinación a los cuatro cortes o contenido de humedad fueron estadísticamente iguales.

Cuadro 1. Fecha de cosecha, contenido de humedad y calidad inicial de semilla de sorgo cosechada en Valle Hermoso, Tamaulipas, 1993.

Fecha	% CH	% PN	% PA	% SL
12 de junio	27	93.0	2.3	2.3
15 de junio	21	92.0	3.0	4.7
16 de junio	18	90.3	3.7	6.7
18 de junio	15	91.7	0.7	2.3

CH=contenido de humedad; PN=plántulas normales; PA=anormales;

SL=semillas con latencia.

El análisis de varianza para las variables de germinación estándar, después del secado de la semilla, indica diferencias significativas para el contenido de humedad a cosecha, temperatura de secado, días de

almacenamiento, y sus interacciones; el factor C (altura de la capa de sernillas) sólo fue significativo en el caso de plántulas anormales y semillas latentes; sin embargo, su interacción con los demás factores no resultó estadísticamente significativa.

Las medidas de germinación obtenidas durante todo el periodo de almacenamiento (Cuadro 2) muestran altos porcentajes de germinación, con valores que oscilan entre 91 y 97%; se observa que los valores más altos de germinación se obtuvieron en semilla cosechada a contenidos de humedad bajos; esto muestra una aparente susceptibilidad de la semilla al secado al aumentar su contenido de humedad. La mayor capacidad de germinación al finalizar el periodo del estudio se observó en la semilla cosechada a 15 y 18% de contenido de humedad. Los valores de germinación en cada estrato o capa de semillas no muestran diferencia estadística (Cuadro 2) lo cual significa que existió un secado homogéneo en las diferentes secciones del depósito de secado.

En relación a la temperatura de secado se observó una relación inversa de ésta con germinación de semilla. Sin embargo, la reducción en la capacidad de germinación no es permanente, ya que el comportamiento de esta variable en relación a los días de almacenamiento (Cuadro 2) mostró mejoría a medida que avanzó el periodo de almacenamiento, hasta alcanzar 97.2% para todos los tratamientos. En todo esto, puede establecerse que el efecto más notable del secado fue la inducción de latencia e inducción de plántulas anormales.

Cuadro 2. Comparación de medias dentro de cada factor en las variables: plántulas normales, anormales y semillas latentes de sorgo.

Factores	Niveles	PN	PA	SL	
Contenido de humedad (A)	15%	97.3	a†	0.5	d†
	18%	97.0	a	1.9	c
	21%	92.6	c	5.0	a
	27%	94.1	b	3.3	b
Temperatura de Secado (B)	39°C	96.6	a	1.4	c
	41°C	95.9	b	2.2	b
	43°C	93.6	c	3.8	a
Altura posición de semillas (C)	0-10cm	95.5	a	2.5	a
	10-20cm	95.2	a	2.7	a
	20-30cm	95.6	a	2.2	a
Días de almacenamiento (D)	0 días	91.1	b	6.6	a
	60 días	97.0	a	0.9	b
	120 días	97.2	a	1.2	b

† Medias con la misma letra son estadísticamente iguales. Tukey, $\alpha=0.01$.

El Cuadro 3 muestra el comportamiento de la germinación a través del tiempo, considerando simultáneamente a los factores humedad de cosecha y temperatura de secado; aquí, la presencia de latencia se acentuó a los contenidos de humedad de 21 y 27% observándose valores de germinación inferiores a 90% y con mínimos de 72% al inicio del almacenamiento de las semillas. El efecto de la temperatura al inducir latencia fue más notable en su interacción con altos contenidos de humedad. Por otra parte, los niveles de humedad de 18 y 15% no alteraron germinación por efecto de cambios en temperatura. La condición transitoria de la latencia a humedades de 21 y 27% puede afirmarse ya que a los 60 días de almacenamiento de las semillas, todas las combinaciones de humedad de cosecha y temperatura de secado presentaron germinación superior a 90% y con un incremento muy pequeño de esta variable a los 120 días de almacenamiento.

Cuadro 3. Medias de germinación estándar de la interacción del contenido de humedad a cosecha (A), temperatura de secado (B) y días de almacenamiento (D) de semilla de sorgo.

Combinación de factores	Ü	Días de almacenamiento	
		60	120
15%	39°C	97.3 abc†	97.6 abc†
	41°C	97.1 ab	97.3 abc
	43°C	96.4 abcd	97.5 abc
18%	39°C	96.0 abcd	96.3 a
	41°C	94.7 bcde	97.9 abc
	43°C	92.7 def	97.1 abc
21%	39°C	89.9 efg	97.7 abc
	41°C	84.2 g	96.7 abcd
	43°C	43.5 h	92.6 def
27%	39°C	95.4 abcd	95.8 abcd
	41°C	86.5 fg	97.1 abc
	43°C	72.4 h	96.8 abcd

† Medias con la misma letra son estadísticamente iguales. Tukey, $\alpha=0.01$.

