

Respuesta de dos variedades de sorgo a cinco regímenes hídricos

Proyecto de graduación presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Agrónomo en el grado Académico de Licenciatura.

Presentado por

Arturo José Varela Arteaga

Zamorano, Honduras
Diciembre, 2004

El autor concede a Zamorano permiso para reproducir y distribuir copias de este trabajo para fines educativos. Para otras personas físicas o jurídica se reservan los derechos de autor.

Arturo José Varela Arteaga

Honduras
Diciembre, 2004

Respuesta de dos variedades de sorgo a cinco regímenes hídricos

Presentado por:

Arturo José Varela Arteaga

Aprobado por

Pablo E. Paz, Ph.D.
Asesor principal

Jorge Iván Restrepo, M.B.A.
Coordinador de la Carrera de
Ciencia y Producción Agropecuaria.

Miguel Vélez, Ph.D.
Asesor

Aurelio Revilla, M.S.A.
Decano académico interino

Abelino Pitty, Ph.D.
Coordinador del área de Fitotecnia

Kenneth L. Hoadley, D.B.A.
Rector

DEDICATORIA

A Dios por ser esa fuente de inspiración y de ayuda siempre.

A mis padres Pedro Varela Rivera y Paula Arteaga Montenegro

A mis Hermanos Sughey, Edwin y Diana Varela

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por darme siempre todo lo necesario para seguir adelante y por estar siempre en los momentos bajos y altos que he tenido, gracias.

A mi Papá Pedro Varela, por darme siempre el apoyo, y por tenerme siempre confianza, a mi mamá Paula Arteaga por darme siempre ese amor de madre que te motiva a seguir adelante; gracias a ambos por darme su apoyo incondicional

A mis Hermanos Sughey, Edwin y Diana Varela Arteaga, que fueron para mí esa fuente de inspiración para seguir.

A mis tíos Francisco, Noel, Luisa, por sus sabios consejos que siempre tuvieron validez en mi vida.

A mi Compañero de cuarto Saulo, que aunque se que es bastante inquieto lo estimo bastante, gracias por tu tolerancia.

A Indira por apoyarme y compartir conmigo siempre su amor

Dr. Pablo Emilio Paz, por darme siempre su ayuda en la realización de este trabajo y por los ratos tranquilos (sus chistes), además gracias por compartir sus sabios conocimiento conmigo.

Dr. Miguel Vélez, por ser mi asesor en el trabajo, aunque algunos piensan que es bastante malo, sé que en el fondo es una persona agradable.

A mis amigos de Zamorano, Rosa, Marleny Mercedes, Roberto Salas, Merlin Barahona, Godofredo Benavides, Boris Márquez, Juan Aguirre, Sayra Lemus, David, Gissela y a otros que no menciono, pero que siempre los recordare por esos momentos que compartimos.

A la colonia Nica, Carlos García, Thelma, María, Roberto, Jairo, Harving, Reynerio, Diego y todos aquellos que me regalaron un poco de su tiempo.

Al grupo Cristiano Rompiendo Fronteras, Wilmer Sierra, Vilma Bautista, Francisco a todos, en el cual pase momentos agradables y compartiendo juntos las cosas de Dios.

A mi amiga Heydi y Jessica, a mis amigo Marlon y Oscar, grupo de amigos que aprecio mucho.

AGRADECIMIENTOS A PATROCINADORES

A mis padres Pedro Varela y Paula Arteaga

A Zamorano por el financiamiento del primer año de estudio

A la Nippón Foundation, por el financiamiento brindado en los últimos tres años.

Resumen

Varela, A. 2004. Respuesta de dos variedades de sorgo a cinco regímenes hídricos. Proyecto especial del Programa de Ingeniero Agrónomo en Ciencia y Producción Agropecuaria, Zamorano, Honduras. 13 p.

