

# **RETENCIÓN DE HUMEDAD EN HOJAS SEPARADAS DE LA PLANTA DE CÁRTAMO**

Sathyanarayanaiah Kuruvadi<sup>1</sup>, Alberto Madueño Molina<sup>2</sup>, Alfonso López Benitez<sup>1</sup> y Edgar Guzmán Medrano<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Profesores investigadores del Departamento de Fitomejoramiento. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

<sup>2</sup> Tesista de maestría de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

## RESUMEN

La estimación de humedad retenida en las hojas cortadas es una técnica útil para clasificar variedades en los cultivos según su grado de resistencia a sequía. En esta investigación se evaluaron 16 variedades de cártamo por la capacidad de retención de humedad en las hojas cortadas, para estimar la heredabilidad en sentido amplio y calcular correlaciones fenotípicas.

Se sembró semilla de cada genotipo en bolsas de polietileno de color negro de 120 cm de longitud y 30 cm de diámetro. Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar con tres repeticiones. La parcela experimental comprendió una bolsa con dos plantas por tratamiento y repetición. Cuarenta y cinco días después del crecimiento se cortaron cinco hojas por planta. Se tomaron peso fresco de las hojas. Posteriormente, las hojas se colocaron en un cuarto de secado, sobre una mesa, a una temperatura alrededor de 20 a 22°C. Se tomó el peso de las hojas a las 24 y 48 horas, y finalmente el peso seco constante, después de colocarlas en un horno a 70°C, durante 24 horas.

El análisis de varianza indicó diferencias altamente significativas para peso fresco y seco de vástago, contenido de humedad inicial en las hojas, humedad a las 24 y 48 horas, después secado de las hojas, lo que reveló una variabilidad considerable entre los genotipos estudiados. El peso seco de vástagos varió entre 18.8 y 26.9 g por planta, con un promedio de 23.1 g. Los genotipos Alhuey, Kino 76 y Gila produjeron más materia seca por planta. Las hojas de las variedades Noroeste-VF84, CVF36, Washington, Saffola 208, Humaya 65, Río 70 y Jerusalén CM 1136 perdieron alrededor de 98 % de

humedad a las 48 horas después de cortados. Las variedades Kino 76, Egipto CM 1239, Gila, Aceitera y Pakistán CM 799 retuvieron mayor porcentaje de humedad y mostraron resistencia a transpiración. La heredabilidad en sentido amplio varió entre 70.6 y 96.7 % para todas las características estudiadas.

**Palabras clave:** *Carthamus tinctorus*, peso seco, resistencia a transpiración, heredabilidad y correlaciones.

## **ABSTRACT**

The estimation of retained moisture in the cut leaves of a culture is a useful technique to classify the varieties according to its degree of resistance to drought. In this research 16 varieties of carthamus were assayed for its capacity of moisture retention in the cut leaves, considering the inheritability in an ample sense, and to evaluate phenotypical correlations.

One seed of each genotype was sowed in a black polyethylene bag 120 cm in length and 30 cm of diameter. An experimental design of random blocks with three replications was applied. The experimental parcel included a bag with two plants per treatment and replication. Forty five days after growth five leaves per plant were cut. The fresh weight from the leaves was recorded. Later, the leaves were placed in a drying room, on a table, to a temperature of about 20 to 22°C. the leaves weight was recorded after 24 and 48 hours, and finally the constant dry weight, after placing them in a furnace to 70°C, for 24 hours.

The variance analysis showed highly significant differences for fresh and dry sprout weight, initial moisture content in the leaves, humidity after 24 and 48 hours, after drying of the leaves, revealing a considerable variability between the studied genotypes. The dry weight of the sprouts varied between 18,8 and 26,9 g per plant, with an average of 23,1 g. Genotypes Alhuey, Kino 76 and Gila produced more dry matter per plant. The leaves of the varieties Noroeste-VF84, CVF36, Washington, Saffola 208, Humaya 65, 70 River and Jerusalem CM 1136 lost around 98 % of moisture after 48 hours after cut. The varieties Kino 76, Egypt CM 1239, Gila, Aceitera and Pakistan CM 799 retained a greater percentage of moisture and showed resistance to transpiration. The heritability in an ample sense varied between 70,6 and 96,7 % for all the studied traits.

**Key words:** *Carthamus tinctorus*, dry weight, resistance to transpiration,

## INTRODUCCIÓN

Para desarrollar variedades con alto rendimiento bajo condiciones de temporal, el fitomejorador necesita conocimientos precisos sobre distribución de precipitación, temperaturas, conservación de agua y suelo, variabilidad de los recursos genéticos con respecto a sequía, características de planta que contribuyen a resistencia a sequía, mejoramiento genético de los cultivos, un paquete tecnológico para cada cultivo bajo temporal (Kuruvadi, 1988).

