

RELACIÓN ENTRE RENDIMIENTO Y SUS COMPONENTES EN CÁRTAMO BAJO TEMPORAL

Sathyanarayanaiah Kuruvadi¹
Alberto Madueño Molina²

RÉSUMEN

La variabilidad para rendimiento y sus componentes fue evaluada en 18 genotipos de cártamo bajo condiciones de temporal, en el Campo Experimental de la Facultad de Agricultura y Zootecnia de la Universidad Juárez de Durango, de Venecia, Durango, bajo un diseño estadístico de bloques al azar, con dos repeticiones, con el objetivo de identificar variedades y líneas de alto rendimiento, y sobresalientes en la manifestación de diversos caracteres agronómicos.

Los análisis de varianza indicaron diferencias significativas entre tratamientos para todas las variables incluídas, tales como: rendimiento, peso de 100 semillas, semillas por capítulo, capítulos por planta, ramas por planta y días a floración. Se identificaron las líneas N-4055(14-21) y N-4055(14-21)2 con los más altos rendimientos y más sobresalientes en los caracteres, ramas por planta, capítulos por planta y semillas por capítulo; POI-5-66-5-1 y R() CL(D) produjeron mayor peso de 100 semillas. Las variedades Noroeste-VF84, N-4055(14-21), R() CL(D) y Washington se identificaron como precoces.

Los valores de heredabilidad en sentido amplio para rendimiento y sus componentes fueron muy altos. El rendimiento se correlacionó positiva y significativamente con capítulos por planta, semillas por capítulo y ramas por planta, lo que reveló que es posible seleccionar en forma indirecta y visualmente en el campo materiales superiores para este carácter.

INTRODUCCIÓN

El cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) es la especie oleaginosa más importante en México, donde ocupa el quinto lugar de la superficie sembrada, que es de aproximadamente 400,000 hectáreas, y contribuye con el 30% de los aceites vegetales que se consumen anualmente en el país.

1 Ph. D. Maestro-Investigador Depto. de Fitomejoramiento Div. Agronomía, UAAAN.

2. Tesista M.C.

Esta especie posee una amplia adaptación y rusticidad, con rendimientos muy estables en diferentes ambientes bajo temporal. En el país existen grandes zonas con características geográficas y climáticas apropiadas para su cultivo; sin embargo, estas áreas están sujetas con frecuencia a estrés de agua provocada por una insuficiente humedad del suelo durante periodos cortos o largos a causa de las escasas y erráticas precipitaciones que se presentan durante el establecimiento y desarrollo de cultivos.

La sequía es uno de los factores más limitantes en la producción y calidad de los cultivos, por lo que las investigaciones para zonas áridas deberán estar dirigidas hacia la optimización y ahorro en el consumo del agua y conservación del suelo (Kozolwski, 1968).

Para formar variedades con alto rendimiento bajo condiciones de temporal, el fitomejorador necesita información precisa sobre: distribución de lluvias, temperatura, tasa de evapotranspiración, variabilidad de los recursos genéticos y control genético de los caracteres (Kuruvadi, 1988).

El estudio sobre variabilidad para diferentes características cuantitativas en las líneas del banco de germoplasma de cártamo, es muy importante para identificar genotipos sobresalientes para cada rasgo. En esta investigación se evaluaron 18 variedades y líneas, con el objetivo de estudiar relación entre rendimiento y sus componentes, y estimar parámetros genéticos y correlaciones fenotípicas.

REVISIÓN DE LITERATURA

Blum (1979), sugirió tres diferentes metodologías para desarrollar variedades con alto rendimiento de semilla bajo sequía, a saber: identificar variedades sobresalientes bajo condiciones de riego restringido y utilizarlas bajo temporal; seleccionar variedades superiores directamente bajo condiciones de riguroso temporal para su uso ahí mismo; y seleccionar variedades incorporando características fisiológicas de resistencia a sequía.

Otoole y Chang (1979), establecieron que es necesario cribar una gran cantidad de líneas del banco de germoplasma en el campo, laboratorio e invernaderos, con diferentes criterios para identificar variedades resistentes a sequía.

Makne *et al.* (1979), evaluaron 71 líneas de cártamo y encontraron bajo coeficiente de variabilidad genotípica. La heredabilidad estimada fue alta para peso de 1000 semillas, altura de planta y número de semillas por capítulo.

