

ELIMINACIÓN DE ESPIGA Y HOJAS EN PROGENITORES ANDROESTÉRILES Y FÉRTILES DE LOS HÍBRIDOS TRILINEALES DE MAÍZ 'H-47' Y 'H-49'

TASSEL AND LEAVES REMOVAL IN MALE STERILE AND MALE-FERTILE PARENTAL GENOTYPES OF THREE-WAY MAIZE HYBRIDS 'H-47' AND 'H-49'

Margarita Tadeo Robledo¹, Alejandro Espinosa Calderón^{2*}, Viridiana Trejo Pastor¹, Israel Arteaga Escamilla¹, Enrique Canales Islas¹, Antonio Turrent Fernández², Mauro Sierra Macías³, Roberto Valdivia Bernal⁴, Noel O. Gómez Montiel⁵, Artemio Palafox Caballero³ y Benjamín Zamudio González²

¹Facultad de Estudios Superiores-Cuautitlán, Universidad Nacional Autónoma de México. Km 2.5 carr. Cuautitlán-Teoloyucan, Apdo. Postal 25. 54700, Cuautitlán, Edo. de México. ²Campo Experimental Valle de México, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Km 13.5 carr. Los Reyes- Texcoco. 56250, Coatlinchan, Texcoco, Edo. de México. ³Campo Experimental Cotaxtla, INIFAP. Km 34.5 carr. Veracruz-Cordoba. 94270, Medellín de Bravo, Veracruz. ⁴Ciudad de la Cultura "Amado Nervo", Universidad Autónoma de Nayarit. 63155, Tepic, Nayarit. ⁵Campo Experimental Iguala, INIFAP. Km 2.5 carr. Iguala-Tuxpan. 40000, Tuxpan, Iguala de la Independencia, Guerrero.

*Autor para correspondencia (espinoale@yahoo.com.mx)

RESUMEN

Se evaluó el efecto de la eliminación de espiga y remoción de láminas de las hojas superiores de plantas, en el rendimiento de semilla, sus componentes y algunas características morfológicas de dos cruza simples progenitoras femeninas de los híbridos trilineales de maíz 'H-47' y 'H-49', ambos en versiones androestériles y fértiles, bajo dos densidades de población, en tres ambientes (localidades) de los Valles Altos de México (> 2200 msnm). En cada ambiente se estableció un experimento factorial 2 x 2 x 4 x 2 (2 genotipos, 2 tipos de fertilidad, 4 niveles de desespigamiento y 2 densidades de población) con 32 tratamientos que se distribuyeron en un diseño experimental bloques completos al azar, con tres repeticiones, y se efectuó un análisis de varianza combinado a través de ambientes. El rendimiento de semilla de la cruza simple del 'H-47' superó a la del 'H-49' ($P \leq 0.05$). Las versiones androestériles de las cruza simples presentaron rendimiento similar a las fértiles. La eliminación de una y dos hojas no afectó significativamente el rendimiento. No hubo diferencias en rendimiento de semilla entre las densidades de población.

Palabras clave: *Zea mays*, desespigue, esterilidad masculina, híbridos, producción de semilla.

SUMMARY

The effect of removing tassel and lamina of upper leaves from female parents of two single crosses of three-way maize hybrids 'H-47' and 'H-49', both in male sterile and fertile, versions, on seed yield components and some morphological traits, were tested. Experiments were setup at two plant densities in three locations of the Mexican High Valleys (> 2200 masl). In each location a 2 x 2 x 4 x 2 factorial arrangement (2 genotypes, 2 male sterile/fertile versions, 4 de-tasseling levels and 2 plant densities) was employed in a completely randomized design with four replications. A combined analysis of variance across locations was performed. The single cross 'H-47' yielded more seed ($P \leq 0.05$) than 'H-49'. The male-sterile versions of the two single crosses performed similar to the fertile one. The elimination of one or two leaves did not significantly affect seed yield. There were no differences in seed yield between the two population densities.

Index words: *Zea mays*, detasseling, male sterility, hybrids, seed production.

