Rev. Fitotec. Mex. 15: 1-9. 1992

PRODUCCION DE SEMILLA DEL HIBRIDO DOBLE DE MAIZ H-137 EN RESPUESTA A LA FERTILIZACION Y DENSIDAD DE POBLACION

Alejandro Espinosa Calderón[1] y Margarita Tadeo Robledo[2]

RESUMEN

El H-137 es un híbrido doble de maíz *(Zea mays* L.) que fue liberado en 1990 por el INIFAP y que se recomienda para siembras de riego en Valles Altos (2200-2500 msnm). Para aumentar la información del paquete tecnológico que permita incrementar con seguridad la semilla de este híbrido, se evaluaron sus dos cruzas simples progenitoras (M17 x M18 y M36 x M37) en tres dosis de fertilización (160-70-30, 00-150-00 y 300-00-00) y cuatro densidades de población (45, 60, 75 y 80 mil plantas ha^{-1}) para estudiar su efecto en la productividad y en la coincidencia a floración. El experimento se desarrolló en el ciclo Primavera-Verano de 1989 en el Campo Experimental Valle de México, empleando un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones. La siembra fue el 26 de abril de 1989 bajo riego. Los resultados indicaron que no hubo diferencias estadísticas para rendimiento entre 60, 75 y 80 mil plantas ha^{-1} pero las tres densidades superaron a la de 45 mil plantas ha^{-1}. La cruza M17 x M18 superó estadísticamente en 1447 kg ha^{-1} al rendimiento total de semilla y en 2692 kg ha^{-1} al rendimiento de semilla comercial de la cruza M36 x M37, lo cual, aunado a ventajas en peso volumétrico y peso de 200 semillas, indican que la cruza simple M17 x M18 debe emplearse como progenitor hembra en la producción de semilla de este híbrido. La densidad de población que combinó alto rendimiento y buena calidad de semilla para ambos progenitores fue de 60 mil plantas ha^{-1}. Ni la densidad de población ni los niveles de fertilización modificaron la floración masculina y femenina significativamente.

[1] Experto de la Red de Tecnología de Semillas Región Centro del INIFAP. Apartado Postal No. 10, C.P. 56230, Chapingo, Méx.

[2] Profesora de Ingeniería Agrícola, FESC, UNAM. Cuautitlán Izcalli, Méx.

PALABRAS CLAVE ADICIONALES

Zea mays L., tecnología de semillas, híbridos dobles, sincronía de floración.

SUMMARY

H-137 is a double cross corn *(Zea mays L.)* commercial hybrid, that was released in 1990 by INIFAP, and is adapted to irrigated environments in Mexican Highlands (altitudes of 2200-2500 m). For a higher and faster seed production of this hybrid, and also to determine the possible effects on productivity and coincidence in flowering, the two single parental crosses (M17 x M18 and M36 x M37) were evaluated under three fertilization rates (160-70-30, 00-150-00 and 300-00-00) and four population densities (45, 60, 75 and 80 thousand plants ha^{-1}). This study was carried out during the spring-summer season of 1989 at the Valle de México Experimental Station. A complete randomized block design with three replications was used. The experiment was established on April 26. No statistical differences in grain yield were found among 60, 75 and 80 thousand plants ha^{-1}, but these three densities yielded more than 45 thousand plants ha^{-1}. The single cross M17 x M18 outyielded M36 x M37 in 1447 kg ha^{-1} for total seed and in 2692 kg ha^{-1} for commercial seed yield; in addition, M17 x M18 had higher values of the weight/volume ratio and weight of 200 seeds. Thus, it is confirmed that this cross should be used as the female in the double cross hybrid seed production plots. Results also showed that the appropriate plant population for high yield and good seed quality for both parents is 60 thousand plants ha^{-1}. Flowering was not affected by the population densities nor by the fertilization rates.

ADDITIONAL INDEX WORDS

Zea mays L., seed technology, double cross hybrid, flowering coincidence.

