

DENSIDAD DE POBLACION OPTIMA ECONOMICA DE SORGO EN CONDICIONES DE TEMPORAL

SORGHUM OPTIMUM ECONOMIC POPULATION DENSITY UNDER RAINFED CONDITIONS

Raúl Rodríguez Herrera, J. Heriberto
Torres Montalvo, Héctor Williams Alanís
y Noé Montes García¹

RESUMEN

Durante el ciclo otoño-invierno 1991-92 en Río Bravo, Tam. se establecieron dos experimentos bajo condiciones de temporal, con el objetivo de determinar la densidad de población (DP) óptima económica del sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) en el método de siembra de doble hilera y compararla con el método tradicional de surco sencillo. En ambos casos se sembró el híbrido Pioneer 8244; en el método de surco sencillo se evaluaron seis DP (125 a 435 mil plantas/ha) y en doble hilera ocho DP (de 187 a 625 mil plantas/ha). Los resultados indicaron que el incremento en la DP aumentó la exersión y redujo el peso de panoja y el número de granos por panoja en ambos métodos. Además, en doble hilera, al aumentar la DP se redujo la longitud de la panoja y el porcentaje de plantas con panojas productivas. En ambos sistemas, el rendimiento de grano fue estadísticamente similar de 187 mil a 562 mil plantas/ha, sin embargo, la DP que ofreció la máxima tasa de retorno fue la de 187 mil plantas/ha en surco sencillo, mientras que en doble hilera fue la de 250 mil.

PALABRAS CLAVE ADICIONALES

Sorghum bicolor L. Moench, siembra a doble hilera, rentabilidad de cultivos, competencia intraespecífica.

¹ Programa de Cultivos Industriales-Sorgo del Campo Experimental Río Bravo-INIFAP. Apdo. Postal 172, CP 88900, Río Bravo, Tam.

SUMMARY

In order to determine the best population density in the double row method of sowing and to compare it with the traditional method in single row, this study was carried out in Río Bravo, Tamaulipas, during the fall-winter season of 1991-92. Two experiments were sown under rainfed conditions with the hybrid Pioneer 8244: one in single row and another in double row. Population densities ranged from 125 to 435 thousand plants/ha in the single row method, and from 187 to 625 thousand plants/ha in the double row method. The results indicated that in both methods the increase in plant density increased significantly panicle exertion and reduced panicle weight and number of grains per panicle. In the double row method, when the population density was increased, the panicle length and percentage of plants with productive panicles were significantly reduced. In both methods, grain yield was statistically similar in a range of 187-562 thousand plants/ha. However, the population density that yielded the maximum return rate was 187 thousand plants/ha in the single row case, while in the double row method, the density of 250 thousand plants/ha was economically the best.

ADDITIONAL INDEX WORDS

Sorghum bicolor L. Moench, double row sowing, income producing rate, intraspecific competition.

INTRODUCCION

En el norte de Tamaulipas, se cultivan 500 mil hectáreas de sorgo para grano en temporal, realizando la siembra en surco sencillo, con una separación de 81 cm y 7 cm entre plantas (175 mil plantas/ha). El método de siembra en doble hilera (dos hileras por surco con una separación de 15-18 cm entre ellas; Rodríguez *et al.*, 1993) ha incrementado su importancia, y actualmente se siembran 5 mil hectáreas bajo este sistema. En esta región se ha determinado la DP óptima en el método de siembra de surco sencillo (Montes *et al.*, 1989), no así en el método de doble hilera.

Este estudio se estableció con el objeto de comparar diferentes DP en dos métodos de siembra en sorgo, con base en variables agronómicas y económicas bajo condiciones de temporal.

REVISION DE LITERATURA

En Estados Unidos, el sorgo sembrado en doble hilera ha presentado mayor producción de grano que en surco sencillo (Onken, 1970). En general, este incremento se atribuye a que la distribución de plantas es más uniforme por lo que se considera que existe mayor eficiencia en el uso de agua, nutrientes y radiación solar (Arnon, 1987).

Cuando existe suficiente humedad en el suelo el sorgo produce los mismos rendimientos sobre una amplia gama de DP debido a ajustes en el número de hijuelos y en el tamaño de la panoja (Musick y Duseck, 1969). Sin embargo, en condiciones de temporal, tanto la humedad como la fertilidad del suelo juegan un papel importante en la determinación de la DP óptima para el sorgo. Cabe aclarar que existe una DP óptima fisiológica-agronómica en la cual el cultivo expresa su máximo potencial de rendimiento, y una DP óptima desde el punto de vista económico en la cual se obtiene la mayor tasa de retorno, la que puede o no coincidir con la DP óptima fisiológica-agronómica.