Thombre y Joshi (1981), señalaron que el estudio de correlaciones genotípicas reveló que en cártamo, ramas por planta, días a primera flor y semillas por capítulo, mostraron una alta, positiva y significativa correlación con el ren-

dimiento por planta. El análisis de coeficientes de senderos indicó que el número de semillas por capítulo es el principal carácter que contribuye al rendimiento; el número de ramas por planta incrementa el rendimiento de semilla a través del número de semillas por capítulo.

Nair *et al.* (1983), indican que la variabilidad genética es un prerequisite esencial para realizar una selección efectiva. La variabilidad de un carácter es debida a la acción acumulativa de factores hereditarios, ambientales y de interacción genético- ambiental.

MATERIALES Y MÉTODOS

Esta investigación se desarrolló en el Campo Experimental de la Facultad de Agricultura y Zootecnia de la Universidad Juárez de Durango, localizado en el ejido de Venecia, Durango, durante el período comprendido de marzo a agosto de 1989.

Se incluyeron 18 variedades y líneas de cártamo, con una amplia base de variabilidad genética para diferentes características agronómicas bajo condiciones de temporal (Cuadro 1).

Cuadro 1. Genealogía de los recursos genéticos evaluados bajo condiciones de temporal.

Número	Nombre	Procedencia
1	N-4055(14-21)2	INIFAP (CEFAP, Ebano, S.L.P.)
2	CS-9-1-55	INIFAP (CEFAP, Ebano, S.L.P.)
3	N-4055(14-21)1	INIFAP (CEFAP, Ebano, S.L.P.)
4	R () CL (D)	INIFAP (CEFAP, Ebano, S.L.P.)
5	CS-15-2-58-51-1	INIFAP (CEFAP, Ebano, S.L.P.)
6	POI-5-66-5-1	INIFAP (CEFAP, Ebano, S.L.P.)
7	CM-802	INIFAP (CEFAP, Ebano, S.L.P.)
8	Kino-76(RCH)/18VF75	INIFAP (CEFAP, Ebano, S.L.P.)
9	Kino-76	UAAAN Programa de Oleaginosas
10	Gila	UAAAN Programa de Oleaginosas
11	Alhuey	UAAAN Programa de Oleaginosas
12	Noroeste-VF84	UAAAN Programa de Oleaginosas
13	Mante-81	UAAAN Programa de Oleaginosas
14	CVF-36	UAAAN Programa de Oleaginosas
15	N-4055(14-21)	UAAAN Programa de Oleaginosas
16	Washington	UAAAN Programa de Oleaginosas
17	Egipto-CM-1239	UAAAN Programa de Oleaginosas
18	Saffola-208	UAAAN Programa de Oleaginosas

El suelo donde se estableció el experimento es de textura arcillosa fina, y la preparación del terreno comprendió las labores de barbecho, rastreo y cruza. El surcado se efectuó a 80 cm de separación; la siembra se realizó en forma manual con una separación entre plantas dentro del surco de 10 cm y la parcela experimental para cada tratamiento (genotipo) la formó un surco de 3 m de longitud, utilizando un diseño de bloques al azar con dos repeticiones. Se aplicó una fertilización de 60-30-00 de NPK, respectivamente, toda al momento de la siembra. Debido a la ausencia de lluvias se dio un riego de presiembra y un riego ligero a los 60 días después de la siembra, cuando las plantas mostraban síntomas de marchitez temporal debido a la escasez extrema de lluvias.

Se etiquetaron cinco plantas individuales al azar con competencia completa de cada genotipo por repetición, para tomar las siguientes mediciones: rendimiento por planta en gramos, peso de 100 semillas, número de semillas por capítulo, capítulos por planta, ramas por planta y días a floración. Los promedios de estas características se utilizaron para realizar el análisis de varianza y calcular los parámetros genéticos y correlaciones fenotípicas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de varianza (Cuadro 2) mostró diferencias estadísticas altamente significativas entre tratamientos para rendimiento y sus componentes, revelando una amplia variabilidad; por lo tanto, estos recursos son muy útiles en el mejoramiento genético de cártamo para desarrollar materiales sobresalientes para su cultivo bajo temporal. El coeficiente de variación osciló entre 2.18 y 10.98%, lo que indicó que la conducción del experimento y los resultados obtenidos son confiables.

Cuadro 2. Análisis de varianza para diferentes características agronómicas en cártamo bajo temporal.

