Rev. Fitotec. Mex. 17:138-149. 1994

RESPUESTA DEL TRIGO SEMBRADO EN PATRON HEXAGONAL CENTRADO A DIFERENTES DENSIDADES DE POBLACION

RESPONSE OF WHEAT PLANTED AT HEXAGONAL PATTERN AT DIFFERENT POPULATION DENSITIES

Mario Salazar Gómez[1], Rafael Salazar Gómez[2], y Oscar Moreno Ramos[1]

RESUMEN

En el Campo Experimental del Valle del Yaqui, Sonora (CEVY), se condujo un experimento de campo durante el ciclo 1992-93 cuyo objetivo fue cuantificar la respuesta del trigo a diferentes densidades de población, con plantas en un patrón hexagonal, en tres fechas de siembra. Los tratamientos experimentales fueron las combinaciones de tres fechas de siembra: noviembre 10, noviembre 28 y enero 10 con tres variedades de trigo, Bacanora T88, Oasis F86 y Tepoca T89 y cuatro densidades de población, 13,500; 24,100; 54,300 y 217,400 plantas/ha, las cuales se lograron utilizando 92, 69, 46, y 23 cm de equidistancia entre plantas, en surcos a 80, 60, 40 y 20 cm de separación, respectivamente. Oasis F86, Bacanora T88 y Tepoca T89 produjeron 92, 80 y 67 tallos por planta respectivamente, cuando la competencia interplanta fue menor (92 cm de equidistancia entre planta), en la primera fecha de siembra. Las etapas fenológicas, principalmente las posteriores al embuchamiento, se retrasaron conforme la densidad de población aumentó; la aparición de la primera espiga se retrasó nueve días en Bacanora T88, 14 en Oasis F86 y 12 en Tepoca T89; tal retraso fue similar para el espigamiento. Los rendimientos de grano fueron fuertemente afectados por todos los factores bajo estudio. Hubo una respuesta clara a la densidad de población, la cual fue diferente para las variedades con las fechas. En promedio el arreglo hexagonal no superó al arreglo convencional (voleo); sin embargo, el óptimo rendimiento se obtuvo con 200 mil plantas/ha. Esto significa aproximadamente 5.5 kg/ha.

PALABRAS CLAVE ADICIONALES

Triticum aestivum L., densidad de población, espaciamiento de plantas, fenología.

SUMMARY

A field study was established at the Yaqui Valley Experimental Station, Sonora, during the 1992-93 wheat growing season. The objective was to determine the yield response to different population densities with different spacing distances among plants in an hexagonal pattern. Three planting dates (November 10, November 28 and January 10), three varieties (Bacanora T88, Oasis F86 and Tepoca T89) and four population densities (13,500; 24,100; 54,300 and 217,400 plants/ha) were used.

Results obtained indicate that all three varieties have a great tillering capacity (92, 80 and 67 tillers/plant for Oasis F86, Bacanora T88 and Tepoca T89, respectively), when they were in the best growing conditions: at 92 cm of equidistance among plants, seeded in November 10. Phenological stages were delayed with lower population densities; for example heading date was delayed 9, 14 and 12 days in Bacanora T88, Oasis F86 and Tepoca T89, respectively. Similar delay was observed for heading date. Yield was affected by planting date, population density and varieties. On average the hexagonal pattern did not outyield the conventional pattern. However, optimal yield was obtained with 200 thousand plants/ha which represents a planting density of 5.5 seed kg/ha.

ADDITIONAL INDEX WORDS

Triticum aestivum L., plant density, plant spacing, phenology.

[1] Programa de Cereales CIRNO, INIFAP. Apdo. Postal 515, Cd. Obregón, Son.

[2] Instituto Tecnológico Agropecuario. Apdo. Postal 797, Cd. Obregón, Son.

Fecha de recepción: 28 de octubre de 1993

INTRODUCCION

Hay evidencias de que en los últimos 10 años la tecnología de producción en el cultivo del trigo, ha sido descuidada, en el sentido de la precisión requerida, para tratar de hacer de tal actividad un negocio rentable. La tendencia de la tecnología de producción generada durante este periodo, ha sido la de incrementar los rendimientos unitarios, soslayando al menos en parte la redituabilidad económica del cultivo. Por ejemplo, los estudios de densidades de población se hacían utilizando como unidad de medida kilogramos de semilla/ha y se concluía que con 100 kg/ha se obtenía el óptimo rendimiento. El investigador, considerando la merma de población ocasionada por la capacidad de germinación de la semilla y otros factores que influyen en la emergencia de las plantas, recomendaba 120 kg de semilla/ha para siembras comerciales. El agricultor, con el fin de asegurar su población de plantas en el campo, incrementó esta cantidad llegando a utilizar en ocasiones hasta 300 kg/ha (Mendoza 1979). Todo esto fue así debido a los subsidios otorgados por el gobierno y a que los costos de algunos insumos, como la semilla y el agua de riego, tenían un bajo costo.