INTRODUCCIÓN

En México, la superficie sembrada con semilla de variedades mejoradas de maíz (*Zea mays* L.) no rebasa el 25 % y en los Valles Altos el 6 % (Espinosa *et al.*, 2008a; Luna *et al.*, 2012). El uso de semilla certificada de híbridos de maíz desarrollados por instituciones públicas de investigación, como el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), es escaso, especialmente desde el cierre de la Productora Nacional de Semillas (PRONASE) (DOF, 2007). En contraste, se reconoce que en México el uso de variedades mejoradas de maíz ha sido importante para incrementar la producción de grano. Ante la ausencia de la PRONASE, la participación de empresas privadas ha crecido significativamente pero no existe un equilibrio adecuado de abastecimiento de semillas, ya que prácticamente dos empresas multinacionales controlan más de 80 % del mercado nacional. El incremento de la producción de semilla certificada de variedades nacionales favorecería la equidad en el precio de este insumo. Actualmente en los Valles Altos de México, al menos 20 empresas distribuyen los maíces que el INIFAP ha liberado (Espinosa *et al.*, 2008a, b).

Es recomendable que las instituciones de investigación que ofrecen variedades mejoradas a las empresas nacionales productoras de semillas acompañen esa oferta con la tecnología de producción, que les permita obtener altos rendimientos de semilla en campo con buena calidad física y genética. Para el caso del maíz, se requiere conocer la respuesta del híbrido y sus progenitores a algunos factores de manejo del cultivo, como densidad de población, dosis de fertilización, época e intensidad del desespigue y de la remoción de láminas de las hojas superiores, que influyen en la producción y calidad de la semilla. En el caso de la remoción de espigas, generalmente se recomienda eliminarla

sin dañar las hojas superiores, lo que dificulta el desespigamiento; y con respecto a la remoción de espigas y hojas se han encontrado respuestas diferentes para cada genotipo (Cano *et al.*, 2001; Martínez *et al.*, 2005; Virgen *et al.*, 2010).

En la producción de semilla híbrida, el desespigamiento oportuno y adecuado es indispensable para mantener la identidad genética del híbrido. Este proceso es caro por los numerosos jornales que se requieren. Como alternativa, la utilización de la androesterilidad reduce y a veces evita esta actividad, lo que reduce el precio de la semilla. Además, en ocasiones el rendimiento de semilla de las versiones androestériles ha superado al de las androfértiles (Stamp *et al.*, 2000).

En los híbridos trilineales de maíz 'H-47' y 'H-49', generados por el INIFAP para Valles Altos, se utiliza la esterilidad masculina en las cruza simples que se emplean como progenitores femeninos para producir semilla del híbrido (Espinosa *et al.*, 2010b; Tadeo *et al.*, 2012).

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de la eliminación de la espiga y la remoción de una o dos láminas de las hojas superiores, en el rendimiento de semilla, sus componentes y algunas características morfológicas de dos cruza simples progenitoras femeninas de los híbridos trilineales de maíz 'H-47' y 'H-49', en sus versiones androestériles y fértiles, sembradas en dos densidades de población.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los experimentos se sembraron en el ciclo primavera-verano 2009 en tres ambientes: uno en el Campo Experimental de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, de la Universidad Nacional Autónoma de México (FESC, UNAM), a una altitud de 2252 m; y los otros dos (CEVAMEX 1 y 2) en fechas de siembra diferentes establecidas en el Campo Experimental Valle de México (CEVAMEX) del INIFAP, ubicado en Santa Lucía de Prías, a 2240 m de altitud.

En cada ambiente se estableció un experimento factorial 2x 2x 4x 2, resultado de la combinación de dos genotipos, dos versiones de fertilidad: androestéril/fértil, cuatro grados de desespigue, y dos densidades de población, lo que generó 32 tratamientos en cada ambiente. Los tratamientos se distribuyeron en un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones. Cada unidad experimental consistió en un surco de 5 m de largo por 0.8 m de ancho.

Los genotipos fueron las cruza simples hembra progenitoras de los híbridos 'H-47' y 'H-49', en versión fértil o androestéril, las cuales se evaluaron en dos densidades de población (55 mil y 70 mil plantas ha⁻¹) y cuatro formas de

eliminar espiga y láminas: a) Desespigue (D), que consistió en eliminar la espiga antes de la dehiscencia de las anteras; b) Eliminación de la espiga más la lámina de la hoja superior (D + 1); c) Eliminación de la espiga más las láminas de las dos hojas superiores (D + 2); y d) Testigo, sin eliminación de espigas ni hojas. La remoción de espigas y láminas fue manual y simultánea y se evitó dañar otros órganos de la planta.