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrados Medios					
		Rendimiento por planta	Peso 100 semillas	Semillas por capítulo	Capítulos por planta	Ramas por planta	Días a floración
Bloques	1	2.260	0.007	2.300	5.760	3.361	0.444
Tratamientos	17	223.126**	0.318**	95.703**	225.283**	11.857**	48.366**
Error	17	1.449	0.009	1.070	0.998	0.603	2.856
C.V. (%)		10.98	2.91	6.61	5.63	9.52	2.16

** Significancia al 1%
C.V. Coeficiente de Variación

Los promedios para las diferentes características estudiadas se muestran en el Cuadro 3. El cártamo se cultiva en México, básicamente para la extracción de aceite, cuya producción potencial depende del rendimiento y el porcentaje de éste, contenido en la semilla. Baker y Wilson (1981), indicaron que los componentes del rendimiento actúan en forma de una serie de eventos secuenciales que involucran varios procesos metabólicos y actividades de desarrollo; por lo tanto, el efecto de estrés debido a factores ambientales sobre el rendimiento final puede variar, dependiendo del estado de crecimiento en el cual ocurre.

En este estudio el rendimiento de semilla por planta varió de 0.80 a 36.10 g, con un promedio de 10.96 g. Las líneas N-4055 (14-21) y N-4055(14-21) 2 produjeron el máximo rendimiento con 36.10 y 34.71 g por planta respectivamente, y fueron estadísticamente iguales. Bajo este criterio, ambas líneas fueron clasificadas como resistentes a sequía, puesto que durante el desarrollo del cultivo prevaleció un fuerte estrés de humedad. Aunque todos los genotipos fueron probados en el mismo ambiente de sequía, sólo las dos líneas anteriormente citadas poseen capacidad para aprovechar eficazmente mayor cantidad de humedad del suelo, luz y bióxido de carbono del ambiente, así como de manufacturar más fotosintatos y transformarlos en rendimiento económico. Por lo tanto, estas líneas poseen una verdadera resistencia a sequía, lo que aconseja incrementar su semilla para evaluarlos en diferentes localidades en condiciones de temporal, para observar su grado de interacción genotipo-ambiente, y en ensayos avanzados para la formación de variedades sobresalientes.

Kuruvadi (1988), señaló que la producción potencial económica de las plantas cultivadas bajo temporal es el mejor método para clasificar los genotipos por su grado de resistencia y susceptibilidad a sequía.

El número de capítulos por planta varió entre 4.2 (Mante-81) y 37.90 N-4055(14-21), con un promedio de 17.7. Las líneas N- 4055(14-21) y N-4055(14-21)2 produjeron el máximo número de capítulos con 37.90 y 35.5, respectivamente. Estas mismas líneas fueron superiores en la manifestación del carácter semillas por capítulo, con una producción de 30.85 y 27.15 semillas por capítulo respectivamente; este carácter fluctuó entre 5.45 y 30.85, con un promedio de 15.65. Peso de 100 semillas es otro componente de rendimiento, por lo que participa en la producción total del genotipo; en este estudio varió entre 2.56 y 4.18 g con un promedio de 2.38 g; las líneas POI-5-66-5-1 y R()CL(D) produjeron 4.18 y 3.91 g y fueron estadísticamente iguales.

La selección para número de capítulos por planta, semillas por capítulo y peso de 100 semillas, en forma individual o conjunta pueden aumentar los rendimientos en los genotipos.

No se encontraron variedades que simultáneamente mostraran valores altos para todos los componentes del rendimiento, ya que a lo largo del estudio

Cuadro 3. Promedios para diferentes características agronómicas de cártamo bajo temporal.