La producción de sorgo (*Sorghum bicolor*) constituye un rubro importante en Honduras, ya que éste se utiliza para consumo humano y producción de ensilaje para el ganado. El objetivo del estudio fue determinar el nivel de tolerancia a sequía de dos variedades de sorgo bajo cinco regímenes hídricos en invernadero. El estudio se realizó en El Zamorano, Honduras, durante el periodo de agosto a septiembre de 2004. Se utilizaron las variedades Sorgo Sureño e Isiap Dorado en 40 maceteros con 3.0 kg de tierra cada uno. Se compararon cinco regímenes de riego de 100, 75, 50, 25 y 0% de capacidad de campo (CC). Se usó un diseño de bloques completamente al azar (BCA) con arreglo factorial de 5×2 , con cuatro repeticiones y una $P < 0.05$. No se encontraron diferencias significativas entre las variedades, éstas no toleran los regímenes de 0 ni 25% de CC. Los regímenes hídricos de 100, 75% y 50% de CC no tuvieron efecto en el diámetro ni en la altura de la planta, únicamente los regímenes de 25 y 0% de CC. En la producción de materia fresca y materia seca, los regímenes de 75 y 50% de CC produjeron los mejores resultados para la producción, lo que implica que ninguna de las variedades toleran la saturación en el suelo, ni la escasez del agua por debajo de 50% de CC, porque tiene efectos negativos en la producción de materia fresca y seca bajo estas condiciones.

Palabras clave: Capacidad de campo, materia fresca, materia seca.

CONTENIDO

	Página
Portadilla.....	i
Autoría.....	ii
Página de firmas.....	iii
Dedicatoria.....	iv
Agradecimientos.....	v
Agradecimientos a patrocinadores.....	vi
Resumen.....	vii
Contenido.....	viii
Contenido.....	ix
Índice de cuadros.....	x
Índice de anexos.....	xi
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	3
LOCALIZACIÓN.....	3
FACTORES UTILIZADOS.....	3
DISEÑO EXPERIMENTAL.....	3
METODOLOGIA.....	4
SUELO Y HOMOGENIZACION.....	4
CÁLCULO DE CAPACIDAD DE CAMPO (CC).....	4
SATURACIÓN DE MACETEROS.....	4
Régimen de 100 % capacidad de campo (CC).....	4
Régimen de 75% de CC.....	4
Régimen de 50% CC.....	4
Régimen de 25% de CC.....	4
Régimen de 0% de CC.....	5
SIEMBRA Y RALEO.....	5
COSECHA.....	5
PESAJE Y SECADO.....	5
VARIABLES MEDIDAS.....	5
Altura promedio.....	5
Diámetro del tallo.....	5
Peso fresco.....	6
Peso seco.....	6

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	7
DETERMINACION DE CAPACIDAD DE CAMPO	7
VARIABLES.....	7
Diámetro	8
Altura.....	8
Tallo fresco.....	8
Raíz fresca	8
4. CONCLUSIONES	10
5. RECOMENDACIONES	11
6. BIBLIOGRAFÍA	12
7. ANEXOS	13

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Producción de materia fresca, seca y efectos en diámetro y altura, en dos variedades de sorgo y cinco regímenes hídricos, El Zamorano, Honduras, 2004.....	7
2. Efecto de cinco regímenes hídricos sobre la altura y el diámetro de la planta de sorgo, El Zamorano, Honduras, 2004.....	8
3. Peso fresco de partes morfológicas de las plantas de sorgo, El Zamorano, Honduras, 2004.....	9
4. Peso seco de partes morfológicas de las plantas, El Zamorano, Honduras, 2004.....	9

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo	Página
1. Análisis de suelo de La Chorrera, El Zamorano, Honduras, 2004.....	13

1. INTRODUCCIÓN

Los cereales son la principal fuente de alimento para humanos así como para los animales. El sorgo granífero (*Sorghum bicolor*) es el cuarto cereal en importancia mundial y actualmente se siembran más de 40 millones de hectáreas en la faja comprendida entre los 50° latitud norte y 50° latitud sur (Arias 2002).

Constituye uno de los granos básicos más importantes que se cultivan en Honduras. Tiene diversos usos como: grano para consumo humano, ingrediente en formulaciones de concentrado y elaboración de ensilajes para consumo animal, que lo convierten en una importante fuente de nutrientes en la vida de las familias, así como una fuente de ingresos para el sector agrícola del país (Gamero 1989).

