

EFFECTO DE LA DENSIDAD Y MÉTODO DE SIEMBRA EN EL RENDIMIENTO DE GRANO DE TRIGO (*Triticum aestivum* L.) EN EL BAJÍO, MÉXICO

EFFECT OF PLANT DENSITY AND SOWING METHOD ON WHEAT (*Triticum aestivum* L.) GRAIN YIELD IN EL BAJÍO, MÉXICO

M. Pilar Suaste-Franco, Ernesto Solís-Moya*, Lourdes Ledesma-Ramírez, M. Lourdes de la Cruz-Gonzalez, O. Arath Grageda-Cabrera, Aurelio Báez-Pérez

Programa de Trigo. Campo Experimental Bajío. INIFAP. Km 6.5, Carretera Celaya-San Miguel de Allende. 38000, Celaya Guanajuato. (esolismoya@hotmail.com)

RESUMEN

Los rendimientos de trigo (*Triticum aestivum* L.) dependen de la fecha, método y densidad de siembra. El objetivo de esta investigación fue estudiar el efecto del método y la densidad de siembra en fechas de siembra intermedias y tardías sobre el rendimiento del grano de dos cultivares de trigo. En los ciclos otoño-invierno de 2006 a 2008 se evaluaron dos fechas de siembra (22 de diciembre y 12 de enero), cuatro métodos de siembra (melgas de cuatro y seis hileras y surcos de dos y tres hileras), cuatro densidades de siembra (60, 120, 180 y 240 kg semilla ha⁻¹) y dos cultivares (Bárcenas S2002 y Josecha F2007). El diseño experimental fue de bloques al azar con un arreglo en parcelas sub subdivididas, con cuatro repeticiones. El rendimiento mayor se obtuvo en la primera fecha de siembra en los dos ciclos ($p \leq 0.01$). Los métodos en melgas superaron el rendimiento de la siembra en surcos ($p \leq 0.01$). La densidad de siembra de 180 kg ha⁻¹ superó a las de 60 y 120 e igualó o superó a la de 240 kg ha⁻¹. La variedad Josecha F2007 superó el rendimiento de Bárcenas S2002 en el ciclo 2006-2007. En las siembras de finales de diciembre y principios de enero con 180 kg ha⁻¹ de semilla supera al testigo regional con 240 kg ha⁻¹ y a la recomendada para esta región de 120 kg ha⁻¹.

Palabras clave: *Triticum aestivum*, melgas, surcos, hileras.

INTRODUCCIÓN

En 2010 la superficie con trigo (*Triticum aestivum* L.) en México fue 678 554 ha, 86 % en el ciclo otoño-invierno (O-I) con riego y 14 % en el de primavera-verano (P-V) en temporal. El estado de

* Autor responsable ♦ Author for correspondence.

Recibido: agosto, 2012. Aprobado: diciembre, 2012.

Publicado como ARTÍCULO en *Agrociencia* 47: 159-170. 2013.

ABSTRACT

Wheat (*Triticum aestivum* L.) yields depend on date, method and sowing density. The objective of this research was to study the effect of the method and sowing density on intermediate and late sowing dates on the grain yield of two wheat cultivars. In the fall-winter seasons of 2006-2008, two sowing dates (December 22 and January 12), four sowing methods (conventional flat sowing of four and six rows and raised bed sowing of two and three rows), four plant densities (60, 120, 180 and 240 kg seed ha⁻¹) and two cultivars (Bárcenas S2002 and Josecha F2007), were evaluated. The experimental design was a randomized block with a split-plot arrangement with four replications. The highest yield was obtained in the first sowing date in the two cycles ($p \leq 0.01$). The conventional flat methods outperformed the sowing in rows ($p \leq 0.01$). The seeding rate of 180 kg ha⁻¹ exceeded densities of 60 and 120 and equaled or exceeded that of 240 kg ha⁻¹. The variety Josecha F2007 outperformed Bárcenas S2002 in 2006-2007. Sowings in late December and early January with 180 kg ha⁻¹ seed outperformed the regional control with 240 kg ha⁻¹ and that recommend for this region with 120 kg ha⁻¹.

Keywords: *Triticum aestivum*, conventional flat sowing, raised bed sowing, rows.

INTRODUCTION

In 2010, the area with wheat (*Triticum aestivum* L.) in México was 678 554 ha, 86 % in the fall-winter (AW) season under irrigation, and 14 % in the spring-summer (SS) under rainfed conditions. The state of Sonora was the largest producer with 52 %, followed by California with 17 % and 8 % Guanajuato. The Northwest region contributed 70 % and El Bajío 13.7 %, which is more than four fifths of the

Sonora fue el principal productor con 52 %, le siguieron Baja California con 17 % y Guanajuato con 8 %. La región Noroeste contribuyó con 70 % y El Bajío con 13.7 %, lo cual es más de las cuatro quintas partes de la producción nacional (SIAP, 2011). La producción ese año fue 3 676 707 t, con rendimiento medio nacional de 4.1 t ha⁻¹ (SIAP, 2011), insuficiente para satisfacer un consumo per cápita anual de 52 kg (Canimolt, 2012).

La densidad de plantas por hectárea, los métodos de siembra, la fertilización, el control de malezas y las enfermedades son algunos de los factores limitantes de la producción de trigo (Soomro *et al.*, 2009). La densidad y el método de siembra son importantes porque determinan el establecimiento apropiado del cultivo, la competencia entre plantas y la conversión de energía solar en productos cosechables (Kabesh *et al.*, 2009). La cantidad de semilla óptima por hectárea es la que capta más de 90 % de la radiación incidente al inicio del crecimiento de las espigas (Satorre, 1999).

Anderson e Impiglia (2002) subrayan que la población óptima de plantas de trigo por hectárea es proporcional al rendimiento, por lo que cuando se espera mayor rendimiento de grano la densidad de siembra debe aumentarse. El rendimiento de grano aumentó de 480 kg ha⁻¹ incrementó la densidad de semilla de 34 a 101 kg ha⁻¹ (Blue *et al.*, 1989), y de 420 a 3900 kg ha⁻¹ al aumentar la densidad de plantas de 35 a 175 plantas m⁻² (Anderson *et al.*, 2004). Chen *et al.* (2008) evaluaron densidades de siembra de 108, 215, 323 y 430 semillas m⁻²; y observaron que el tratamiento con 215 semillas m⁻² superó al de 108 con 512 kg ha⁻¹ ($p \leq 0.05$), pero con 323 y 430 semillas m⁻² no se aumentó el rendimiento.

