

PRODUCTIVIDAD DE DIFERENTES PROPORCIONES DE SEMILLA ANDROESTÉRIL Y FÉRTIL EN DOS HÍBRIDOS DE MAÍZ*

PRODUCTIVITY OF DIFFERENTS COMBINATIONS OF TWO MAIZE HYBRIDS WITH ANDRO-STERILE AND FERTILE SEED

Margarita Tadeo Robledo¹, Alejandro Espinosa Calderón^{2§}, Jazmín Serrano Reyes¹, Mauro Sierra Macías³, Filiberto Caballero Hernández⁴, Roberto Valdivia Bernal⁵, Noel Orlando Gómez Montiel⁶, Artemio Palafox Caballero³, Flavio Antonio Rodríguez Montalvo³ y Benjamín Zamudio González²

¹Facultad de Estudios Superiores-Cuautitlán. UNAM. Carretera Cuautitlán-Teoloyucan, km 2.5. Cuautitlán, Estado de México. C. P. 54700. A. P. 25. Tel. 01 55 56231971. Ext. 119. ²Campo Experimental Valle de México. INIFAP. Carretera Los Reyes-Lechería, km 18.5. Chapingo, Estado de México. C. P. 56230. Tel. 01 595 9212657. Ext. 201 y 204. (espinoale@yahoo.com.mx). ³Campo Experimental Cotaxtla. INIFAP. Tel. 01 229 9348354. (mauro_s55@hotmail.com). ⁴Campo Experimental Valle de Apatzingán. INIFAP. Tel. 01 425 5925140. (flicabah@hotmail.com). ⁵Universidad Autónoma de Nayarit. Tel. 01 311 2110128. (beto49_2000@yahoo.com.mx). ⁶Campo Experimental Iguala. INIFAP. Tel. 01 733 33211056. Ext.104. (noelorando19@hotmail.com). [§]Autor para correspondencia: espinoale@yahoo.com.mx.

RESUMEN

Con los híbridos de maíz Puma 1075 y Puma 1076, se llevó a cabo esta investigación para evaluar su productividad al combinar 11 diferentes proporciones de mezclas de semilla fértil y androestéril; desde 100% semilla fértil hasta 100% semilla androestéril. El objetivo fue determinar la capacidad productiva de estos tratamientos. Estas proporciones fueron evaluadas durante el ciclo primavera-verano 2007, con dos experimentos en el Rancho Almaráz, Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Universidad Nacional Autónoma de México (FESC-UNAM) y un tercero en Santa Lucía de Prías, Campo Experimental Valle de México; a una altitud de 2 250 m. Los experimentos se manejaron en un diseño experimental de bloques completos al azar, con arreglo factorial. Se determinó que el híbrido Puma 1075 y Puma 1076 expresaron un rendimiento similar. Se concluyó que para el ambiente de Santa Lucía de Prías, se obtuvo rendimiento promedio de 8 366 kg ha⁻¹, para los dos híbridos evaluados bajo diferentes proporciones de semilla androestéril y fértil; esto resultó estadísticamente diferente con los dos ambientes manejados en la FESC-UNAM. Los mayores rendimientos correspondieron a mezcla de semilla fértil y androestéril; con 100% semilla androestéril (8 146 kg ha⁻¹), 90% semilla androestéril + 10% semilla fértil (7 910 kg ha⁻¹), 80% semilla androestéril + 20%

ABSTRACT

This study was carried out with two maize hybrids, Puma 1075 and Puma 1076, to evaluate their productivity when combining 11 different proportions of fertile and andro-sterile seed combinations, ranking from 100% fertile seeds, up to 100% andro-sterile seeds. The aim of the study was to determine the productive capability of these treatments. These proportions were evaluated during the 2007 spring-summer season, with two experiments in the Rancho Almaráz; in the Cuautitlán School of Higher Studies, National Autonomous University of Mexico (FESC-UNAM); and a third one in Santa Lucía of Prías, Valley of Mexico Experimental Station (CEVAMEX); at a altitude of 2 250 m. The experiments were handled in a desing of completely random cluster, in a factorial arrangement. The hybrid Puma 1075 and 1076 expressed a similar yield. The environment of Santa Lucía de Prías, showed an average yield of 8 366 kg ha⁻¹, for the hybrids evaluated with different proportions of andro-sterile and fertile seeds; this was statistically different in the environments in FESC-UNAM. The highest yields corresponded to the combination of fertile and andro-sterile seeds; with 100% andro-sterile seeds (8 146 kg ha⁻¹), 90% andro-sterile seeds + 10% fertile seeds (7 910

* Recibido: noviembre de 2009
Aceptado: julio de 2010

semilla fértil (7 913 kg ha⁻¹); estos rendimientos representan ventajas con respecto al tratamiento de 100% semilla fértil. Las proporciones desde 90%, 80%, 70%, 60% semilla androestéril con su contraparte de semilla fértil, representan buenas opciones de mezcla de semilla, expresando 23.2%, 23.3%, 16.2%, 19.6% rendimiento superior con respecto al tratamiento 100% fértil.

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

INTRODUCCIÓN

En la producción de semilla híbrida, el desespigamiento oportuno y adecuado es fundamental para lograr la calidad e identidad genética del híbrido correspondiente, este proceso implica elevados costos por uso de jornales, como alternativa a esta elevada inversión, la utilización de la androesterilidad es un mecanismo que facilita esta actividad, permitiendo un menor precio de semilla (Tadeo *et al.*, 2003). La eficiencia en el desespigamiento depende de la uniformidad del progenitor femenino, presencia de hijuelos, facilidad para retirar la espiga (Jugenheimer, 1990; Tadeo *et al.*, 2003; Martínez-Lázaro *et al.*, 2005).

La androestérilidad había dejado de utilizarse durante la década de los setentas, debido de la susceptibilidad a la enfermedad del tizón foliar causada por el hongo *Helminthosporium maydis* raza T, que ocasionó una epífita en gran parte de la franja maicera en EE.UU, en los años ochentas, con el descubrimiento de nuevas fuentes de esterilidad masculina; los estudios con esterilidad masculina y la conversión de líneas progenitoras de híbridos, se retomó en diversos programas de mejoramiento (Partas, 1997; Weingartner *et al.*, 2002); en las corporaciones más importantes a nivel internacional, las empresas privadas de semillas con las nuevas fuentes, que limitan los problemas generados por la raza T, utilizan comercialmente el esquema.

En la FESC-UNAM desde 1992, se realizan trabajos para incorporar el carácter de androesterilidad a las líneas básicas del programa de mejoramiento genético de maíz, que se desarrolla en la propia Universidad (Tadeo *et al.*, 1997; Tadeo *et al.*, 2001; Tadeo *et al.*, 2003).

Cuando se cuenta con materiales híbridos que se incrementan con el apoyo de la androesterilidad, esta característica se conserva cuando se obtiene la semilla comercial, ya que

kg ha⁻¹), 80% andro-sterile seeds + 20% fertile seeds (7 913 kg ha⁻¹); these yields represent an advantage in comparison to the treatment with 100% fertile seeds. The proportions of 90%, 80%, 70%, 60% andro-sterile seeds, with their fertile counterpart, are good seed combination options, showing 23.2%, 23.3%, 16.2% and 19.6% higher yields in comparison to the treatment with 100% fertile seeds.