El sorgo tiene una serie de características que lo clasifican como cultivo resistente a la sequía en zonas secas con lluvias irregulares, el cultivo puede reaccionar muy favorablemente a un riego suplementario. Existen considerables diferencias entre las diversas variedades en su respuesta al riego, las que se consideran como muy resistente a sequía responden ligeramente, mientras que las otras producen altos rendimientos con riego pero dan bajo rendimiento cuando el agua es escasa (Doorenbos y Kassam 1994).

Los sorgos azucarados y graníferos de maduración tardía tienden a permanecer en latencia cuando la humedad del suelo no es suficiente. En iguales condiciones, los sorgos tempranos tienen mayores posibilidades de seguir creciendo hasta la emergencia de la panoja y floración (Wall y Ross 1975). Por lo anterior, las variedades de sorgo que son bastantes sensibles a la sequía, presentan diferentes periodos de crecimiento cuando la estaciones y el ambientes son desiguales.

Las temperaturas adecuadas para las variedades de gran producción están por encima de los 25⁰ C, mientras que hay otras variedades que tiene buenas producciones por debajo de los 20⁰ C. Por otro lado, variando el arreglo de siembra se aumentan los rendimientos del cultivo hasta llegar a un punto en donde el espacio vital entre las plantas por agua, luz y nutrientes del suelo se minimiza. Lo anterior conlleva a un aprovechamiento máximo de estos recursos, los que se manifiesta en un incremento de los rendimientos (Alvarado *et al*, 2001).

El sorgo es relativamente más resistente a la sequía que muchos otros cultivos, por ejemplo el maíz, esto se debe a su extenso sistema radical, al control efectivo de la evapotranspiración y a unos estomas con capacidad de recuperación rápida después de periodos de escasez de agua, así como su capacidad de soportar la desecación. Además, cuando la estación vegetativa es larga, las variedades con renuevos son capaces de recuperarse, en cierta medida, de déficit de agua en periodos vegetativos anteriores, mediante la formación de renuevos adicionales portadores de espigas (Doorenbos y Kassam 1994).

El sorgo es frecuentemente sembrado junto con el maíz y mijos, estos con el objetivo de asegurar una cosecha en caso de que las condiciones climáticas no sean óptimas (Othón 2002).

El objetivo del estudio fue determinar el nivel de tolerancia a sequía de dos variedades de sorgo bajo cinco regímenes hídricos en condiciones de invernadero, el efecto que este tiene en el desarrollo de las plantas y sobre la producción de materia seca.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

LOCALIZACIÓN

El ensayo se realizó durante el período de agosto a septiembre de 2004 en el invernadero número uno, del programa de investigación de frijol, ubicado en el Valle del Yeguaré, departamento de Francisco Morazán. El clima es seco tropical con una precipitación media anual de 1150 mm y una temperatura promedio de 24°C.

FACTORES UTILIZADOS

Variedades: Se utilizaron dos variedades de sorgo; Sureño e Isiap Dorado, el primero se considera una variedad de doble propósito que es productora de grano y de forraje, mientras que la segunda es una variedad granífera .

Regímenes Hídricos: Se utilizaron 100, 75, 50, 25, 0% de capacidad de campo de un suelo representativo de Zamorano.

DISEÑO EXPERIMENTAL

Las unidades experimentales consistieron en maceteros individuales de cuatro kg. El diseño utilizado fue un arreglo factorial de 5×2 en Bloques Completamente al Azar (BCA) con 4 repeticiones, los tratamientos fueron cinco regímenes de riego y dos variedades de sorgo, para un total de 10 tratamientos. El ensayo constituyó de 40 unidades experimentales (maceteros).

Los resultados fueron analizados con el programa "Statistic Analysis System" (SAS) ® y además se realizó una prueba de separación de medias (SNK) con un nivel de significancia de $P < 0.05$.

METODOLOGÍA

SUELO Y HOMOGENIZACIÓN

El suelo que se utilizó fue un franco arcillo arenoso, el cual se obtuvo de la capa arable de " La Chorrera ", de El Zamorano. La tierra fue extraída hasta una profundidad de 20 cm. que es donde se encuentran la mayoría de los nutrientes para que las plantas puedan desarrollarse adecuadamente.

