

EFFECTO DEL ARREGLO ESPACIAL DE PLANTAS SOBRE EL RENDIMIENTO DEL MAÍZ EN LA REGION HUETAR ATLANTICA DE COSTA RICA

Sayra Munguía Ulloa

Escuela de Ciencias Agrarias,
Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica
(Recibido: 25-09-95 / Aceptado: 06-12-95)

RESUMEN

En la región Huetar Atlántica, se realizó un ensayo con diferentes arreglos espaciales de plantas y una misma densidad de siembra (6 plantas por m^2), con el objetivo de determinar si existe un efecto de la estructura de siembra sobre el rendimiento del maíz. Los resultados de este experimento muestran que el rendimiento es afectado negativamente al aumentar la asimetría espacial de plantas como consecuencia del aumento de la distancia entre plantas y del número de semillas por golpe (hueco), porque se produce una competencia entre plantas por la radiación solar y los nutrientes. Tomando en cuenta estos resultados, se considera conveniente que los agricultores utilicen un arreglo espacial que permita una distribución más regular de plantas sobre el terreno. En el caso de las siembras realizadas en forma manual, la utilización de 3 golpes por m^2 y 2 semillas por golpe o de 2 golpes por m^2 y 3 semillas por golpe, permitiría mejorar el rendimiento de los productores de la región.

ABSTRACT

A trial was carried out in the Huetar Atlantica region with different spatial arrays of plants and the same plant density (6 plants m^{-2}), in order to determine the existence of an effect of the sowing structure in the final yield of corn. The results show a negative effect as the space asymmetry increased as a consequence of the increment of the space between plants and the number of seeds per hole. This produces an interplant competition for solar

radiation and nutrients. Taking into account the results, it is convenient to use an spatial arrangement that allows a more regular plant distribution. When sowing is made manually, it would be recommendable to use 2 or 3 seeds per hole to improve the yield of the region producers.

INTRODUCCION

En la región Huetar Atlántica, la siembra del maíz se realiza en forma manual, al espeque⁽¹⁾ y utilizando diferentes densidades y arreglos espaciales de plantas. A través del diagnóstico agronómico del cultivo, realizado en 52 parcelas de pequeños productores de esa región (MUNGUIA 1995), se observó que las densidades obtenidas a la emergencia varían entre 2,7 y 8,6 plantas por m^2 , el número de golpes (huecos) por m^2 entre 1,2 y 2,4 y el número de plantas por golpe a la emergencia entre 1,5 y 4,2. La variabilidad encontrada en las parcelas, en cuanto al número de golpes por m^2 , provino principalmente de la distancia entre golpes. La distancia entre surcos fue más homogénea en las parcelas y varió entre 0,80 m y 1,0 m. Se observó, a través de ese estudio, que existe una *tendencia de los agricultores a aumentar el número de semillas por golpe cuando el número de golpes por m^2 es bajo y en algunas parcelas la compensación es total. Así por ejemplo, en la figura 1 (MUNGUIA 1995), se observa que para la densidad*

¹ Espeque: Siembra que se realiza utilizando un palo de madera provisto con una punta en el extremo para abrir el hueco donde se depositará la semilla.

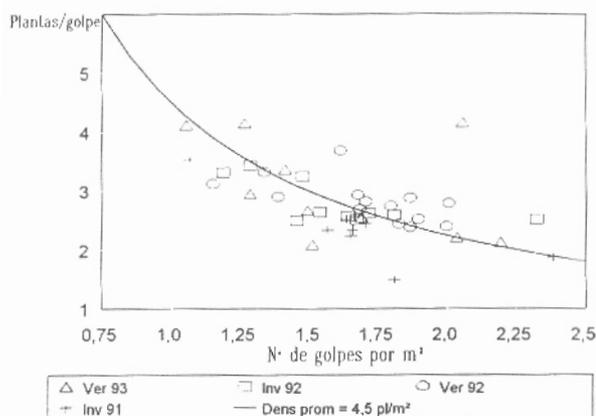


Figura 1. Arreglos espaciales de plantas observados en parcelas de agricultores. Cuatro ciclos de cultivo.

promedio obtenida a la emergencia (4,5 plantas por m²) representada por la curva, existen diferentes arreglos espaciales de plantas (valores de parcelas o símbolos situados sobre la curva). Sin embargo, también se encontraron parcelas con un número elevado de golpes por m² y un gran número de plantas por golpe. De acuerdo con la información suministrada por los agricultores, un número de golpes por m² superior a 2,4 no es generalmente utilizado para la siembra, debido a las siguientes razones: se favorece la presencia del fenómeno denominado «quema» (secado de hojas inferiores), el cual produce la esterilidad de plantas y mazorcas más pequeñas, existe un mayor riesgo de volcamiento de plantas y se aumenta el tiempo de trabajo en el cultivo. La utilización de muchas semillas por golpe es justificada por el agricultor, como una prevención por las pérdidas de semillas y de plantas que se presentan después de la siembra.

Considerando las diferencias existentes entre agricultores, en cuanto a la estructura de siembra, se realizó un ensayo en la región, con el objetivo de determinar el efecto del arreglo espacial de plantas sobre el rendimiento del maíz, y sobre los componentes del rendimiento.

