

## RENDIMIENTO Y COMPONENTES DEL RENDIMIENTO DE MAÍZ EN RESPUESTA A ARREGLOS TOPOLÓGICOS

### YIELD AND YIELD COMPONENTS OF MAIZE IN RESPONSE TO PLANTING PATTERNS

David Guadalupe Reta Sánchez\*, Arturo Gaytán Mascorro y José Simón Carrillo Amaya<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Campo Experimental La Laguna, Centro de Investigación Regional Norte Centro, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Apartado Postal 247. C.P. 27000. Torreón, Coah. México. Tel: 01 (871) 762-0202. Fax: 01 (871) 762-0715. Correo electrónico: retad@cirnoc.inifap.conacyt.mx

\* Autor responsable

#### RESUMEN

La siembra del maíz (*Zea mays* L.) en arreglos topológicos con tendencia a la equidistancia entre plantas permite incrementar el rendimiento de grano. El propósito del presente estudio fue determinar el efecto de arreglos topológicos en el rendimiento de grano y componentes del rendimiento en genotipos de maíz con diferentes características agronómicas. Se realizaron dos experimentos de campo en 1999 y 2000 en el Campo Experimental La Laguna (INIFAP), ubicado en Matamoros, Coah., México. En 1999, los genotipos 3025W, MCG y N7590 fueron sembrados en surcos sencillos a 0.38, 0.55 y 0.76 m, y en surcos dobles a 0.90 y 1.05 m. En 2000, los híbridos 3025W, 3002W y Garst 8285 se evaluaron en surcos sencillos a 0.38, 0.50 y 0.76 m, y en surcos dobles a 1.0 y 1.05 m. La distancia entre hileras en surcos dobles fue de 0.25 m. Se utilizó el diseño experimental de bloques completos al azar y arreglo en parcelas divididas con tres repeticiones en el primer año y cuatro en el segundo. Se determinó el rendimiento de grano y sus componentes, y el número de óvulos formados y abortados. La mejor distribución espacial de plantas en surcos a 0.38 y 0.50 m, y en surcos dobles a 1.0 m respecto a surcos convencionales (0.76 m), incrementó el rendimiento de maíz entre 13 y 32 %, debido a la formación de un mayor número de granos/m<sup>2</sup> (16 a 18 %). El mayor rendimiento y número de granos/m<sup>2</sup> en los híbridos 3025W y Garst 8285 respecto a 3002W en surcos estrechos, fue el resultado de un menor porcentaje de óvulos abortados. Los resultados indican que el uso de surcos estrechos en maíz puede incrementar el rendimiento de grano; sin embargo, es necesario identificar genotipos con mayor adaptación a estos arreglos topológicos.

**Palabras clave:** *Zea mays* L., surcos estrechos, número de granos, número de óvulos, aborto de óvulos

#### SUMMARY

Planting patterns tending to an equidistant plant-spacing distribution increase grain yield in maize (*Zea mays* L.). The purpose of this study was to determine the effect of plant spatial arrangement on grain yield and yield components of maize genotypes differing in agronomic characteristics. Two field experiments were carried out during 1999 and 2000 at the Campo Experimental La Laguna (INI-

FAP) in Matamoros, Coah., México. In 1999, the genotypes 3025W, MCG, and N7590 were planted at single rows separated by 0.38, 0.55, and 0.76 m, and at twin rows at 0.90, and 1.05 m. In 2000, the hybrids 3025W, 3002W, and Garst 8285 were evaluated at single rows separated by 0.38, 0.50, and 0.76 m, and at twin rows at 1.0, and 1.05 m. For twin rows, the distance between plant lines was 0.25 m. A randomized complete block design in a split plot arrangement with three replications in the first year and four in the second, was used. Grain yield, yield components, number of formed ovules, and ovule abortion were determined. The plant-spacing patterns at 0.38 and 0.50 m rows, and twin rows at 1.0 m as compared to conventional row spacing (0.76 m), increased grain yield by 13 to 32 %, due to a greater number of grains/m<sup>2</sup> (16 to 18 %). Higher yields and number of grains/m<sup>2</sup> for 3025W and Garst 8285 hybrids than those obtained for 3002W in narrow rows, were the result of a lower ovule abortion percentage. The results show that maize planted in narrow rows can produce higher yields than in conventional row spacing; however, adapted genotypes to narrow row systems must be identified