En los tres ambientes la preparación del terreno consistió de un barbecho, dos pasos de rastra, cruza y surcado a 80 cm. Se empleó la fórmula de fertilización 80N-40P-00K, la cual se aplicó al surcar. Se usó urea como fuente de nitrógeno (46N-00P-00K) y como fuente de fósforo, fosfato diamónico en la FESC-UNAM, y en Santa Lucía de Prías el superfosfato de calcio triple. En FESC-UNAM se sembró el 6 de junio, y en Santa Lucía de Prías el 4 de junio (CEVAMEX 1) y el 17 del mismo mes (CEVAMEX 2) de 2009. La siembra se hizo manual, depositando tres semillas cada 50 cm. En los tres ambientes se aplicaron los riegos necesarios para evitar que las plantas sufrieran estrés hídrico. Para obtener la densidad de población de 55 mil plantas ha⁻¹, se dejaron 22 plantas por surco y 28 plantas para la densidad de 70 mil plantas ha⁻¹. La densidad de población de 55 mil plantas ha⁻¹, se utiliza en otras cruza simples para facilitar el desespigue y obtener semilla con buena calidad física (Virgen *et al.*, 2010; Cervantes *et al.*, 2013).

El control de maleza se realizó mediante dos aplicaciones de herbicida durante el ciclo; la primera en preemergencia, 1 d después de la siembra, con la mezcla de 1.0 L de Hierbamina® (2,4 D-amina) más 3.0 kg de Gesaprim® (Atrazina) por hectárea. La segunda aplicación, en la FESC-UNAM, fue 20 d después de la siembra, y en Santa Lucía de Prías, 1 d después de la segunda escarda. En los tres experimentos se aplicó la mezcla de 1.5 L de Sansón® (Nicosulfuron 4.19 %), más 1.0 L de Hierbamina® (2,4 D-amina) más 3.0 kg de Gesaprim® (Atrazina), por hectárea.

El número de días a floración masculina y femenina se registró en las versiones fértiles cuando 50 % de las plantas de cada parcela estaba liberando polen, y cuando se había expuesto la espiga en las versiones androestériles; la floración femenina se registró cuando la longitud de los estigmas era de al menos 3 cm en 50 % de las plantas de la parcela.

La cosecha se hizo el 26 de noviembre en la FESC-UNAM, y en la primera quincena de diciembre en el CEVAMEX. Se cosecharon todas las mazorcas de la unidad experimental, con más de 60 % de semillas sanas y atractivas comercialmente. En una muestra de cinco mazorcas se midió el porcentaje de humedad de la semilla con un aparato Steinlite® (Chicago, Illinois, USA), el porcentaje de grano (resultado de dividir el peso de grano entre el

peso de la mazorca, y el cociente multiplicado por 100), la longitud de mazorca, número de hileras por mazorca, granos por hilera y peso de 200 granos; esta última variable se obtuvo después de pasar el grano por un homogeneizador tipo Burrows® (Chicago, Illinois, USA).

Los valores que se emplearon en los análisis estadísticos corresponden al promedio aritmético de las cinco mazorcas. La altura de planta se midió desde el ras del suelo hasta la punta de la espiga, o bien hasta el final de la parte alta de la planta en plantas desespigadas. La altura de la mazorca se midió desde el ras del suelo hasta el nudo nudo donde se inserta la mazorca superior, en una muestra de cinco plantas; en ambos casos el dato se tomó antes de la cosecha. Finalmente se estimó el rendimiento de grano (kg ha^{-1}) a 14 % de humedad, mediante la fórmula:

$$\text{Rendimiento} = (\text{PC} \times \% \text{MS} \times \% \text{G}) \times \text{FC} / 8600$$

Donde: PC = Peso de campo del total de mazorcas cosechadas por parcela expresado en kilogramos; % MS = Porcentaje de materia seca, calculado con base en la muestra de humedad del grano de cinco mazorcas restando a 100; % G = Porcentaje de grano, obtenido como el cociente peso de grano/peso de mazorca; FC = Factor de conversión para obtener rendimiento de grano por ha^{-1} ; y 8600 = es un factor para estimar el rendimiento de grano al 14 % humedad; requerida cuando se comercializa semilla.