La densidad de siembra óptima está determinada por la fecha de siembra (Sekhon *et al.*, 2002). En siembras tempranas hay rendimientos mayores que en siembras tardías debidos al ciclo biológico más prolongado (Tenveer *et al.*, 2003), crecimiento vigoroso asociado a la emergencia rápida y uniforme de las plántulas (Kirby, 1993) y combinación adecuada de tamaño de hojas y número de macollos (Regan *et al.*, 1992). Ciha (1983) mostró que en trigo de primavera el aumento de la densidad de siembra no favoreció el incremento del rendimiento de grano, excepto cuando el cultivo se sembró en fecha tardía y el ambiente provocó reducción del amacollamiento. Según Baloch *et al.* (2010), siembras en fechas tempranas

nacional producción (SIAP, 2011). The production that year was 3 676 707 t, with national average yield of 4.1 t ha⁻¹ (SIAP, 2011), insufficient to meet the annual per capita consumption of 52 kg (Canimolt, 2012).

The density of plants per hectare, sowing methods, fertilization, weed control and disease are some of the factors limiting wheat production (Soomro *et al.*, 2009). Density and sowing method are important because they determine the appropriate crop establishment, competition between plants and the conversion of solar energy into harvestable products (Kabesh *et al.*, 2009). The optimum amount of seed per hectare is that capturing more than 90 % of incident radiation at the beginning of spike growth (Satorre, 1999).

Anderson and Impiglia (2002) emphasized that the optimum plant population per hectare of wheat is proportional to the yield obtained, so that when greater grain yield is expected, plant density should be higher. Grain yields increased 480 kg ha⁻¹ by increasing seed density from 34 to 101 kg ha⁻¹ (Blue *et al.*, 1989), and from Anderson *et al.* (2004) 420 to 3900 kg ha⁻¹ increasing plant density from 35 to 175 m⁻² (Anderson *et al.*, 2004). Chen *et al.* (2008) evaluated sowing densities of 108, 215, 323 and 430 seeds m⁻², and found that the treatment with 215 seeds m⁻² exceeded that of 108 with 512 kg ha⁻¹ ($p \leq 0.05$), but with 323 and 430 seeds m⁻² yield did not increase.

The optimum sowing density is determined by the sowing date (Sekhon *et al.*, 2002). In early sowings yields are higher than in late sowings due to longer cycle (Tenveer *et al.*, 2003), vigorous growth associated with rapid, uniform emergence of seedlings (Kirby, 1993) and appropriate combination of sheet size and number of tillers (Regan *et al.*, 1992). Ciha (1983) showed that in spring wheat, the increase in plant density did not favor higher grain yield, except when the crop sowing date was late and the environment caused reduced tillering. According to Baloch *et al.* (2010), sowing in early dates increased the number of stems, plant height, spike length, and thousand-kernel weight, which favored the increase in performance, but decreased in late date sowings. Solis *et al.* (2004) reported that in early date sowings the cycle is longer because the crop grows at low temperatures, and in such sowing (November 16) the late reproductive stage (terminal spikelet to anthesis)

aumentan el número de tallos, la altura de la planta, la longitud de las espigas y el peso de mil granos, lo que favoreció el incremento del rendimiento; éste disminuyó con las siembras en fechas tardías. Solís *et al.* (2004) señalaron que en las siembras en fechas tempranas el ciclo es más largo porque el cultivo se desarrolla con temperaturas bajas, y con esa siembra (16 de noviembre) la etapa reproductiva tardía (espiguilla terminal a antesis) duró 49 d, en siembra intermedia (15 de diciembre) la duración fue 40 d y 35 d en fecha tardía (15 de enero). Las temperaturas medias de los periodos correspondientes a las fechas temprana, intermedia y tardía de las siembras fueron 14.7, 15.7 y 17.3 °C y los rendimientos fueron 7735, 6828 y 5184 kg ha⁻¹.

Los métodos más usados para sembrar trigo son melgas, corrugaciones y surcos anchos con dos y tres hileras. En el método de melgas el terreno nivelado se siembra con la sembradora para granos pequeños que deposita la semilla en hileras separadas a 17.5 cm. Después se levantan bordos, el tamaño y forma de melgas depende de la nivelación del terreno. El método de corrugaciones consiste en un surcado a 15 cm de profundidad que se levanta después de sembrar en plano, la separación de las camas puede variar, pero lo más común es 70 a 120 cm. Para el método de surcos o camas se prepara el terreno y se surca de 75 a 90 cm, se siembra con la sembradora de botes o las Planet Juniors con dos o tres hileras por surco y 20 a 30 cm entre hileras (Chávez *et al.*, 1980).

La eficiencia de la captación temprana de recursos (energía solar, agua, fertilizantes) por el cultivo depende del número y arreglo espacial de las plantas en el terreno. El rendimiento del grano aumenta al disminuir la distancia entre hileras: con 10 cm el rendimiento fue 200 kg ha⁻¹ superior al obtenido con 20 cm, (Joseph *et al.*, 1985); con una distancia de 22.5 cm, 12.9 % y 14.8 % rendimientos mayores que con 15 y 30 cm, (Abbas *et al.*, 2009); y la diferencia fue 411 kg ha⁻¹ con espaciamentos entre surcos de 15 y 30 cm (Chen *et al.*, 2008).

Moreno *et al.* (1993) evaluaron siembra en surcos, melgas y corrugaciones; con surcos el rendimiento se redujo 5 a 7 % en relación a la siembra tradicional de melgas. Aunque el rendimiento es menor, este método de siembra es económicamente más rentable para el agricultor porque requiere menos semilla para la siembra y los gastos de fertilización y control de arvenses se reducen. Kilic (2010) obtuvo rendimientos

lasted 49 d; in intermediate sowing (December 15) the cycle lasted 40 d, and 35 d in late date (January 15). Average temperatures for the periods corresponding to the early, intermediate and late date sowings were 14.7, 15.7 and 17.3 °C, and yields were 7735, 6828 and 5184 kg ha⁻¹.

The most commonly used sowing methods for wheat are conventional flat sowing, corrugations and raised bed sowing with two and three rows. In the flat sowing method, after land leveling, the seed drill for small grains is used for sowing in rows, at a distance of 17.5 cm apart. Then dikes are raised dikes; the size and shape of beds depend on land leveling. The method of corrugations consists of grooving about 15 cm deep after sowing on flat ground. Beds separation can vary, but the most common is 70-120 cm. For furrows or raised beds system, the ground is prepared and furrows of 75-90 cm are set, and then seeded with pot planter or Planet Juniors, with two or three rows per furrow and 20 to 30 cm between rows (Chávez *et al.*, 1980).