La inducción de latencia detectada en este trabajo concuerda con lo publicado por Nutile y Woodstock (1967) quienes observaron este fenómeno en semilla de sorgo al aplicar tratamientos de secado a la semilla, encontrando que el grado de latencia aumentó en relación directa al tiempo en que se sometió la semilla a la exposición de aire caliente (mayor reducción en contenido de humedad).

que se sometió la semilla a la exposición de aire caliente (mayor reducción en contenido de humedad).

En relación a la presencia de plántulas anormales, éstas resultaron en proporción significativa a contenidos de humedad de 21 y 27% y a temperatura de 43°C, de acuerdo a los valores de germinación obtenidos para estos tratamientos (Cuadro 3). Si bien la diferencia es mínima, del orden de 0.5 y 0.3%, para el contenido de humedad de la semilla y temperatura de secado, respectivamente, se pone de manifiesto la susceptibilidad de la semilla al daño por altas temperaturas y contenidos de humedad de la misma. Estos resultados concuerdan con lo mencionado por Thomson (1979) en relación a que un aumento en la temperatura de secado, propicia un aumento en el número de plántulas anormales.

CONCLUSIONES

La operación de secado indujo latencia secundaria en la semilla de sorgo a todos los contenidos de humedad y temperaturas de secado, la cual fue mayor a 43°C y humedades de 21 y 27%. Esta condición latente desapareció durante el periodo de almacenamiento de la semilla.

La temperatura de secado no afectó significativamente la germinación de la semilla de sorgo, aun en el caso de la temperatura más alta ni en su interacción con los niveles de humedad a cosecha.

Es factible, bajo las condiciones de esta investigación, cosechar la semilla de sorgo hasta con 21% de contenido de humedad y secar utilizando una temperatura de 43°C, sin afectar la germinación de la misma.

LITERATURA CITADA

- Aguirre, R., S.T. Peske. 1992. Manual para el Beneficio de semillas. 2^a Ed. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cali, Colombia. p.25-53.
- Brooker, D.B., F.W. Bakker-Arkema, C.W. Hall. 1974. Drying Cereal Grains. The Avi Publishing Company, Inc. Westport, Connecticut. p. 1-7.
- Chirmaksom, S., G.B. Welch., A.H. Boyd., W.R. Fox. 1978. The effect of high temperature drying on the germination of soybean seeds. Mississippi Agric. & Forestry Exp. Stat. Paper No.78-3005. Mississippi State University. Mississippi, MS. 16 p.

- Dávila., S. 1981. Desing of a Small Experimental Seed and Grain Dryer. M.C. Thesis. Mississippi State University. Mississippi, MS. 83 p.
- Hall, C.W. 1980. Drying and Storage of Agricultural Crops. The Avi Publishing Company, Inc. Connecticut. 477 p.
- ISTA (International Seed Testing Association). 1985. International rules for seed testing. *Seed Sci. & Tech.* 13(2):300-520. The Netherlands.
- Montelongo, G.A. 1997. Continúa el Mercado de Semillas Certificadas. Agromundo. PRONASE. México, D.F. pp. 22-25.
- Nellist, M.E. 1981. Predicting the viability of seeds dried with heated air. *Seed Sci. & Tech.* 9:439-455. The Netherlands.
- Nellist, M.E., M. Hughes. 1973. Physical and biological processes in the drying of seed. *Seed Sci. & Tech.* 1:613-643. The Netherlands.
- Nutile, G.E., L.W. Woodstock. 1967. The influence of dormancy inducing desiccations treatments on the respiration and germination of sorghum. *Physiologia Plantarum* 20:554-561.
- Rave, S.G., L.R. Kanawade. 1982. Critical temprature for drying sorghum earheads. *J. Maharashtra Agr. Univ. India.* 7(2): 134-135.
- Rodríguez del A., J.M. 1991. Métodos de Investigación Pecuaria. Editorial Trillas-UAAAN. p. 13-14. México.
- SNICS (Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas) 1993. Estadísticas Anuales. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Matamoros, Tamps. México.
- Thornson, J.R. 1979. An Introduction to Seed Technology. Leonard Hill Edit. Great Britain.
- Williams A., H., H. Torres M., P. Barza S. 1988. Producción de semilla de sorgo. En: Manual de Producción y Manejo de Semillas. p. 22-46. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Tamaulipas, México.