Key words: *Zea mays* L., androsterility, detasseling, hybrids, seed production.

INTRODUCTION

In the production of hybrid seeds, the timely and adequate detasseling is crucial to achieve the genetic quality and identity of the corresponding hybrid. This process implies high costs, due to the need to pay wages. As an alternative to this large investment, the use of androsterility is a mechanism that makes this activity easier, reducing seed prices (Tadeo *et al.*, 2003). The efficiency of detasseling relies on the uniformity of the female parent, the presence of shoots, the ease with which the ear is removed (Jugenheimer, 1990; Tadeo *et al.*, 2003; Martínez-Lázaro *et al.*, 2005).

Androsterility was not used during the 1970s, due to sensitivity to foliar rust caused by the fungus *Helminthosporium maydis* breed T, that caused an epiphyte in most of the corn belt of the United States in the 1980s, with the discovery of new sources of male sterility; the studies with male sterility and the conversion of parent lineage of hybrids, went on in several improvement programs (Partas, 1997; Weingartner *et al.*, 2002). In the most important corporations worldwide, private seed companies with new sources, that limit the problems caused by *H. maydis* breed T, use this scheme commercially.

In FESC-UNAM, studies have been carried out since 1992 to incorporate androsterility to the basic lines of the maize genetic improvement program, which is carried out in the University (Tadeo *et al.*, 1997; Tadeo *et al.*, 2001; Tadeo *et al.*, 2003).

When there are hybrid materials that increase with the help of androsterility, this characteristic is kept when the commercial seed is obtained, since there are two ways to take advantage of male sterility and ensure seed delivery

hay dos maneras de aprovechar la esterilidad masculina y asegurar la entrega de la semilla al agricultor para su siembra comercial, de tal manera, que las parcelas de los productores posean plantas fértiles y combinación de plantas fértiles y androestériles, para asegurar la polinización, fecundación y por consecuencia producción de grano.

Una de las formas para resolver esta situación es utilizar un progenitor masculino, con capacidad restauradora, que polinice a la cruz simple o línea androestéril (dependiendo si está 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.

La otra alternativa es utilizar una fracción de semilla del híbrido que mantiene su característica androestéril; es decir, que no produce polen, esta semilla se mezcla con una proporción de semilla del mismo híbrido, pero obtenido con progenitores fértiles, pero producen polen; 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 (Tadeo *et al.*, 2003; Espinosa *et al.*, 2009).

Una alta proporción de los híbridos comerciales con esquema de esterilidad masculina, emplean la mezcla de semilla fértil y androestéril para el uso extensivo (Tadeo *et al.*, 1997; Tadeo *et al.*, 2001; Beck y Torres, 2005; Espinosa *et al.*, 2009); en el caso de los híbridos desarrollados por la FESC-UNAM, en proceso de difusión comercial; es necesario definir la mejor proporción o porcentaje en que deben mezclarse semilla fértil y androestéril para su uso comercial. Por ello el objetivo de este trabajo fue definir la capacidad productiva de los dos híbridos de maíz comerciales Puma 1075 y Puma 1076, así como determinar la mejor combinación de mezcla de semilla androestéril y fértil.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se llevó a cabo durante el ciclo primavera-verano 2007, en el Rancho Almaráz de la FESC-UNAM, municipio de Cuautitlán Izcalli, Estado de México, con una altitud de 2 274 m, donde se sembraron dos experimentos en diferente fecha de siembra. Un tercer experimento fue establecido en Santa Lucía de Prías, Campo Experimental Valle de

to the farmer for commercial use, so as to help the farmers have fertile plants in their fields and a combination of fertile and androsterile plants, in order to ensure pollination, fertilization and consequently, grain production.

One way to solve this situation is to use a male parent with restoring capability, to pollinate the simple in bred or androsterile line (depending on whether it is increasing a simple or a three-way hybrid). This male parent suppresses androsterility and the hybrid obtained expresses fertility in the next generation, making 100% of the fertile plants. The clearest case of this type occurs in sorghum, where all the hybrid seeds are increased in this way.

The other option is to use a fraction of the hybrid seed that maintains its androsterile characteristic; in other words, it does not produce pollen. This seed type is combined with a proportion of seeds of the same hybrid, but obtained with fertile parents, which produce pollen. In this way, in the farmers' fields there will be plants with male sterility (that do not produce pollen) and others with normal fertility, which will pollinate the rest of the plants (Tadeo *et al.*, 2003; Espinosa *et al.*, 2009).

A large part of the commercial hybrids with a male sterility scheme use the fertile and androsterile combination for extensive use (Tadeo *et al.*, 1997; Tadeo *et al.*, 2001; Beck and Torres, 2005; Espinosa *et al.*, 2009). In the case of hybrids developed by the FESC-UNAM in the process of commercial usage, it is necessary to define the best proportion or percentage in which fertile and androsterile seeds must be combined for commercial use. Therefore, the aim of this study was to define the productive capability of both Puma 1075 and Puma 1076 maize hybrids, as well as to determine the best combination of androsterile and fertile seeds.

MATERIALS AND METHODS

The study was carried out during the 2007 spring-summer season, in Rancho Almaráz of FESC-UNAM, municipality of Cuautitlán Izcalli, State of Mexico, at an altitude of 2 274 m, in which two experiments were planted, in different planting date. A third experiment was conducted in Santa Lucía de Prías, Valley of Mexico Experimental Station (CEVAMEX), at a height of 2 240 masl.

México (CEVAMEX), Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), en el municipio de Texcoco, Estado de México, a una altitud de 2 240 m.

Se emplearon los híbridos trilineales de maíz Puma 1075 y Puma 1076, cada uno de ellos en diferentes combinaciones (mezclas) de semilla en sus versiones isogénicas fértil y androestéril, para lo cual se utilizó semilla obtenida en el ciclo primavera-verano 2006; 100% androestéril y 100% fértil, producida sobre cruces simples androestéril y fértil (se aplicó desespigue), cada uno de los híbridos trilineales se mezcló semilla en las diferentes proporciones, como se presenta en el Cuadro 1.

The three-way maize hybrids of Puma 1075 and Puma 1076 were used, each in different seed combinations (mixtures), in their isogenic fertile and androsterile versions. Seeds used were obtained in the 2006 spring-summer season; 100% androsterile and 100% fertile, produced on simple androsterile and fertile inbred lines (with detasseling). Each three-way hybrid was combined with seeds in different proportions, as shown in Table 1.

In order to avoid pollen in the case of treatments 0% fertile and 100% androsterile in both hybrids, an extra row was plated of fertile material, in an attempt to test productivity by the proportion of fertile and androsterile

Cuadro 1. Proporción de semilla fértil y androestéril de dos híbridos trilineales de maíz, utilizados para la evaluación de la capacidad productiva.

Table 1. Proportion of fertile and androsterile seeds of two trilinear maize hybrids, used to evaluate productive capability.