Ante las actuales circunstancias económicas de la agricultura, es indispensable generar tecnología de producción barata, que ofrezca la posibilidad de competir en condiciones apropiadas, dentro del mercado de los productos agrícolas. Tal área de investigación está siendo actualmente atacada, desde varias vertientes.

El objetivo de este trabajo fue conocer la respuesta del trigo a la densidad de población, con el arreglo conocido como hexagonal centrado, bajo la hipótesis siguiente: dado que en este arreglo las plantas quedan equidistantes en todas las direcciones, se espera que los rendimientos de grano por unidad de área, sean mayores que los de otros arreglos. En la prueba de esta hipótesis, se supone que los genotipos de trigo empleados representan la variabilidad genética del cultivo, y que el tipo de suelo y el resto de los componentes del paquete tecnológico, son representativos de los empleados por el agricultor.

REVISION DE LITERATURA

Hasta antes de 1981, la información relativa a la respuesta del cultivo del trigo a la densidad de población, es sumamente ambigua, la variable era tratada con mucha superficialidad y en definitiva su utilidad era muy limitada, puesto que en los ensayos experimentales se había medido la variable en kilogramos de semilla por hectárea, unidad de medida que a la postre resultó poco precisa, pues si se deseaba conocer la forma de la función de producción relativa, era necesario que su cuantificación se hiciera en términos de semillas o plantas por hectárea.

La razón por la cual el uso de esta forma de medir la población estuvo en voga, tiene su origen en diferentes circunstancias, entre las que destacan las económicas, relacionadas con el bajo costo de la semilla, motivo por el cual ésta se usó como un bien libre; y las de índole social, como el tradicionalismo, en virtud del cual el productor no se preocupó por este aspecto de la producción, puesto que le ha funcionado adecuadamente hasta la fecha (Mendoza 1979).

La revisión bibliográfica indica que existen densidades óptimas que varían entre los 30 y 240 kilogramos por hectárea. Entre los reportes sobre densidades más bajas se encontró que Robertson *et al.* (1945) obtuvieron como óptimo 30 kilogramos por hectárea, Peck y Croy (1973) y Coffman (1925) obtuvieron 45. Entre las densidades

óptimas más altas se encontró que Percival (1921) y Curtis y Haus (1967) reportan 240 y 150 kilogramos por hectárea, respectivamente.

Con los cambios en los métodos de siembra, a partir del empleo de la técnica de trigo en surcos (Moreno *et al.*, 1980), se dio la necesidad de precisar con relación al efecto de la densidad de población en el rendimiento del trigo, pues los hechos parecían indicar requerimientos menores de plantas que los especificados en las metodologías tradicionales.

En condiciones del noroeste de México, la información disponible indica que el efecto de la densidad de población era prácticamente nulo a partir de los 40 kg de semilla por ha, sin embargo, la recomendación para siembras comerciales fue de 100 a 120 kg de semilla por hectárea, el productor para proteger la inversión empezó a utilizar alrededor de 160, para cubrir riesgos de falta de germinación. Este uso excesivo obedecía a la poca capacidad que tenía el productor para tratar la semilla y era frecuente que ésta estuviera en malas condiciones de almacenaje, razón por la cual era necesario usar cantidades tan altas (Borlaug 1988 comunicación personal).

Hoy en día en que se dispone de condiciones apropiadas de almacenamiento, tratamientos apropiados para protegerlas de los daños de insectos y que la semilla tiene cierto valor, de tal manera que ésta representa hasta el 25% de los costos totales, es urgente generar tecnología que optimice su uso, no sólo por su valor *per se*, sino además por los costos asociados con su empleo, en virtud de que opera la interacción positiva de los factores de la producción, con la densidad de población, lo cual encarece el proceso productivo hasta el punto en que ésta estaría fuera del contexto de la racionalidad.