Genotipos	Rendimiento planta (g)	Peso de 100 semi- llas (g)	Semillas por capítulo	Capítulos por planta	Ramas por planta	Días a flora- ción.
N-4055(14-21)2	34.71	3.17	30.85	35.50	11.10	77.00
CS-9-1-55	17.70	3.59	19.20	25.70	9.20	83.50
N-4055(14-21)1	17.76	3.54	18.35	27.40	10.00	79.50
R() CL (D)	14.85	3.91	18.60	20.40	7.30	72.00
CS-15-2-58-51-1	16.95	3.08	22.20	24.80	7.50	85.00
POI-5-66-5-1	6.84	4.18	10.35	15.80	10.40	75.00
CM-802	11.81	3.28	11.85	30.40	11.40	83.50
Kino-76(RCH)/						
18VF75	5.29	3.19	11.90	13.90	9.40	82.50
Kino-76	4.49	2.89	13.65	11.40	6.80	79.00
Gila	4.95	3.43	20.35	7.10	6.50	75.50
Alhuey	5.49	2.93	13.30	14.10	11.10	83.50
Noroeste-VF84	2.64	3.29	9.65	8.30	5.80	69.00
Mante-81	1.02	3.30	7.30	4.20	3.90	82.00
CVF-36	1.70	3.48	7.15	6.80	5.80	81.00
N-4055(14-21)	36.10	3.51	27.15	37.90	11.30	71.50
Washington	0.80	2.56	5.45	5.70	4.50	72.50
Egipto-CM-1239	4.51	2.84	18.55	8.60	6.30	81.50
Saffola-208	9.75	2.87	15.90	21.40	8.60	75.50
Media General	10.96	3.28	15.65	17.74	8.16	78.28
Tukey (0.05)	4.8	0.4	4.2	4.0	3.1	6.8

se observaron distribuidos en diferentes cultivares. Las líneas N-4055(14-21) y N-4055(14-21)2 manifestaron los mejores resultados para capítulos por planta y semillas por capítulo, mientras que para peso de 100 semillas mostraron valores relativamente bajos, por lo que clasificaron como superiores y se recomiendan como progenitores para futuros programas de hibridación, con el objeto de obtener recombinaciones superiores en la progenie.

Ramachandrun y Goud (1982), señalaron que basados en las interrelaciones de los componentes principales de rendimiento de semilla, una planta con pocos, pero más grandes capítulos, teniendo un máximo número de semillas de tamaño pequeño, es considerada como la mejor en mejoramiento simultáneo para rendimiento de semilla y contenido de aceite.

Conway (1981), concluyó que la selección de los progenitores para diversidad de componentes del rendimiento genera variación genética para esos caracteres, sin que necesariamente se incremente el rendimiento final.

El número de ramas por planta participa indirectamente en el rendimiento final a través de mayor número de capítulos, según Ahmed *et al.*, (1987). En este estudio los materiales CM-802, N- 4055(14-21), Alhuey y N-4055(14-21)2 manifestaron los valores más altos con 11.3, 11.3, 11.1 y 11.1 ramas por planta respectivamente, en comparación de las restantes líneas. Los resultados de esta investigación indican, en forma general, que los genotipos con mayor producción de ramas produjeron más número de capítulos. Se encontró una variación apreciable para días a floración, carácter que fluctuó de 69 a 85 días, con una media de 78 días; los genotipos Noroeste-VF84, N-4055(14-21), R()CL(D) y Washington, fueron los más precoces y produjeron floración entre 69 y 72.5 días. La línea N-4055(14-21) requirió sólo de 71.5 días para llegar a floración, y produjo el más alto rendimiento de grano por planta individual, por lo que mostró poseer un mecanismo de escape a sequía, y se recomienda para su cultivo bajo condiciones de temporal, en rotaciones y cultivos asociados.

Los parámetros genéticos para las diferentes características agronómicas en cártamo cultivado en condiciones de temporal, se presentan en el Cuadro 4. La heredabilidad, en sentido amplio, fluctuó entre 94.09 y 99.35% para las diferentes variables estudiadas. Estos valores son considerados como muy altos; por lo tanto, es muy efectivo un programa de selección, tanto en generaciones tempranas como tardías.

Makne *et al.* (1979) encontraron valores altos de heredabilidad para peso de mil semillas, altura de planta y número de semillas por capítulo. Johnson y Frey (1967) mencionan que heredabilidades cercanas al 100%, indican que el fenotipo es un buen indicador del genotipo y que la selección y ganancia genética pueden realizarse fácilmente.

En el presente estudio se encontraron asociaciones positivas y altamente significativas (Cuadro 5) de rendimiento, con las características semillas por

Cuadro 4. Parámetros genéticos para diferentes características agronómicas de cártamo bajo temporal.

Característica	Varianza error	Varianza genotípica	Varianza fenotípica	Heredabilidad amplia(%)
Rendimiento	1.45	110.84	111.57	99.35
Peso de 100 semillas	0.01	0.15	0.16	93.75
Semillas por capítulo	1.07	47.32	47.86	98.87
Capítulos por planta	1.00	112.14	112.64	99.56
Ramas por planta		0.60	5.63	5.93 94.94
Días a floración	2.86	22.76	24.19	94.09

Cuadro 5. Correlaciones fenotípicas entre las diferentes características de cártamo evaluadas bajo temporal.