INTRODUCCION

El H-137 es un híbrido doble de maíz (*Zea mays* L.) que representa una buena alternativa de producción para condiciones de riego en áreas cuyas altitudes varían de 2200 a 2500 msnm, en la Mesa Central. Es unos siete días más precoz que H-129 y H-131 superando al rendimiento de este último en 11%. La liberación comercial del H-137 se retrasó varios años debido a que sus progenitores exhibían casi 18 días de diferencial de floración, lo cual dificultaba la producción de su semilla. En 1990 fue inscrito y liberado bajo el esquema (M17 x M18) x (M36 x M37) del cual ya se ha generado alguna información de tecnología de producción de semillas. Por ejemplo, la cruza así indicada tiene un diferencial de floración de 9 días (Espinosa y Tut, 1990); además, la cruza simple M17 x M18 supera en rendimiento y calidad física de semilla a M36 x M37 (Tadeo, 1991) y esa cruza simple presenta la ventaja de que opone menor resistencia mecánica al desespigamiento (Espinosa y Tut, 1990; Tadeo, 1991). En el caso de la cruza simple macho, ésta adelanta su floración al aplicarle Gapol o Ethrel (Asteinza *et al.*, 1990).

En la Red de Tecnología de Semillas del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP) se considera necesario completar el paquete tecnológico específico para producir rendimientos óptimos de semilla de este híbrido, cerrando así el ciclo que se inicia en el fitomejoramiento y termina con la disponibilidad de este insumo para su siembra por los agricultores. En este trabajo se evalúa la influencia de diferentes densidades de población y tratamientos de fertilización sobre el rendimiento, la coincidencia de floración y la calidad de semilla de las dos cruzas simples progenitoras del H-137.

REVISION DE LITERATURA

Cuando los progenitores de híbridos de maíz difieren en sus días a floración, es necesario hacer coincidir sus floraciones en siembras simultáneas; los tratamientos con fertilizantes son a veces exitosos, pero como varían según el equilibrio con otros nutrimentos, del tipo de suelo, del clima y del genotipo particular empleado, se reservan por lo general para situaciones de emergencia (Curtis, 1982). Además debe tenerse cuidado, ya que pueden provocarse desequilibrios metabólicos y de nutrición que podrían repercutir en la calidad fisiológica de la semilla que se obtiene (Tadeo, 1991).

En E.U., la densidad óptima para producción de semilla de algunos materiales es cercana a 62 000 plantas ha^{-1}, pues aunque el rendimiento aumenta con poblaciones mayores, la calidad física disminuye; sin embargo, la información específica debe obtenerse para cada progenitor. Al incrementar la población de 37 a 86 mil plantas ha^{-1} se han detectado incrementos del 48% en el rendimiento promedio de líneas y de 37% para cruzas simples (Rutger, 1971). Por otra parte, en maíz se ha señalado que la respuesta a la densidad de población depende en gran medida de los materiales genéticos, no existiendo un óptimo aplicable a todos los genotipos (Caro, 1987). Artola y Carballo (1984) evaluaron los efectos de la fertilización nitrogenada y de la densidad de plantas sobre el rendimiento y la calidad de la semilla de dos híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor*) y sus progenitores, encontrando que la respuesta de los genotipos a las prácticas culturales fue diferencial.

El máximo rendimiento de semilla por área es resultado de la interacción entre la competencia inter e intra-plantas y el rendimiento máximo para un genotipo y ambiente particulares puede ser definido por la densidad de siembra en la que la competencia intraplanta es mínima (Donald, 1963). Arancivia *et al.* (1988) señalan que la densidad de población es, entre otros factores, el de mayor importancia en la producción de semilla híbrida, pues el rendimiento, la prolificidad, el peso de 1000 semillas y el número de semillas por kilogramo son variables influenciadas por ese factor.