CÁLCULO DE CAPACIDAD DE CAMPO (CC)

Para calcular la cantidad de agua que el suelo pudiese retener, se tomó una muestra de tres kg de suelo homogeneizado, después se procedió a saturar el suelo y dejarlo el tiempo necesario para que escurriera el agua libre, inmediatamente después se pesó la muestra y se colocó en un horno a una temperatura de 105⁰C por 48 horas. Posteriormente se dejó que se enfriara la muestra y se procedió a pesar de nuevo, para sacar por diferencia de peso la cantidad de agua ocupaba en los poros del suelo, es decir la capacidad de campo del suelo.

SATURACIÓN DE MACETEROS

Como tratamiento se aplicaron 100, 75, 50, 25 y 0% de CC. En cada régimen hídrico se estipuló un margen de error de hasta el 5%, ya que era muy difícil calcular el momento exacto en que cada tratamiento perdiera la humedad permisible. Diariamente se pesaron los maceteros para determinar la cantidad de agua perdida y la necesidad de riego según el tratamiento. Los maceteros se llenaban de agua y se permitía que lixiviara el exceso para así llevarlo a CC.

Régimen de 100% capacidad de campo (CC)

Los maceteros fueron regados todos los días de tal forma que siempre mantuvieran el 100% de la capacidad de campo.

Régimen de 75% de CC

Para este tratamiento se permitió que los maceteros perdieran el 25% de su CC, lo que equivalió aproximadamente a 300 ml, antes de regar. En promedio, los maceteros perdían los 300 ml en dos días y medio, cuando las condiciones climáticas eran buenas, es decir días con alta irradiación.

Régimen de 50% CC

En este caso se permitió una pérdida de 600 ml. En promedio tardaba 4 días para perder los 600 ml.

Régimen de 25% de CC

Para este caso se permitió que los maceteros perdieran el 75% del agua (900 ml).

Régimen de 0% de CC

Estos maceteros fueron regados únicamente al inicio del ensayo.

SIEMBRA Y RALEO

En cada macetero se colocaron 10 semillas para asegurar la germinación. Después se realizó un raleo dejando dos plantas por macetero. El raleo se realizó cuando las plantas tuvieron cuatro hojas ya formadas, dejando plantas fuertes y distanciadas.

COSECHA

La cosecha se efectuó a los 16 días para los tratamientos de 25 y 0% y a los 50 días después de la germinación para los demás tratamientos. Las plantas se cosecharon con cuidado, para evitar daño a raíces. A las plantas se les removió toda la tierra con un chorro a presión media dentro de los maceteros.

PESAJE Y SECADO

Una vez cosechadas las plantas, se procedió a limpiarlas para eliminar cualquier residuo de tierra que hubiese quedado en las hojas y raíces, después de la limpieza, se procedió a tomar el peso fresco de las plantas. Para el secado las muestras se colocaron en un horno a una temperatura de 65 – 70°C por 48 horas.

VARIABLES MEDIDAS

Las variables agronómicas que se utilizaron para medir el crecimiento de las plantas fueron: altura promedio de la planta, diámetro en la base del tallo, peso fresco y peso seco.

Altura promedio

Se midió desde la base del tallo hasta la punta de la hoja más joven. Se obtuvo un promedio de las dos plantas por macetero. Las plantas se midieron después de cosechadas.

Diámetro del tallo

En cada macetero se tomó el diámetro de ambas plantas en el cuello, para luego obtener un promedio. Se utilizó un pie de rey.

Peso fresco de las plantas de sorgo

Las variables que se tomaron fueron:

Total: Se incluyó la parte aérea y las raíces.

Raíz: Después de sacar las raíces del macetero se procedió a secarlas con papel toalla y a quitarle todos aquellos residuos que pudieran afectar los datos.

Parte aérea: Las raíces fueron removidas para pesar solamente la parte aérea. Estas se lavó y se secó con papel toalla.

Peso seco de las plantas de sorgo

Total: Se determinó el peso tanto de las raíces como en del follaje.

Raíz: Las raíces fueron secadas a una temperatura de 65-70°C por 48 horas, luego fueron pesadas.

Parte aérea: De igual forma que las raíces, estas fueron secadas a la misma temperatura y por el mismo tiempo, para determinar la cantidad de materia seca de las muestras.