The early capture efficiency of resources (solar energy, water, fertilizers) by the crop depends on the number and spatial arrangement of plants in the field. Grain yield increases insofar as the distance between rows diminishes: the 10 cm row yielded 200 kg ha⁻¹ higher than that obtained with 20 cm rows (Joseph *et al.*, 1985); with a distance of 22.5 cm, 12.9 % and 14.8 % higher yields than with 15 and 30 cm (Abbas *et al.*, 2009); and obtained a difference of 411 kg ha⁻¹ with spacing between furrows of 15 and 30 cm (Chen *et al.*, 2008).

Moreno *et al.* (1993) assessed sowing in raised beds, conventional flat sowing and corrugations; with beds sowing system, the yield fell between 5 and 7 % compared to conventional flat sowing method; although the yield obtained is lower, this sowing method is economically more profitable for farmers because it requires fewer seed for sowing, at lower fertilizing and weed control expenses. Kilic (2010) recorded yields 4 % higher with conventional flat sowing compared with that of beds. By contrast, Hossain *et al.* (2004) observed that the no-till sowing in furrows (permanent beds) yield was 18 % higher than in flat sowing with conventional tillage.

In El Bajío, México the largest wheat area is set in late December and early January; in this area flat sowing is common, with densities reaching 300 kg ha⁻¹. Although 120 kg ha⁻¹ seed are sufficient to achieve

4 % superiores con la siembra en melgas en comparación con la de camas. Por el contrario, Hossain *et al.* (2004) observaron que el rendimiento de la siembra en surcos sin labranza (camas permanentes) fue 18 % superior que en la siembra en plano con labranza convencional.

En El Bajío, México la mayor área con trigo se establece a finales de diciembre y principios de enero, es común la siembra en plano y con densidades hasta 300 kg ha⁻¹. Aunque 120 kg ha⁻¹ de semilla son suficientes para alcanzar rendimientos óptimos (Solis *et al.*, 2007), falta evaluar la siembra en fechas tardías con la misma densidad y mayores, y la siembra en surcos (camas) de 75 cm, común en el noroeste, y compararla con la siembra en plano. El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de la densidad y el método de siembra en fechas de siembra intermedias (segunda quincena de diciembre) y tardías (primera quincena de enero) sobre el rendimiento del grano de dos cultivares de trigo.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en el Campo Experimental Bajío del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, localizado a 20° 32' N, 100° 48' O y 1752 m de altitud. Según García (1973) el clima es tipo BS1 hw(w)(e)g, con precipitación media anual de 597.3 mm y temperatura media anual de 20.6 °C. El suelo es Vertisol Pélico, con 1.79 % de materia orgánica, 25.9 mg N kg⁻¹, 24.9 mg P kg⁻¹ y 258 mg K kg⁻¹.

Los experimentos se establecieron en los ciclos otoño-invierno (OI), 2006-2007 y 2007-2008. En cada ciclo se evaluaron dos fechas de siembra (FS), 22/12/06 y 12/01/07 en el primer ciclo y 23/12/07 y 12/01/08 en el segundo ciclo; cuatro métodos de siembra (MS): melgas de cuatro y seis hileras y surcos de dos y tres hileras; cuatro densidades de siembra (DEN): 60, 120, 180 y 240 kg ha⁻¹; y dos variedades (VAR) de trigo: Bárcenas S2002 y Josecha F2007. La parcela experimental consistió en melgas de 5 m de longitud y 1.5 m de anchura y dos surcos de 5 m de longitud y 0.75 m de anchura. La distancia entre hileras en las melgas de cuatro hilos fue de 30 cm y en la de seis hilos fue de 20 cm. En los surcos con dos hilos la distancia fue de 20 cm y en los de tres hilos de 15 cm. Se cosechó la parcela experimental completa como parcela útil, de 7.6 m².

Se aplicaron cuatro riegos, al inicio, 45, 75 y 100 d después de sembrar. Se fertilizó con la dosis 240-60-00, la mitad de N y todo el P en la siembra, el resto del N se aplicó con el primer riego. Se controlaron las arvenses de hoja angosta con una aplicación de Topik®, 28 d después del riego de siembra y las arvenses

óptimas (Solis *et al.*, 2007), es necesario evaluar siembras tardías con la misma densidad y mayor, y realizar siembra en surcos de 75 cm, común en el Noroeste, y compararla con la siembra en plano. El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de la densidad y el método de siembra durante siembras intermedias (segunda mitad de diciembre) y tardías (primera mitad de enero) sobre el rendimiento de dos cultivares de trigo.

MATERIALS AND METHODS

The research was carried out at the Campo Experimental Bajío of Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (Bajío Experimental Field, National Institute for Forestry, Agriculture and Livestock Research), located at 20° 32' N, 100° 48' W and 1752 m altitude. According to García (1973), the weather is BS1 hw (w) (e)g type, with an average annual rainfall of 597.3 mm and average annual temperature of 20.6 °C. The soil was Vertisol Pélico, with 1.79% organic matter, 25.9 mg N kg⁻¹, 24.9 mg P kg⁻¹ and 258 mg K kg⁻¹.

The experiments were established in the fall-winter cycles (OI), 2006-2007 and 2007-2008. In each cycle, we evaluated two sowing dates (FS): 22/12/06 and 12/01/07 in the first cycle, and 23/12/07 and 12/01/08 in the second cycle; four sowing methods (MS): conventional flat with four and six rows and raised bed sowing with two and three rows; four plant densities (DEN): 60, 120, 180 and 240 kg ha⁻¹; and two varieties (VAR) of wheat: Bárcenas S2002 and Josecha F2007. The experimental plot was 5 m long and 1.5 m wide for conventional flat and two furrows 5 m long and 0.75 m wide for raised bed method. Distance between rows in the four-rows conventional flat was 30 cm, and of 20 cm in six-rows conventional flat. Raised beds of two rows were at 20 cm distance and those of three rows at 15 cm. The whole experimental plot was harvested as useful, of 7.6 m².

Four irrigations were applied, at the beginning, 45, 75 and 100 d after sowing. We fertilized with the 240-60-00 dose, half of N and the entire P at sowing; and the remaining N with the first watering. Narrow-leaf weeds were controlled with a Topik® application, 28 d after sowing irrigation, and broadleaf weeds were removed with Esteron 47 ° 34 d after emergence irrigation. The weeds that emerged after were manually removed. Harvest was carried out with a mini combined technique used for experimental plots. Grain yield was recorded in g per plot and converted them to kg ha⁻¹.