No se encontraron reportes de experimentos sobre patrones de siembras con bajas densidades para cereales de grano pequeño. Holliday (1963) realizó una revisión bibliográfica sobre arreglos espaciales de la semilla de cereales y concluye que a cantidades constantes de semilla por hectárea, el reducir la distancia entre los surcos a partir de 20 centímetros, frecuentemente conduce a una pequeña reducción del rendimiento (5-7%) y que incrementando la mencionada distancia, en la mayoría de los casos decrece el rendimiento. Del contenido de este trabajo se deduce que cuando Holliday menciona cantidades constantes de semilla se refiere a cantidades entre 100 y 240 kg/ha. Sin embargo, actualmente se sabe que el trigo puede ser sembrado con densidades de semilla más bajas y con surcos separados hasta de 50-60 centímetros, sin reducción del rendimiento de grano, Moreno *et al.*, (1980). En el caso de la bibliografía sobre patrones de siembra con trigo sucede lo mismo que con los trabajos sobre densidades en siembras convencionales, la investigación reportada es con densidades demasiado altas, Holliday (1963).

MATERIALES Y METODOS

El presente experimento se condujo bajo riego en terrenos del Campo Experimental Valle del Yaqui (CEVY), Sonora, ubicado en el bloque 810 del mismo Valle. Los suelos en que se realizó corresponden a los de barrial compactado, y el clima corresponde a muy seco o desértico, que se simboliza por BW(h') w(é) (García 1964, citado por Mendoza 1979). La matriz de tratamientos consistió de un diseño factorial completo de tres fechas de siembra: noviembre 10, noviembre 28 y enero 10, con tres variedades de trigo: Bacanora T88, Oasis F86 y Tepoca T89, y cuatro tratamientos de densidad de población, los cuales se lograron utilizando 92, 69, 46, y 23 cm de equidistancia entre

plantas, en surcos a 80, 60, 40 y 20 cm de separación, respectivamente. Estas densidades de población correspondieron a 13,500; 24,100; 54,300 y 217,400 plantas/ha, que equivalen a 0.55, 1.0, 2.2 y 8.6 kg de semilla/ha, respectivamente. Hubo un tratamiento testigo, en el cual se sembró el trigo a chorrillo con líneas a 20 cm y no se aclareó, quedando la densidad de siembra de 100 kg de semilla/ha. El diseño experimental usado fue el de nueve experimentos en serie (tres fechas x tres variedades), en donde los cinco tratamientos se distribuyeron en bloques al azar con cuatro repeticiones.

El arreglo hexagonal, aqui propuesto con fines de minimizar el uso de semilla en el cultivo de trigo, consiste en colocar en el campo todas las plantas en forma equidistante, lo cual sólo se logra formando hexágonos regulares. Para cualquier distancia entre surcos o hileras, existe una distancia entre plantas que permite obtener dicho arreglo. Si denominamos dp a la distancia entre plantas y dh a la distancia entre hileras, entonces: $dp = 4dh^2/3$.

El manejo agronómico fue el tradicional de la región, donde el trigo se sembró en plano con la máquina de granos pequeños (Von Braun); todo el lote se fertilizó con la fórmula 200-50-00; fue necesario adicionar un riego complementario (4 riegos en total), porque en las poblaciones bajas el período vegetativo se prolongó por casi un mes adicional, respecto a las poblaciones altas.

Además del fertilizante, no se utilizó ningún otro agroquímico. El experimento se mantuvo completamente libre de maleza con continuos deshierbes manuales a fin de no modificar las condiciones de competencia entre plantas, y no se presentaron plagas insectiles ni enfermedades.

Las variables medidas fueron las siguientes:

1.- Inicio del embuchamiento (IEM)
2.- 50% de embuchamiento (50EM)
3.- Inicio de espigamiento (IES)
4.- 50% de espigamiento (50ES)
5.- Altura final de planta cm (ALT)
6.- Número de espigas por planta (NOES)
7.- Número de tallos por planta (NOTA)
8.- Peso total por planta (PTPL)
9.- Rendimiento de grano por planta (RGPL)
10.- Rendimiento de grano por área (RG)

Las variables ontogénicas, inicio de embuchamiento, 50% de embuchamiento, inicio de espigamiento y 50% de espigamiento, fueron medidas en días a partir de la fecha de siembra, considerando toda la parcela experimental. Las variables tomadas en plantas individuales, altura final, número de espigas, número de tallos, peso total y peso de grano se obtuvieron de cinco plantas tomadas al azar de cada repetición. El peso total de la planta, se tomó en material completamente seco. El rendimiento de grano fue obtenido de una parcela útil de 12 metros cuadrados, mientras que la unidad experimental constó de 16 metros cuadrados.