El suelo fue el mismo, todo era estaban protegidos por un invernadero que les daba las mismas condiciones. Se realizó una deshierba semanal para evitar que las malezas se desarrollaran en el macetero. Además el ensayo estaba colocado sobre bancos.

Para pesar los maceteros se utilizó una balanza con una capacidad de 5 kg. En cada riego los maceteros se saturaban.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

DETERMINACIÓN DE CAPACIDAD DE CAMPO

La capacidad de campo del suelo fue de 1200 ml, lo que indica que el suelo tenía un espacio poroso equivalente a 31.2% de su volumen.

VARIABLES

La producción de materia fresca y seca se muestran en el Cuadro 1, éstos muestran un coeficiente de variación inferior de 30%, un R^2 superior a 0.96, cuando lo mínimo permitido es de 0.7, lo que demuestra que el experimento fue bien ejecutado. Se detectaron diferencias significativas $P < 0.05$ entre todas la variables medidas por efecto de los regímenes hídricos.

Cuadro 1. Producción de materia fresca, seca y efectos en diámetro y altura, en dos variedades de sorgo y cinco regímenes hídricos. Zamorano, Honduras, 2004.

Variedad	Régimen	Materia fresca (g)		Materia seca (g)		Diámetro (cm)	Altura (cm)
		Tallo	Raíz	Tallo	Raíz		
Sureño	100% CC	11,9	7,8	2,2	1,2	0,5	56,9
	75% CC	18,2	10,5	3,4	2,0	0,5	64,2
	50% CC	16,7	9,8	3,3	2,0	0,5	58,9
	25% CC ¹	0,8	0,6	0,2	0,3	0,2	19,7
	0% CC ²	0,8	0,6	0,2	0,3	0,2	19,6
Isiap Dorado	100% CC	13,6	7,2	2,5	1,2	0,5	58,6
	75% CC	19,4	9,6	4,1	1,7	0,5	62,6
	50% CC	17,2	8,7	3,7	1,8	0,5	55,2
	25% CC ¹	0,8	0,6	0,3	0,3	0,2	20,1
	0% CC ²	0,4	0,6	0,2	0,4	0,2	18,0
CV %		17,7	21,6	23,9	19,7	12,6	14,7
R ²		0,98	0,97	0,96	0,96	0,96	0,96
RH		*	*	*	*	*	*

ANDEVA Pr > F *≤=0.01

CC= Capacidad de campo

¹ Plantas cosechadas a los 16 días después de germinadas

² Plantas cosechadas a los 16 días después de germinadas

Las variedades de sorgo Sureño e Isiap Dorado, se comportaron de la misma manera ($P < 0.05$), lo que demostró que ambas variedades tienen características similares, tanto en la producción de materia fresca como seca y de tolerancia a sequía.

Diámetro

Esta variable presentó altos valores (Cuadro 2) en los regímenes 100, 75 y 50% de CC, lo que se atribuye a que reacciona a la cantidad adecuada de agua y a las condiciones favorables dentro del invernadero, con una temperatura por encima de los 25°C , ya que según Alvarado (2001), el sorgo se desarrolla mejor en climas con temperaturas mayores a 25°C .

Altura

Los tratamientos de 100, 75 y 50% de CC no presentaron diferencias significativas $P < 0.05$. En ambas variables medidas cabe resaltar que aunque no hubo diferencias significativas, se puede observar diferencias aritméticas, tanto en altura como en diámetro, siendo el mejor régimen el de 75% de CC.

Cuadro 2. Efecto de los regímenes hídricos sobre la altura y el diámetro de las plantas de sorgo. El Zamorano, Honduras, 2004.

Régimen	Diámetro (cm)	Altura (cm)
100% CC	0,49a ^ψ	57,73a
75% CC	0,53a	63,38a
50% CC	0,51a	57,10a

ψ = Medias seguidas de letras distintas no son estadísticamente diferentes ($P < 0.05$) prueba de SNK.

Tallo fresco

Los tratamientos de 75 y 50% de CC produjeron más materia vegetal ($P < 0.05$) que los demás (Cuadro 3). La menor producción del tratamiento 100% de CC se atribuye a un exceso de humedad.