En la producción de semillas se tenía la tendencia a fertilizar en exceso para prevenir posibles deficiencias nutrimentales, pero los costos de producción actuales obligan a tener mayor cuidado. Además, ahora se sabe que la fertilización debe ser balanceada y que las líneas endogámicas y algunos progenitores (cruzas simples) pueden ser más vulnerables a tales deficiencias (Craig, 1977).

MATERIALES Y METODOS

El trabajo se desarrolló durante el ciclo Primavera-Verano de 1989, en terrenos del Campo Experimental Valle de México (CEVAMEX) del INIFAP, localizado en Chapingo, México, a los 19°29' latitud norte y 98°53' de longitud oeste, y a una altitud de 2240 msnm.

El material genético empleado fueron las cruzas simples (M17 x M18) y (M36 x M37), las cuales son progenitoras del híbrido doble H-137, en cuatro densidades de población: 45, 60, 75 y 80 mil plantas ha^{-1} así como tres dosis de fertilización (160-70-30, 00-150-00 y 300-00-00). Los antecedentes de fertilización del terreno donde se estableció el experimento indican que tenía excelente fertilidad. Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar con 24 tratamientos y tres repeticiones. La parcela total fue de cuatro surcos de 5 m de largo, con 0.80 m entre surcos y 0.50 m entre matas; el número de plantas por mata varió de acuerdo a la densidad de población deseada; como parcela útil se emplearon los dos centrales. La siembra se efectuó el 26 de abril de 1989. Se aplicaron 4 riegos; las dosis de fertilización se dieron aplicando todo el fósforo, el potasio y la mitad del nitrógeno en la siembra y el resto del nitrógeno en la segunda escarda. Las malezas se controlaron con Hierbamina + Gesaprim 50 (1 litro + 0.5 kg/ha) en preemergencia. La cosecha se realizó el 14 de noviembre del mismo año.

Las variables evaluadas fueron: rendimiento total de semilla (kg ha^{-1}), altura de planta y de mazorca (en cinco plantas por repetición), floración masculina y femenina por parcela al 50%, peso volumétrico (tomado con semilla al 14% de humedad, a partir de una pesada por repetición previamente homogeneizada con un aparato tipo Boerner), peso de 200 semillas (una muestra por repetición) y rendimiento de semilla comercial el cual incluye la semilla mediana y grande que posee tamaño superior a 7 y 8 mm, respectivamente, con base en los porcentajes obtenidos de una muestra de 1 kg de semilla por repetición.

RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados de los análisis de varianza se presentan en el Cuadro 1.

En promedio, la cruza simple M17 x M18 rindió 6 769 kg ha^{-1} de semilla total, valor estadísticamente mayor al de la cruza simple M36 x M37 que produjo 5 322 kg ha^{-1} (Cuadro 2); esta superioridad de M17 x M18

Cuadro 1. Valores de F calculada y significancia estadística para diversas variables en el estudio de densidades de población y dosis de fertilizantes para producción de semillas del híbrido de maíz H-137.

Variable	Genotipo (G)	Densidad (D)	G x D	Fertilización (F)	G x F	D x F	G x D x F	C. V. (%)
Rendimiento total de semilla (kg/ha^{-1})	38. 12**	3.67*	2.84*	18.54**	3.30*	0.69	0.92	16
Altura de planta (cm)	1.89	1.26	0.10	1.19	0.65	0.28	0.58	6
Altura de mazorca (cm)	3.65	1.47	0.32	1.59	0.96	0.36	1.01	6
Floración masculina	1284.5**	3.07*	0.81	0.26	O.14	0.60	0.28	1
Floración femenina	683.9**	3.67*	0.55	O.17	0.11	0.70	0.86	2
Peso volumétrico (kg/hl)	38.28**	0.25	1.67	1.56	1.10	0.83	2.17	3
Peso 200 semillas (g)	106.49**	0.54	0.17	1.12	3.22*	1.18	0.88	8
Rend. semilla grande[1]	301 .09**	0.38	0.44	4.27*	1.87	1.36	1.05	22
% semilla comercial[2]	234.11**	3.48*	4.76**	26.6**	8.06**	1.33	0.51	18

[1]: Semilla de tamaño superior a 8 mm en saranda circular; [2]: Comprende semilla mediana y grande.
*, **: Significativo al 0.05 y 0.01, respectivamente.