Todas las variables estudiadas fueron sometidas a análisis de varianza y a la prueba de la diferencia mínima significativa para la comparación de medias.

RESULTADOS Y DISCUSION

La discusión se concentrará sobre el rendimiento de grano por área (RG), y el resto de información se tocará brevemente.

Variables ontogénicas

Estas variables se presentan en el Cuadro 1. El ciclo biológico del trigo se redujo,

conforme se sembró más tarde, la diferencia de la siembra de noviembre 10 con la de enero 10 llegó a ser de ocho días al inicio del embuchamiento (IEM) y de 10 al 50% del mismo (50EM); de seis al inicio del espigamiento (IES) y de siete días al 50% de éste. Con respecto a la densidad de población, las diferencias en ciclo biológico fueron básicamente con relación al testigo; las diferencias de la siembra con 13,500 plantas/ha (92 cm entre plantas) con el testigo, fueron de ocho días a embuchamiento y de 13 a espigamiento, es decir hay una tendencia de prolongar el ciclo conforme la densidad es menor en el patrón hexagonal.

Altura final de planta (ALT)

Se modificó con la fecha de siembra, dado que el trigo produce plantas mas vigorosas cuando se siembra en fechas más tempranas como fue indicado por Cano (1991). Tepoca T89 fue la variedad más alta, seguida por Bacanora T88 y finalmente Oasis F86. La densidad de población no influyó en la altura en los rangos estudiados, sólo hubo una pequeña diferencia con las plantas del testigo, ya que resultaron 3 cm más altas (Cuadro 1).

Rendimiento de grano por planta (RGPL)

Resultó de 88, 52 y 22 g para las fechas de siembra de noviembre 10, noviembre 28 y enero 10, respectivamente. Los rendimientos por planta promedio fueron de 64, 47 y 51 g para Bacanora T88, Oasis F86 y Tepoca T89, respectivamente (Cuadro 1). El rendimiento en grano por planta decreció con la densidad de población, aun cuando se observó que las plantas a 92 y 69 cm, rindieron casi lo mismo; cambios posteriores en la densidad de población se asociaron con decrementos fuertes en el rendimiento por planta; así, se obtuvieron 86, 83, 66, 28 y 5 gramos de grano por planta, para los tratamientos de 92, 69, 46, 23 cm entre plantas y testigo, respectivamente. Esto es una indicación de que la planta de trigo entra en competencia con sus vecinas cuando la equidistancia entre ellas es de aproximadamente 50 cm. La distancia que optimiza rendimiento por unidad de área es diferente, ya que en este fenómeno entran en juego todos los componentes del rendimiento (Donald, 1963).

Cuadro 1. Respuesta media a través de fechas de siembra, variedades y densidad de población para algunas características del trigo.

Variedad	Fecha de siembra	Distancia planta	IEM	50EM	IES	50ES	ALT	RGPL
---	Nov 10	---	72a	80a	83a	96a	76a	88a
---	Nov 28	---	72a	79a	79b	89b	69b	52b
---	Ene 10	---	64b	70b	77b	89b	57c	22c
Bacanora	---	---	71a	76a	84a	90a	67b	64a
Oasis	---	---	71a	76a	78b	90a	60c	47c
Tepoca	---	---	67b	76a	77b	89a	75a	51b
---	---	92	70a	78a	82a	95a	67a	86a
---	---	69	69a	78a	81a	94a	66a	83a
---	---	46	68ab	77a	81a	93a	67a	66b
---	---	23	68ab	76a	78b	90b	67a	28c
---	---	T	65c	70b	75c	82c.	70b	5d

IEM = Inicio de embuchamiento
50EM = 50% de embuchamiento
IES = Inicio de espigamiento
50ES = 50% de espigamiento
ALT = Altura final de planta
RGPL = Rendimiento de grano por planta
Letras iguales representan medias estadísticamente iguales (5%)

Número de tallos por planta (NOTA)

Es prácticamente lo mismo que número de espigas por planta (NOES); estuvo influido por la fecha de siembra, dado que el número de espigas fue mayor en la siembra de noviembre 10 que la de noviembre 28 y relativamente menor en la de enero 10 en todas las variedades. Se observó en los datos que la variedad Oasis F86 produjo mayor número de hijuelos que Bacanora T88, la cual a su vez tuvo mayor número que Tepoca T89. El Número de tallos por planta decreció drásticamente con la densidad de población, desde una media a través de variedades y fechas de siembra de 62, con plantas a 92 cm, hasta cinco en el testigo (Cuadro 2).