**Index words:** *Zea mays* L., narrow rows, grain number, ovule number, ovule abortion.

#### INTRODUCCIÓN

La siembra del maíz (*Zea mays* L.) en arreglos topológicos con surcos angostos respecto a surcos convencionales (0.76 m), permite incrementar el rendimiento de grano como consecuencia de disminuir la competencia entre plantas dentro del surco por luz, agua y nutrientes (Bullock *et al.*, 1988; Barbieri *et al.*, 2000). El nivel de respuesta del maíz a la disminución de la distancia entre surcos puede variar de acuerdo a las condiciones ambientales (Porter *et al.*, 1997; Barbieri *et al.*, 2000) y a la adaptabilidad de los genotipos (Stivers *et al.*, 1971), aunque en híbridos de liberación reciente, es raro encontrar interacción significativa para distancia entre surcos x híbridos (Porter *et al.*, 1997; Widdicombe y Thelen, 2002).

Para acortar la distancia entre surcos en maíz, se pueden usar surcos estrechos con distancias menores a la tradicional de 0.76 m, o bien surcos anchos sembrados con doble hilera de plantas. Mediante el modelo CERES, Hodges y Evans (1990) estimaron un incremento en rendimiento de maíz de 4.7 a 6.2 % al reducir la distancia entre surcos de 0.76 a 0.38 m; otros autores también registraron ganancias promedio de 7.2 a 20 % en rendimiento de grano al reducir la distancia entre surcos de 0.75 a 0.35 m (Murphy *et al.*, 1996; Porter *et al.*, 1997; Barbieri *et al.*, 2000). Sin embargo, otros investigadores no encontraron ventajas con surcos estrechos respecto a surcos con distanciamiento tradicional (Ottman y Welch, 1989), ni tampoco al aumentar la distancia entre surcos a 0.80 y 0.90 m sembrados a doble hilera (Reta *et al.*, 1998).

El incremento de rendimiento de maíz en respuesta a la disminución de la distancia entre surcos se ha relacionado con un aumento en la producción de biomasa y en la asignación a los órganos de reserva (Bullock *et al.*, 1988), así como a una mayor producción de granos por metro cuadrado (Barbieri *et al.*, 2000). Según Barbieri *et al.* (2000), la reducción del espacio entre surcos de 0.70 a 0.35 m permitió incrementar el rendimiento de grano y el número de granos en 20.5 y 14.5 %, respectivamente, así como lograr una mayor respuesta en niveles más bajos de nitrógeno, debido a una menor competencia intraespecífica y a una mayor intercepción de energía solar desde antes de la emergencia de estigmas, periodo crítico para la formación de granos.

El número de granos formados en maíz está determinado por el número potencial de óvulos polinizados y la proporción de óvulos abortados. El estrés producido por una alta densidad de población o el sombreado artificial durante el periodo crítico de formación de grano, incrementa el porcentaje de óvulos abortados como consecuencia de un inadecuado suministro de fotoasimilados al grano en desarrollo (Reed *et al.*, 1988). Los genotipos con baja tolerancia al sombreado presentan una alta proporción de plantas estériles al incrementar la competencia entre plantas, en comparación con los genotipos tolerantes (Tollenaar *et al.*, 1992). El objetivo del presente estudio fue determinar el efecto de arreglos topológicos sobre el rendimiento de grano y componentes del rendimiento de genotipos comerciales de maíz con diferentes características agronómicas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizaron dos experimentos en campo en terrenos del Campo Experimental La Laguna del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias de

Matamoros, Coah., México, ubicado a 25° 32' LN y 103° 14' LW, con una altitud de 1150 msnm. El suelo del área experimental es de textura de migajón arcillosa. El primer experimento se sembró el 16 de abril de 1999, y el segundo experimento el 9 de junio de 2000, ambos en suelo húmedo.

En 1999 se evaluaron 15 tratamientos generados a partir de tres genotipos (Pioneer 3025W, MCG y Novartis N7590) en combinación con cinco arreglos topológicos [surcos sencillos (SS) de tres anchuras, 0.38, 0.55 y 0.76 m de separación; surcos de 0.90 y 1.05 m sembrados a doble hilera (SD) con 0.25 m de separación], todos a una densidad de población de 11.2 plantas/m<sup>2</sup>. Los híbridos 3025W y N7590 son de ciclo intermedio-precoc, altura intermedia y hojas erectas, mientras que MCG es una variedad de polinización libre, con altura intermedia y hojas normales. El diseño experimental empleado fue bloques completos al azar con tres repeticiones, en arreglo de parcelas divididas. En las parcelas grandes se ubicaron los arreglos topológicos, y en las chicas a los genotipos. La unidad experimental consistió de ocho surcos de 6 m de longitud, de la cual la parcela útil fueron los dos surcos centrales de 5 m.