The experimental design was randomized blocks with a split-plot arrangement, with four replications. In large plots, sowing dates were established; in the main plot, the sowing method; in

de hoja ancha se eliminaron con Esterón 47° a los 34 d después del riego de nacencia. Las arvenses que emergieron después se eliminaron manualmente. La cosecha se realizó con una minicombinada para parcelas experimentales. Se registró el rendimiento de grano en g por parcela y se transformó a kg ha⁻¹.

El diseño experimental fue de bloques al azar con un arreglo en parcelas sub subdivididas, con cuatro repeticiones. En las parcelas grandes se establecieron las fechas de siembra, en la parcela principal el método de siembra, las subparcelas fueron las densidades de semilla y a la sub-subparcela se asignaron las dos variedades evaluadas. Los factores principales y las interacciones significativas se analizaron por medio de contrastes ortogonales usando SAS.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Existieron diferencias altamente significativas ($p \leq 0.01$) entre los factores principales FS, MS, DEN y VAR en ambos ciclos (Cuadro 1). En el ciclo OI 06-07 la interacción MSxDEN fue altamente significativa ($p \leq 0.01$) y significativa ($p \leq 0.05$) en FSxMS. En el ciclo OI 07-08 hubo interacciones altamente significativas ($p \leq 0.01$) entre MSxDEN. Ninguna interacción de segundo y tercer orden fue significativa.

Factores principales

Mediante contrastes ortogonales para la fecha de siembra se detectaron diferencias altamente significativas ($p \leq 0.01$) en la primera fecha de siembra en ambos ciclos (Cuadro 2). En el Bajío la FS tardía expone a la planta a temperaturas altas en la primavera, lo que acorta el periodo de llenado y reduce el rendimiento (Solís *et al.*, 2007). En siembras tempranas el rendimiento se asocia con más biomasa de las plantas, número de espigas por metro cuadrado, número de granos por espiga y peso individual de grano (Wajid *et al.*, 2004).

Métodos de siembra

El rendimiento de las siembras en melgas fue 4.3 y 3.2 % mayores que en surcos ($p \leq 0.01$) en los ciclos OI 06-07 y OI 07-08. Melgas con seis hileras superaron el rendimiento de melgas con cuatro hileras ($p \leq 0.01$). En cambio, surcos con tres hileras superaron a surcos con dos hileras en el primer ciclo ($p \leq 0.01$), mientras que en el segundo ciclo el rendimiento fue

Cuadro 1. Cuadrados medios del análisis de varianza del rendimiento de dos variedades de trigo evaluadas en dos fechas y cuatro densidades de siembra.

Table 1. Mean squares of variance analysis of the yield of two wheat varieties evaluated in two dates and four plant densities.

Fuentes de variación	Gl	Cuadrados medios	
		OI 06-07	OI 07-08
FS	1	201554809**	76781406**
REP	3	250070	277271
Error A	3	74247	269104
MS	3	3645800**	1279956**
FS × MS	3	511367*	440933
Error B	18	113850	148974
DEN	3	5725436**	8641525**
FS × DEN	3	246706	100157
MS × DEN	9	468810**	596324**
FS × MS × DEN	9	185561	173882
Error C	72	123505	162601
VAR	1	1973674**	275756**
FS × VAR	1	57840	3157285
MS × VAR	3	494314	240323
DEN × VAR	3	415998	537353
FS × MS × VAR	3	21024	322822
FS × DEN × VAR	3	23304	217354
MS × DEN × VAR	9	304290	103510
FS×MS×DEN×VAR	9	374936	192365
Error D	96	119016	164301
C.V.		5.9	8.3
Total	255		

Gl=grados de libertad; FS=fechas de siembra; OI 06-07= Otoño-Invierno 2006-2007, OI 07-08= Otoño-Invierno 2007-2008; MS=métodos de siembra; DEN=densidad de siembra; VAR=variedades; C.V.=coeficiente de variación; **=diferencias altamente significativas ($p \leq 0.01$); *=diferencias significativas ($p \leq 0.05$) ♦ GI=degrees of freedom; FS=planting dates; OI 06-07=Fall-Winter 2006-2007, OI 07-08=Fall-Winter 2007-2008; MS=sowing methods; DEN=seeding density; VAR=variety; CV=coefficient of variation; **=highly significant differences ($p \leq 0.01$), *=significant differences ($p \leq 0.05$).

the split-plots seed densities; and the two varieties tested were assigned to the split-split plot. The main factors and significant interactions were analyzed by means of orthogonal contrasts using SAS.

RESULTS AND DISCUSSION

There were highly significant differences ($p \leq 0.01$) among the main factors FS, MS, DEN and VAR in both cycles (Table 1). In the OI 06-07 cycle,

Cuadro 2. Comparación de medias del rendimiento por contrastes ortogonales entre fechas de siembra.
Table 2. Comparison of yield means by orthogonal contrasts between planting dates.

Tratamiento	Ciclo	Rendimiento (kg ha ⁻¹)		DET (kg ha ⁻¹)	Nivel de significancia
		FS1	FS2		
FS1 vs FS2	OI 06-07	6749	4975	1774	**
	OI 07-08	5831	4287	1094	**

OI 06-07= Otoño-Invierno 2006-2007, OI 07-08= Otoño-Invierno 2007-2008; DET=diferencias entre tratamientos; FS=fechas de siembra; **=diferencias altamente significativas ($p \leq 0.01$) ♦ OI 06-07=Fall-Winter 2006-2007, OI 07-08=Fall-Winter 2007-2008; DET=differences between treatments; FS= sowing dates; **=highly significant differences ($p \leq 0.01$).

similar (Cuadro 3). Estos resultados son congruentes con los de Moreno *et al.* (1993) y Kilic (2010), quienes observaron que la siembra en plano superó a la siembra en surcos con 4 y 7 %. Esta reducción de rendimiento de grano se compensa por el ahorro de agua, herbicidas, semilla y fertilizante (Kilic, 2010).

Densidad de siembra

Las densidades de 60 y 120 kg ha⁻¹ fueron superadas por el promedio de las densidades altas en ambos ciclos. No hubo diferencias significativas entre las densidades de 180 y 240 kg ha⁻¹ en el ciclo 2006-07 pero sí en el 2007-08 con la densidad de 180 kg ha⁻¹. La diferencia de rendimiento entre la densidad de 120 kg ha⁻¹ y las densidades 180 y 240 kg ha⁻¹, en los ciclos OI 06-07 y OI 07-08 fue 2.9 y 6.4 %, (Cuadro 4). Los resultados de este estudio concuerdan con los de Ozturk *et al.* (2006), quienes observaron

the MSxDEN interaction was highly significant ($p \leq 0.01$) and significant ($p \leq 0.05$) in FSxMS. In the OI 07-08 cycle, there were highly significant interactions ($p \leq 0.01$) between MSxDEN. None of the interactions of second and third order was significant.