El análisis estadístico consideró los factores: ambientes (A), genotipos (G), versiones androestéril/fértil (AE/F), desespigue/hojas (DH), y densidades de población (DP), así como todas las interacciones. En la comparación de medias se aplicó la prueba de Tukey al 0.05 de probabilidad.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el análisis de varianza para rendimiento de semilla hubo diferencias significativas ($P \leq 0.01$) debidas a los factores genotipos y la interacción ambientes x genotipos; en cambio, no hubo diferencias estadísticas para los factores densidades de población, versión fértil o androestéril, ni grados de desespigue (Cuadro 1). En el análisis por factor, en ambientes hubo diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$) en todas las variables; en genotipos también hubo diferencias significativas ($P \leq 0.01$) en todas las variables, excepto en DFF, lo que indica diferencias agronómicas marcadas entre las cruza simples de los híbridos 'H-47' y 'H-49'.

Al comparar las medias entre localidades, el rendimiento promedio de semilla en los ambientes de FESC-UNAM y CEVAMEX 1 fueron estadísticamente iguales, pero mayores que el ambiente CEVAMEX 2. En los componentes del rendimiento, los valores de peso de 200 semillas y número

de hileras por mazorca, en el ambiente FESC-UNAM fueron superiores estadísticamente al de los otros ambientes, y probablemente fueron las que más influyeron en el rendimiento de grano (Cuadro 2). La comparación de medias en peso de 200 semillas, longitud de mazorca y granos por hilera, los valores para el ambiente CEVAMEX 1, fueron superiores estadísticamente con respecto a CEVAMEX 2, lo que probablemente influyó en el mayor rendimiento de CEVAMEX 1, con respecto a CEVAMEX 2 (Cuadro 2).

La cruza simple progenitora de 'H-47' superó en todas las variables de estudio a la cruza simple progenitora de 'H-49' (Cuadro 3), lo cual coincide con lo encontrado en trabajos previos (Espinosa *et al.*, 2008b, 2010b).

Para el factor fertilidad y androesterilidad no hubo diferencias significativas en rendimiento, días a floración femenina, peso de 200 semillas, longitud de mazorca, hileras por mazorca y granos por hilera, pero sí las hubo para días a floración masculina (Cuadro 4). La ausencia de diferencias se atribuye a que las versiones androestériles son isogénicas de las fértiles, por lo que con excepción de la producción de polen, las cruza mantienen similares características fenotípicas (Tadeo *et al.*, 2005; Com. pers.¹; Tadeo *et al.*, 2007; Martínez *et al.*, 2005). Sin embargo, hay estudios en los que se han reportado incrementos en el rendimiento de las versiones androestériles atribuidas a modificaciones fisiológicas relacionadas con la canalización de fotoasimilados hacia el grano ante la ausencia de la demanda que representa la producción de granos de polen (Stamp *et al.*, 2000; Martínez *et al.*, 2005). El resultado del presente estudio confirma que es posible producir semilla de los híbridos 'H-47' y 'H-49' con versiones androestériles y fértiles, sin detrimento del rendimiento de semilla (Tadeo *et al.*, 2007).

La aplicación de las diferentes modalidades de desespigue no resultaron en un mayor rendimiento de grano con respecto al testigo sin desespigar (Cuadro 5), lo que difiere de Espinosa *et al.* (2010a), Beck y Torres (2005), y Cisneros (1985). Esto significa que en la producción de semilla de los híbridos trilineales 'H-47' y 'H-49', donde participan cruza simples como progenitoras femeninas pueden eliminarse una o dos hojas sin reducir el rendimiento de semilla.

No hubo diferencias estadísticas en rendimiento de grano entre densidades de población (55 mil plantas ha^{-1} y 70 mil plantas ha^{-1}), resultados similares a los reportados por Virgen *et al.* (2010) quienes no encontraron diferencias para rendimiento al comparar 83 mil plantas ha^{-1} vs. 62 mil plantas ha^{-1} ,

¹Tadeo R M, A Espinosa C, R M Rodríguez I, R Martínez M, H Salazar, M Sierra M, A Palafox C, F Caballero H (2005) Productividad de semillas de cruza simples androestériles y fértiles de maíz bajo desespigamiento y eliminación de hojas. In: Mem. VIII Cong. Int. Ciencias Agríc. Universidad Autónoma de Baja California, Baja California. 10 y 11 de noviembre de 2005. pp:878-883.