Tratamiento	Genotipo	Semilla (%)		Tratamiento	Genotipo	Semilla (%)	
		Fértil	Androestéril			Fértil	Androestéril
1	Puma 1075	100	0	12	Puma 1076	100	0
2	Puma 1075	90	10	13	Puma 1076	90	10
3	Puma 1075	80	20	14	Puma 1076	80	20
4	Puma 1075	70	30	15	Puma 1076	70	30
5	Puma 1075	60	40	16	Puma 1076	60	40
6	Puma 1075	50	50	17	Puma 1076	50	50
7	Puma 1075	40	60	18	Puma 1076	40	60
8	Puma 1075	30	70	19	Puma 1076	30	70
9	Puma 1075	20	80	20	Puma 1076	20	80
10	Puma 1075	10	90	21	Puma 1076	10	90
11	Puma 1075	0	100	22	Puma 1076	0	100

Para evitar problemas con disponibilidad de polen en el caso de los tratamientos 0% fértil y 100% androestéril en los dos híbridos, alrededor de los experimentos se estableció un bordo con un material fértil, ya que se pretende probar la productividad por la proporción de plantas fértiles y androestériles; en el caso 100% androestéril, no sería utilizado comercialmente, ya que no se produciría fecundación, tampoco semilla y no habría rendimiento comercial.

La parcela experimental fue un surco de 5 m de largo y 0.8 m entre surcos. Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar con tres repeticiones, el análisis estadístico

plants; the 100% androsterile case would not be used commercially, since there would be no fertility, seed or commercial yield.

A single row-plot 5 m long and 0.8 m between rows was used. The experimental design was a complete random clusters with three repetitions was used, statistical analysis was performed as factorial, and the variation factors were: environments, hybrids, proportion of androsterile and fertile seeds, interactions between hybrids (factors under study), environments and fertile and androsterile proportions. The fertilizer treatment applied

se realizó como factorial, los factores de variación fueron: ambientes, híbridos, proporciones de semilla androestéril y fértil, interacciones entre híbridos (factores en estudio), ambientes y proporciones fértil y androestéril. El tratamiento de fertilizante que se aplicó fue 80-40-00, empleando como fuentes: nitrato de amonio y superfosfato de calcio triple al momento de hacer el surcado. En los experimentos establecidos en el Rancho Almaráz se sembraron el 21 de junio y 28 de junio de 2007, respectivamente, el experimento de Santa Lucía se sembró el 7 de junio. Para controlar las malezas se emplearon: 3 L ha⁻¹ de nicosulfuron, 3 L ha⁻¹ de 2,4D amina y 3 kg ha⁻¹ de atrazina.

Las variables que se analizaron fueron: rendimiento, floración masculina, altura de planta, altura de mazorca, mazorcas buenas (>80% sana), mazorcas malas (>20% dañada), peso volumétrico, peso de 200 granos, longitud de mazorca, hileras por mazorca, granos por hilera, diámetro de la mazorca, granos por mazorca; estos datos se tomaron de cinco mazorcas por parcela. La comparación de medias se hizo con la prueba de Tukey a 0.05 de probabilidad.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 2, se presentan los cuadrados medios y significancia estadística para las variables evaluadas, proporciones de porcentajes de semilla androestéril-fértil y las interacciones genotipos por proporciones de porcentajes de semillas, para el experimento establecido en la primera fecha de siembra en la FESC-UNAM; en el cual se reporta que el coeficiente de variación fue 18.7% y la media general de rendimiento de 6 867 kg ha⁻¹.

was 80-40-00, using ammonium nitrate and triple calcium superphosphate as sources during plowing. The experiments in Rancho Almaráz were planted on June 21 and June 28, 2007, respectively, whereas the experiment in Santa Lucía de Prias was planted on June 7. To control weeds, 3 L ha⁻¹ of nicosulfuron, 3 L ha⁻¹ of 2,4D amina and 3 kg ha⁻¹ of atrazine.

The analyzed variables were yield, male flowering, plant and ear height, healthy ears (>80%), rotten ears (>20% damaged), volumetric weight, weight of 200 grains, ear length, rows per ear, grains per row, ear diameter and total grains per ear; these data were taken from five ears per plot. Averages were compared using the Tukey test ($p \leq 0.05$).

RESULTS AND DISCUSSION

Table 2 shows the mean squares and the statistical significance for the variables evaluated in the hybrids, proportions of percentages of androsterile-fertile seeds and the interactions of genotypes by proportions of percentages of seeds for the experiment in the first planting date in the FESC-UNAM, in which the variation coefficient was 18.7% and the overall average yield was 6 867 kg ha⁻¹.

For grain yield there was a significant difference ($p \leq 0.05$), for the plant and ear heights there were significant differences ($p \leq 0.01$), and for the proportions of percentages of androsterile-fertile seeds, there were not statistical differences ($p \leq 0.05$).

Cuadro 2. Resultados de las variables evaluadas en dos híbridos de maíz en Cuautitlán, México, ciclo primavera-verano 2007 en la primera fecha de siembra.

Table 2. Results of the variables evaluated in two maize hybrids in Cuautitlan, Mexico, 2007 spring-summer cycle on the first day of planting.

Variable	Híbrido	AE-F	Híbrido*AE-F	\bar{X}	CV (%)
Rendimiento	2 161 404*	3 121 735	3 844 698	6 867	18.7
Floración masculina	7	3	3	79	2.3
Altura de planta	8 096**	598	392	227	12.4
Altura de mazorca	8 500**	756	1 136	115	26
Mazorcas buenas	151*	13	30	17	35.4
Mazorcas malas	0.06	4	6	3	61.9
Peso volumétrico	9	657	972	674	4.1
Peso de 200 granos	97*	34	56*	43.3	11.2

AE-F= androestéril-fértil; *, **= significancia estadística a 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente; CV= coeficiente de variación.

Cuadro 2. Resultados de las variables evaluadas en dos híbridos de maíz en Cuautitlán, México, ciclo primavera-verano 2007 en la primera fecha de siembra (Continuación).

Table 2. Results of the variables evaluated in two maize hybrids in Cuautitlan, Mexico, 2007 spring-summer cycle on the first day of planting (Continuation).

Variable	Híbrido	AE-F	Híbrido*AE-F	\bar{X}	CV (%)
Longitud de mazorca	0.01	1	4*	14.0	7.4
Hileras por mazorca	2	1	10	16.1	7.6
Granos por hilera	18	5	13	28	10
Diámetro de mazorca	0.02	0.32	0.63*	4.5	3.8
Granos por mazorca	36 589*	6 058	10 513	438	17

AE-F= androestéril-fértil; *, **= significancia estadística a 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente; CV= coeficiente de variación.

Para rendimiento de grano se detectó diferencia significativa ($p \leq 0.05$), para altura de planta y altura de mazorca se definieron diferencias altamente significativas ($p \leq 0.01$); para las proporciones de porcentajes de semilla androestéril-fértil no se presentaron diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$).