La interacción fecha de siembra por densidad de población resultó significativa y gráficamente se exhibe en la Figura 1. La interacción obedece a que el número de tallos por planta (NOTA) fue muy alto con bajas densidades de población (capacidad *per se*), durante las fechas tempranas; tal capacidad decrece con la fecha de siembra y la densidad de población. Esta reducción es debida a que en fechas tardías la planta crece más rápidamente, el período de amacollamiento se acorta, y en densidades altas la planta compite por espacio, luz, aire y nutrientes y forma nuevos tallos; sin embargo, la pérdida de capacidad para producir hijuelos al cambiar la fecha de siembra, es más aparente conforme la densidad de población fue más baja, hecho que concuerda con lo indicado por Cano (1991).

Peso total por planta (PTPL)

Esta variable se modificó por los cambios en la fecha de siembra, en donde el peso por planta decreció de 209 g por planta en noviembre 10 a 125 en noviembre 28 y 82 g/pl en enero 10. Los pesos de las plantas fueron en promedio de 152, 119 y 145 gramos por planta para Bacanora T88, Oasis F86 y Tepoca T89, respectivamente (Cuadro 5). El peso por planta decreció drásticamente con el incremento en la densidad de población, después de las 24,100 plantas/ha, es decir, con distancia menores a los 69 cm en la variedad Tepoca T89, mientras que en Oasis F86 y Bacanora T88 la diferencia marcada fue para todos los tratamientos en la primera y segunda fecha de siembra. Los rendimientos promedio fueron de 227, 211, 164, 77 y 16 gramos por planta para 92, 69, 46, 23 cm entre plantas y testigo, respectivamente (Cuadro 3).

Rendimiento de grano por área (RG)

En el Cuadro 5 se observa que el rendimiento de grano promedio, a través de variedades y densidades de población, en la fecha temprana fue relativamente alto (5,072 kg/ha), lo que es congruente con lo ya reportado anteriormente en diferentes trabajos. Los rendimientos decrecieron en forma drástica (3,761 kg/ha) al cambiar la fecha a noviembre 28; esto resultó en contra de lo esperado, dado que en la mayoría de los años ésta es la mejor fecha de siembra. Probablemente se trate de diferencias asociadas con la fertilidad intrínseca del terreno. Finalmente, los rendimientos fueron muy bajos (2,364 kg/ha) para la fecha de enero 10, lo cual corresponde a lo citado en la información local (Durón *et al.*, 1982).

En promedio sobre variedades y fechas de siembra, el incremento en la densidad de población (al reducirse el tamaño del hexágono formado por el arreglo de las plantas en el terreno), se asoció con rendimientos mayores; tal efecto fue desde 1,193 kg/ha para la densidad de 13,500 plantas/ha hasta 5,527 kg/ha para la densidad de 217,400 plantas/ha (Cuadro 4) y corresponde a la magnitud citada por Moreno (1991). En

Cuadro 2. Número de tallos por planta (NOTA) para tres variedades de trigo sembradas a diferentes distancias entre plantas en tres fechas de siembra.

Distancia entre plantas	Bacanora T88			Oasis F86			Tepoca T89			
	Nov 10	Nov 28	Ene 10	Nov 10	Nov 28	Ene 10	Nov 10	Nov 28	Ene 10	Media
92	80a	60a	53a	92a	65a	65a	67a	47a	44a	62a
69	66b	54b	47b	85b	57b	57b	72a	44a	41ab	58b
46	51c	34c	31c	57c	39c	39c	42b	29b	38b	41c
23	32d	16d	15d	35d	20d	25d	20c	16c	20c	22d
Testigo	3e	4e	10e	4e	4e	6e	5d	4d	4d	5e
Media	46	34	31	55	37	38	41	28	29	38

Letras iguales representan medias estadísticamente iguales (5%).

Cuadro 3. Peso total de planta (PTPL) para tres variedades de trigo sembradas a diferentes distancias entre plantas en tres diferentes fechas de siembra.