En la literatura se citan diversas técnicas para identificar variedades resistentes a sequía, entre las que se encuentran la de humedad retenida en las hojas cortadas. Kuruvadi

(1988) indicó algunos métodos para clasificar variedades por su grado de resistencia a sequía, a saber: evaluación del rendimiento de genotipos en campo, bajo temporal; medición de la tasa de fotosíntesis, densidad, tamaño y comportamiento de los estomas, del agua retenida en las hojas cortadas y de su temperatura; potencial hídrico en los tejidos de la planta, porcentaje de germinación de las semillas en diferentes presiones osmóticas en manitol; evaluación por contenido de proteína, betaína, ácido abscísico, agua fisiológica, proteínas, azúcares y actividad de enzimas; estudio del potencial y modelo del crecimiento del sistema radicular, presencia de cutina, pubescencia, enrollamiento de las hojas, área foliar y factor de recuperación, después de que las plantas están sin riego en diferentes etapas.

Specht y Williams (1978) consideran que las técnicas desarrolladas por los fisiólogos para la identificación y selección de genotipos de soya tolerantes a sequía y calor, tienen poca utilidad para los fitomejoradores, debido al reducido número de genotipos que se pueden evaluar las técnicas descritas, Ellos piensan que el verdadero reto es desarrollar métodos empíricos que complementen los de los fisiólogos, de manera que permitan al fitomejorador aplicar la presión necesaria de selección, para identificar genotipos tolerantes y susceptibles.

Varios investigadores (Salim *et al.*, 1969; Dedio, 1975; Kirkham *et al.*, 1980; Clarke y Townley Smith, 1986 y Kuruvadi, 1988) coincidieron en que los resultados obtenidos al medir el agua retenida en hojas cortadas, es una excelente, consistente y rápida técnica para estimar resistencia a sequía. Sin embargo, debe tenerse precaución con la humedad relativa en el ambiente de prueba.

En esta investigación se utilizaron 16 variedades de cártamo con el objetivo de

estudiar la variabilidad para la capacidad de retención de agua en hojas cortadas, estimar la heredabilidad en sentido amplio y correlaciones fenotípicas de diferentes características agronómicas.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

Este experimento fue realizado en los laboratorios e invernaderos de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila, México, durante febrero a mayo de 1990.

En este estudio se seleccionaron 16 variedades de cártamo con una amplia base de genética para diferentes características agronómicas. Los recursos genéticos se constituyeron por variedades de diferentes países tal como: México, Estados Unidos, Israel, Pakistán y Egipto. Los genotipos que se evaluaron fueron: Kino 76, Alhuey, Noreste VF84, CVF 36, N 4055, Washington, Egipto CM-1239, Humaya, Río 70, Aceitera, Saffire, Jerusalén CM 1136, Pakistán CM 799, además de los tres testigos siguientes: Gila, Mante 81 y Sabbola 208. Estos genotipos poseen una variabilidad considerable para diferentes características agronómicas y contienen una gran diversidad genética debido a su origen diverso.

Para estudiar humedad retenida en las hojas cortadas, se utilizaron bolsas de polietileno de color negro de 120 cm de longitud y 30 cm de diámetro. Las bolsas se llenaron con una mezcla de suelo formado por dos partes de tierra de bosque y una de arena. La mezcla se cribó y esterilizó con bromuro de metilo. El suelo se compactó dentro de

la bolsa, para simular la dureza del suelo en campo.

Se sembraron seis semillas en cada bolsa. Una vez establecidas las plántulas, se seleccionaron las dos más vigorosas para su estudio; el resto se eliminó. Se usó un diseño estadístico de bloques al azar con tres repeticiones. La parcela experimental comprendió una bolsa con dos plantas por cada tratamiento y repetición. Cuarenta y cinco días después de la siembra de cada planta individual se cortaron cinco hojas localizadas en la rama intermedia de la planta para constituir una muestra de diez hojas por genotipo y repetición. Las muestras fueron trasladadas al laboratorio donde se les tomó el peso fresco. Luego se dejaron en un cuarto de secado, sobre la mesa, a una temperatura de alrededor de 20 a 20°C. Subsecuentemente se les tomó el peso a las 24 y 48 horas después del secado, para medir, a través de transpiración, la retención o pérdida de humedad en las hojas. Posteriormente se les colocó en una estufa a 70°C durante 24 horas, hasta obtener el peso seco constante de las hojas.