Cuadro 1. Cuadrados medios del análisis de varianza combinado de tres ambientes y significancia de las fuentes de variación para las variables medidas. Primavera-Verano 2009.

| Fuentes de variación | GL | R | DFM | DFF | P200S | LM | HM | GH |
|------------------------|----|---------------|-----------|-----------|-----------|---------|--------|----------|
| A | 2 | 131 586 544** | 2564.30** | 2497.90** | 3977.8** | 45.7** | 10.4** | 240.4** |
| A (Rep) | 6 | 69 107 208* | 3.43 | 10.11 | 216.04 | 5.45 | 2.927 | 68.89 |
| G | 1 | 718 622 346** | 7.34* | 75.03** | 16698.7** | 153.1** | 41.2** | 210.1** |
| AE/F | 1 | 1 158 859 | 227.55** | 2.17 | 208.4 | 0.12 | 0.42 | 2.34 |
| DH | 3 | 1 296 952 | 1.50 | 2.37 | 53.8 | 3.26 | 0.59 | 9.39 |
| DP | 1 | 2 312 172 | 0.34 | 4.25 | 178.9 | 0.01 | 0.58 | 0.12 |
| A x G | 2 | 216 023 413** | 8.84** | 28.21** | 2788.70** | 64.5** | 0.12 | 330.10** |
| A x AE/F | 2 | 3 023 790 | 96.93** | 35.06** | 172.5 | 3.04 | 0.79 | 34.40 |
| A x DH | 6 | 823 216 | 1.11 | 0.45 | 72.3 | 0.59 | 0.99 | 0.81 |
| A x DP | 2 | 1 422 332 | 0.09 | 1.62 | 114.5 | 0.09 | 1.42 | 0.12 |
| A x G x AE/F | 2 | 1 566 071 | 8.34** | 4.44 | 488.5** | 2.34 | 2.21 | 1.79 |
| A x G x DH | 6 | 1 793 070 | 0.86 | 0.46 | 61.64 | 0.41 | 2.83* | 1.13 |
| A x AE/F x DH | 6 | 935 557 | 0.26 | 0.61 | 76.14 | 2.35 | 1.01 | 9.64 |
| A x G x DP | 2 | 2 409 318 | 0.72 | 2.44 | 112.4 | 1.55 | 0.08 | 2.76 |
| A x AE/F x DP | 2 | 34 268 | 0.38 | 0.31 | 0.48 | 0.04 | 0.07 | 1.29 |
| A x G x AE/F x DP | 2 | 1 375 271 | 0.55 | 0.03 | 13.44 | 1.79 | 0.54 | 0.68 |
| A x DH x DP | 6 | 957 811 | 0.50 | 1.42 | 52.50 | 0.16 | 1.39 | 7.68 |
| A x G x AE/F x DH x DP | 6 | 2 448 972 | 0.85 | 0.05 | 34.81 | 1.18 | 0.25 | 2.86 |
| G x AE/F | 1 | 5 958 013 | 6.72* | 0.78 | 38.2 | 30.68** | 4.25 | 105.1* |
| G x DH | 3 | 1 874 135 | 0.33 | 0.51 | 109.4 | 2.04 | 0.62 | 8.46 |
| G x DP | 1 | 196 259 | 0.01 | 1.00 | 45.9 | 2.34 | 0.003 | 33.3 |
| G x AE/F x DP | 1 | 12 587 | 0.50 | 0.31 | 1.25 | 0.12 | 0.003 | 4.01 |
| G x AE/F x DH x DP | 3 | 5277 | 2.34 | 0.16 | 1.06 | 0.04 | 0.74 | 2.22 |
| DH x DP | 3 | 621 759 | 0.46 | 1.03 | 107.14 | 1.85 | 0.58 | 11.59 |
| AE/F x DH | 3 | 574 945 | 1.86 | 0.98 | 32.5 | 0.96 | 2.19 | 8.06 |
| AE/F x DP | 1 | 44 518 | 0.05 | 0.42 | 0.08 | 0.12 | 0.28 | 10.1 |
| G x AE/F x DH | 3 | 215 246 | 0.15 | 2.83 | 38.33 | 1.96 | 0.84 | 8.09 |
| G x DH x DP | | 1 652 137 | 0.04 | 0.24 | 79.13 | 2.22 | 0.75 | 9.4 |
| AE/F x DH x DP | 3 | 1 322 171 | 0.28 | 0.14 | 68.90 | 1.78 | 0.32 | 9.1 |
| A x G x AE/F x DH | 6 | 2 332 322 | 0.39 | 1.48 | 116.30 | 1.38 | 1.60 | 5.02 |
| A x G x DH x DP | 6 | 973 288 | 0.50 | 0.44 | 73.7 | 0.58 | 1.78 | 5.28 |
| A x AE/F x DH x DP | 6 | 869 593 | 0.25 | 0.32 | 46.5 | 0.95 | 0.84 | 6.68 |
| MEDIA | | 7 | 80 | 82 | 57.0 | 13.9 | 14 | 28 |
| C.V. (%) | | 17 | 1 | 1 | 14 | 9 | 6 | 11 |

