



Agronomía Mesoamericana

ISSN: 1021-7444

pccmca@cariari.ucr.ac.cr

Universidad de Costa Rica

Costa Rica

Espinosa-Calderón, Alejandro; Tadeo-Robledo, Margarita; Sierra-Macias, Mauro; Turrent-Fernández, Antonio; Valdivia-Bernal, Roberto; Zamudio-González, Benjamín

RENDIMIENTO DE HÍBRIDOS DE MAÍZ BAJO DIFERENTES COMBINACIONES DE SEMILLA
ANDROESTERIL Y FÉRTIL EN MÉXICO

Agronomía Mesoamericana, vol. 20, núm. 2, 2009, pp. 211-216

Universidad de Costa Rica

Alajuela, Costa Rica

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43713059002>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal

Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

RENDIMIENTO DE HÍBRIDOS DE MAÍZ BAJO DIFERENTES COMBINACIONES DE SEMILLA ANDROESTERIL Y FÉRTIL EN MÉXICO¹

*Alejandro Espinosa-Calderón², Margarita Tadeo-Robledo³, Mauro Sierra-Macías⁴,
Antonio Turrent-Fernández², Roberto Valdivia-Bernal⁵, Benjamín Zamudio-González²*

RESUMEN

Rendimiento de híbridos de maíz bajo diferentes combinaciones de semilla androesteril y fértil en México. El objetivo de este trabajo fue determinar la capacidad productiva de los híbridos comerciales H-48 y Puma 1076 en diferentes mezclas de semilla androesteril y fértil: 1) 100 % semilla androesteril; 2) 90 % semilla androesteril más 10 % semilla fértil; 3) 80 % semilla androesteril más 20 % semilla fértil; 4) 60 % semilla androesteril más 40 % semilla fértil; 5) 40 % semilla androesteril más 60 % semilla fértil; 6) 100 % semilla fértil. Estas combinaciones fueron evaluadas en el ciclo primavera-verano, desde junio a noviembre, durante los años 2001, 2002 y 2003, en el Campo Experimental Valle de México, a una altitud de 2.250 m. Los experimentos se manejaron con densidad de población de 60.000 plantas/ha. Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar, y se analizó como factorial. Los factores de variación fueron años, genotipos, combinaciones de semilla androesteril y fértil, así como las interacciones. El tratamiento 90 % semilla androesteril + 10 % semilla fértil tuvo el rendimiento más elevado (8.738 kg/ha), superó significativamente al testigo 100 % fértil (7.488 kg/ha). La media de los híbridos con esterilidad masculina fue estadísticamente superior en rendimiento de grano con respecto a la versión fértil, lo que representa una ventaja adicional, además de la facilidad para mantener la calidad genética y disminuir los costos en la producción de semilla híbrida de maíz.

Palabras clave: *Zea mays*, androesterilidad, desespigamiento, producción de semillas, productividad.

ABSTRACT

Yield of maize hybrids under andro – sterile and fertile seed combinations in Mexico. The objective of this work was to determine the productive capacity of the commercial hybrids H-48 and Puma 1076 in different mixtures from andro-sterile and fertile seed: 1) 100 % andro-sterile seed; 2) 90 % andro-sterile seed plus 10 % fertile seed; 3) 80 % andro-sterile seed, plus 20 % fertile seed; 4). 60 % andro-sterile seed plus 40 % fertile seed; 5) 40 % andro-sterile seed plus 60 fertile seed; and 6) 100 % fertile seed. These combinations were evaluated during the spring-summer seasons, from June to November, during years 2001, 2002 and 2003, in the Experimental Station of Valley of Mexico, located at 2250 masl. The experiments were managed with a density of 60,000 plants/ha. A randomized complete block design was used and analyzed as a factorial. The sources of variation were years, genotypes, combinations of andro-sterile and fertile seed, as well as the interactions. Treatment 90 % andro-sterile seed + 10 % fertile seed had the highest yield (8738 kg/ha), significantly higher than the fertile control 100% fertile seed, which produced 7488 kg/ha. The mean of the hybrids with male sterility was superior statistically in grain yield with respect to the fertile version, which represents an additional advantage, in addition to the easiness to maintain the genetic quality and to reduce the costs of the production of hybrid maize seed.

Key words: *Zea mays*, andro-sterility, dettasseling, seed production, productivity.