Cuadro 2. Comparación de medias para densidades de población y dosis de fertilización en los progenitores del maíz híbrido H-137.

Fuentes de variación	Rendimiento (kg ha^{-1})	Altura planta (cm)	Altura mazorca (cm)	Floración		Peso volumétrico (kg hl^{-1})	Peso 200 semillas (g)	Semilla comercial (kg ha^{-1})
				Masc. (días)	Fem. (días)			
Genotipo								
(M17 x M18)	6 769 a[1]	246 a	161 a	90 b	95 b	783 a	69.5 a	5 544 a
(M36 x M37)	5 322 b	241 a	165 a	102 a	106 a	747 b	57.1 b	2 852 b
Densidades (miles/ha)								
45	5 411 b	243 a	161 a	96 b	99 b	764 a	62.9 a	3 722 b
60	6 094 a	242 a	161 a	96 b	100 ab	767 a	64.5 a	4 340 a
75	6 222 a	249 a	167 a	97 a	101 a	768 a	62.4 a	4 264 a
80	6 456 a	240 a	163 a	97 a	101 a	762 a	63.5 a	4 466 a
Fertilización								
160-70-30	6 379 a	247 a	163 a	96 a	100 a	765 a	63.9 a	4 406 b
00-150-00	5 054 b	240 a	160 a	96 a	100 a	759 a	62.1 a	3 328 c
300-00-00	6 704 a	244 a	165 a	96 a	100 a	772 a	63.9 a	4 860 a

[1] Medias con la misma letra son semejantes estadísticamente al 0.05 de probabilidad.

ha sido también observada por Tadeo (1991). En cuanto a semilla comercial, la diferencia en favor de la cruza M17 x M18 (5 544 kg ha^{-1}) sobre M36 x M37 (2 852 kg ha^{-1}) fue aún mayor (Cuadro 2).

Respecto a las densidades de población, sólo la de 45 mil fue estadísticamente inferior a los de 60, 75 y 80 mil plantas ha^{-1}, entre las cuales no hubo diferencias significativas (Cuadros 2 y 4). En consecuencia, puede considerarse que 60 mil plantas ha^{-1} es un buen nivel de densidad de población, ya que además de proporcionar un buen rendimiento favorece la visibilidad para efectuar el desespigamiento (Rutger, 1971; Espinosa y Tut, 1990).

En este trabajo se manejaron tres dosis de fertilización: el testigo bien fertilizado (160-70-30) y una dosis exclusivamente con N (300-00-00), los que presentaron rendimientos de semilla comercial similares (4 406 y 4 860 kg ha^{-1}, respectivamente) pero superiores a la dosis a base de fósforo únicamente (00-150-00) que rindió 3 328 kg ha^{-1} (Cuadro 2). Es probable que el bajo rendimiento de la dosis 00-150-00 se deba a desequilibrios nutrimentales en la fertilización (Tadeo, 1991). Por otra parte, la ausencia de efectos de la fertilización nitrogenada o fosforada sobre los días a la floración masculina y femenina de ambas cruzas simples, plantean pocas perspectivas de este tipo de tratamientos para favorecer la coincidencia a floración. Además, el hecho de no haber blanqueado el terreno, probablemente confundió la respuesta y limitó el efecto del fertilizante.

Las diferentes densidades de población tampoco representan una buena alternativa para modificar la floración pues aunque hubo efectos significativos, las diferencias de 1 ó 2 días en floración masculina y femenina entre densidades (Cuadros 2 y 4), no son relevantes ya que el diferencial de floración entre los progenitores del híbrido H-137 es mucho mayor. En tales casos, deben utilizarse otras alternativas para lograr coincidencia a floración (Asteinza *et al.*, 1990).