MATERIALES Y METODOS

Durante el ciclo otoño-invierno 1991-92, en Río Bravo, Tam. se sembraron dos experimentos bajo condiciones de temporal; en uno el sorgo se sembró en surco sencillo y se emplearon las DP de 125, 250, 312.5, 375 y 435.5 mil plantas por ha, mientras que en el otro se sembró en doble hilera utilizando las DP de 250, 312.5, 375, 435.5, 500, 562.5 y 625 mil plantas por ha. El testigo comercial fue 187.5 mil plantas.

Los aclareos para establecer las poblaciones se realizaron 15 días después de la emergencia. Se utilizó un híbrido intermedio-tardío, de panoja semiabierto (Pioneer 8244), cuyas características representan a la mayoría de los que se siembran en la región.

En ambos experimentos se utilizó un diseño de bloques al azar con seis repeticiones; la parcela útil fue de un surco de 5 m de largo. Se fertilizó a la siembra con urea (60-00-00). La distancia entre surcos fue de 81 cm. Las características agronómicas que se analizaron estadísticamente fueron altura de planta en cm (ALT); excursión en cm (EXC); longitud de panoja en cm (LPAN); porcentaje de humedad del grano (HG); rendimiento de grano en kg/ha (RG); peso de la panoja en g (PP); peso de 1000 granos en g (P1000); número de granos por panoja (NGP); y proporción de plantas con panoja productivas (PPCP, número de plantas cosechadas entre el número de plantas establecidas).

Los experimentos fueron conducidos similarmente al de un agricultor cooperante. Al realizar el análisis económico, el rendimiento se disminuyó en 10%, que fue en lo que se estimaron las pérdidas que afectaron al agricultor por la caída del grano a la cosecha, debido a lluvias, viento y pérdidas en el acarreo. La determinación de la DP óptima económica se basó en el método sugerido por Perrin *et al.* (1976).

RESULTADOS Y DISCUSION

Análisis Agronómico

En ambos métodos de siembra (Cuadro 1) se redujo el PP y el NGP al incrementarse la DP. En este caso, ambas variables estuvieron relacionadas positivamente por lo que se deduce que el peso de la panoja está

influenciado sobre todo por el número de granos presente en ella, pues el peso del grano en ningún experimento fue afectado por la DP. Es bien conocido que entre los componentes de rendimiento el peso del grano raramente es afectado por cambios en la DP; al respecto, Harper (1961) menciona que esto puede deberse a una homeostásis interna o fisiológica del órgano que es esencial para la reproducción y dispersión.

El incremento en la DP ocasionó que se aumentara la EXC, coincidiendo esto con lo indicado por Martínez *et al.* (1988); sin embargo, este incremento se mantuvo hasta determinada DP para posteriormente bajar

ligeramente. Este aumento inicial es atribuido a una mayor competencia por radiación solar, hasta un nivel máximo en el que el incremento en la densidad empieza a afectar negativamente el crecimiento de la planta con la consecuente reducción en la EXC.

Respecto al efecto del incremento de la DP sobre el RG, los resultados en la literatura son contrapuestos. Por una parte, Foale y Coates (1980), y Soltero (1992) observaron que la DP no afectó el rendimiento de grano; mientras que Kalmbacher y Martin (1986) encontraron que el aumento de la DP incrementaba el RG. Boon-ampol *et al.*

Cuadro 1. Efecto de la densidad de población sobre las características agronómicas del híbrido P-8844 sembrado en surco sencillo y doble surco.

Densidad de población (miles)	Características agronómicas					
	Longitud de panoja (cm)	Excursión (cm)	Peso de panoja (g)	Número de granos por panoja	Prop. de panojas productivas	Rend. de grano (kg/ha)
Surco sencillo						
125		16 b	25 a	976 a		3306 b
187		17 b	18 ab	589 ab		3495 ab
250		22 ab	15 b	500 b		3280 b
312		25 a	13 b	422 b		2946 b
375		22 ab	16 ab	584 b		3611 ab
435		20 ab	12 b	431 b		4030 a
Doble hilera						
187	32 a	13 c	20 a	706 a	0.96 a	3598 b
250	26 b	20 b	18 a	695 a	0.85 ab	3857 ab
312	27 b	23 ab	15 b	523 ab	0.85 ab	3789 ab
375	28 b	22 ab	11 c	683 a	0.86 ab	3534 b
435	26 b	27 a	11 c	400 ab	0.81 ab	3880 ab
500	25 b	25 ab	8 d	306 b	0.83 ab	3502 b
562	26 b	26 ab	10 cd	369 ab	0.63 c	3601 ab
625	25 b	23 ab	9 cd	383 ab	0.70 bc	4122 a