¹ Recibido: 21 de octubre, 2008. Aceptado: 16 de noviembre, 2009. Este artículo corresponde al Proyecto de Investigación PAPIIT IN205908.

² Campo Experimental Valle de México, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), km 18.5 Carr. Los Reyes – Lechería, C. P. 56230, Chapingo, México. Teléfono: (595) 95 42877 ext. 111, fax: (595) 95 46528. espinoale@yahoo.com.mx; aturrent37@yahoo.com.mx; bzamudiog@yahoo.com.mx

³ Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán (FESC)-Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), México. km. 2.5 Carr. Cuautitlán-Teoloyucan, C.P. 54700. Apdo. Postal 25, Cuautitlán, Edo. de México. teléfono y fax (55) 56 23 19 71. tadeorobledo@yahoo.com

⁴ Campo Experimental Cotaxtla, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), México. mauro_s55@hotmail.com

⁵ Universidad Autónoma de Nayarit. beto49_2000@yahoo.com.mx

INTRODUCCIÓN

En la producción de semilla híbrida de maíz se requiere efectuar adecuadamente el desespigamiento, también llamado despanojamiento en algunos países, para mantener la calidad genética del material de maíz que se obtiene; la eliminación de espigas en forma manual es cara, se requieren de 24 a 50 jornales/ha, que representan un fuerte impacto económico en los costos de producción, de 184 dólares hasta 380 dólares por hectárea, dependiendo de la uniformidad del progenitor femenino, presencia de hijos, facilidad para retirar la espiga (Jugenheimer 1990, Tadeo *et al.* 2003, Martínez *et al.* 2005). Una alternativa para facilitar la producción de semilla, así como elevar el nivel de adopción de híbridos de maíz en los Valles Altos, podría ser el uso de tipos y fuentes de androesterilidad génico-citoplásmica, ya que se emplean líneas androestériles como progenitores femeninos, con lo cual se reduce el desespigamiento (Stamp *et al.* 2000, Martínez *et al.* 2005).

Desde 1992, investigadores del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) y la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), trabajan con fuentes de esterilidad masculina y su incorporación a los progenitores de híbridos (Tadeo *et al.* 1997, Tadeo *et al.* 2003). La androesterilidad, dejó de utilizarse por las empresas de semillas después de los problemas graves de la epifitía en 1970, causada por el uso generalizado de la fuente de esterilidad cms-T, que presentó susceptibilidad a la enfermedad del tizón foliar causada por el hongo *Helminthosporium maydis* raza T, que ocasionó una epifitía en 90 % del maíz con cms-T en la faja maicera de los Estados Unidos.

A fines de los 70's y comienzo de los 80's, se desarrollaron nuevos tipos y fuentes de esterilidad masculina (principalmente los tipos C y S), retomándose el uso del esquema de androesterilidad. Actualmente los tipos C y S están siendo usados en alrededor de un 20 al 30 % del área de producción de semilla en E.U. (Liu *et al.* 2002, Beck y Torres 2005), tratando de diversificar dentro de cada tipo las fuentes de esterilidad para no depender de una sola y evitar la incidencia de enfermedades (Partas 1997, Liu *et al.* 2002, Weingartner *et al.* 2002).

Recientemente en el INIFAP y la UNAM se han desarrollado híbridos con androesterilidad. Para el uso comercial de la semilla obtenida con androesterilidad se emplean dos maneras, para asegurar que cuando

se entrega la semilla al agricultor para su siembra comercial, las parcelas de los productores posean plantas fértiles y/o combinación de plantas fértiles y androestériles que aseguren polinización, fecundación y por consecuencia producción de grano. En una de maneras se utiliza un progenitor masculino en la producción de semilla del híbrido, con capacidad restauradora de la fertilidad masculina, lo que significa que restituye la fertilidad masculina (producción de polen) para polinizar a la cruz simple o línea androestéril (dependiendo si se esta incrementando una cruz simple o híbrido trilineal), este progenitor macho, suprime la androesterilidad y la cruz que se obtiene expresa la fertilidad en la generación siguiente, presentándose en terrenos de los productores el 100 % de las plantas fértiles, el caso más claro de este tipo, es como ocurre en sorgo, donde toda la semilla híbrida se incrementa de esta manera; por lo cual la semilla que adquieren y siembran en sus campos los agricultores, generan plantas completamente fértiles. En la otra manera se emplea la mezcla de proporciones de semilla del híbrido obtenida de hembras androestériles, que mantienen su característica de androesterilidad, que no producen polen, esta semilla se mezcla con una proporción de semilla del mismo híbrido, pero obtenido con progenitores fértiles, que producen polen y en cuya hembra se aplicó desespigue, de esta manera en los campos de los agricultores, se presentarán plantas con esterilidad masculina (sin producir polen) y otras con fertilidad normal, las cuales polinizarán al resto de las plantas (Airy *et al.* 1987, Tadeo *et al.* 2003, Espinosa *et al.* 2003a).