En los Cuadros 2, 3 y 4 puede observarse que la cruza simple M36 x M37 expone sus estigmas a los 106 días y la cruza M17 x M18 alcanza el 50% de su floración masculina a los 90 días, por lo cual hay un diferencial de 16 días entre ambos progenitores; en cambio, la cruza simple M17 x M18 logra su floración femenina a los 95 días y, en promedio, M36 x M37 llega a su antesis a los 102 días, razón por la cual se presenta una asincronía de 7 días. Así se confirman los resultados de Espinosa y Tut (1990) y de Tadeo (1991).

Con respecto a las variables peso volumétrico y peso de 200 semillas, los genotipos exhibieron una respuesta diferencial, siendo estadísticamente superiores los valores obtenidos en M17 x M18 (Cuadros 2, 3 y 4). Dado que no existió diferencia entre 60 y 80 mil plantas ha^{-1} para la productividad de ambas cruzas simples, es evidente que convendría utilizar a la cruza simple M17 x M18 como hembra bajo una densidad de 60 mil plantas ha^{-1} (Espinosa y Tut, 1990; Tadeo, 1991).

En el Cuadro 3 se puede apreciar que para rendimiento total de semilla y semilla comercial, el genotipo M17 x M18 respondió bien al tratamiento fertilizante 160-70-30 y aun al 300-00-00, los cuales fueron superiores estadísticamente al tratamiento 00-150-00. En cambio, en la cruza simple M36 x M37 no hubo diferencias estadísticas entre los niveles de fertilización ni entre las densidades

Cuadro 3. Medias de variables considerando la interacción genotipos y dosis de fertilización en los progenitores del híbrido de maíz H-137.

Genotipo	Fertilización	Rendimiento (kg/ha^{-1})	Rendimiento semilla comercial (kg ha^{-1})	Altura		Floración		Peso volumétrico (kg hl^{-1})	Peso 200 semillas (g)
				Planta (cm)	Mazorca (cm)	Masculina	Femenina		
M36 x M37	160-70-30	5 700 b	3 116 b	248 a	159 a	103 a	106 a	753 a	58.4 b
M36 x M37	00-150-00	4 675 b	2 385 b	245 a	160 a	102 a	105 a	739 a	57.3 b
M36 x M37	300-00-00	5 591 b	3 056 b	244 a	163 a	102 a	106 a	750 b	55.6 b
M17 x M18	160-70-30	7 058 a	5 697 a	245 a	167 a	90 b	95 b	777 a	69.5 a
M17 x M18	00-150-00	5 433 b	4 272 b	235 a	161 a	90 b	95 b	780 a	66.8 a
M17 x M18	300-00-00	7 817 a	6 663 a	243 a	168 a	90 b	95 b	793 a	72.3 a
D.M.S.H.	(0.05)	1 642	1 232	24	15	2	3	40	8.4

Cuadro 4. Medias de variables considerando la interacción genotipos y densidad de población en los progenitores del híbrido de maíz H-137.

Genotipo	Densidad (miles pl ha^{-1})	Rendimiento total (kg/ha^{-1})	Rendimiento semilla comercial ($kg\ ha^{-1}$)	Altura		Floración		Peso volumétrico ($kg.\ hl^{-1}$)	Peso 200 semillas (g)
				Planta (cm)	Mazorca (cm)	Masculina	Femenina		
M36 x M37	45	5 233 b	2 882 b	245 a	160 a	101 a	104 a	755 a	56.4 b
M36 x M37	60	5 144 b	2 738 b	245 a	157 a	102 a	105 a	749 a	58.8 b
M36 x M37	75	5 522 b	3 004 b	250 a	165 a	102 a	106 a	750 a	55.7 b
M36 x M37	80	5 389 b	2 783 b	243 a	160 a	102 a	106 a	735 b	57.6 b
M17 x M18	45	5 589 a	4 561 b	240 a	161 a	89 b	94 b	772 a	69.5 a
M17 x M18	60	7 044 a	5 942 a	238 a	165 a	89 b	94 b	785 a	70.2 a
M17 x M18	75	6 922 a	5 524 a	248 a	168 a	90 b	96 b	786 a	69.1 a
M17 x M18	80	7 522 a	6 148 a	238 a	165 a	90 b	95 b	788a	69.4 a
D.M.S.H.	(0.05)	1 975	1 482	29	18	3	3	48	10. 1

de población empleadas, aunque se observa una tendencia similar a la respuesta de M17 x M18.