En 2000 se evaluaron 15 tratamientos, que resultaron de la combinación de cinco arreglos topológicos (SS sembrados a 0.38, 0.50 y 0.76 m de separación; surcos de 1.00 y 1.05 m sembrados a doble hilera con 0.25 m de separación), y tres híbridos de maíz (Pioneer 3002W, Pioneer 3025W y Garst 8285). En todos los tratamientos se utilizó una densidad de población de 11.2 plantas/m<sup>2</sup>. El híbrido 3002W es de ciclo intermedio, porte alto y hojas normales, mientras que el híbrido Garst 8285 es de ciclo intermedio-precoc, altura intermedia y hojas erectas. El diseño experimental y distribución de tratamientos fueron los mismos que en el primer experimento; sin embargo, en este ciclo se utilizaron cuatro repeticiones. La unidad experimental consistió de ocho surcos de 10 m de longitud, con una parcela útil de los dos surcos centrales de 8 m.

El manejo agronómico del cultivo en ambos experimentos fue el recomendado en la región por el Campo Experimental La Laguna para obtener altos rendimientos (Carrillo, 1998). En 1999 se fertilizó al momento de la siembra con la dosis 100 N-100 P-00 K más 120 y 80 kg de N/ha en el primero y segundo riego de auxilio, respectivamente. Se aplicaron cinco riegos de auxilio a los 29, 40, 57, 78 y 93 días después de la siembra (dds). En 2000, también se fertilizó en la siembra con la dosis de 100 N-100 P-00 K, y posteriormente se aplicaron 90, 43 y 50 kg de N/ha en el primero, segundo y tercer riego de auxilio, respectivamente; se aplicaron cuatro riegos de auxilio a los 34, 49, 63 y 77 dds. En los dos ciclos se utilizó urea granulada como

fuelle de nitrógeno y fosfate monoamónico como fuente de nitrógeno y fósforo en el momento de la siembra. En las aplicaciones de nitrógeno en los riegos de auxilio, se utilizó urea ácida como fuente (26 N-00 P-00 K). Se aplicó una escarda mecánica en los surcos sencillos a 0.76 m y en los surcos dobles a 0.90, 1.00 y 1.05 m, a los 30 dds. El control de plagas se realizó durante todo el ciclo de crecimiento del cultivo mediante cuatro aplicaciones de insecticida. A los 20 y 32 dds se aplicó Clorpirifós 480CE en dosis de 1 L ha<sup>-1</sup> para el control del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*). Posteriormente a los 62 y 75 dds se aplicó Ometoato 1000CE en dosis de 0.5 L ha<sup>-1</sup> para el control de araña roja (*Tetranychus spp*).

En cada parcela útil se determinó el rendimiento de grano (15 % de humedad) y los siguientes componentes del rendimiento: número de granos/m<sup>2</sup>, peso de 2000 granos y porcentaje de plantas estériles. De las mazorcas cosechadas se obtuvieron al azar los 2000 granos, con los cuales se estimó el peso medio de grano por parcela. El porcentaje de plantas estériles se estimó mediante la relación entre el número de plantas sin mazorca y el número de plantas totales por parcela.

En ambos experimentos se determinó el número potencial de óvulos/m<sup>2</sup> en la etapa de floración, para lo cual se consideraron mazorcas primarias con estigmas expuestos de 10 plantas por parcela tomadas al azar. En estas mazorcas se contó el número de hileras/mazorca y el número de óvulos por hilera, incluyendo óvulos fertilizados y no fertilizados. En madurez fisiológica se determinó el número de granos/m<sup>2</sup> como el producto del número de hileras/mazorca por el número de granos/hilera en las mazorcas primarias de 50 plantas cosechadas al azar en cada parcela experimental. El número de óvulos y granos por hilera fue determinado en una hilera representativa de cada mazorca. El porcentaje de óvulos abortados en las mazorcas primarias se determinó mediante la relación entre el número de granos que llegaron a madurez fisiológica y el número potencial de óvulos en floración. En este estudio, óvulos abortados fueron definidos como óvulos que no formaron granos maduros.