Los resultados del análisis de varianza para la segunda fecha de siembra en la FESC-UNAM, arrojan que para rendimiento no hubo diferencia significativa entre los híbridos, pero se presentaron diferencias altamente significativas para las proporciones de semilla androestéril-fértil y significativa para la interacción entre los factores de variación (Cuadro 3). Se detectaron diferencias altamente significativas para altura de planta y mazorcas malas en el factor de variación híbridos.

Se establecieron diferencias significativas para el factor de variación proporción de porcentajes de semilla androestéril-fértil para rendimiento, floración masculina, altura de planta, longitud de mazorca e hileras por mazorca; en la interacción se detectó significancia para rendimiento, floración masculina, altura de planta, mazorcas malas, longitud de mazorca e hileras por mazorca (Cuadro 3).

The results of the variance analysis for the second planting date in FESC-UNAM, show that there was no significant difference between hybrids for yields, although there were highly significant differences for the proportions of androsterile-fertile seeds and significant differences for the interaction between variation factors (Table 3). Highly significant differences were found for plant height and ear damaged in the hybrid variation factor.

Significant differences were established for the factor of variation proportion of percentages of androsterile-fertile seeds for yield, male flowering, plant height, ear length and rows per ear; in the interaction, significance was found for yield, male flowering, plant height, ear damaged, ear length and rows per ear (Table 3).

Table 4 shows the results obtained in the experiment in Santa Lucía de Prías, CEVAMEX, in which we can be seen that for yield, the variation coefficient was 15.4%, and the general average was 8 366 kg ha⁻¹. There was no significant difference observed in hybrids for yield, but there was for the factor of

Cuadro 3. Resultados de las variables evaluadas en dos híbridos de maíz en Cuautitlán, México, ciclo primavera-verano 2007 en la segunda fecha de siembra.

Table 3. Results of the variables evaluated in two maize hybrids in Cuautitlan, Mexico, 2007 spring-summer cycle on the second day of planting.

Variable	Híbrido	AE-F	Híbrido*AE-F	\bar{X}	CV (%)
Rendimiento	1 331 031.7	6 066 334**	3 847 792.4*	6 859	19.8
Floración masculina	6.06	5.36*	4.22*	76	1.86
Altura de planta	15.51**	350.9	394.28*	245	5.11
Altura de mazorca	47.51	469.64	467.34	138	12.5
Mazorcas buenas	50.96	135.36**	35.76	22	30.6
Mazorcas malas	36.3**	7.47*	8.21**	3	47.2

AE-F= androestéril-fértil; *, ** significancia estadística a 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente; CV= coeficiente de variación.

Cuadro 3. Resultados de las variables evaluadas en dos híbridos de maíz en Cuautitlán, México, ciclo primavera-verano 2007 en la segunda fecha de siembra. (Continuación).

Table 3. Results of the variables evaluated in two maize hybrids in Cuautitlan, Mexico, 2007 spring-summer cycle on the second day of planting. (Continuation).

Variable	Híbrido	AE-F	Híbrido*AE-F	\bar{X}	CV (%)
Peso volumétrico	0.378	255.3	425.3	672	3.2
Peso de 200 granos	14.1	11.36	30.07	43	10.5
Longitud de mazorca	0.85	1.86*	1.88*	10.5	7
Hileras por mazorca	0.37	0.97	1.83*	16	6
Granos por hilera	6.56	8.49	10.3	27	10
Diámetro de mazorca	0.2	0.02	0.23	4.4	4
Granos por mazorca	3 331.15	2 541.34	3 203.67	444	13

AE-F= androestéril-fértil; *, ** significancia estadística a 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente; CV= coeficiente de variación.

En el Cuadro 4 se presentan los resultados obtenidos en el experimento de Santa Lucía de Prías, CEVAMEX, donde se observa que para rendimiento, el coeficiente de variación fue de 15.4% y la media general de 8 366 kg ha⁻¹. Para rendimiento no se detectó diferencia significativa en híbridos, pero si para el factor de variación proporción de porcentajes de semilla androestéril-fértil, en el cual se presentaron diferencias altamente significativas, así como en la interacción, en la cual se detectaron diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$).

variation proportion of percentages of androsterile-fertile seeds, in which there were highly significant differences at ($p \leq 0.05$).

In the cluster analysis of the three experiments, the results of the variance analysis showed that for yield, there were highly significant differences, for the variation factors environments, androsterile-fertile proportions interaction of hybrids*androsterile-fertile proportion (Table 5a); this indicates that it is necessary to verify

Cuadro 4. Resultados de las variables evaluadas en híbridos de maíz en Santa Lucía de Prías, México, para el ciclo primavera-verano 2007.

Table 4. Results of the variables evaluated in maize hybrids in Santa Lucía of Prías, Mexico, for the 2007 spring-summer cycle.

Variable	Híbrido	AE-F	Híbrido*AE-F	\bar{X}	CV (%)
Rendimiento	331 019.3	6 685 203.1**	3 784 652.2*	8 366	15.4
Floración masculina	15.5*	1.178	1.415	76	1.87
Altura de planta	6	277.348	321.82	245	6.2
Altura de mazorca	0.13	315.148	570.336	130	18.7
Mazorcas buenas	20.74	32.036	371.09	19	20.9
Mazorcas malas	23.04	12.109	53.87**	9	33.4
Peso volumétrico	0.001	0.54	0.91	671	3.2
Peso de 200 granos	139.63	78.575*	47.503	34	15.7
Longitud de mazorca	0.969	2.775	4.8363*	8.8	12.7
Hileras por mazorca	0.742	1.509	1.709	15	7.1
Granos por hilera	4.378	18.275	16.712	28	13.5
Diámetro de mazorca	0.025	0.0661	0.0482	4	4.06
Granos por mazorca	16 136.72*	2 752.29	6 057.16*	420	10.6

AE-F= androestéril-fértil; *, ** significancia estadística a 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente; CV= coeficiente de variación.

En el análisis conjunto de los tres experimentos, los resultados del análisis de varianza mostraron que para rendimiento hubo diferencias altamente significativas,

the seed proportions, since it could present a differential response, depending on the hybrids and the proportions (Espinosa *et al.*, 2009).

para los factores de variación ambientes, proporciones androestériles-fértiles, interacción híbridos*proporción androestéril-fértiles (Cuadro 5a); lo anterior señala que es necesario verificar las proporciones de semillas, ya que pudiese presentarse una respuesta diferencial dependiendo de los híbridos y las proporciones (Espinosa *et al.*, 2009).

Para el factor de variación ambientes, se detectaron diferencias altamente significativas para floración masculina, altura de planta, altura de mazorca, mazorcas buenas y malas, peso de 200 granos, longitud de mazorca, hileras por mazorca, diámetro de mazorca; en el factor de variación híbridos se detectaron diferencias significativas para las variables, granos por hilera y por mazorca y en porcentajes de semilla androestéril-fértil; para rendimiento se presentaron diferencias en mazorcas buenas; en las interacciones se definieron diferencias significativas para rendimiento y número de mazorcas malas (Cuadro 5b).