Raíz fresca

Las producciones de raíces las mismas tendencias que la de los tallos. Los tratamientos de 75 y 50% de CC fueron los mejores. La producción de raíces se ven afectadas por la cantidad de agua presente en el medio, un suelo saturado, no permite un buen desarrollo de las raíces, ya que su desarrollo se ve limitado por el poco oxígeno en el suelo. La producción de raíces limita en buena medida la producción de la parte aérea.

Cuadro 3. Peso fresco de partes morfológicas de las plantas de sorgo. El Zamorano, Honduras, 2004.

Régimen	Tallo (g)	Raíz (g)
100% CC	12,73b *	7,52b
75% CC	18,80a	10,06a
50% CC	16,96a	9,27a

*= Medias con las misma letra no son diferentes significativamente ($P \leq 0.05$), prueba de SNK.

La producción de materia seca siguió la misma tendencia que la materia fresca, ya que ambas están estrechamente relacionada (Cuadro 4)

Cuadro 4. Peso seco de partes morfológicas de las plantas de sorgo. El Zamorano, Honduras, 2004.

Régimen	Tallo (g)	Raíz (g)
100% CC	2,35 b *	1,20 b
75% CC	3,73 a	1,88 a
50% CC	3,50 a	1,91 a

*= Medias con las mismas letras no son diferentes significativamente ($P \leq 0.05$), prueba de SNK.

4. CONCLUSIONES

Se determinó que las variedades de Sorgo Sureño e Isiap Dorado tienen una mejor tolerancia en los regímenes de riego de 75% y 50% de CC; no toleran los regímenes menores a éstos, ni los mayores a éstos ya que las producciones tienden a disminuir.

Los regímenes hídricos, tienen efectos marcado en el desarrollo de las plantas, siendo los tratamientos con 100, 25 y 0% de CC los que tuvieron efectos negativos en comparación con los tratamientos 75 y 50% de CC.

Las mejores producciones de materia fresca y seca se tuvieron en los regímenes de 50 y 75% de CC. Además no se encontraron diferencias significativas entre las variedades de Sorgo Sureño e Isiap Dorado.

5. RECOMENDACIONES

Permitir que el cultivo se desarrolle hasta el estado lechoso, en recipientes más grandes que permitan un desarrollo radicular aceptable, para evaluar si existe diferencia de materia seca y fresca entre las variedades y además, realizar un análisis bromatológico para evaluar el contenido nutricional.

6. BIBLIOGRAFÍA

Arias, I. 2002. Consideraciones acerca del cultivo del sorgo granífero en Venezuela. Consultado el 3 de agosto de 2004, disponible en:
<http://www.ceniap.gov.ve/bdigital/fdivul/fd49/sorgo.htm>

Alvarado, N; Padilla, L; Pereira, A. 2001. Evaluación de siembra sobre el rendimiento del cultivo del sorgo. Revista científica La Calera, Vol. 1, No 1, sept. 2001. Pág. 30-33.

Doorenbos, J; Kassam, A. 1994. Efectos del agua sobre el rendimiento de los cultivos 33. FAO. 212 p.

Gamero, L. 1989. Determinación del nivel óptimo económico de fertilización nitrogenada y fosforada del híbrido de sorgo catracho y la variedad Isiap Dorado en el Valle de El Zamorano. Tesis ing., Agr. 49 p.

Othón, S. 2002. Avances recientes en la utilización del sorgo en América Latina. Revista científica La Calera. No 2. Pág. 33-39.

Wall, J; Ross, W. 1975. Producción y usos del sorgo. Editorial Hemisferio Sur, Buenos Aires, Argentina. 399 p.

7. ANEXO

Anexo 1. Análisis de suelo de La Chorrera, Zamorano, Honduras, 2004.

P, K, Ca, Mg: Solución extractora Melich 3

% M.O. : Método de Walkley & Black

% N total: 5% de M.O

pH: Relación suelo agua 1:1

# Lab.	Muestra	pH	%		ppm (extractable)			
			M.O	N total	P	K	Ca	Mg
704	SN-CH	5,2	2,36	0,12	39	386	1570	120