Se realizaron análisis de varianza de acuerdo al diseño experimental de cada experimento. La comparación de medias en 1999 se realizó de acuerdo a la prueba de Tukey (P ≤ 0.05). En 2000, la comparación de medias se hizo mediante diferencias mínimas significativas (DMS) estimadas con los errores estándar del diseño experimental de parcelas divididas, con un nivel de significancia de 0.05.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Rendimiento de grano y componentes del rendimiento

En los dos años de evaluación (1999 y 2000) se encontraron diferencias significativas en el rendimiento de grano y sus componentes entre arreglos topológicos y genotipos; la interacción arreglos topológicos x genotipos sólo fue significativa en el segundo experimento.

En promedio de genotipos, el mayor rendimiento de grano se obtuvo en 1999 en los surcos sencillos a 0.38 m de separación y en surcos a 1.05 m con doble hilera de plantas, que fueron iguales entre sí y superiores en 13 % a surcos convencionales (0.76 m). En ambos tratamientos el mayor rendimiento fue debido a la mayor producción de granos/m<sup>2</sup>, así como al mayor peso medio de grano en surcos a 0.38 m. (Cuadro 1). La ventaja en rendimiento de 13 % en surcos estrechos fue superior a la consignada por otros estudios (Hodges y Evans, 1990; Porter *et al.*, 1997), y similar al incremento de 10 a 15 % encontrado por Murphy *et al.* (1996) con base en un buen manejo agronómico y adecuada fertilización.

Cuadro 1. Rendimiento de grano y componentes del rendimiento de tres genotipos de maíz establecido en cinco arreglos topológicos en 1999.

Tratamientos	Rendimiento de grano (t ha <sup>-1</sup> )	Núm. de granos/m <sup>2</sup>	Peso de 2000 granos (g)	Plantas estériles (%)
<b>Arreglos topológicos</b>				
SS0.38m †	13.30 a†	4708 a	585.9 a	13.2 a
SS0.55m	11.18 c	4271 ab	526.7 c	13.4 a
SS0.76m	11.64 bc	4215 b	552.6 bc	10.6 a
SD0.90m	12.66 ab	4689 a	545.3 c	12.4 a
SD1.05m	13.02 a	4690 a	576.0 ab	11.8 a
<b>Genotipos</b>				
N7590	14.06 a	5461 a	514.9 c	4.4 b
3025W	14.34 a	5150 b	565.0 b	4.5 b
MCG	8.68 b	2933 c	591.9 a	28.0 a

†Medias seguidas con la misma letra en cada columna en un factor, son significativamente iguales (Tukey, 0.05). †SS0.38m = surcos sencillos a 0.38 m; SS0.55m = surcos sencillos a 0.55 m; SS0.76m = surcos sencillos a 0.76 m; SD0.90m = surcos a 0.90 m con doble hilera; SD1.05m = surcos a 1.05 m con doble hilera.

En 1999, el rendimiento de los híbridos 3025W y N7590 fue mayor que el obtenido por la variedad MCG, debido a una mayor producción de granos y a un menor porcentaje de plantas estériles en los híbridos (Cuadro 1). Debido a que la interacción arreglos topológicos x genotipos no fue significativa, los tres genotipos evaluados pueden ser sembrados tanto en surcos convencionales como en surcos estrechos a 0.38 m y con doble hilera de plantas a 1.05 m.

En 2000, la interacción arreglos topológicos x genotipos fue significativa, lo que indica que la respuesta del rendimiento de maíz a la distribución espacial de plantas fue variable de acuerdo al genotipo utilizado, lo cual coincide con lo encontrado por Stivers *et al.* (1971); sin embargo, no se registró interacción significativa para distancia entre surcos x híbridos como la observada en otros estudios donde se evaluaron híbridos de maíz de reciente liberación. En estos estudios se concluyó que los híbridos con altos rendimientos en surcos convencionales (0.76 m) también obtienen altos rendimientos en surcos estrechos (Porter *et al.*, 1997; Widdicombe y Thelen, 2002). Al respecto los híbridos 3025W y Garst 8285 superaron en todos los arreglos topológicos a 3002W. Solamente en surcos a 0.38 m, el rendimiento de Garst 8285 fue significativamente superior a 3025W (Cuadro 2).