Distancia entre plantas	Bacanora T88			Oasis F86			Tepoca T89			
	Nov 10	Nov 28	Ene 10	Nov 10	Nov 28	Ene 10	Nov 10	Nov 28	Ene 10	Media
92	377a	259a	132a	298a	168a	114a	375a	205a	119a	227a
69	317b	216b	129a	272b	141b	125a	370a	207a	121a	211a
46	278c	164c	90b	211c	128b	93b	253b	169b	94b	164b
23	158d	67d	47c	115d	39c	46c	83c	74c	63c	77c
Testigo	17e	13e	33d	11e	10d	14d	16d	15d	17d	16d
Media	229	144	86	181	97	78	219	134	83	139

Letras iguales representan medias estadísticamente iguales (5%).

Cuadro 4. Rendimiento de grano por área (RG) en kg/ha para tres variedades de trigo sembradas a diferentes distancias entre plantas en tres fechas de siembra.

Distancia entre plantas	Bacanora T88			Oasis F86			Tepoca T89			Media
	Nov 10	Nov 28	Ene 10	Nov 10	Nov 28	Ene 10	Nov 10	Nov 28	Ene 10	
92	2029d	1407d	649c	1790d	1130e	560e	1809d	1061d	302d	1193d
69	4163c	2689c	961c	3893c	2541d	979d	3068c	2314c	646d	2362c
46	6630b	3927b	2190b	6033b	4008c	1991c	5599b	4318b	1908c	4067b
23	7654a	5699a	4223a	7586a	5702a	3766b	6424a	5345a	3340b	5527a
Testigo	6932b	6259a	4548a	6193b	5107b	4866a	6292a	4952a	4527a	5520a
Media	5482	3996	2514	5099	3698	2432	4638	3598	2145	3734

Letras iguales representan medias estadísticamente iguales (5%).

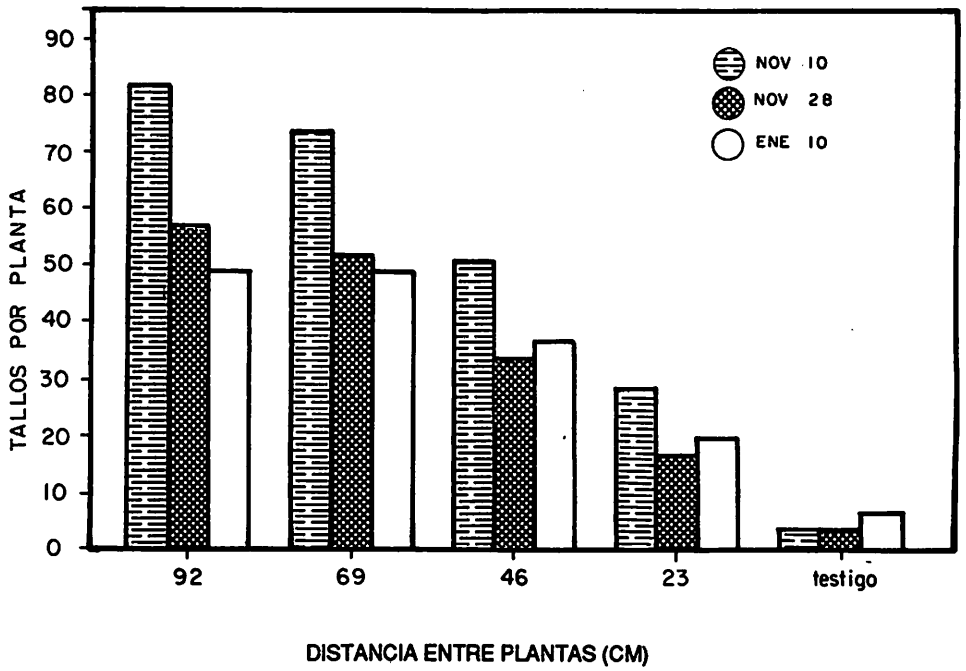

Figura 1.Número de tallos por planta a diferentes distancias entre plantas.

Cuadro 5. Medias de número de tallos por planta (NOTA), peso total de plantas (PTPL) y rendimiento de grano por área (RG) para tres variedades de trigo sembradas a diferentes distancias entre plantas en tres fechas de siembra.

Variedad	Fecha de Siembra	Dist. entre Plantas	NOTA	PTPL	RG
-	Noviembre 10	-	48a	209a	5072a
-	Noviembre 28	-	33b	125b	3761b
-	Enero 10	-	23c	82c	2364c
Bacanora	-	-	37b	152a	3998a
Oasis	-	-	43a	119b	3736a
Tepoca	-	-	33c	145a	3461b
-	-	92	62a	227a	1193d
-	-	69	58b	211a	2362c
-	-	46	41c	164b	4067b
-	-	23	22d	77c	5527a
-	-	T	5e	16d	5520a

T = Testigo (100 kg de semilla/ha)

promedio la población necesaria para lograr rendimientos óptimos resulta cercana a las 200 mil plantas/ha, que es algo mayor que la indicada por Moreno (1991) 150 mil plantas/ha).