Main factors

By mean of orthogonal contrasts for sowing date highly significant differences were detected ($p \leq 0.01$) in the first sowing date in both cycles (Table 2). In El Bajío, the late sowing date expose plants to high temperatures in the spring, shortening the filling period and reducing performance (Solis *et al.*, 2007). In early sowings, yield is associated with more plant biomass, number of spikes per square meter, number of kernels per ear and individual grain weight (Wajid *et al.*, 2004).

Cuadro 3. Comparación de medias del rendimiento por contrastes ortogonales para el método de siembra.
Table 3. Comparison of yield means by orthogonal contrasts for planting method.

Método de siembra y ciclo	Rendimiento (kg ha ⁻¹)		DET (kg ha ⁻¹)	Nivel de significancia
CICLO OI 06-07				
MELGAS vs SURCOS	5992	5732	260	**
M4H vs M6H	5824	6161	-337	**
S2H vs S3H	5580	5884	-305	**
CICLO OI 07-08				
MELGAS vs SURCOS	4913	4755	158	**
M4H vs M6H	4783	5043	-260	**
S2H vs S3H	4780	4730	50	N.S

OI 06-07= Otoño-Invierno 2006-2007, OI 07-08= Otoño-Invierno 2007-2008, DET=diferencias entre tratamientos; M=melgas; S=surcos; H=hileras; **=diferencias altamente significativas ($p \leq 0.01$); *=diferencias significativas ($p \leq 0.05$) ♦ OI 06-07=Fall-Winter 2006-2007, OI 07-08=Fall-Winter 2007-2008; DET=differences between treatments; M=flat planting; S=beds planting; H=rows; **=highly significant differences ($p \leq 0.01$), *=significant differences ($p \leq 0.05$).

que el rendimiento de grano de trigo aumentó con la densidad de siembra.

Solís *et al.* (2007) recomendaron 120 kg ha⁻¹ de semilla; sin embargo, esta densidad puede producir rendimiento menor que densidades mayores en siembras intermedias y tardías. Solís *et al.* (2004) señalaron que en fechas tempranas el ciclo es más largo porque el cultivo se desarrolla con temperaturas bajas; y en siembra temprana (16 de noviembre) la etapa reproductiva tardía (espiguilla terminal a antesis) duró 49 d, en siembra intermedia (15 de diciembre) 40 d, y 35 d en fecha tardía (15 de enero). Las temperaturas medias de este periodo para cada fecha de siembra fueron 14.7, 15.7 y 17.3 °C, y los rendimientos 7735, 6828 y 5184 kg ha⁻¹ para las fechas temprana, intermedia y tardía.

Variedades

En el ciclo 2006-07 la variedad Josecha F2007 rindió 175 kg ha⁻¹ (p≤0.01) más que Bárcenas S2002 (Cuadro 5) y en el ciclo 2007-08 no hubo diferencias significativas entre las variedades. Solís *et al.* (2009) evaluaron durante tres ciclos estas variedades en cinco fechas de siembra y observaron que Josecha F2007 fue superior a Bárcenas S2002 y Cortazar S94 con 7.3 y 7.4 %; sin embargo, cuando estas variedades se evaluaron con dos y tres riegos, Bárcenas S2002 superó a Josecha 2007 y a Cortazar con 8.9 y con 4.0 %.

Sowing methods

Crop yield in conventional flat was 4.3 and 3.2 % higher than in raised beds method (p≤0.01) in cycles OI 06- 07 and OI 07-08. The six-row conventional flat outperformed raised flat of four rows (p≤0.01). Instead, beds of three rows exceeded those of two rows in the first cycle (p≤0.01), while in the second cycle yield was similar (Table 3). These results are consistent with those obtained by Moreno *et al.* (1993) and Kilic (2010) who observed that flat surpassed raised bed with 4 and 7 %. This grain yield reduction was offset by the saving of water, herbicide, seed and fertilizer (Kilic, 2010).

Seeding density

Densities of 60 and 120 kg ha⁻¹ were lower than the average of high densities in both cycles. There were no significant differences between the densities of 180 and 240 kg ha⁻¹ in the cycle 2006-07, but there were in 2007-08 with the 180 kg ha⁻¹ density. The yield difference between the density of 120 kg ha⁻¹ and densities of 180 and 240 kg ha⁻¹ in cycles OI 06-07 and OI 07-08 was 2.9 and 6.4 %, (Table 4). The results of this study are consistent with Ozturk *et al.* (2006) who found that the grain yield of wheat increased with plant density.

Solis *et al.* (2007) recommended 120 kg ha⁻¹ of seed; but this density can produce lower yield than

Cuadro 4. Comparación de medias para rendimiento de grano por contrastes ortogonales en función de la densidad de siembra. Table 4. Comparison of means for grain yield by orthogonal contrasts depending on planting density.

Densidad de siembra/Ciclo	Rendimiento (kg ha ⁻¹)		DET (kg ha ⁻¹)	Nivel de significancia
CICLO OI 06-07				
D60 vs D120, D180 y D240	5451	5999	-584	**
D120 vs D180 y D240	5831	6083	-251	**
D180 vs D240	6109	6057	52	N.S.
CICLO OI 07-08				
D60 vs D120, D180 y D240	4342	4998	-657	**
D120 vs D180 y D240	4795	5100	-305	**
D180 vs D240	5199	5001	198	**

OI 06-07=Otoño-Invierno 2006-2007, OI 07-08=Otoño-Invierno 2007-2008, DET=diferencias entre tratamientos; D=densidad de siembra; N.S.=diferencia no significativa. **=diferencias altamente significativas (p≤0.01); *=diferencias significativas (p≤0.05) ♦ OI 06-07=Fall-Winter 2006-2007, OI 07-08 = Fall-Winter 2007-2008; DET=differences between treatments; D=seeding density; NS=no significant difference. **=highly significant differences (p≤0.01), *=significant differences (p≤0.05).

Cuadro 5. Comparación de medias por contrastes ortogonales para rendimiento entre variedades de trigo.
Table 5. Mean comparison by orthogonal contrasts for yield between wheat varieties.

Tratamiento	Ciclo	Rendimiento (kg ha ⁻¹)		DET (kg ha ⁻¹)	Nivel de significancia
		BAR	JOS		
BAR vs JOS	OI 06-07	5774	5949	-175	**
	OI 07-08	4867	4801	66	N.S.