Al comparar el rendimiento de grano de un mismo híbrido en los arreglos topológicos evaluados, se encontró que sólo hubo diferencia significativa entre tratamientos en los híbridos 3025W y Garst 8285 (Cuadro 2). En 3025W, el mayor rendimiento se obtuvo en surcos a 1.0 m con doble hilera y surcos sencillos a 0.50 m, superando entre 23 y 25% a los surcos sencillos a 0.76 m. En Garst 8285, el mayor rendimiento se obtuvo en surcos sencillos a 0.38 m, el cual fue superior a surcos convencionales en 32%. El mayor rendimiento de grano en los surcos estrechos y en los híbridos 3025W y Garst 8285 fue solamente resultado de la producción de un mayor número de granos por metro cuadrado, ya que el peso medio de grano no fue afectado significativamente por la distribución espacial de plantas (Cuadro 2).

Los resultados de 2000, indicaron que sólo los híbridos 3025W y Garst 8285 presentaron incrementos significativos de rendimiento entre 23 y 32 % en surcos estrechos, valores similares a los consignados por Barbieri *et al.* (2000), bajo condiciones de deficiencia de nitrógeno. El incremento promedio de 16 a 18 % en el número de granos/m<sup>2</sup> en surcos estrechos respecto a surcos con distanciamiento tradicional (Cuadro 2), fue similar al aumento promedio de 14.5 % encontrado por Barbieri *et al.* (2000).

Cuadro 2. Rendimiento de grano y componentes del rendimiento en cinco arreglos topológicos para cada uno de los tres genotipos de maíz evaluados en 2000.

Arreglos topológicos	Genotipos		
	3002W	3025W	Garst 8285
<b>Rendimiento de grano (kg ha<sup>-1</sup>)</b>			
SD 1.00m <sup>†</sup>	5738 a B <sup>†</sup>	9349 a A	8451 b A
SD 1.05m	5746 a B	7253 b A	8456 b A
SS 0.38m	5237 a C	8782 ab B	10780 a A
SS 0.50m	6215 a B	9226 a A	9251 ab A
SS 0.76m	5869 a B	7505 b A	8165 b A
<b>Número de granos/m<sup>2</sup></b>			
SD 1.00m	4036 a B	5689 a A	5167 b A
SD 1.05m	4067 a B	4932 bc A	5018 bc A
SS 0.38m	3855 a C	5073 bc B	5751 a A
SS 0.50m	4409 a B	5235 ab A	5362 ab A
SS 0.76m	3895 a B	4615 c A	4585 c A
<b>Peso de 2000 granos (g)</b>			
SD 1.00m	400 a A	391 a A	422 a A
SD 1.05m	402 a A	365 a A	433 a A
SS 0.38m	404 a B	383 a B	440 a A
SS 0.50m	400 a A	387 a A	453 a A
SS 0.76m	425 a A	401 a A	466 a A

<sup>†</sup> Medias seguidas con la misma letra son significativamente iguales (Tukey, 0.05). Letras minúsculas, para comparación entre arreglos topológicos en cada columna. Letras mayúsculas, para comparación entre genotipos en cada renglón. Diferencias mínimas significativas estimadas con los errores estándar del diseño experimental de parcelas divididas.

<sup>‡</sup> SD1.0m = surcos dobles a 1.0 m; SD1.05m = surcos dobles a 1.05 m; SS0.38m = surcos sencillos a 0.38 m; SS0.50m = surcos sencillos a 0.50 m; SS0.76m = surcos sencillos a 0.76 m.

### Producción de óvulos y granos/m<sup>2</sup>

En 1999, la mayor producción de granos en surcos a 0.38 m y surcos dobles a 1.05 m, no fue debido a un mayor número potencial de óvulos/m<sup>2</sup> sino a un menor porcentaje de óvulos abortados. La ventaja en el número de granos/m<sup>2</sup> en los híbridos 3025W y N7590 respecto a la variedad MCG, se originó debido tanto a la mayor producción de óvulos/m<sup>2</sup> como a un menor porcentaje de óvulos abortados (Cuadro 3).

Cuadro 3. Número de óvulos formados y porcentaje de óvulos abortados en tres genotipos de maíz establecidos en cinco arreglos topológicos en 1999.