La mezcla de la semilla de ambas versiones, debe ser en una proporción adecuada para asegurar la polinización y el rendimiento de grano; esta es la estrategia adoptada actualmente en la mayoría de los materiales de México y otros países por las empresas de semillas que usan la esterilidad masculina (Tadeo *et al.* 2001, Espinosa *et al.* 2003b).

Dado que se cuenta con las versiones androestériles y androfértiles de híbridos de INIFAP y la UNAM, si bien se considera que cada híbrido debe ser evaluado en diferentes proporciones de mezcla de semilla androestéril y fértil, en una primera fase se eligió un híbrido de cada una de estas instituciones, con características similares en el ciclo vegetativo. El objetivo de este trabajo fue medir la capacidad productiva de los híbridos comerciales H-48 y Puma 1076 en diferentes proporciones de semilla androestéril y fértil.

MATERIALES Y MÉTODOS

Durante el ciclo primavera – verano 2000, se incrementó en el Campo Experimental Valle de México (CEVAMEX), la semilla del híbrido trilineal H-48 en su versión androestéril, con base en la cruza simple hembra androestéril, y la semilla en la versión de fertilidad normal, y se utilizó la cruza simple fértil. En forma similar en el Rancho Almaraz, de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), se incrementó semilla del híbrido de maíz Puma 1076, en su versión androestéril y fértil. Para ambos híbridos se mezclaron semillas en varias proporciones; androesteril y fértil: 1) 100 % semilla androesteril; 2) 90 % semilla androesteril más 10 % semilla fértil; 3) 80 % semilla androesteril más 20 % semilla fértil; 4) 60 % semilla androesteril más 40 % semilla fértil; 5) 40 % semilla androesteril más 60 % semilla fértil; 6) 100 % semilla fértil.

Los dos híbridos fueron evaluados durante los ciclos Primavera – Verano 2001, 2002 y 2003 en el Campo Experimental Valle de México (CEVAMEX), en parcelas experimentales de cuatro surcos de cinco metros de largo y 0,80 m entre surcos, para utilizar dos centrales como parcela útil. La fecha de siembra fue el 29 de mayo de 2001, 6 de julio de 2002, 20 de mayo de 2003. En los tres años se dio un riego de siembra y las plantas se desarrollaron bajo condiciones de temporal. La densidad de población fue de 60.000 plantas por hectárea, y la fertilización de 150-70-30. En los tres años se utilizó el diseño de bloques completos al azar, con cuatro repeticiones y arreglo factorial, los factores de variación: años (3), genotipos (2), combinaciones de semilla androesteril y fértil

(6), así como las interacciones entre los factores en estudio. Las variables analizadas fueron: rendimiento, diámetro, longitud, número de hileras por mazorca, granos por hilera, peso de 200 semillas, estos datos se tomaron de cinco mazorcas por parcela. La separación de medias se hizo con la prueba de Tukey al 0,05 de probabilidad.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para la variable rendimiento, los resultados del análisis de varianza considerando años, genotipos, combinación de porcentajes de semilla androestéril/fértil y las interacciones genotipos por combinación de porcentajes de semillas, año por genotipo, y por combinación de porcentajes, definieron que el coeficiente de variación fue de 17,1 % y la media general de rendimiento de 8,274 kg/ha. Se detectó diferencia altamente significativa para los factores de variación años, genotipos, repeticiones, y la interacción años x genotipos, así como diferencias significativas (0,05 de probabilidad) para el factor combinación de porcentajes de semilla androesteril/fértil. El coeficiente de variación más alto se obtuvo con el rendimiento (17,1 %).