*, ** Valores significativos a 0.05 y 0.01 de probabilidad. GL = grados de libertad; R = rendimiento; DFM = número de días a floración masculina; DFF = número de días a floración femenina; P200S = peso de 200 semillas; LM = longitud de mazorca; HM = hileras por mazorca; GH = granos por hilera; A = ambiente; REP = repetición; LOC = localidad; G = genotipos; AE/F = androestéril/fértil; DH = desespiguel/eliminación de hojas; DP = densidad de población.

Cuadro 2. Comparación de medias entre ambientes. Primavera - Verano 2009.

| Ambientes | R (kg ha ⁻¹) | DFM (d) | DFF (d) | P200S (g) | LM (cm) | HM | GH |
|------------|--------------------------|---------|---------|-----------|---------|------|------|
| FESC-UNAM | 8551 a | 74 c | 76 b | 64.3 a | 13.7 b | 15 a | 27 c |
| CEVAMEX 1 | 8281 a | 83 b | 85 a | 54.8 b | 14.7 a | 14 b | 30 a |
| CEVAMEX 2 | 6401 b | 85 c | 85 a | 52.0 c | 13.5 b | 14 b | 28 b |
| DSH (0.05) | 540 | 0.3 | 0.4 | 2.7 | 0.4 | 0.3 | 1.0 |

*Medias con la misma letra son estadísticamente iguales al 0.05 de probabilidad. R = rendimiento; DFM = número de días a floración masculina; DFF = número de días a floración femenina; P200S = peso de 200 semillas; LM = longitud de mazorca; HM = hileras por mazorca; GH = granos por hilera.

Cuadro 3. Comparación de medias de las cruzas simples hembra de los híbridos 'H-47' y 'H-49', en promedio de tres ambientes, de dos versiones androestéril/fértil, cuatro tipos de desespigamiento y remoción de láminas foliares, y dos densidades de población. Primavera - Verano 2009.

| Genotipo | R (kg ha ⁻¹) | DFM (d) | DFF (d) | P200S (g) | LM (cm) | HM | GH |
|------------|--------------------------|---------|---------|-----------|---------|------|------|
| ♀H-47 | 9323 a | 81 a | 83 a | 64.7 a | 14.7 a | 15 a | 29 a |
| ♀H-49 | 6165 b | 80 b | 82 b | 49.4 b | 13.2 b | 14 b | 28 b |
| DSH (0.05) | 368 | 0.2 | 0.2 | 1.9 | 0.3 | 0.2 | 0.7 |

*Medias con la misma letra son estadísticamente iguales al 0.05 de probabilidad. R = rendimiento; DFM = número de días a floración masculina; DFF = número de días a floración femenina; P200S = peso de 200 semillas; LM = longitud de mazorca; HM = número de hileras por mazorca; GH = número de granos por hilera.

Cuadro 4. Comparación de medias para androesterilidad (AE) vs. fertilidad (F), en promedio de dos híbridos, tres ambientes de evaluación, cuatro tipos de desespigamiento y remoción de láminas foliares y dos densidades de población. Primavera - Verano 2009.

| AE/F | R (kg ha ⁻¹) | DFM (d) | DFF (d) | P200S (g) | LM (cm) | HM | GH |
|------------|--------------------------|---------|---------|-----------|---------|--------|------|
| AE | 7808 a | 81 a | 82 a | 57.9 a | 14.0 a | 14.7 a | 28 a |
| F | 7681 a | 79 b | 82 a | 56.2 a | 13.9 a | 14.8 a | 28 a |
| DSH (0.05) | 368 | 0.2 | 0.3 | 1.9 | 0.2 | 0.2 | 0.7 |

*Medias con la misma letra son estadísticamente iguales al 0.05 de probabilidad. AE/F = versión de androesterilidad/fértil; AE = androestéril; F = fértil; R = rendimiento; DFM = número de días a floración masculina; DFF = número de días a floración femenina; P200S = peso de 200 semillas; LM = longitud de mazorca; HM = hileras por mazorca; GH = granos por hilera.