For the environment variation factor, highly significant differences were found for male flowering, plant height, ear height, good and ear damaged, weight of 200 grains, ear length, rows per ear, ear diameter; in the hybrid variation factor, there were significant differences found for the variables grains per row and per ear, and in percentages of androsterile-fertile seeds; for yield, there were differences in good ears; in the interactions, there were significant differences for yield and number of ear damaged (Table 5b).

Table 6 shows the comparisons of averages for environments, considering the average of both hybrids evaluated under different androsterile-fertile seed proportions; two groups were defined for yield, the best average yield was obtained in Santa Lucía de Prías, with 8 366 kg ha⁻¹, statistically different to the environments found in the FESC-UNAM, which could be due to the later plantation in FESC-UNAM.

Cuadro 5a. Resultados de las variables estudiadas en híbridos de maíz en tres ambientes de evaluación, para el ciclo primavera-verano 2007.

Table 5a. Results of the variables studied in maize hybrids in three evaluation environments, for the 2007 spring-summer cycle.

Variable	Ambiente	Híbrido	AE-F	Híbrido*AE-F	AMB*AE-F
Rendimiento	55 609 055.7**	3 326 494.8	6 218 341.3**	6 496 259.1**	4 864 685.7**
Floración masculina	156.78**	4.545	5.842	4.145	1.787
Altura de planta	7 190.308**	2 328.489	556.481	651.267	334.68
Altura de mazorca	9 302.459**	2 404.545	666.753	1 219.634	437.276
Mazorcas buenas	443.772**	192.045	98.025*	52.978	40.994
Mazorcas malas	645.671**	37.353*	2.971	22.331**	10.455*
Peso volumétrico	86.671	0.989	711.07	1 030.545	228.282
Peso de 200 granos	1 923.974**	370.914**	42.331	54.658	40.669
Longitud de mazorca	29.126**	0.989	2.409	7.467**	1.965
Hileras por mazorca	20.929**	4.247	1.201	1.314	1.023
Granos por hilera	39.171	84.045*	16.048	11.545	8.21
Diámetro de mazorca	4.582**	0.089	0.056	0.632	0.033
Granos por mazorca	10 999.656	90 453.66**	4 978.338	7 825.289	3 187.006

AE-F= androestéril-fértil; *, ** significancia estadística al 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente; AMB= ambiente.

Cuadro 5b. Cuadrados medios y significancia estadística de variables evaluadas en híbridos de maíz Puma en tres ambientes de evaluación, para el ciclo primavera-verano 2007.

Table 5b. Average squares and statistical significance and Puma maize hybrids in three evaluation environments, for the 2007 spring-summer cycle.

Variable	Ambiente*híbrido	Ambiente*híbrido*mezcla de semilla	\bar{X}	CV (%)
Rendimiento	201 542.8	2 497 989.7	7 306	17.9
Floración masculina	12.1818	1.9818	77	2.2
Altura de planta	2 894.732**	228.5934	239	8.3
Altura de mazorca	3 071.561*	477.2661	128	19

CV= coeficiente de variación; *, **= significancia estadística a 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente.

Cuadro 5b. Cuadrados medios y significancia estadística de variables evaluadas en híbridos de maíz Puma en tres ambientes de evaluación, para el ciclo primavera-verano 2007 (Continuación).**Table 5b. Average squares and statistical significance and Puma maize hybrids in three evaluation environments, for the 2007 spring-summer cycle (Continuation).**

Variable	Ambiente*híbrido	Ambiente*híbrido*mezcla de semilla	\bar{X}	CV (%)
Mazorcas buenas	15.591	24.8575	19	29.1
Mazorcas malas	11.066	22.7601**	5	45.4
Peso volumétrico	4.2474	396.303	672	3.5
Peso de 200 granos	1.2171	39.2116	39	12.3
Longitud de mazorca	0.3686	1.7297	13.4	7.7
Hileras por mazorca	0.0808	1.6308	16	6.7
Granos por hilera	14.3636	14.3469	28	11.8
Diámetro de mazorca	0.1147	0.0363	4.3	3.9
Granos por mazorca	1 661.475	5 974.558	434	13.7

CV= coeficiente de variación; *, **= significancia estadística a 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente.

En el Cuadro 6, se presenta la comparación de medias para ambientes, considerando la media de los híbridos evaluados bajo diferentes proporciones de semilla androestéril-fértil; para rendimiento se definieron dos grupos, el mejor rendimiento medio correspondió al ambiente de Santa Lucía de Prías con 8 366 kg ha⁻¹, estadísticamente diferente con los dos ambientes manejados en la FESC-UNAM; que pudo deberse a la siembra un poco más tardía en la FESC-UNAM, probablemente afectó la productividad.

In the comparison of averages for hybrids (Table 7), considering the averages of the three evaluation environments, with the different proportions of androsterile and fertile seeds for yield, there were no statistical differences. The average yield of Puma 1075 was 7 435 kg ha⁻¹, similar to the average yield of Puma 1076, which produced 7 176 kg ha⁻¹. In other variables such as male flowering, volumetric weight, cob length, rows per cob, and cob diameter, there were no differences between hybrids,

Cuadro 6. Comparación de medias para tres ambientes considerando el promedio de dos híbridos de maíz en diferentes mezclas de semilla fértil y androestéril, ciclo primavera-verano 2007.**Table 6. Comparison of averages for three environments, considering the average of maize hybrids in different combinations of fertile and androsterile seeds, 2007 spring-summer cycle.**

Variables	Cuautitlán, México (1)	Cuautitlán, México (2)	Santa Lucía	DSH (0.05)
Rendimiento (kg ha ⁻¹)	6 764 b	6 788 b	8 366 a	542
Floración masculina (días)	79 a	76 c	77 b	1
Altura de planta (cm)	227 b	245 a	245 a	8
Altura de mazorca (cm)	115 b	138 a	131 a	10
Mazorcas buenas	17 c	22 a	19 b	2
Mazorcas malas	3 b	3 a	9 a	1
Peso volumétrico (kg hl ⁻¹)	673 a	671 a	672 a	10
Peso de 200 granos (g)	43.3 a	42.5 a	33.6 b	2
Longitud de mazorca (cm)	14.0 a	13.5 b	12.7 c	0.4
Hileras por mazorca	16 a	16 a	15 b	0.4
Granos por hilera	28 a	27 a	28 a	1
Diámetro de mazorca (cm)	4.4 a	4.4 a	4 b	0.07
Granos por mazorca	438 a	444 a	420 b	25

Nota= medias con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05).

En la comparación de medias para híbridos (Cuadro 7), considerando la media de los tres ambientes de evaluación, bajo las diferentes proporciones de semilla androestéril y fértil para rendimiento no hubo diferencias estadísticas, el

either, probably due to the role the male parent plays in the conformation in both hybrids, producing some similarity between them (Espinosa *et al.*, 2003a; Tadeo *et al.*, 2004).

rendimiento medio de Puma 1075 fue 7 435 kg ha⁻¹, similar al rendimiento medio de Puma 1076 que produjo 7 176 kg ha⁻¹, en otras variables como floración masculina, peso volumétrico, longitud de mazorca, hileras por mazorca y diámetro de mazorca, tampoco se presentaron diferencias entre los dos híbridos, que probablemente se debe a la conformación de que en ambos híbridos participa el mismo progenitor masculino, por lo que hay cierta similitud entre ellos (Espinosa *et al.*, 2003a; Tadeo *et al.*, 2004).