OI 06-07= Otoño-Invierno 2006-2007, OI 07-08= Otoño-Invierno 2007- 2008, DET=diferencia entre tratamientos; BAR=Bárcenas S2002; JOS=Josecha F2007; **=diferencia altamente significativa ($p \leq 0.01$); N.S.=diferencia no significativa ♦ OI 06-07=Fall-Winter 2006-2007, OI 07-08=Fall-Winter 2007-2008; DET=difference between treatments; BAR=Bárcenas S2002; JOS=Josecha F2007; **=highly significant difference ($p \leq 0.01$), NS=no significant difference.

Interacción entre fechas y métodos de siembra

La siembra en melgas de ambas fechas del ciclo OI 06-07 fue superior a la de surcos, pero, en el ciclo OI 07-08 melgas superó el rendimiento de surcos sólo en la segunda FS (Cuadro 6). También, el rendimiento fue mayor en surcos con tres hileras que en surcos con dos hileras en la primera fecha de siembra del ciclo 2006-07 y no fue diferente al ciclo 2007-08. Los aumentos del grano del trigo concordaron con los de Joseph *et al.* (1985) y Chen *et al.* (2008) al reducir la distancia entre las hileras.

Interacción entre densidades y métodos de siembra

La siembra en melgas superó a la siembra en surcos con densidades de 120 y 180 kg ha⁻¹ (contrastos 1 y 2) en el primer ciclo ($p \leq 0.01$) y con 120 ($p \leq 0.01$) y 240 kg ($p \leq 0.05$) ha⁻¹ en el segundo ciclo (contrastos 10 y 12) (Cuadro 7). La siembra en melgas con seis hileras superó en rendimiento de aquella con cuatro hileras, con densidades de 120 ($p \leq 0.05$), 180 ($p \leq 0.05$) y 240 ($p \leq 0.01$) kg ha⁻¹ en el primer ciclo (contrastos 4, 5 y 6), y con la densidad de 240 ($p \leq 0.01$) kg ha⁻¹ en el segundo ciclo (contraste 15).

Los métodos de surcos con dos y tres hileras con densidad de 120 kg ha⁻¹ no mostraron diferencia estadística en el rendimiento entre los ciclos. En el ciclo 2006-07 hubo diferencias altamente significativas con los surcos de tres hileras con densidades de 180 y 240 kg ha⁻¹, mientras que en el ciclo 2007-08 con la densidad de 240 kg ha⁻¹ hubo diferencias ($p \leq 0.01$) en los surcos de dos hileras. Los resultados de los contrastes ortogonales mostraron que la siembra

higher densities in intermediate and late sowings. Solis *et al.* (2004) reported that in early dates the cycle is longer because the crop is grown at low temperatures; and in early sowing (November 16) the late reproductive stage (terminal spikelet to anthesis) lasted 49 d, in intermediate sowing (December 15) 40 d, and 35 days in late date (January 15). Average temperatures in this period for each sowing date were 14.7, 15.7 and 17.3 °C, with yields of 7735, 6828 and 5184 kg ha⁻¹ for early, intermediate and late dates.

Varieties

In the 2006-07 cycle, the variety Josecha F2007 yielded 175 kg ha⁻¹ ($p \leq 0.01$) more than Bárcenas S2002 (Table 5) and in the 2007-08 cycle there were no significant differences between varieties. Solis *et al.* (2009) evaluated these varieties during three cycles in five sowing dates and observed that Josecha F2007 was higher than Bárcenas S2002 and Cortázar S94 with 7.3 and 7.4 %; however, when these varieties were evaluated with two and three irrigations, Bárcenas S2002 overtook Josecha 2007 and Cortázar with 8.9 and 4.0 %.

Interaction between sowing dates and methods

Conventional flat yield in both dates of the cycle OI 06-07 exceeded that of raised beds; however in the OI 07-08 cycle, that of conventional flat outperformed beds yield only in the second sowing date (Table 6). Also yield was higher in raised beds with three rows than in those of two rows in the first sowing date of the 2006-07 cycle and it was

Cuadro 6. Comparación de las medias para rendimiento por contrastes ortogonales en función del método y fecha de siembra. Table 6. Mean comparison for yield by orthogonal contrasts depending on the method and planting date.

Método y fecha de siembra	Ciclo	Rendimiento (kg ha ⁻¹)		DET (kg ha ⁻¹)	Nivel de significancia
	OI 06-07				
MELGAS vs SURCOS FS1		6905	6593	312	**
MELGAS vs SURCOS FS2		5079	4870	209	**
S2H vs S3H FS1		6392	6795	-403	**
	OI 07-08				
MELGAS vs SURCOS FS1		5399	5365	34	N.S.
MELGAS vs SURCOS FS2		4428	4145	282	**
S2H vs S3H FS1		5416	5314	102	N.S.

OI 06-07=Otoño-Invierno 2006-2007; OI 07-08= Otoño-Invierno 2007-2008; DET=diferencia entre tratamientos; M=melgas; S=surcos; H=hileras; FS=fechas de siembra; **=diferencias altamente significativas ($p \leq 0.01$); *=diferencias significativas ($p \leq 0.05$); N.S.=diferencia no significativa ♦ OI 06-07=Fall-Winter 2006-2007; OI 07-08=Fall-Winter 2007-2008; DET=difference between treatments; M=flat planting; S=beds planting; H=rows; FS=planting dates; **=highly significant differences ($p \leq 0.01$), *=significant differences ($p \leq 0.05$), NS=no significant difference.

en melgas con seis hileras superó el rendimiento de melgas con cuatro hileras. Esta tendencia también se observó entre los métodos con surcos de dos y tres hileras y densidades de 180 y 240 kg ha⁻¹. Resultados similares obtuvieron Sayre y Moreno (1997) después de varios experimentos con siembras en plano (melgas); en ellos el rendimiento superó entre 5 y 7 % al de la siembra en surcos. En contraste, Wang *et al.* (2011) obtuvieron rendimientos 6.6 a 12.0 % superiores con la siembra en camas (surcos). La diferencia entre los estudios puede deberse a las variedades empleadas. Tripathi *et al.* (2005) señalaron que las variedades que se comportan bien en la siembra en plano pero no en surcos son comunes y lo opuesto es raro.

Las siembras en la segunda quincena de diciembre o a principios de enero requirieron densidades de 120 a 180 kg semilla ha⁻¹ para lograr ganancias en rendimiento (251 a 305 kg ha⁻¹); pero una densidad mayor a 180 kg ha⁻¹ no aumentó el rendimiento de grano. Además, en este ambiente la siembra en melgas con seis hileras superó a las de cuatro y surcos de dos y tres hileras. Pero las diferencias fueron tan pequeñas que pueden compensarse con el ahorro de semilla y fertilizante con la siembra en surcos.