Los porcentajes de agua retenida y perdida por las hojas se calcularon por diferencias del peso. Cuando más del 50% de las plantas poseían al menos una flor abierta, se les cortó el vástago al ras del suelo y se les tomó el peso fresco. Se colocó el vástago de cada tratamiento sobre charolas de aluminio y se introdujeron a una estufa con temperatura de 70°C, durante 24 horas, después del cual se les tomó el peso seco. Los promedios de las características peso fresco y seco de vástago, humedad inicial en las hojas, peso seco de las hojas y humedad retenida después de 24 y 28 horas, se utilizaron para calcular análisis de varianza, heredabilidad en sentido amplio y correlaciones fenotípicas.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Generalmente el contenido de agua en las plantas se mide como potencial hídrico con el psicrómetro de termopar o la técnica de la cámara de presión de Scholander. Dada la dificultad de medir el potencial de humedad existente en las diversas partes de la planta, el contenido relativo de agua en la hoja es un índice primario del estatus de agua en los cultivos; por lo tanto, en este estudio se utilizaron métodos indirectos para medir el contenido de humedad a través de la metodología de hojas cortadas, cuyo procedimiento es sencillo, económico, rápido y preciso (Kuruvadi, 1987).

El análisis de varianza para agua retenida en hojas cortadas de cártamo (Cuadro 1) mostró diferencias altamente significativas para peso fresco y seco de vástago, contenido de humedad inicial, humedad a las 24 y 48 horas, así como para peso seco de la hoja pues revela que existe una variabilidad considerable para retención de humedad en los recursos genéticos estudiados, y que entre los genotipos estudiados, es factible identificar variedades con capacidad de alta retención de agua,

El peso seco del vástago es un indicador de la fotosíntesis total de la planta, acumulado en diferentes partes de la planta, desde la germinación de la semilla hasta la cosecha de los genotipos, y en este caso hasta la floración. Es decir, que el peso seco del vástago es el rendimiento de la planta en ausencia de cosecha económica. La variación para peso seco de vástago varió entre 18.8 a 26.9 g por planta, con un promedio de 23.1 g. La variedad Alhuey manifestó máximo rendimiento de peso seco de vástago con 26.9 g, le siguieron la Kino 76 (26.8 g) y la Gila (25.3 g); estas variedades fueron sobresalientes, en comparación con los genotipos restantes.

**Cuadro 1. Análisis de varianza para humedad retenida en las hojas cortadas y otras características en cártamo.**

Fuente de variación	Grados de libertad	Peso fresco de vástago	Peso seco de vástago	Humedad inicial en hojas	Peso seco de la hoja	Humedad retenida en las hojas	
						24h	48h
Bloques	2	11.928	3.600	0.054	0.001	0.010	0.000003
Tratamiento	15	90.999**	15.574**	0.308**	0.044**	0.044**	0.001**
Error	30	16.221	6.929	0.051	0.013	0.013	0.00013

**Cuadro 2. Porcentaje de humedad retenida en las hojas cortadas y otras características en cártamo.**

Genotipo	Peso fresco de vástago	Peso seco de vástago	Humedad inicial en hojas	Peso seco de la hoja	Humedad retenida en las hojas (%)	
	(g)	(g)	(g)	(g)	24h	48h
Kino 76	68.2	26.8	0.57	0.35	13.6	5.3
Gila	53.9	25.3	0.70	0.44	19.6	6.1
Alhuey	68.1	26.9	0.87	0.29	9.5	3.5
Noroeste VF84	54.5	18.9	0.92	0.26	5.8	1.8
Mante 81	64.4	22.4	0.98	0.38	24.8	6.4
CVF 36	54.2	22.5	0.62	0.20	15.6	4.4
N4055 (14-21)	63.8	24.3	0.83	0.36	10.0	3.3
Washington	61.6	23.1	0.59	0.33	9.0	2.9
Egipto CM1239	53.8	23.5	1.08	0.44	28.4	6.5
Saffola 208	62.6	22.5	1.02	0.38	17.9	2.9
Humaya 65	62.2	21.1	0.74	0.32	6.7	4.0
Río 70	60.7	24.4	1.10	0.43	17.5	2.7
Aceitera	54.9	22.4	0.75	0.37	11.6	3.6
Saffire	53.9	18.8	0.81	0.33	11.2	2.1
Jerusalem cm 1136	64.5	23.0	1.92	0.51	26.7	1.9
Pakistán cm 799	67.4	23.3	0.81	0.31	16.9	4.1