En otras variables como altura de planta, altura de mazorca, mazorcas buenas y malas, peso de 200 granos, granos por mazorca; si se detectaron diferencias entre los híbridos evaluados, debido probablemente a la propia naturaleza de las variables (Cuadro 7).

Cuadro 7. Promedios obtenidos para diversas variables evaluadas en dos híbridos de maíz Puma. Ciclo primavera-verano 2007.

Table 7. Averages obtained for different variables evaluated in Puma maize hybrids. 2007 spring-summer cycle.

Variabes	Puma 1075	Puma 1076	DSH (0.05)
Rendimiento (kg ha ⁻¹)	7 435 a	7 176 a	370
Floración masculina (días)	77 a	77 a	1
Altura de planta (cm)	242 a	235 b	5
Altura de mazorca (cm)	131 a	124 b	7
Mazorcas buenas	20 a	18 b	1.5
Mazorcas malas	5 b	6 a	1
Peso volumétrico (kg hl ⁻¹)	672 a	672 a	7
Peso de 200 granos (g)	38.4 b	41.2 a	1.4
Longitud de mazorca (cm)	13.4 a	13.5 a	0.3
Hileras por mazorca	16 a	16 a	0.3
Granos por hilera	29 a	27 b	0.9
Diámetro de mazorca (cm)	4.3 a	4.2 a	0.04
Granos por mazorca	455 a	413 b	17

Nota= medias con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05).

En la comparación de medias para las diferentes proporciones de semilla androestéril-fértil, considerando el promedio de los dos híbridos evaluados, en los tres ambientes de evaluación se presentaron dos grupos de significancia, donde los mayores rendimientos correspondieron a 100% semilla androestéril (8 146 kg ha⁻¹), 90% semilla androestéril + 10% semilla fértil (7 910 kg ha⁻¹), 80% semilla androestéril + 20% semilla fértil (7 913 kg ha⁻¹); estos rendimientos representan con respecto al tratamiento que corresponde a 100% semilla fértil (6 419 kg ha⁻¹) 26.9%, 23.2% y 23.3%, respectivamente.

Lo anterior tiene cierta congruencia con trabajos previos, donde se otorga cierta ventaja a la versión androestéril, propiciada por el ahorro de fotosintatos cuando no hay la presencia de la demanda que genera polen, con esto se

In other variables such as plant height, ear height, rotten and healthy ears, weight of 200 grains, and grains per ear, there were differences between hybrids evaluated, due probably to the very nature of the variables (Table 7).

Considering the averages of both hybrids evaluated, in the comparison of averages for the different proportions of androsterile-fertile seeds, in the three evaluation environments two significance groups were presented, in which the greatest yields came from 100% androsterile seeds (8 146 kg ha⁻¹), 90% androsterile seeds + 10% fertile seeds (7 910 kg ha⁻¹), 80% androsterile seeds + 20% fertile seeds (7 913 kg ha⁻¹); these yields are in comparison to the treatment of 100% fertile seeds (6 419 kg ha⁻¹) 26.9%, 23.2% and 23.3%, respectively.

This complies with earlier studies, in which a certain advantage is given to the androsterile version, brought about by saving photosynthates when there is no demand that creates pollen, increasing grain production (Fleming *et al.*, 1960; Simeonov, 1995; Stamp *et al.*, 2000; Urs *et al.*, 2002; Martínez *et al.*, 2005; Tadeo *et al.*, 2007; Espinosa *et al.*, 2009).

In the case of the 100% androsterile treatment, it is logically not a treatment that can be used commercially, since there can be no fertilization due to a lack of pollen. In these experiments there were no pollination or fertilization problems, since around each experiment there were edges set up with fertile material; however, the other proportions, such as 90% androsterile + 10% fertile

incrementa la producción de grano (Fleming *et al.*, 1960; Simeonov, 1995; Stamp *et al.*, 2000; Urs *et al.*, 2002; Martínez *et al.*, 2005; Tadeo *et al.*, 2007; Espinosa *et al.*, 2009).

En el primer caso del tratamiento 100% androestéril, en forma lógica no es un tratamiento que pudiese ser utilizado comercialmente, ya que no podría haber fecundación al no haber presencia de polen, en estos experimentos no hubo problemas de polinización y tampoco fecundación, porque alrededor de cada experimento se establecieron bordos con un material fértil; sin embargo, las otras proporciones como son 90% androestéril + 10% fértil y 80% androestéril + 20% fértil, podrían ser proporciones que pueden usarse comercialmente, ya que mostraron rendimientos diferentes significativamente con respecto a la proporción 100% fértil (Cuadro 8); esto representa una alternativa para su implementación y uso comercial. Para ello tendría que incrementarse semilla de los híbridos en estudio en esa proporción; es decir, incrementar la semilla androestéril-fértil y mezclarse, que se lleva a cabo en el proceso de beneficio.

and 80% androsterile + 20% fertile, could be proportions that could be used commercially, since they showed significantly different yields to the 100% fertile proportion (Table 8). This represents an alternative for its commercial implementation and use. For this purpose, there should be an increase of seed of the studied proportions, that is, an increase in androsterile-fertile seeds, and their combination, which takes place in the process of benefit.

Although the causes of the increase of the yield in seeds of versions of androsterility over the fertile ones, as in this case, have not been clarified. Urs *et al.* (2002) states that there is no knowledge of the point up to which the sterility of pollen *per se* contributes to the differences in the grain yield between materials. In the formation of pollen, there is a strong demand for nutrients such as nitrogen and photosynthates, hence the supply to female organs is reduced, causing a reduction of the potential yield of the seeds (Martínez-Lázaro *et al.*, 2005).

Cuadro 8. Comparación de medias para diferentes proporciones de semilla fértil y androestéril considerando el promedio de los híbridos de maíz en tres ambientes de evaluación, ciclo primavera-verano 2007.

Table 8. Comparison of average for different proportions of fertile and androsterile seeds, considering the average of the maize hybrids in three evaluation environments, 2007 spring-summer cycle.

Fértil	AE	Rendimiento (kg ha ⁻¹)	Porcentaje vs 100% fértil	Floración masculina (días)	Altura de planta (cm)	Altura de mazorca (cm)	Mazorcas buenas	Mazorcas malas
100	0	6 419 b	100	76 a	242 a	129 a	17 abc	5 a
90	10	7 113 ab	110.8	77 a	239 a	124 a	19 abc	5 a
80	20	6 439 b	100.3	77 a	237 a	125 a	17 bc	5 a
70	30	7 197 ab	112.1	76 a	242 a	137 a	17 c	6 a
60	40	6 788 ab	105.7	77 a	236 a	128 a	18 abc	5 a
50	50	7 306 ab	113.8	77 a	233 a	120 a	18 abc	5 a
40	60	7 676 ab	119.6	77 a	245 a	129 a	21 abc	5 a
30	70	7 459 ab	116.2	78 a	236 a	125 a	18 abc	5 a
20	80	7 913 a	123.3	77 a	228 a	117 a	21 abc	5 a
10	90	7 910 a	123.2	78 a	247 a	137 a	23 ab	5 a
0	100	8 146 a	126.9	77 a	241 a	131 a	23 ab	5 a
DSH (0.05)		1 436		1.8	22	26	6	2

AE= androestéril; medias con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05).