CONCLUSIONES

No se detectaron diferencias en el rendimiento total de semilla ni en el rendimiento de semilla comercial por efecto de las densidades de población de 80, 75 y 60 mil plantas ha^{-1}, pero éstas superaron a la de 45 mil plantas ha^{-1}. Ni la densidad de población, ni la fertilización nitrogenada o fosfórica modificaron la floración de los progenitores, sembrados en fecha simultánea, cuando la siembra se realizó en suelos de buena u óptima fertilidad.

La cruza simple M17 x M18 superó estadísticamente en rendimiento total de semilla y rendimiento de semilla comercial a la cruza simple M36 x M37, lo cual, aunado a ventajas en peso volumétrico y peso de 200 semillas, definen una mayor productividad y calidad física de semilla al utilizar a M17 x M18 como progenitor hembra en la producción de semilla del híbrido de maíz H-137. La densidad de población que combina alto rendimiento y calidad de semilla para ambos progenitores es de 60 mil plantas ha^{-1}.

BIBLIOGRAFIA

Arancivia G., G., S. A. Rodríguez H., R. Dávila V. y M. Estrella M. 1988. Efecto de la densidad de población sobre el rendimiento y calidad de semilla en producción de híbridos dobles de maíz (*Zea mays* L.). Resúmenes del XII Congreso de Fitogenética. UACH, Chapingo, México. p. 304.

Artola M., A. y A. Carballo C. 1984. Influencia del genotipo y las prácticas culturales en la producción de semilla híbrida de sorgo. Resúmenes del X Congreso Nacional de Fitogenética. Aguascalientes, Ags. México. p. 186.

Asteinza B., G., F. Solís M. y A. Espinosa C. 1990. Efecto de la aplicación de Gapol y Ethrel en la floración masculina híbrido de maíz para producción de semilla del H-137. Resúmenes del XIII Congreso Nacional de Fitogenética. Escuela Superior de Agricultura "Hermanos Escobar". Cd. Juárez, Chih. p. 382.

Caro V., F. J. 1987. Estudio metodológico para determinar fórmulas óptimas de producción semilla de maíz de buena calidad. Tesis de M.C. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Méx.

Craig, W. F. 1977. Production of hybrid corn seed. **In:** Corn and Corn Improvement. Sprague, G. F. (ed.). Amer Soc. Agron., Madison, Wisconsin.

Curtis D., L. 1982. Algunos aspectos de la producción de semilla *Zea mays* L, (maíz) en E.U.A. **En:** Producción Moderna de Semillas. Hebblethwaite, P.D. (ed.). Federico Stanham (trad.). Ed. Hemisferio Sur. Montevideo, Uruguay. pp. 460-480.

Donald, C. M. 1963. Competition among crop and pasture plants. Adv. Agron. 15: 1-118.

Espinosa C., A. y C. Tut y C. 1990. Tecnología de producción de semillas del híbrido de cruza doble de maíz H-137 de Valles Altos. Resúmenes del XIII Congreso Nacional de Fitogenética. Escuela Superior de Agricultura "Hermanos Escobar", Cd. Juárez, Chih. México. p. 370.

Rutger, J. N. 1971. Effect of plant density on yield of inbred lines and single crosses of maize *(Zea mays* L.). Crop Sci. 11:475-476.

Tadeo R., M. 1991. Producción de semillas en híbridos de maíz con problemas de sincronía en la floración de sus progenitores. Tesis de M. C. Colegio de Postgraduados, Montecillo, Mex.