Los porcentajes de humedad retenida en hojas cortadas en diferentes períodos de tiempo, se presentan en el cuadro 2. El contenido de humedad inicial fluctuó entre 0.57 y 1.92 g, y en este rubro, las variedades más sobresalientes fueron: Jerusalén CM 1136 (1,92 g), Río 70 (1.1 g), Egipto CM 1239 (1.08 g) y Saffola 208 (1.02 g). Estas cuatro variedades mostraron los niveles más altos de humedad en comparación con el resto. Después de 24 horas del corte, los materiales que más perdieron agua fueron: Noroeste-VF84, Alhuey, Humaya-65 y Washington con un desperdicio que osciló entre el 91 y 94.2% del contenido inicial de humedad. Mientras que los genotipos más sobresalientes respecto a la retención de humedad a las 24 horas después del corte fueron: Egipto CM 1239 (28.4%), Jerusalén CM 1136 (26.7%), Mante 81 (24.8%) y Gila (19.6%).

Un examen del agua retenida en las hojas después de 48 horas reveló que los genotipos Egipto CM 1239, Gila, Aceitera y Pakistán CM 799, pierden humedad lentamente, en comparación con los restantes materiales estudiados. Estos recursos genéticos poseen algunos mecanismos en los tejidos del mesófilo de las hojas, que les permiten retener una mayor cantidad de humedad. Las variedades Noroeste-VF84, CVF-36, Washington, Saffola-208, Humaya-65, Río-70 y Jerusalén CM 1136 perdieron más humedad; alrededor del 95% del contenido inicial.

Las variedades Kino-76 y Egipto CM-1239 fueron clasificadas como resistentes a la tasa de transpiración, mientras que Gila, Aceitera y Pakistán CM-799 y CVF-36 se consideraron moderadamente resistentes. Estas variedades con poca transpiración pueden evitar o posponer los efectos de sequía. Kuruvadi (1987) explica que la resistencia de algunas variedades a la tasa de transpiración se debe a las características y comportamiento

de los estomas y, probablemente, estas variedades cerraron sus ostiolas, por lo que perdieron poca humedad, mientras que las restantes perdieron mayor cantidad de humedad y no demostraron resistencia a la transpiración, porque los estomas estuvieron abiertos durante intervalos más largos que las variedades resistentes.

Generalmente, la retención de humedad en las hojas depende de la constitución genética del genotipo, tamaño de la hoja, comportamiento de los tejidos de la hoja, características del protoplasma, pared celular, epidermis de la hoja, temperatura, humedad y luz ambientales, y de las características de absorción de agua del sistema radical, así como de la humedad disponible en el suelo (Kirkham *et al.*, 1980 y Clarke y Townley-Smith, 1986).

Kuruvadi *et al.* (1987) evaluaron 20 genotipos de frijol para estudiar la capacidad de retención de agua en hojas cortadas, y se identificaron seis variedades: Navidad 1165, Agramejo, Ciateño, LEF-3-RB, Pinto Americano y Azabache, que retuvieron mayor cantidad de agua.

Kirkham *et al.* (1980) estudiaron la retención de agua en las hojas cortadas de trigo y encontraron una relación directa entre el área foliar y la pérdida de agua en las hojas cortadas. Demostraron que los genotipos con hojas grandes perdieron más humedad que aquéllos con hojas pequeñas. Dedio (1975) reportó que las hojas cortadas de la variedad Pelissier fueron capaces de retener más agua, en comparación con seis cultivares de trigo, de tres semanas de edad. Pelissier y Pitic 62, fueron significativamente mejores, en cuanto a retención de agua, que las variedades Koga, Glenlea y Mamitow. Asimismo, el estudio de herencia del carácter retención de humedad en la cruce Pitic 62 X ACEF 125 y su población

de F1 y F2 reportó que la retención de agua es simplemente heredada, y la heredabilidad de retención de humedad fue condicionada por genes dominantes.

Existen numerosos métodos indirectos para caracterizar el contenido de humedad en las hojas, tales como: cambio de color de la hoja y síntomas de marchitez, enrollamiento, temperatura y grosor de las hojas, tasa fotosintética y permeabilidad de la hoja y contenido de humedad en las hojas cortadas (Blum, 1979, Kirkham *et al.*, 1980, Turner, 1986, y Clarke y Townley-Smith, 1986). El enrollamiento de la hoja es una metodología rápida, no destructiva y muy precisa para estimar el potencial hídrico, pero puede variar con el grado de ajuste osmótico (Turner, 1986). El enrollamiento de la hoja se correlacionó con el estatus de agua de la hoja en plantas monocotiledóneas (Beggs, 1980) y en tabaco (Turner, 1979), pero su utilidad como una técnica todavía no se ha aprobado.