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 qué 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 existe una demanda poderosa de nutrimentos tales como

The proportions of androsterile-fertile seeds as 100%, 90%, 80% and 70% of androsterile seeds, as well as the fertile counterpart; that is, 0%, 10%, 20%, 30%, showed favorable significant differences for yield, of 26.9%, 23.2%, 23.3% and 16.2%, in comparison to the 100% fertile version, which is taken as a reference; this response has a similar tendency to results

nitrógeno y fotosintatos, de modo que el abastecimiento a los órganos femeninos se reduce y ocasiona disminución del rendimiento potencial de semilla (Martínez-Lázaro *et al.*, 2005).

Las proporciones de semilla androestéril-fértil como 100%, 90%, 80% y 70% de semilla androestéril, así como la contraparte de semilla fértil; es decir 0%, 10%, 20%, 30%, mostraron diferencias significativas favorables en rendimiento de 26.9%, 23.2%, 23.3% y 16.2% con respecto a la versión 100% fértil, que se toma como referente, respuesta que tiene similar tendencia con resultados de otros trabajos (Fleming *et al.*, 1960; Simeonov, 1995; Stamp *et al.*, 2000; Urs *et al.*, 2002; Martínez-Lázaro *et al.*, 2005).

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, 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 10% es fértil, lo anterior a pesar de que alrededor del experimento se colocan bordos con plantas de maíz fértiles (Cuadro 4).

Con base en los rendimientos expresados por las diferentes proporciones de semilla androestéril-fértil (Cuadro 8), se podría señalar que las proporciones desde 60%, 70%, 80%, 90% semilla androestéril, con su contraparte de semilla fértil, representan buenas opciones de mezcla de semilla. Estas proporciones pueden efectuarse después del proceso de desgrane y selección de semilla por parte de las empresas que multiplican estos materiales, de esta manera el uso comercial por parte de los agricultores no tendría inconveniente.

En el Cuadro 9, se presenta para cada uno de los híbridos, el rendimiento expresado para cada proporción de semilla androestéril-fértil, se pueden observar ciertas variaciones; pero el comportamiento es similar a los resultados ya mostrados en el promedio de los híbridos. Los rendimientos medios de las proporciones, indican que la androesterilidad otorga alguna ventaja en la productividad del híbrido final, contrario al reportado para las cruza simples progenitoras de los mismos híbridos (Espinosa *et al.*, 2003b), pero en concordancia con trabajos de Fleming *et al.* (1960); Simeonov (1995); Stamp *et al.* (2000); Urs *et al.* (2002); Espinosa *et al.* (2009).

of other studies (Fleming *et al.*, 1960; Simeonov, 1995; Stamp *et al.*, 2000; Urs *et al.*, 2002; Martínez-Lázaro *et al.*, 2005).

The 100% androsterile treatment is not practically applicable, since it refers to a fraction of the fertile plants for pollination and fertilization of the rest of the plants to take place. This could also partially explain the adequate response of the treatment with 90% androsterile + 10% fertile seeds, since the 100% androsterile treatment could have had some difficulties with timely pollination and fertilization, unlike the treatment in which it is 10% fertile, despite fertile maize plants being placed around the experiment (Table 4).

Based on the yields expressed by the different androsterile-fertile seed proportions (Table 8), we could state that the androsterile seed proportions of 60%, 70%, 80%, 90%, with its fertile seed counterparts, are good options of seed combinations. These proportions can be combined after the process of kernelling and seed selection by the companies that reproduce this material, so farmers would not be inconvenienced by using them for commercial purposes.

For each of the hybrids, Table 9 shows for each of the hybrids, the yield of each proportion of androsterile-fertile seeds. Certain variations can be noticed, although in general, behavior is somehow similar to the results already shown in the average of both hybrids. The average yields of the proportions indicate that androsterility gives some advantage in productivity expressed by the final hybrid, as opposed to reports for single cross parent of the same hybrids (Espinosa *et al.*, 2003b), only in accordance with earlier works of Fleming *et al.* (1960); Simeonov (1995); Stamp *et al.* (2000); Urs *et al.* (2002); Espinosa *et al.* (2009).

Based on the results for the different proportions of androsterile-fertile seeds, we could accept that male sterility in hybrids Puma1075 and 1076 gives a certain advantage in regard to the fertile version, which is a positive factor for seed production, since it lowers the costs, due to the elimination of detasseling by hand.

Cuadro 9. Comparación de variables estudiadas para la interacción genotipo por mezcla de semilla considerando el promedio de tres ambientes de siembra, ciclo primavera-verano 2007.

Table 9. Comparison of variables studied for genotype interaction by seed combination, considering the average of three planting environments, 2007 spring-summer cycle.

Híbrido Puma	Fértil	AE	Rendimiento (kg ha ⁻¹)	Floración masculina (días)	Altura de planta (cm)	Altura de mazorca (cm)	Mazorcas buenas	Mazorcas malas
1075	100	0	7 536	77	250	144	21	4
1075	90	10	6 977	77	247	134	20	4
1075	80	20	7 140	77	245	133	19	3
1075	70	30	7 604	77	257	143	17	8
1075	60	40	6 953	77	236	142	19	5
1075	50	50	6 912	77	235	124	17	6
1075	40	60	8 659	77	251	130	24	3
1075	30	70	7 386	78	237	121	16	5
1075	20	80	7 654	77	226	110	22	4
1075	10	90	7 202	78	248	133	24	4
1075	0	100	7 763	77	233	125	22	5
1076	100	0	5 301	75	234	114	14	5
1076	90	10	7 249	76	232	114	18	5
1076	80	20	5 737	77	229	116	15	7
1076	70	30	6 789	76	228	130	16	4
1076	60	40	6 622	77	235	114	16	6
1076	50	50	7 698	77	231	116	19	5
1076	40	60	6 692	77	240	129	18	6
1076	30	70	7 530	77	235	128	20	6
1076	20	80	8 171	78	230	126	19	7
1076	10	90	8 618	78	246	141	22	5
1076	0	100	8 528	78	249	137	24	5

AE= androestéril.

Con base en los resultados de las diferentes proporciones de semilla androestéril-fértil, se podría aceptar que la esterilidad masculina en los híbridos Puma 1075 y 1076, otorga cierta ventaja en rendimiento con respecto a la versión fértil, lo cual constituye un factor positivo para la producción de semilla, ya que disminuye los costos por evitar el desespigue manual.

CONCLUSIONES

Los híbridos Puma 1075 y Puma 1076 expresaron el rendimiento estadísticamente similar bajo la media de las diferentes proporciones de semilla fértil y androestéril, evaluados en los tres ambientes.