Tratamientos	Núm. de óvulos/m <sup>2</sup>	Óvulos abortados (%)
<b>Arreglos topológicos</b>		
SS0.38m ‡	8191 b †	34.0 b
SS0.55m	8529 ab	42.1 a
SS0.76m	7899 b	40.6 a
SD0.90m	9570 a	44.0 a
SD1.05m	8150 b	33.6 b
<b>Genotipos</b>		
3025W	8620 a	36.1 b
MCG	7560 b	46.0 a
N7590	9223 a	34.5 b

† Medias seguidas con la misma letra en cada columna son significativamente iguales (Tukey, 0.05) dentro de cada factor.

‡ SS0.38m = surcos sencillos a 0.38 m; SS0.55m = surcos sencillos a 0.55 m; SS0.76m = surcos sencillos a 0.76 m; SD0.90m = surcos a 0.90 m con doble hilera; SD1.05m = surcos a 1.05 m con doble hilera.

En 2000 la interacción arreglos topológicos x genotipos fue significativa para número de óvulos y porcentaje de óvulos abortados. En genotipos de ciclo intermedio, porte de planta alto y hojas normales, como 3002W, la mejor distribución de plantas en surcos estrechos sólo presentó ventajas significativas durante la diferenciación y desarrollo temprano de las mazorcas en surcos a 0.50 m, debido a la formación de un mayor número de óvulos. Por el contrario, en híbridos de ciclo intermedio-precoc, porte de planta intermedio y hojas erectas como 3025W y Garst 8285, la distribución de plantas en surcos a 0.38 y 0.50 m, así como en surcos dobles a 1.0 y 1.05 m incrementó significativamente el número de óvulos formados respecto a surcos convencionales (Cuadro 4). El mayor número de granos/m<sup>2</sup> producidos en los híbridos 3025W y Garst 8285 respecto al híbrido 3002W, se debió a un menor porcentaje de óvulos abortados; esto significa que el híbrido 3002W en todos los arreglos topológicos evaluados presentó una capacidad igual o mayor que los otros dos híbridos para la producción de óvulos/m<sup>2</sup>, por lo que su menor número de granos/m<sup>2</sup> debió ser consecuencia de un mayor porcentaje de óvulos abortados respecto a 3025W y Garst 8285 (Cuadro 4).

Cuadro 4. Número de óvulos formados y el porcentaje de óvulos abortados en las mazorcas primarias de cinco arreglos topológicos para cada uno de los tres genotipos de maíz evaluados en 2000.

Arreglos topológicos	Genotipos		
	3002W	3025W	Garst 8285
<b>Número de óvulos/m<sup>2</sup></b>			
SS0.38m ‡	8171 b A †	8891 a A	8368 a A
SS0.50m	9099 a A	8589 ab A	7682 ab B
SS0.76m	7814 b A	7148 c AB	6554 c B
SD1.00m	8149 b A	7896 bc A	7831 ab A
SD1.05m	8325 ab A	8294 ab A	7211 bc B
<b>Óvulos abortados (%)</b>			
SS0.38m	61.6 a A	43.9 a B	30.5 a C
SS0.50m	55.8 ab A	38.4 bc B	30.1 a C
SS0.76m	49.8 b A	33.2 bc B	32.0 a B
SD1.00m	50.1 b A	31.8 c B	33.9 a B
SD1.05m	53.4 b A	38.9 ab B	32.9 a B

† Medias seguidas con la misma letra son significativamente iguales (Tukey, 0.05), dentro de cada factor. Letras minúsculas, para comparación entre arreglos topológicos en cada columna; letras mayúsculas, para comparación entre genotipos en cada renglón. Diferencias mínimas significativas estimadas con los errores estándar del diseño experimental de parcelas divididas.

‡ SS0.38m = surcos sencillos a 0.38 m; SS0.50m = surcos sencillos a 0.50 m; SS0.76m = surcos sencillos a 0.76 m; SD1.00m = surcos a 1.0 m con doble hilera; SD1.05m = surcos a 1.05 m con doble hilera.