Cuadro 5. Comparación de medias de remoción de espiga y hojas, promedios de tres ambientes de evaluación, dos densidades de población y la versión androestéril y fértil de dos cruzas simples progenitoras de híbridos trilineales. Primavera - Verano 2009.

| Tratamiento | R (kg ha ⁻¹) | DFM (d) | DFF (d) | P200S (g) | LM (cm) | HM | GH |
|-------------|--------------------------|---------|---------|-----------|---------|------|------|
| Testigo | 7658 a | 80 a | 82 a | 58.3 a | 14.0 a | 15 a | 28 a |
| D | 7945 a | 80 a | 82 a | 56.6 a | 14.2 a | 15 a | 28 a |
| D+1 | 7689 a | 80 a | 82 a | 56.5 a | 14.0 a | 15 a | 28 a |
| D+2 | 7684 a | 80 a | 82 a | 56.6 a | 13.7 a | 15 a | 27 a |
| DSH (0.05) | 684 | 0.4 | 0.5 | 3.5 | 0.5 | 0.4 | 1.3 |

*Medias con la misma letra son estadísticamente iguales al 0.05 de probabilidad. Testigo = testigo sin desespigar; D = desespigue; D + 1 = desespigue + eliminación de una hoja; D + 2 = desespigue + eliminación de dos hojas; R = rendimiento; DFM = número de días a floración masculina; DFF = número de días a floración femenina; AP = altura de planta; AM = altura de mazorca; P200S = peso de 200 semillas; LM = longitud de mazorca; HM = hileras por mazorca; GH = granos por hilera.

Cuadro 6. Comparación de medias de dos densidades de población (DP); promedio de tres ambientes, dos cruza simples progenitoras en su versión androestéril y androfértil y cuatro tipos de eliminación de espiga y láminas foliares. Primavera - Verano 2009.

| DP (plantas ha ⁻¹) | R (kg ha ⁻¹) | DFM (días) | DFF (días) | P200S (g) | LM (cm) | HM | GH |
|--------------------------------|--------------------------|------------|------------|-----------|---------|------|------|
| 55,000 | 7655 a | 80 a | 82 a | 57.8 a | 13.9 a | 15 a | 28 a |
| 70,000 | 7834 a | 80 a | 82 a | 56.3 a | 13.9 a | 15 a | 28 a |
| DSH (0.05) | 368 | 0.23 | 0.29 | 1.9 | 0.28 | 0.22 | 0.7 |

*Medias con la misma letra son estadísticamente iguales al 0.05 de probabilidad. DP = densidad de población; R = rendimiento; DFM = número de días a floración masculina; DFF = número de días a floración femenina; P200S = peso de 200 semillas; LM = longitud de mazorca; HM = hileras por mazorca; GH = granos por hilera.

al evaluar siete cruza simples progenitoras femeninas de híbridos comerciales de maíz. En cambio, Espinosa *et al.* (2004; Com. Pers.²), Cervantes *et al.* (2013) y Espinosa *et al.* (2010a) encontraron diferencias significativas en rendimiento de semilla al evaluar diferentes densidades de población en líneas o cruza simples progenitoras de híbridos simples o trilineales de maíz. Con base en los presentes resultados, para producir semilla de los híbridos 'H-47' y 'H-49'; conviene emplear la densidad de 55 mil plantas ha⁻¹ debido a que se obtendría mejor calidad física de la semilla, ya que ésta generalmente se asocia con baja densidad de población (Virgen *et al.*, 2010; Espinosa *et al.*, 2010a).

CONCLUSIONES

El rendimiento de semilla de la cruza simple hembra del 'H-47' superó a la del 'H-49'. Las versiones androestériles y fértiles de las dos cruza simples evaluadas presentaron rendimiento de semilla similar. La eliminación de una y dos hojas no afectó significativamente el rendimiento de semilla, lo que permite adoptar esta práctica en el desespigue en la versión fértil, cuando se produzca semilla de los híbridos de maíz 'H-47' y 'H-49'. No hubo diferencias en rendimiento de grano entre las dos densidades de población (55 mil y 70 mil plantas ha⁻¹).

AGRADECIMIENTOS

Al Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica (PAPIIT) de la UNAM, clave IT201312.