El ambiente de Santa Lucía de Prías se obtuvo rendimiento promedio de 8 366 kg ha⁻¹, fue estadísticamente diferente con respecto a los dos ambientes manejados en la

CONCLUSIONS

Hybrids Puma 1075 and Puma 1076 showed statistically similar yield under the average of different proportions of fertile and androsterile seeds evaluated in all three environments.

In the environment of Santa Lucía de Prías, yields were of 8 366 kg ha⁻¹, statistically different to the two environments of FESC-UNAM, considering the average of the two hybrids evaluated under the different androsterile-fertile seed proportions.

The highest yields for combinations of fertile and androsterile seeds belonged to 100% androsterile seeds, 90% androsterile seeds + 10% fertile seeds, 80% androsterile seeds + 20% fertile seeds. These yields represent advantages over the treatment with 100% fertile seed.

FESC-UNAM, considerando la media de los dos híbridos evaluados bajo las diferentes proporciones de semilla androestéril-fértil.

Los mayores rendimientos de proporciones de mezcla de semilla fértil y androestéril, correspondieron a 100% semilla androestéril, 90% semilla androestéril + 10% semilla fértil, 80% semilla androestéril + 20% semilla fértil, estos rendimientos representan ventajas con respecto al tratamiento de 100% semilla fértil.

Las proporciones desde 90%, 80%, 70%, 60% de semilla androestéril, con su contraparte de semilla fértil 10%, 20%, 30% y 40% respectivamente, representan buenas opciones de mezcla de semilla, expresando 23.2%, 23.3%, 16.2%, 19.6% de rendimiento superior con respecto al tratamiento 100% fértil.

AGRADECIMIENTOS

La autora(es) agradecen el apoyo financiero del proyecto PAPIIT-IN205908 para la realización de la presente investigación.

LITERATURA CITADA

- Beck, D. L. y Torres, F. J. L. 2005. Desespigamiento. *In*: producción y tecnología de semilla de maíz del INIFAP para Valles Altos y zonas de transición. Ortiz, T. C.; Espinosa, C. A.; Azpiroz, R. H. S. y Sahagún, C. S. (Coms). Campo Experimental Valle de Toluca, CIRCE, INIFAP. Zinacantepec, Estado de México. Libro técnico. Núm. 3. 44-55 pp.
- Espinosa, C. A.; Sierra, M. M.; Gómez, M. N.; Reyes, M. C.; Caballero, H. F.; Tadeo, R. M.; Palafox, C. A.; Cano, O.; Rodríguez, M. F.; Betanzos, M. E. y Coutiño, E. B. 2003a. Seed production and androsterility in normal and quality protein maize. *In*: book of abstracts: Arnel R. Hallauer. International Symposium on Plant Breeding. Distrito Federal, México, 38-239 pp.
- Espinosa, C. A.; Tadeo, R. M.; Lothrop, J.; Azpiroz, R. S.; Martínez, M. R.; Pérez, C. J. P.; Tut, C. C.; Bonilla B. J.; Ramírez, A. M. y Salinas, M. Y. 2003b. H-48 nuevo híbrido de maíz de temporal para Valles Altos del Centro de México. *Agríc. Téc. Méx.* 29(1):85-87.

The proportions of 90%, 80%, 70%, 60% androsterile seeds, with its fertile seed counterpart, 10%, 20%, 30% and 40% respectively, are good options of seed combinations, expressing yields 23.2%, 23.3%, 16.2%, 19.6% higher than the 100% fertile treatment.

End of the English version



- Espinosa, C. A.; Tadeo, R. M.; Sierra, M. M.; Turrent, F. A.; Valdivia, B. R.; Zamudio, G. B. 2009. Híbridos de maíz bajo diferentes combinaciones de semilla androestéril y fértil en México. *Agronomía Mesoamericana*. 20(2):211-216.
- Fleming, A. A.; Koselnicky, G. M. y Browne, B. 1960. Cytoplasmic effect on agronomic characters in a double cross maize hybrid. *Agron. J.* 52:112-115.
- Jugenheimer, R. W. 1990. Maíz, variedades mejoradas, métodos de cultivo y producción de semillas. LIMUSA. México. 489-502 pp.
- Liu, Z. S.; Peter, O.; Long, M.; Weingartner, U.; Stamp, P. and Kaeser, O. 2002. A PCR assay for rapid discrimination of sterile cytoplasm types in maize. *Crop Sci.* 42:566-569.
- Martínez-Lazaro, C.; Mendoza-Onofre, L. E.; García-Santos, S. G.; Mendoza-Castillo, M. C. y 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. *Rev. Fitotec. Mex.* 28(2):127-133.
- Partas, E. K. 1997. Male sterility as an efficient method of exploiting heterocyst in maize. *In*: the genetics and exploitation of heterosis in crops. An international symposium. México. 244-245 p.
- 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*: rasteniev` dni-Nauki. 32(9-10):86-89.
- Stamp, P.; Chowchong, S.; Menzi, M.; Weingartner, U. and Kaeser, O. 2000. Increase in the yield of cytoplasm male sterile maize revisited. *Crop Sci.* 40:1586-1587.

- Tadeo, R. M.; Espinosa, C. A.; Martínez, M. R.; Solano, A. M. y Piña, D. V. A. 1997. Use of CIMMYT germplasm to develop maize hybrids at the UNAM. *In: the genetics and exploitation of heterocyst in crops. An International Symposium. México.* 240-241 p.
- Tadeo, R. M.; Espinosa, C. A.; Solano, A. M. y Martínez, M. R. 2001. Esterilidad masculina para producir semilla híbrida de maíz. *Ciencia y Desarrollo.* 157:64-75.
- Tadeo, R. M.; Espinosa, C. A.; Solano, A. M. y Martínez, M. R. 2003. Androesterilidad en líneas e híbridos de maíz de Valles Altos de México. *Agronomía Mesoamericana.* 14(1):15-19.
- Tadeo, R. M.; Espinosa, C. A.; Martínez, M. R.; Srinivasan, G.; Beck, D. L.; Lothrop, J.; Torres, J. L. y Azpiroz, R. S. 2004. Puma 1075 y Puma 1076 híbridos de maíz de temporal para Valles Altos de México (2 200 a 2 600 msnm). *Rev. Fitotec. Mex.* 27(2):211-212.
- Tadeo, R. M.; Espinosa, C. A.; Martínez, M. R.; Tellez, C.; González, R. I.; Osorio, H. J. M.; Valdivia, B. R.; Gómez, M. N.; Sierra, M. M.; Caballero, H. F. y Palafox, C. A. 2007. Maize seed production and plant breeding in relation with the process teaching-learning. National Autonomous University of Mexico (UNAM). *In: African Crop Science Conference Proceedings. African Crop Science Society. El Minia, Egypt.* 8:19-22.
- Urs, W.; Kaeser, O.; Long, M. and Stamp, P. 2002. Combining cytoplasm male sterility and xenia increases grain yield of maize hybrids. *Crop Sci.* 42:1848-1856.
- Weingartner, U.; Prest, T. J.; Camp, K. H. and Stamp, P. 2002. The plus-hybrid system: a method to increase grain yield by combined cytoplasm male sterility and xenia. *Maydica.* 47:127-134.