La comparación del porcentaje de óvulos abortados entre arreglos topológicos para un mismo genotipo, sugiere que en el híbrido 3002W en surcos estrechos (principalmente en surcos a 0.38 m), se presentó una mayor competencia entre plantas después de floración que provocó un mayor aborto de óvulos (Cuadro 4), comportamiento que es similar al consignado por Tollenaar *et al.* (1992) en genotipos no tolerantes al sombreado bajo condiciones de alta competencia entre plantas, en los cuales se incrementa el número de plantas estériles y se reduce el número de granos producidos. La mayor competencia entre plantas que se presenta después de floración en genotipos como 3002W bajo condiciones de surcos estrechos, muestra la necesidad de identificar genotipos que presenten buen comportamiento en un sistema de producción de surcos estrechos.

Los híbridos 3025W y Garst 8285, el factor más importante para el establecimiento de granos/m<sup>2</sup> fue el número de óvulos formados, ya que el porcentaje de óvulos abortados en surcos estrechos fue igual o mayor que en surcos a 0.76 m (Cuadro 4). Esto sugiere que el uso de genotipos como 3025W y Garst 8285 en arreglos topológicos que tienden a la equidistancia entre plantas mediante surcos angostos, permite aprovechar la ventaja de una mayor tasa de crecimiento en las etapas tempranas del desarrollo, como lo observaron Bullock *et al.* (1988) en siembras equidistantes de maíz, sin presentar pérdidas significativas del potencial de rendimiento por aborto de óvulos después de floración.

### CONCLUSIONES

El uso de surcos estrechos en maíz (surcos sencillos a 0.38 y 0.50 m y surcos dobles a 1.0 m) incrementó el rendimiento de grano entre 13 y 32% respecto a surcos convencionales (0.76 m), debido a la formación de un mayor número de granos/m<sup>2</sup> (16 a 18%). La mejor distribución espacial de plantas en surcos estrechos en genotipos como 3025W y Garst 8285, redujo la competencia entre plantas después de floración, lo cual se reflejó en un menor porcentaje de óvulos abortados y la formación de un mayor número de granos/m<sup>2</sup> en surcos estrechos respecto a híbridos como 3002W. Debido a la interacción significativa arreglos topológicos x genotipos, es necesario identificar genotipos de maíz con mayor adaptación al sistema de surcos estrechos para aprovechar las ventajas de este sistema de producción.

### BIBLIOGRAFÍA

- Barbieri P A, H R Sainz Rozas, F H Andrade, H E Echeverria (2000)** Row spacing effects at different levels of nitrogen availability in maize. *Agron. J.* 92:283-288.
- Bullock D G, R L Nielsen, W E Nyquist (1988)** A growth analysis comparison of corn grown in conventional and equidistant plant spacing. *Crop Sci.* 28:254-258.
- Carrillo A J S (1998)** El cultivo del maíz en la Región Lagunera. Desplegable para productores No. 3. CELALA-CIRNOC-INIFAP.
- Hodges T, D W Evans (1990)** Light interception model for estimating the effects of row spacing on plant competition in maize. *J. Prod. Agric.* 3:190-195.
- Murphy S D, Y Yakubu, S F Weise, C J Swanton (1996)** Effect of planting patterns and inter-row cultivation on competition between corn (*Zea mays L.*) and late emerging weeds. *Weed Sci.* 44:856-870.
- Ottman M J, L F Welch (1989)** Planting patterns and radiation interception, plant nutrient concentration and yield in corn. *Agron. J.* 81:167-174.
- Porter P M, D R Hicks, W E Lueschen, J H Ford, D D Warnes, T R Hoverstad (1997)** Corn response to row width and plant population in the northern Corn Belt. *J. Prod. Agric.* 10:293-300.
- Reed A J, G W Singletary, J R Schussler, D R Williamson, A L Christy (1988)** Shading effects on dry matter and nitrogen partitioning, kernel number and yield of maize. *Crop Sci.* 28:819-825.
- Reta S D G, A Gaytán M, J S Carrillo A (1998)** Respuesta del maíz a densidades de población y métodos de siembra. I. Rendimiento y sus componentes. *Ciencia Agropecuaria FAUANL-1998* 8:11-16.
- Stivers R K, D R Griffith, E P Christmas (1971)** Corn performance in relation to row spacings, populations, and hybrids on five soils in Indiana. *Agron. J.* 63:580-582.
- Tollenaar M, L M Dwyer, D W Stewart (1992)** Ear and kernel formation in maize hybrids representing three decades of grain yield improvement in Ontario. *Crop Sci.* 32:432-438.
- Widdicombe W D, K D Thelen (2002)** Row width and plant density effects on corn grain production in the northern corn belt. *Agron. J.* 94:1020-1023.