	Peso de 100 semillas	Semillas por capítulo	Capítulos por planta	Ramas por planta	Días a floración
Rendimiento por planta	0.239	0.867**	0.922**	0.647**	-0.122
Peso de 100 semillas	--	0.112	0.241	0.281	-0.187
Semillas por capítulo	--	--	0.735**	0.502*	-0.045
Capítulos por planta	--	--	--	0.798**	0.027
Ramas por planta	--	--	--	--	0.152

capítulo ($r=0.867^{**}$), capítulos por planta ($r=0.922^{**}$) y ramas por planta ($r=0.647^{**}$), lo cual muestra que es efectivo seleccionar para rendimiento en forma indirecta, a través de cualquiera de esos rasgos. Otras relaciones positivas y significativas se identificaron entre semillas por capítulo con capítulos por planta ($r=0.735^{**}$) y ramas por planta ($r=0.502^{*}$), así como entre capítulos por planta con ramas por planta ($r=0.798^{**}$). No se detectaron asociaciones significativas para días a floración con las demás características estudiadas.

CONCLUSIONES

1. Existe una variabilidad considerable para rendimiento y sus componentes en los recursos genéticos evaluados, bajo sequía.
2. Se identificaron dos líneas altamente rendidoras. N-4055(14- 21) y N-4055(14-21)2. Estas líneas fueron también superiores en la manifestación de los componentes de rendimiento, capítulos y ramas por planta y número de semillas por capítulo. Mientras que en peso de 100 semillas, se destacaron POI-5-66-5-1 y R()CL(D).
3. Noroeste-VF84, N-4055(14-21), R()CL(D) y Washington fueron clasificados como precoces.
4. El rendimiento y sus componentes produjeron valores altos para heredabilidad en sentido amplio.
5. Se observaron correlaciones positivas y significativas de rendimiento de semilla con capítulos por planta, semillas por capítulo y ramas por planta.

REVISIÓN DE LITERATURA

- Ahmed, A.M., A.M. Abdel-Rahman y A. M. Hassanein. 1987. Effect of soil moisture and phenylmercuriacetate on the physiology of lupine y safflower. Biol. Plant (Prague). 29:374-383.
- Baker, I. and G.L. Wilson. 1981. Temperature influences on development of grain sorghum yield. Sorghum Newls. 24:124.
- Blum, A. 1979. Genetic improvement of drought resistance in crop plants: a case for sorghum. Stress physiology in crop plants. In: Harry Musell. New York. (Ed). John Wiley. pp. 429-445.
- Conway, M.P. 1981. Yield components as parental selection criteria in breeding for yield of barley (*Hordeum vulgare* L., emend, Lam.). Ph.D. Thesis. Univ. of Minnesota, St. Paul.

- Johnson, R. G. and K.J. Frey. 1967. Heritabilities of quantitative attributes of oats (*Avena* spp) at varying levels of environmental stresses. *Crop Sci.* 7:43-46.
- Kozłowski, T.T. 1968. In water deficit and plant growth. (T.T. Kozłowski Ed.). New York. Academic. 1:1-21.
- Kuruvadi, S. 1988. Mejoramiento de cultivos bajo condiciones de temporal. UAAAN. Saltillo, Coahuila. Folleto de Divulgación. Vol. II. No. 6.
- Makne, V.G., V.D. Patil and V.P. Chaudari. 1979. Genetic variability and character association in safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Indian J. Agric. Sci.* 49:766-768.
- Nair, P.N., M.K. George and V.N. Gopinathan. 1983. Estimation of variability and genetic parameters in chillies. *Indian Cocoa, Arecanut and Spices Journal* 7(4):115-117.
- Otoole, J.C. and T.T. Chang. 1979. Drought resistance in cereal rice: a case study. Stress physiology in crop plants. In: Harry Mussell (Ed.). New York. Published by John Wiley and Sons. Inc. pp. 373-405.
- Ramachandrum, M. and J.V. Goud. 1982. Components of seed yield in safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Genet Agrar.* 26:211-222.
- Thombre, M.V. and B.P. Joshi. 1981. Correlation and path analysis in safflower (*Carthamus tinctorius* L.) varieties. *J. Maharashtra Agric. Univ.* 6:191-193.