En el ciclo primavera – verano 2002 se obtuvo una media de producción de 9.647 kg/ha, diferente estadísticamente a la media de producción obtenida en el ciclo primavera – verano 2001 y primavera – verano 2003, en los cuales el rendimiento medio fue 7.725 kg/ha y 7.451 kg/ha, respectivamente (Cuadro 1). En las otras variables evaluadas con respecto a los tres años, se presentó un solo grupo de significancia. Lo anterior señala que para cada uno de los años si bien hubo diferencia

Cuadro 1. Medias de seis variables medidas en las combinaciones androestériles y fértiles de semilla de H-48 y Puma 1076. Campo Experimental Valle de México, México. Ciclos primavera – verano 2001 a 2003.

Año	Rend. kg/ha	DM (cm)	NH	GH	LM (cm)	PS (g)
PV 2001	7725 b *	4,7	15	27	14,4	36,8
PV 2002	9647 a	4,7	15	26	14,3	37,8
PV 2003	7451 b	4,7	15	26	14,3	38,0
DSH (0,05)	686	0,09	0,4	1,2	1,1	2,7

* Medias con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Tukey 0,05).

DM: Diámetro de mazorca; NH: Número de hileras; GH: Granos por hilera; LM: Longitud de mazorca; PS: Peso de 200 semillas.

en producción general, debida probablemente a las condiciones de precipitación y otros factores ambientales, lo que influyó en el rendimiento, en cambio en el promedio de las versiones androestériles y fértiles de los híbridos evaluados, no hubo efecto significativo.

En promedio de los tres años de evaluación y las combinaciones de porcentajes de semilla androestéril/fértil, el híbrido de maíz Puma 1076 expresó una producción media de 8.638 kg/ha, que superó al híbrido de INIFAP denominado H-48, el cual rindió 7.911 kg/ha (Cuadro 2), esta diferencia se debe a la conformación genética de los materiales (Espinosa *et al.* 2003b, Tadeo *et al.* 2004), lo que se observa en las diferencias de las variables evaluadas, en donde Puma 1076 presentó valores superiores en diámetro de mazorca, granos por hilera, longitud de mazorca, peso de 200 semillas, con respecto al H-48 (Cuadro 2).

El rendimiento medio de los híbridos Puma 1076 y H-48, representan niveles de producción aceptables, si se consideran los registros en otros experimentos y reportes de cada material, los valores obtenidos se ubican dentro de lo que podría esperarse (Tadeo *et al.* 2003, Espinosa *et al.* (2003b), ambos materiales se utilizan en forma comercial.

Con respecto a los tratamientos de combinaciones de porcentajes de semilla androestéril/fértil, el tratamiento de 90 % semilla androestéril + 10 % semilla fértil expresó un rendimiento de 8.738 kg/ha, siendo el valor más alto, estadísticamente superior al testigo 100 % fértil, el cual produjo 7.488 kg/ha, si bien las causas del aumento en rendimiento de semilla de versiones con androesterilidad sobre las fértiles como en este caso, no

han sido dilucidadas, Urs *et al.* (2002) mencionan que se desconoce hasta que punto la esterilidad del polen *per se* contribuye a las diferencias en el rendimiento de grano entre materiales. Se ha tratado de explicar que en la formación de polen fértil se requiere una demanda poderosa de nutrimentos tales como nitrógeno, de modo que su abastecimiento a los órganos femeninos se reduce y ocasiona disminución del rendimiento potencial de semilla (Martínez *et al.* 2005).

Otras combinaciones de semilla androestéril/fértil como 90 %, 80 %, 100 % y 60 % mostraron diferencias de 16,6; 15,8; 14,5 % y 11,6 % con respecto a la versión 100 por ciento fértil, lo que coincide con resultados de otros trabajos (Fleming *et al.* 1960, Simeonov 1995, Stamp *et al.* 2000, Urs *et al.* 2002, Martínez *et al.* 2005), cabe aclarar que el tratamiento 100 % androestéril no es aplicable en forma práctica, porque se requiere una fracción de plantas fértiles para que ocurra la polinización y fecundación del resto de plantas, en parte también esto podría explicar parcialmente la buena respuesta del tratamiento 90 % semilla androestéril + 10 % semilla fértil, ya que el tratamiento 100 % androestéril podría haber tenido alguna dificultad de polinización y fecundación oportuna a diferencia del tratamiento donde el 10 % es fértil (Cuadro 3).