De acuerdo con el análisis de la varianza, la interacción fecha de siembra por densidad de población resultó estadísticamente significativa, tal interacción se exhibe gráficamente en la Figura 2. Puede observarse que la interacción obedece a que los rendimientos fueron drásticamente afectados por la fecha de siembra, a la vez que la fecha temprana fue más favorecida por las densidades bajas (23 y 46 cm entre plantas). El efecto de fecha de siembra se debe a que en fechas tardías, la etapa de llenado de granos es más afectada por las altas temperaturas de primavera. Las fechas tempranas son más favorecidas por las densidades bajas, ya que las plantas con menos competencia crecen más lentamente, forman mayor cantidad de fotosintatos, lo que conduce a mayor rendimiento si la planta tiene suficiente tiempo para completar su ciclo en condiciones apropiadas (Salazar *et al.*, 1991). También se observa en la Figura 2 que en la primera fecha de siembra, el rendimiento del testigo fue igualado por el de 54 mil plantas/ha (plantas a 46 cm), y se lograron rendimientos superiores al testigo en 800 kg/ha, con el tratamiento que llevó la más alta población (23 cm entre plantas). El rendimiento del testigo, en la fecha de siembra de noviembre 28, fue igualado por el tratamiento con máxima población (217 mil plantas/ha). En cambio, en la siembra de enero 10, el rendimiento del testigo (4,647 kg/ha), resultó casi una tonelada superior al más alto rendimiento logrado en los tratamientos con población controlada. La utilidad práctica que se desprende de esto es que las siembras ralas deben de realizarse temprano (del 10 al 20 de noviembre).

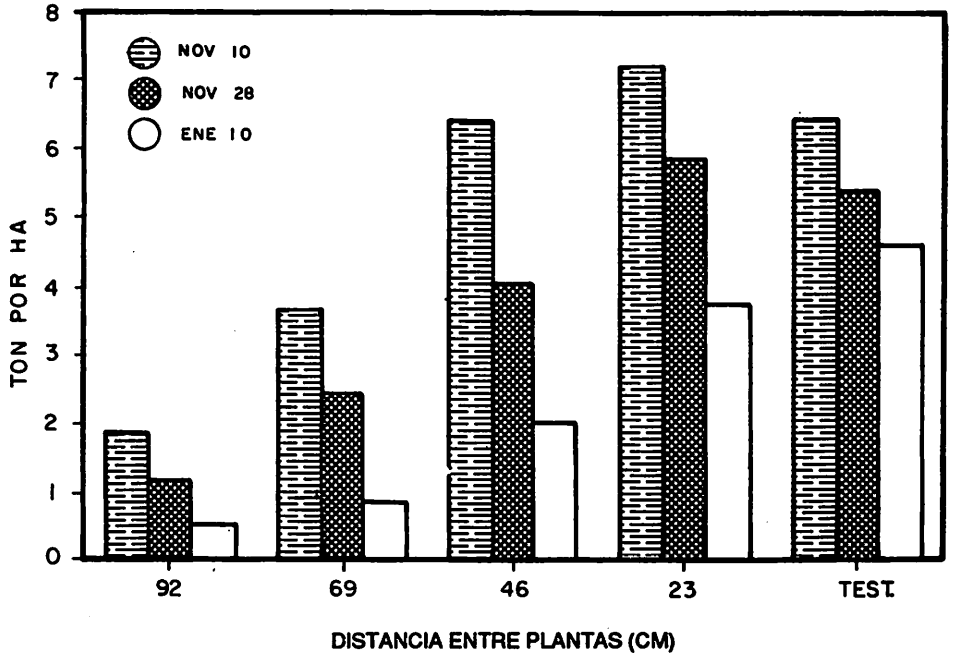

Figura 2.Rendimiento en función de fecha de siembra y densidad de población

La interacción de tres factores resultó estadísticamente significativa. Esto indica que la diferencia de la respuesta del rendimiento de trigo a la densidad de población cuando cambia la fecha, varía de acuerdo a la variedad. Esta interacción se debe principalmente a que en la siembra de noviembre 28, al cambiar la densidad de población de 217,400 plantas/ha (23 cm entre plantas) a 100 kg de semilla/ha, las variedades Oasis F86 y Tepoca T89 redujeron su rendimiento en 595 y 393 kg/ha respectivamente, mientras que Bacanora T88 lo incrementó en 560 kg/ha y a que la reducción de rendimiento al cambiar de fecha de siembra del 10 de noviembre al 28 de noviembre, en las densidades de 54,300 plantas/ha (46 cm entre plantas) y 217,400 plantas/ha (23 cm entre plantas) fue más marcada en Bacanora T88 que en Oasis F86 y Tepoca T89 (Cuadro 4).