Valores en la misma columna dentro de cada método de siembra, con distinta letra son estadísticamente diferentes ($P = 0.05$)

(1982) encontraron que el incremento de la DP redujo el RG en una variedad, mientras que en otra no lo afectó. En el presente caso, en ambos métodos no se detectó efecto del incremento de la DP sobre el RG. Esto pudo ser debido a que durante el ciclo de cultivo se registraron 250 mm de lluvia, que junto con la humedad disponible a la siembra cubrió las necesidades hídricas del cultivo, y en estas condiciones existe una compensación entre los componentes de rendimiento en sorgo, debido a que las bajas DP al principio del ciclo se ven beneficiadas por un aumento en el ahijamiento y en el tamaño de la panoja, con lo que se incrementa el número de granos por unidad de superficie (Paul, 1990) lo que resulta en el mantenimiento del rendimiento dentro de ciertos límites.

En doble hilera, las plantas presentaron menor EXC, mayor LPAN, PP, NGP y RG en DP inferiores a 400 mil plantas, en relación al surco sencillo, por lo que se infiere que en el método de doble hilera la distribución más uniforme de las plantas reduce los efectos negativos de la competencia intraespecífica. Lo anterior se atribuye a que se aprovecha adecuadamente la energía radiante y se hace un uso más eficiente del agua (Arnon, 1987). Por otra parte, en doble hilera la variable LPAN disminuyó 18% al aumentar la DP de 187 a 250 mil para después mantenerse estadísticamente igual, y el PPCP disminuyó 11% al pasar de 187 a 250 mil plantas; a partir de esta DP fue estadísticamente similar. Sin embargo, la tendencia fue reducir el PPCP a medida que se aumentó la DP.

Análisis Económico

Durante el ciclo 1991-92, la tonelada de grano de sorgo se pagó a N\$ 360.00 y los costos por cosecha y acarreo de grano se cotizaron en N\$ 30.00; debido a esto el precio

de campo se estimó en N\$ 330.00. En los costos variables se cuantificó la semilla necesaria para obtener la DP (35 mil semillas/kg, con 80 % de germinación además de 15 % por problemas de nacencia, por plagas y/o enfermedades), y el costo de la misma (1 kg de semilla en N\$ 5.55). El costo del capital fue de 13.9 %, que fue lo que cobró el Banco de Crédito Rural por 10 meses de préstamo. En ambos experimentos, al estimar los beneficios netos se observó que el orden de los tratamientos cambió en relación al agrupamiento por RG; esto es debido a que se incrementaron los costos a medida que se incrementó la DP.

En el análisis marginal, los tratamientos que presentaron un mayor costo variable neto que el tratamiento inmediato superior se clasificaron como dominados, de tal forma que en el surco sencillo (Cuadro 2) sólo las DP de 435, 187 y 125 mil no fueron dominadas; siendo la DP de 187 mil la que ofreció la máxima tasa de retorno por lo que se concluye que en este trabajo y para este método de siembra ésta fue la DP óptima económica.

En doble hilera sólo los tratamientos de 187 y 250 mil no fueron dominados, y de ellos la DP de 250 mil fue la que ofreció la tasa de retorno marginal más alta, considerándose esta DP como la óptima económica en este sistema de siembra. Además se presentó una mayor DP óptima económica en relación al surco sencillo debido a la mejor distribución de plantas en el terreno, lo que permite incrementar las DP por unidad de superficie (Wade y Douglas, 1990)..

CONCLUSIONES

1. En ambos métodos de siembra, al aumentar la densidad de población se redujo significativamente el peso de la panoja y el número de granos por panoja.

Cuadro 2. Análisis marginal (N\$) de tratamientos de DP no dominados (+) en sorgo para grano sembrado en surco sencillo y en doble hilera.