Los parámetros genéticos para agua retenida en hojas cortadas se presentan en el cuadro 3. La heredabilidad en sentido amplio, manifestó valores muy altos de 96.67, 94.64, 83.45 y 70.55 % para las variables: humedad retenida a las 48 h, peso seco de la hoja, humedad inicial y humedad retenida a las 24 h después del corte de las hojas, respectivamente. Estos resultados señalan que la selección para retención de humedad es muy efectiva en un programa de mejoramiento para resistencia a sequía en cártamo.

Clarke y Townley-Smith (1986) estimaron la heredabilidad de la capacidad de retención de humedad de hojas cortadas y su relación con rendimiento en ocho cruza de trigo duro (*Triticum turgidum* L. var. *durum*). La heredabilidad del contenido inicial de agua tuvo un rango de 8 a 61 % para  $F_4/F_6$  y de 15 a 41 % en  $F_6/F_8$ , mientras que para agua retenida osciló entre 11 y 49 % en  $F_4/F_6$  y de 10 a 38 % para  $F_6/F_8$ ; en dos de las cruza

la correlación de rendimiento con agua retenida, fue negativa en ambientes de bajo estrés de agua, pero positiva en los casos de alto estrés. En general, la capacidad de retención tuvo una tendencia positiva o neutral en su relación con rendimiento a pesar de los ambientes.

**Cuadro 3. Parámetros genéticos para agua retenida en hojas cortadas de cartamo después de diferentes períodos de tiempo.**

Características	Varianza error	Varianza genotípica	Varianza fenotípica	Heredabilidad amplia (%)
Humedad inicial	0.051	0.086	0.103	83.45
Humedad después de 24 horas	0.013	0.010	0.015	70.55
Humedad después de 48 horas	0.0001	0.0003	0.0003	96.67
Peso seco de la hoja	0.001	0.005	0.006	94.64

En este estudio se detectaron correlaciones positivas y significativas de peso fresco de vástago, con peso seco de vástago ( $r=0.6$ ) de la planta. Esto demuestra que al aumentar la producción de peso fresco de vástago, también se incrementa en el peso seco de vástago. En las hojas cortadas después de 24 y 48 horas, no se encontraron correlaciones entre humedad retenida con otras características.

## CONCLUSIONES

- Existe variabilidad considerable para peso fresco y seco de vástago, contenido de humedad inicial, humedad a las 24 y 48 h después del corte de las hojas.
- Los genotipos Kino 76, Egipto CM1239, Gila, Aceitera, CVF-36 y Pakistán CM799 retuvieron mayor porcentaje de humedad y mostraron resistencia a transpiración.
- La heredabilidad, en sentido amplio, varió entre 70.6 y 96.7% para todas las características estudiadas.

## LITERATURA CITADA

- Beggs, J. E. 1980. Adaptation of plants to water and high temperature stress. In. N.C. Turner and P.J. Kramer. Eds. Wiley, New York. pp 33-42.
- Blum, A. 1979. Genetic improvement of drought resistance in crop plants. A case for sorghum. Stress Physiology in crop plants. In: Harry Musell. De. John Wiley, New York. pp 429-445.
- Clarke, J. M. and T. F. Townly-Smith. 1986. Heritability and relationship to yield of excised leaf water retention in durum wheat. *Crop Sci.* 25: 289-292.
- Dedio, w. 1975. Water relations in wheat leaves as screening tests for drought resistance. *Can. J. Plant Sci.* 55: 369-378.
- Kirkham, M. B., E. L. Smith, C. Dhanasobhon, and T. I. Drake. 1980. Resistance to water loss

- of winter wheat flag leaves. *Cereal Research Communication*. 8(2): 393-399.
- Kuruvadi, S. 1987. Retención de agua en hojas cortadas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.)  
Folleto de Divulgación 1(2): 1-10.
- Kuruvadi, S. 1988. Características de planta que contribuyen a la mejor adaptación de los  
cultivos a regiones semidesérticas. Folleto de Divulgación. 11 (4): 1-17.
- Salim, M. H., G. W. Todd and C.A. Stutte. 1969. Evaluation of techniques for measuring  
drought avoidance in cereal seedlings. *Agron. J.* 1: 182-185.
- Specht, J. E. and J. H. Williams. 1978. Testing soybean for heat and drought tolerance. Eight  
Soybean Seed Research Conference. pp. 17-31.
- Turner, N.C. 1979. Drought resistance and adaptation to water deficits in crop plants. stress  
physiology in crop plants. In: Harry Mussell. De. John Wiley. New York. pp. 344-  
372.
- Turner, N.C. 1986. Crop water deficits: a decade of progress. *Adv. in Agron.* 39: 1-48.