Los resultados de este trabajo indican que con 217 mil plantas/ha (8.6 kg de semilla/ha) se puede igualar el rendimiento de las siembras convencionales, las cuales se hacen con un mínimo de 120 kg/ha. Sin embargo, la interacción variedad x población x fecha indica que variedades que no tienen suficiente capacidad de amacollamiento como Tepoca T89 responden con incremento de grano al aumento de población. Variedades con buena capacidad de amacollamiento como Oasis F86 y Bacanora T88 rinden mejor con la densidad de 217 mil plantas/ha.

CONCLUSIONES

En promedio las siembras de baja densidad de población, desde 13,500 a 217,000 plantas por hectárea bajo el patrón hexagonal, no superaron el rendimiento de grano de la siembra tradicional con 100 kg de semilla/ha y prolongaron su ciclo de cultivo hasta en 12 días. La siembra con densidad de 217 mil plantas/ha iguala el rendimiento de la siembra convencional, lo cual indica la posibilidad de un considerable ahorro de semilla. Esto es extensivo para cualquier variedad con la condición de que no se siembre tarde (después del 15 de diciembre).

La fecha de siembra y la variedad condicionan la respuesta del trigo a la densidad de población. En fechas tempranas de alrededor del 10 de noviembre es posible superar el rendimiento de las siembras convencionales en más de 500 kg/ha, utilizando variedades de buen amacollamiento como Bacanora T88 y densidades de población de 217 mil plantas/ha.

BIBLIOGRAFIA

Cano A., M. de J. 1991. La interacción entre fecha de siembra y densidad de población en relación con la producción de trigo *Triticum durum* L. en el Valle del Yaqui, Sonora. Tesis prof. ITSON-DCA. 61 pp.

Coffman, F. A. 1925. Experiments with cereals at the Akron Field Station in 15 years. Period 1908-22 USDA BACE 1287.

Curtis, B. C. and T. E. Haus. 1967. High wheat yield produced by low seeding rate and wide rows. Crops and Soils 19:25.

Donald, C. M. 1963. Competition among crop and pasture plants. Adv. Agron. Vol. 15:1-118.

Durón N., L., M. Salazar Gómez, R. Herrera González, J. Bernal Velásquez, F. González Vásquez, y M. Jiménez León. 1982. Guía para producir trigo en la Costa de Hermosillo. Folleto para Productores No. 3. INIA-CIANO-CAECH. Hermosillo, Son., México.

Holliday, R. 1963. The effect of row width on the yield of cereals. Field Crop Abs. 16:71-80.

Mendoza M., S. 1979. Rendimientos de cultivos y necesidades de información técnica de ejidatarios, colonos y pequeños propietarios del Valle del Yaqui, Sonora. Tesis M.C. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. 255 pp.

Moreno R., O., M. Salazar Gómez y S. Mendoza Mendoza. 1980. La siembra de trigo en surcos. Publicación especial Ciano No. 35. CAEVY-CIANO-INIA-SARH. 20 pp.

Moreno R., O. 1991. La siembra de trigo en surcos: Su empleo como estrategía para el control de maleza. Series Técnicas de ASOMECIMA.VOL. II:44-55.

Peck, R. A. and Croy L. I. 1973. Date and rate of seeding study on winter wheat. Okla. Agr. Exp. Sta. Progr. Re. 609 10-11.

Percival, J. 1921. The wheat plant a Monograph. E.P. Dutton and Co. New York. pp. 430-431.

Robertson, D. W., Curtis J.J., Koonce D., Brandon J.F. and Coleman O.H. 1945. Winter wheat production in Colorado. Colo. Agric. Exp. Sta. Bull. 470.

Salazar G., M., Salazar G. R. y Moreno R. O. 1991. Estudio fenológico de la planta de trigo en condiciones de no competencia. I Congreso Regional de Investigación de la DGETA Zona Norte. ITA No. 10. Centro de Investigación y Graduados Agropecuarios. Torreón, Coah.