Beneficio neto (1)	Densidad (miles)	Costo variable (2)	Cambio respecto beneficio próximo superior		Tasa de retorno (5)
			Incremento marginal		
			Beneficio neto (3)	Costo variable (4)	
Surco sencillo					
(a) 1081.10	435	115.76+	92.95	66.16	140.5%
(b) 988.20	187	49.60+	39.52	16.53	239.0%
(c) 972.78	375	92.22			
(d) 948.68	125	33.07+			
(e) 907.85	250	66.15			
(f) 792.11	312	82.69			
Doble hilera					
(g) 1088.00	250	66.2+	69.1	16.9	408.0%
(h) 1058.60	625	165.4			
(i) 1045.31	312	82.7			
(j) 1036.60	435	115.7			
(k) 1018.96	187	49.3+			
(l) 950.37	375	99.2			
(m) 920.37	562	148.9			
(n) 907.71	500	132.4			

Ejemplos del cálculo: La cantidad en (4a) es la que aparece en (2a) menos la cantidad en (2b). También (3a) = (1a)-(1b) y (5a) = (3a)/(4a) x 100.

2. La excursión aumentó a medida que se incrementó la densidad de población hasta densidades no mayores de 435 mil plantas/ha.

3. En doble hilera, la longitud de la panoja y la proporción de plantas con panojas productivas decrecieron al aumentar la densidad de 187 a 250 mil plantas/ha, manteniéndose estadísticamente igual en poblaciones mayores.

4. El rendimiento de grano fue estadísticamente similar entre 187 y 582 mil plantas/ha. La densidad de población que ofreció la máxima tasa de retorno fue 187 mil

en el caso de surco sencillo y 250 mil en el caso del método de doble hilera.

BIBLIOGRAFIA

- Arnon, I. 1987. Physiological principles of dryland crop production. In: Physiological Aspects of Dryland Farming. U.S.Gupta (ed). Oxford & IBH Publishing. p. 85.
- Boon-ampol P., R. Meesawat, S. Chariwanakupt, M. Savathanon, and Ch. Komanasupasawat. 1982. The effect of fertilizer x plant population on two sorghum varieties. Sorghum Newsletter 25:66.

- Foale, M.A. and D.B. Coates. 1980. Yield of two grain sorghum cultivars at four populations. *Sorghum Newsletter* 23:46.
- Harper, J.L. 1961. Approaches to the study of plant competition. In: *Mechanisms in Biological Competition*. Milthorpe, F.L. (ed.), 15th Symp. Soc. Exp. Biol. pp. 1-39.
- Kalmbacher, R.S. and F.G. Martin. 1986. Plant density effects on sorghum yield and tillering. In: *Proceedings of Soil and Crop Science Society of Florida* 45:122-125.
- Martínez L., C.S. Valdez y F. Zavala. 1988. Evaluación de la habilidad competitiva intragenotípica de cuatro líneas y un híbrido de sorgo. En: *Resúmenes del XII Congreso de Fitogenética*. UACH. Chapingo, México p. 72.
- Montes G., N., R. Rodríguez H. y L.E. Fregoso T. 1989. Densidad de población para el sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) de temporal. En: *Resúmenes de la III Reunión Nacional sobre Sorgo*. U. de G. Guadalajara, México. p. 67.
- Musick, J.T. and D.A. Duseck. 1969. Grain sorghum row spacing and planting dates under limited irrigation in the Texas High Plains. *Tex. Agric. Exp. Sta. MP-932*.
- Onken, A.B. 1970. Cultural practices for grain sorghum production. In: *Grain Sorghum Research in Texas 1970*. Texas A & M Univ. p. 12.
- Paul, C.L. 1990. *Agronomía del Sorgo*. Instituto Internacional para el Mejoramiento en Cultivos para los Trópicos Semiáridos. pp. 63-64.
- Perrin R.K., D.L. Winkelmann. E.R. Moscardi y S.R. Anderson. 1976. *Formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos; un manual metodológico de evaluación económica*. CIMMYT, México, D.F. 54 pp.
- Rodríguez H., R., H. Torres M., N. Montes G. y H. Williams A. 1993. Sorgo a doble hilera versus surco sencillo bajo riego en el norte de México. En: *Resúmenes de la XXXIX Reunión Anual de la Sociedad del PCCMCA*. Cd. de Guatemala. p. 37.
- Soltero D., L. 1992. Interacción entre densidad de siembra y genotipo en sorgo para grano en Ocotlán, Jalisco. *Rev. Fitotec. Mex.* 15:95-100.
- Wade, L.J. and A.C.L. Douglas. 1990. Density and uniformity effects on grain yield. *Sorghum Newsletter* 30:70