CONCLUSIONES

La fecha intermedia de siembra superó el rendimiento de la tardía y las densidades de 180 y 240 kg ha⁻¹ superaron a la de 120 kg ha⁻¹, recomendada

not different to the 2007-08 cycle. Wheat grain increments were consistent with those of Joseph *et al.* (1985) and Chen *et al.* (2008) after reducing distance between the rows.

Interaction between densities and sowing methods

Conventional flat outperformed raised bed with densities of 120 and 180 kg ha⁻¹ (contrasts 1 and 2) in the first cycle ($p \leq 0.01$) and 120 ($p \leq 0.01$) and 240 kg ($p \leq 0.05$) ha⁻¹ in the second cycle (contrasts 10 and 12) (Table 7). Conventional flat with six rows outperformed that of four rows, with densities of 120 ($p \leq 0.05$), 180 ($p \leq 0.05$) and 240 ($p \leq 0.01$) kg ha⁻¹ in the first cycle (4, 5 and 6 contrasts), and the density of 240 ($p \leq 0.01$) kg ha⁻¹ in the second cycle (contrast 15).

Raised beds methods with two and three rows with a density of 120 kg ha⁻¹ showed no statistical difference in their performance between cycles. In the 2006-07 cycle, there were highly significant differences with three-row beds, with densities of 180 and 240 kg ha⁻¹, while in the 2007-08 cycle with density of 240 kg ha⁻¹, there were differences ($p \leq 0.01$) in the two-row beds. Results of the orthogonal contrasts showed that conventional flat with six rows outperformed conventional flat with four rows. This trend was also observed in the methods with beds of two and three rows, and densities of 180

Cuadro 7. Comparación de medias para rendimiento por contrastes ortogonales para la interacción método y densidad de siembra.**Table 7. Mean comparison for yield by orthogonal contrasts for method-seeding density interaction.**

Método y densidad de siembra	Ciclo	Rendimiento (kg ha ⁻¹)	DET (kg ha ⁻¹)	Nivel de significancia	
	OI 06-07				
1. MELGAS <i>vs</i> SURCOS D120		5960	5703	257	**
2. MELGAS <i>vs</i> SURCOS D180		6275	5942	334	**
3. MELGAS <i>vs</i> SURCOS D240		6054	6059	-5	N.S.
4. M4H <i>vs</i> M6H D120		5824	6096	-271	*
5. M4H <i>vs</i> M6H D180		6134	6417	-283	*
6. M4H <i>vs</i> M6H D240		5766	6343	-578	**
7. S2H <i>vs</i> S3H D120		5752	5653	101	N.S.
8. S2H <i>vs</i> S3H D180		5719	6164	-445	**
9. S2H <i>vs</i> S3H D240		5858	6260	-402	**
	OI 07-08				
10. MELGAS <i>vs</i> SURCOS D120		4966	4623	343	**
11. MELGAS <i>vs</i> SURCOS D180		5149	5249	-99	N.S.
12. MELGAS <i>vs</i> SURCOS D240		5109	4893	215	*
13. M4H <i>vs</i> M6H D120		4878	5055	-177	N.S.
14. M4H <i>vs</i> M6H D180		5085	5214	-129	N.S.
15. M4H <i>vs</i> M6H D240		4806	5411	-605	**
16. S2H <i>vs</i> S3H D120		4655	4592	62	N.S.
17. S2H <i>vs</i> S3H D180		5122	5376	-254	N.S.
18. S2H <i>vs</i> S3H D240		5136	4651	485	**

OI 06-07=Otoño-Invierno 2006-2007; OI 07-08= Otoño-Invierno 2007-2008; DET=diferencia entre tratamientos; M=melgas; S=surcos; H=hileras; D=densidad de siembra; **=diferencias altamente significativas ($p \leq 0.01$); *=diferencias significativas ($p \leq 0.05$); N.S.= diferencia no significativa. ❖ OI 06-07=Fall-Winter 2006-2007; OI 07-08=Fall-Winter 2007-2008; DET=difference between treatments; M=flat planting; S=conventional bed; H=rows; D=seeding density; **=highly significant differences ($p \leq 0.01$), *=significant differences ($p \leq 0.05$), NS = no significant difference.

para el Bajío, tanto en fechas de siembra intermedias como tardías. La siembra en plano (melgas) superó a la de surcos. Tanto en melgas como en surcos la menor distancia entre hileras produjo mayor rendimiento.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento a la Fundación Guanajuato Produce, A.C. por el financiamiento parcial del Proyecto 562/11 que condujo a la elaboración de este estudio.

LITERATURA CITADA

Abbas, G., M. A. Ali, M. Azam, and I. Hussain. 2009. Impact of planting methods on wheat grain yield and yield contributing parameters. *J. Anim. Plant Sci.* 19: 30-33.

and 240 kg ha⁻¹. Sayre and Moreno (1997) obtained similar results, after several trials with conventional flat raised where yield was 5 to 7 % higher than that of bed. In contrast, Wang *et al.* (2011) obtained yields between 6.6 and 12.0 % higher with raised bed (furrows). The difference between studies may be due to the varieties used. Tripathi *et al.* (2005) noted that varieties with good performance in conventional flat but not in beds are common and the opposite is rare.

Sowings in the second half of December or early January required densities of 120 to 180 kg seed ha⁻¹ to achieve gains in performance (251-305 kg ha⁻¹); but density greater than 180 kg ha⁻¹ did not increase grain yield. Furthermore, in this environment that method with six rows surpassed conventional flat of four rows and raised beds of two and three rows. But the differences were so small that they could be offset