La diferencia estadística media de las combinaciones con semilla androestéril en porcentajes de 90 %, 80 % y 60 % indican que la androesterilidad otorga alguna ventaja en el híbrido final, contrario a lo reportado para las cruces simples progenitoras de los mismos híbridos (Espinosa *et al.* 2003b), pero en concordancia con trabajos previamente reportados

Cuadro 2. Medias de las seis variables de los híbridos Puma 1076 y H-48 evaluados durante tres años bajo diferentes combinaciones androesteriles y fértiles de semilla. Campo Experimental Valle de México, México. Ciclos primavera – verano 2001 a 2003.

Híbrido	Rend. kg/ha	D.M. (cm)	N.H.	G.H.	L.M. (cm)	P.S. (g)
Puma 1076	8.638 a *	4,7 a	15 a	28 a	14,8 a	40,9 a
H 48	7.911 b	4,6 b	15 a	26 b	13,8 b	34,1 b
D.S.H. (0,05)	467	0,06	0,3	0,8	0,7	1,8

* Medias con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Tukey 0,05)

D.M.: Diámetro de mazorca; N.H.: Número de hileras; G.H.: Granos por hilera; L.M.: Longitud de mazorca; P.S.: Peso de 200 semillas.

Cuadro 3. Medias de seis diferentes combinaciones de semilla androestéril y fértil de los híbridos Puma 1076 y H-48 evaluados durante tres años. Campo Experimental Valle de México, México. Ciclos Primavera – Verano 2001 a 2003.

Combinación AE/Fértil	Rend. (kg/ha)	% Sobre 100 % F	D.M. (cm)	N.H.	G.H.	L.M.	P.S. (g)
90 % AE + 10 % F	8.738 a	116,6	4,6	15	26	13,9	41,2 a
100 % AE	8.671 ab	115,8	4,5	15	27	14,3	37,9 ab
80 % AE + 20 % F	8.575 ab	114,5	4,6	15	27	13,8	35,0 b
60 % AE + 40 % F	8.359 ab	111,6	4,6	15	27	15,7	36,2 b
40 % AE + 60 % F	7.815 ab	104,4	4,6	15	26	14,0	36,0 b
100 % F	7.488 b	100	4,7	15	27	14,1	38,9 ab
D.S.H. (0,05)	1.185		0,15	0,78	2,2	1,9	4,7

* Medias con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Tukey 0,05).

D.M.: Diámetro de mazorca; N.H.: Número de hileras; G.H.: Granos por hilera; L.M.: Longitud de mazorca; P.S.: Peso de 200 semillas.

(Fleming *et al.* 1960, Simeonov 1995, Stamp *et al.* 2000, Urs *et al.* 2002).

El híbrido Puma 1076 superó estadísticamente al H-48 en 727 kg/ha. La esterilidad masculina en los híbridos H-48 AE^s y Puma 1076 AEC^s otorga ventaja en rendimiento de grano con respecto a la versión fértil, lo cual es adicional a la facilidad para la producción de semilla al disminuir los costos de producción de semilla de híbridos de maíz por la reducción del desespigue manual.

CONCLUSIONES

Se determinó estadísticamente, durante los ciclos 2001, 2002 y 2003, que la media de todas las versiones androestériles de H-48 y Puma 1076 expresaron un rendimiento superior a la versión fértil.

La media del híbrido Puma 1076 (8.638 kg/ha), considerando las diferentes combinaciones de androesterilidad y fertilidad a través de los tres años fue estadísticamente superior al híbrido H-48, lo que representa 109,2 %.

El tratamiento 90 % semilla androestéril + 10 % semilla fértil (8.671 kg/ha), superó estadísticamente al testigo 100 % fértil (7.488 kg/ha) y las combinaciones de semilla con 90 %, 80 % y 60 % semilla androestéril,

con la contraparte de semilla fértil, produjeron 16,6 %, 15,8 %, 14,5 % y 11,6 % más con respecto al tratamiento 100 % fértil.

La superioridad en rendimiento por la esterilidad masculina en los híbridos H-48 y Puma 1076, representa una ventaja adicional con respecto a la versión fértil y facilidad para la producción de semilla al disminuir los costos de producción de híbridos de maíz, al no hacer el desespigue.

AGRADECIMIENTO

Los autores agradecen el apoyo financiero del Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica (PAPIIT IN205908) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) para la realización de la presente investigación.