BIBLIOGRAFÍA

- Beck L D, J L Torres (2005) Desespigamiento. *In:* Ortiz T C, A Espinosa C, S Azpiroz R, S Sahagún C (Comp.). Producción y Tecnología de Semillas de Maíz del INIFAP Para los Valles Altos y Zona de Transición. Libro Técnico Núm. 3. INIFAP-CIRCE. Campo Experimental Valle de Toluca. Zinacantepec, Edo. de México. pp:44-55.
- ²Espinosa C A, A Cuevas L, M Tadeo R (2004) Desespigamiento, eliminación de hojas y densidad de población en el rendimiento de semilla en una línea de maíz. *In:* Mem. VII Cong. Int. Ciencias Agríc. Universidad Autónoma de Baja California. Mexicali, Baja California. 18-19 de noviembre de 2004. pp:326-331.
- Cano O, H Tosquy O, M Sierra M, F A Rodríguez M (2001) Fertilización y densidad de población de maíz cultivado bajo condiciones de temporal. *Agron. Mesoam.* 12:199-203.
- Cervantes O F, J Covarrubias P, J A Rangel L, A D Terrón I, M Mendoza E, R E Preciado O (2013) Densidad de población y fertilización nitrogenada en la producción de semilla híbrida de maíz. *Agron. Mesoam.* 24:101-110.
- Cisneros D J (1985) Problemática de la producción de semilla de los cultivos básicos (maíz, frijol, trigo, arroz). *In:* Memoria de la Reunión Nacional sobre Producción de Semillas en México. Sociedad Mexicana de Fitogenética, Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. pp:34-49.
- DOF, Diario Oficial de la Federación (2007) Ley Federal de Producción, Certificación y Comercio de Semillas. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Poder Ejecutivo de la Federación. México. D. F. pp:1-17.
- Espinosa C A, M Tadeo R, A Turrent F, N Gómez M, M Sierra M, A Palafox C, F Caballero H, R Valdivia B, F A Rodríguez M (2008a) El potencial de las variedades nativas y mejoradas de maíz. *Ciencias.* 92-93:118-125.
- Espinosa C A, A Turrent F, M Tadeo R, N Gómez M, M Sierra M, F Caballero H (2008b) Importancia del uso de semilla de variedades mejoradas y nativas de maíz en México. *In:* Desde los Colores del Maíz, Una Agenda Para el Campo Mexicano. J Luis Seefoó Luján (ed). El Colegio de Michoacán. pp:233-255.
- Espinosa C A, M Tadeo R, M Sierra M, R Valdivia B, N Gómez M (2010a) Despanojado y densidad de población en una cruza simple androestéril y fértil de maíz. *Agron. Mesoam.* 2:21-29.
- Espinosa C A, M Tadeo R, L D Meza G, I Arteaga E, D Matías B, R Valdivia B, M Sierra M, N Gómez M, A Palafox C, B Zamudio González (2010b) Eliminación de espiga y hojas en un híbrido de maíz androestéril y fértil. *Universidad y Ciencia.* 26:215-224.
- Luna Mena B M, M Hinojosa R, Ó J Ayala G, F Castillo G, J A Mejía C (2012) Perspectivas de desarrollo de la industria semillera de maíz en México. *Rev. Fitotec. Mex.* 35:1-7.
- Martínez L C, L E Mendoza O, D S García, C A Mendoza C, A Martínez G (2005) Producción de semilla híbrida de maíz con líneas androfértiles y androestériles isogénicas y su respuesta a la fertilización y densidad de población. *Rev. Fitotec. Mex.* 28:127-133.
- Stamp P, S Chowchong, M Menzi, U Weingartner, O Kaeser (2000) Increase in the yield of cytoplasmic male sterile maize revisited. *Crop. Sci.* 40:1586-1587.
- Tadeo R M, A Espinosa C, D Beck L, J L Torres (2007) Rendimiento de semilla de cruza simples fértiles y androestériles progenitoras de híbridos de maíz. *Agric. Téc. Méx.* 33:175-180.
- Tadeo R M, A Espinosa C, N Chimal, I Arteaga E, V Trejo P, E Canales I, M Sierra M, R Valdivia B, N O Gómez M, A Palafox C, B Zamudio G (2012) Densidad de población y fertilización en híbridos de maíz androestériles y fértiles. *Terra Latinoam.* 30:157-164.
- Virgen V J, J L Arellano V, I Rojas M, M A Ávila P, G F Gutiérrez H (2010) Producción de semilla de cruza simple de híbridos de maíz en Tlaxcala, México. *Rev. Fitotec. Mex.* 33:107-110.