- Anderson, W. K., and A. Impiglia. 2002. Management of dryland wheat. *In: Curtis, B.C., S. Rajaram and H. Gómez Macpherson* (eds). Bread Wheat: Improvement and Production. FAO Plant Production and Protection Series. No. 30. <http://www.fao.org/docrep/006/y4011e/y4011e0s.htm#bm28>. (Consulta: diciembre 2011).
- Anderson, W. K., L. Sharma, J. Shackley, and F. D'Antuono. 2004. Rainfall, sowing time, soil type, and cultivar influence optimum plant population for wheat in Western Australia. *Aust. J. Agr. Res.* 55: 921-930.
- Baloch, M. S., T. H. Shah, M. A. Nadin, M. I. Khan, and A. Khakwani. 2010. Effect of seeding density and planting time on growth and yield attributes of wheat. *J. Anim. Plant Sci* 20: 239-242.
- Blue, E. N., S. C. Mason, and D. H. Sander. 1989. Influence of planting date, seeding rate, and phosphorus rate on wheat yield. *Soil Sci. Soc. Amer.* 82: 762-768.
- Cámara Nacional de la Industria Molinera de México (CANIMOLT). 2012. <http://www.oeidrus-bc.gob.mx/sispro/trigo-bc/Descargas/ConsumPerCapitaNac.pdf>. (Consulta: octubre 2012).
- Chávez Ch., J., R. Herrera G., J. Ortiz M., E. Contreras C., B. F. González U., y J. Guerrero R. 1980. Trigo en la Costa de Hermosillo. Folleto Técnico No. 13. INIA-CIANO. 33 p.
- Chen, C., K. Neill, D. Wichman, and M. Westcott. 2008. Hard red spring wheat response to row spacing, seeding rate, and nitrogen. *Agron. J.* 100: 1296-1302.
- Ciha, A. J. 1983. Seeding rate and seeding date effects on spring seeded small grain cultivars. *Agron. J.* 75: 795-799.
- Hossain, M. I., C. Meisner, J. M. Duxbury, J. G. Lauren, M. M. Rahman, M. M. Meer, and M. H. Rashid. 2004. Use of raised beds for increasing wheat production in rice-wheat cropping systems. New directions for a diverse planet. Proc. 4th Int. Crop Sci. Congress. Brisbane, Australia. Published on CD. Web site www.crops-science.org.au.
- Joseph, K., M. M. Alley, D. E. Brann, and W. D. Gravelle. 1985. Row spacing and seeding rate effects on yield and yield components of soft red winter wheat. *Agron. J.* 77: 211-214.
- Kabesh, M. O., M. F. El-kramany, G. A. Sary, H. M. El-Naggar, and S. H. B. Gehan. 2009. Effects of sowing methods and some bio-organic fertilization treatments on yield and yield components of wheat. *Res. J. Agr. Biol. Sci.* 5: 97-102.
- Kilic, H. 2010. The effect of planting methods on yield and yield components of irrigated spring durum wheat varieties. *Sci. Res. Essays* 5: 3063-3069.
- Kirby, E. J. M. 1993. Effect of sowing depth on seedling emergence, growth and development in barley and wheat. *Field Crop Res.* 35: 101-111.
- Moreno R., O. H., J. M. Salazar G., L. M. Tamayo E., y J. L. Martínez C. 1993. Tecnología para la producción de trigo en surcos. Folleto Técnico Núm. 22. SARH, INIFAP, Centro de Investigación Regional del Noroeste, Campo Experimental Valle del Yaqui, Cd. Obregón, Sonora, México. 26 p.
- Ozturk, A., O. Caglar, and S. Bulut. 2006. Growth and yield response of facultative wheat to winter sowing, freezing sowing and spring sowing at different seeding rates. *J. Agron. Crop Sci.* 192: 10-16.
- Regan, K. L., K. H. M. Siddique, N. C. Turner, and B. R. Whan. 1992. Potential for increasing early vigour and total biomass in spring wheat. II. Characteristics associated with early vigour. *Aust. J. Agr. Res.* 43: 541-553.
- by the saving of seed and fertilizer in beds sowing system.

CONCLUSIONS

The intermediate sowing date outperformed late sowing, and densities of 180 and 240 kg ha⁻¹ exceeded the 120 kg ha⁻¹ recommended for El Bajío, both in intermediate and late sowing dates. Conventional flat exceeded that of beds. Both in flat and beds, the smaller distance between the rows produced higher yields.

—End of the English version—



- Sayre, K. D., and O. H. Moreno R. 1997. Application of raised bed planting system to wheat. Wheat Program Special Report No. 31. CIMMYT, Mexico, D.F. 31 p.
- Satorre, M. H. 1999. Plant density and distribution as modifiers of growth and yield. *In: Satorre, E. H., and G. A. Slafer* (eds). Wheat Ecology and Physiology of Yield Determination.. Food Products Press, Binghamton, N. Y. pp: 141-154.
- Sekhon, H. S., G. Singh, and J. S. Brar. 2002. Effect of population density and planting geometry on the growth and yield of mungbean (*Vigna radiata* (L.) Wilczek) genotypes. *Environ. Ecol.* 20: 897-901.
- SIAP. 2011. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. SAGARPA. México. <http://www.siap.sagarpa.gob.mx/> (Consulta: mayo 2011).
- Solís M., E., M. Hernández M., A. Borodanenko, J.L. Aguilar A., y O. Grajeda C. 2004. Duración de la etapa reproductiva y el rendimiento de trigo. *Fitotec. Mex.* 27(4): 323 – 332.
- Solís M., E., S. A. Ríos R., H. García N., A. Arévalo V., O. A. Grageda C., M. A. Vuelas C., J. G. Días de León T., J. L. Aguilar A., A. Ramírez R., J. Narro S., R. Bujanos M., A. Marín J., y R. Peña M. 2007. Producción de trigo de riego en el Bajío. Folleto Técnico Núm. 3. INIFAP, Campo Experimental Bajío. Celaya, Guanajuato, México. 94 p.
- Solís Moya, E., J. Huerta E., J. Ireta M., R. Sánchez de la C., H. E. Villaseñor M., E. Espitia R., y A. Ramírez R. 2009. Josecha F2007, nueva variedad de trigo harinero para la región del Bajío y zonas de riego del norte de México. *Agric. Téc. Méx.* 35(4): 475-479.
- Soomro, U. A., M. U. Rahman, E. A. Odhano, S. Gul, and A. Tareen, 2009. Effects of sowing method and seed rate on growth and yield of wheat (*Triticum aestivum*). *World J. Agr. Sci.* 5: 159-162.
- Tenveer, S. K., I. Hussain, M. Sohail, N. S. Kissana, and S. G. Abbas. 2003. Effect of different planting methods on yield and yield components of wheat. *Asian J. Plant Sci.* 2: 811-813.
- Tripathi, S. C., K. D. Sayre, and J. N. Kaul. 2005. Planting systems on lodging behavior, yield components and yield of irrigated spring bread wheat. *Crop Sci.* 45: 1-8.

Wajid, A., A. Hussain, A. Ahmad, A. R. Goheer, M. Ibrahim, and M. Mussaddique. 2004. Effect of sowing date and plant population on biomass, grain yield and yield components of wheat. *Int. J. Radiat. Biol.* 6: 1003-1005.

Wang, F., L. Kong, K. Sayre, S. Li, J. Si, B. Feng, and B. Zhang. 2011. Morphological and yield responses of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) to raised bed planting in Northern China. *African J. Agr. Res.* 6(13): 2991-2997.