LITERATURA CITADA

- Airy, JM; L. A. Tatum; Soreson, JW. 1987. La producción de semillas. Producción de semilla híbrida de maíz y sorgo para grano. Editorial C.E.C.S.A. p. 274-285.
- Beck, DL; Torres, JL. 2005. Desespigamiento. In: Ortiz T, C, A. Espinosa C, HS Azpiroz R y S Sahagún C. (Comps.). Producción y tecnología de semillas de maíz INIFAP para los Valles Altos y Zonas de Transición.

^s Androestéril.

- Libro Técnico Núm. 3. Campo Experimental Valle de Toluca, CIRCE, INIFAP. Zinacantepec, México. p. 44-55.
- Espinosa, A; Sierra, M; Gómez, N; Reyes, C; Caballero, F; Tadeo, M; Palafox, A; Cano, O; Rodríguez, F; Betanzos, E; Coutiño, B. 2003a. Seed production and andro-sterility in normal and quality protein maize. *In: Books of Abstract: Arnel R. Hallauer International Symposium on Plant Breeding*. México City. D.F. México. p. 238-239.
- Espinosa, A; Tadeo, M; Lothrop, J; Azpiroz, S; Martínez, R; Pérez, JP; Tut, C; Bonilla, J; Ramírez, AN; Salinas, Y. 2003b. H-48 nuevo híbrido de maíz de temporal para los Valles Altos del centro de México. *Agricultura Técnica en México* 29(1):85-87.
- Fleming, AA; Koselnicky, GM; Browne, EB. 1960. Cytoplasmic effect on agronomic characters in a double cross maize hybrid. *Agron. J.* 52:112-115.
- Jugenheimer, RW. 1990. Maíz, variedades mejoradas, métodos de cultivo y producción de semillas. Ed. Limusa, México. p. 489-502.
- Liu Z, S; Peter, O; M. Long; Weingartner, U; Stamp, P; Kaeser, O. 2002. A PCR assay for rapid discrimination of sterile cytoplasm types in maize. *Crop Science* 42:566-569.
- Martínez-Lazaro, C; Mendoza-Onofre, LE; García-de Los Santos, G; Mendoza-Castillo, M del C; Martínez-Garza, A. 2005. Producción de semilla híbrida de maíz con líneas androestériles y androestériles isogénicas y su respuesta a la fertilización y densidad de población. *Revista Fitotecnia Mexicana* 28(2):127-133.
- Partas, EK. 1997. Male sterility as an efficient method of exploiting heterosis in maize. *In: The Genetics and Exploitation of Heterosis in Crops. An International Symposium*. México. p. 244-245.
- Stamp, P; Chowchong, S; Menzi, M; Weingartner, U; Kaeser, O. 2000. Increase in the yield of cytoplasmic male sterile maize revisited. *Crop Science* 40:1586-1587.
- Simeonov, N. I. 1995. Effect of male-sterility cytoplasm and mode of restoration on the seed production and yield of the single and modified maize hybrid knezha 530. *In: Rasteniye` dni-Nauki*. 32 9-10 y 86-89.
- Tadeo, M; Espinosa, A; Martínez, R; Solano, AM; Piña, A. 1997. Use of CIMMYT germplasm to develop maize hybrids at the UNAM. *In: The Genetics and Exploitation of Heterosis in Crops. An International Symposium México*. p. 240-241.
- Tadeo, M; Espinosa, A; Solano, AM; R. Martínez M. 2001. Esterilidad masculina para producir semilla híbrida de maíz. *Ciencia y Desarrollo* 157: 64-75.
- Tadeo, M; Espinosa, A; Solano, AM; Martínez, R. 2003. Androesterilidad en líneas e híbridos de maíz de Valles Altos de México. *Agronomía Mesoamericana* 14(1): 15-19.
- Tadeo, M; Espinosa, A; Martínez, R; Srinivasan, G; Beck, D; Lothrop, J; Torres, JL; Azpiroz, S. 2004. Puma 1075 y Puma 1076 híbridos de maíz de temporal para los Valles Altos de México (2.200 a 2.600 msnm). *Revista Fitotecnia Mexicana* 27(2):211-212.
- Urs, W; Kaeser, O; Long, M; Stamp, P. 2002. Combining cytoplasmic male sterility and xenia increases grain yield of maize hybrids. *Crop Science* 42:1848-1856.
- Weingartner, U; Prest, TJ; Camp, KH; Stamp, P. 2002. The Plus-hybrid system: a method to increase grain yield by combined cytoplasmic male sterility and xenia. *Maydica* 47:127-134.