MATERIALES Y METODOS

El estudio se llevó a cabo en Guápiles, en la Estación Experimental «Los Diamantes», del Ministerio de Agricultura y Ganadería de Costa Rica. La siembra del ensayo se hizo en la época menos lluviosa, el 9 de febrero de 1993, con una variedad local suministrada por un agricultor de la región. Los tratamientos se establecieron utilizando una misma densidad de siembra (6 plantas por m²) y haciendo variar el número de golpes por m² y el número de semillas por golpe. Se escogió esta densidad considerando que es una de las más altas en la gama de densidades encontrada en la región (CNP 1991), y podría evidenciar el posible efecto del arreglo espacial de plantas sobre el rendimiento.

El ensayo se fertilizó con 120 kg/ha de nitrógeno, 60 kg/ha de fósforo y 60 kg/ha de potasio. El combate de las malas hierbas se hizo mediante la aplicación de una mezcla de los herbicidas prowl y atrazina antes de la emergencia y una aplicación de paraquat 30 días después de la siembra.

El diseño experimental fue de bloques completos al azar, con cuatro repeticiones y cuatro tratamientos descritos en el cuadro 1. Cada unidad experimental estuvo constituida por 10 surcos, de 10 m de largo cada uno.

Cuadro 1.
Descripción de los tratamientos del ensayo, arreglo espacial de plantas

Tratamiento	Descripción	Distancia entre golpes (m)
T1	6 golpes por m ² , 1 planta por golpe	0,21
T2	3 golpes por m ² , 2 plantas por golpe	0,42
T3	2 golpes por m ² , 3 plantas por golpe	0,63
T4	1,5 golpes por m ² , 4 plantas por golpe	0,84

La distancia entre surcos fue de 0,80 m en todos los tratamientos del ensayo. En cada tratamiento se sembró sistemáticamente, en cada golpe, dos semillas más del número requerido y posteriormente se hizo un raleo de plantas después de la emergencia, sin seleccionar las plantas.

Las variables dependientes evaluadas fueron:

Etapa vegetativa:

- 1- Medición del incremento de la materia seca de los tallos. Para ello, se cosechó cada semana en los surcos vecinos de los tres surcos centrales, 20 plantas por tratamiento. Los muestreos se iniciaron un mes después de la siembra y finalizaron tres semanas después de la floración.
- 2- Medición de la altura de la planta y del diámetro del primer nudo, realizada en las mismas plantas en que se midió materia seca de los tallos.
- 3- Conteo del número de hojas visibles cada semana y determinación del número total de hojas en la floración, en 10 plantas por tratamiento.
- 4- Estimación en cada tratamiento del área foliar a la floración, por medición del largo y del ancho máximo de las hojas verdes, en 25 plantas por tratamiento. El área foliar se calculó con la fórmula siguiente: ancho x largo x 0,75 (BONHOMME *et al.* 1982).

- 5- Estimación del índice foliar (área foliar por m² de suelo), en cada tratamiento.
- 6- Determinación en el surco central de cada tratamiento, del número de días para la floración masculina y femenina. Se consideró como fecha de floración masculina cuando el 50% de las plantas del surco estaban emitiendo polen y como floración femenina cuando el 50% de las plantas tenían visibles los estigmas.

Etapa reproductiva:

- 1- Determinación a la cosecha de las siguientes variables, en 30 plantas por tratamiento: número de plantas estériles, número de mazorcas totales por planta, número de mazorcas podridas y dañadas, número de granos por mazorca y peso seco de un grano. El peso seco de los granos se determinó por secado en la estufa a 75 °C durante 48 horas y, la materia seca de los tallos por secado a 75 °C durante 72 horas.
- 2- Estimación a la cosecha de la materia seca total, en 20 plantas por tratamiento.

RESULTADOS Y DISCUSION

El análisis estadístico de los resultados del ensayo (cuadro 2) muestra que hubo diferencias significativas entre tratamientos, en cuanto al rendimiento ($P < 0,05$, test LSD). El tratamiento 4 fue diferente estadísticamente respecto a los demás tratamientos.

Cuadro 2.
Rendimientos, componentes del rendimiento y variaciones respectivas de cada tratamiento

Tratamiento	Mazorca/planta		Peso seco de un grano (mg)			Granos/Mazorca		Rendimiento (0% hum)	
	Total	Sanas	Prom	Desv est	CV	Prom	Desv est	CV	t/ha
T1	0,94	0,90	310,1	63,4	20,4	415,4	84,0	20,2	7,0 a*
T2	0,93	0,90	304,1	56,0	18,4	428,5	95,5	22,3	7,3 a
T3	0,94	0,91	292,3	61,5	21,0	418,6	117,4	28,0	6,7 a
T4	0,94	0,91	280,1	60,2	21,5	391,3	103,9	26,6	6,0 b

* Valores con letras diferentes indican que existen diferencias significativas entre tratamientos.

Los componentes del rendimiento, número de mazorcas totales por planta, número de mazorcas sanas por planta, número de granos por mazorca y peso seco de un grano, no presentaron diferencias significativas entre los tratamientos. Sin embargo, se observa en el cuadro 2, que el tratamiento 4 presentó, en promedio, valores más bajos en el número de granos por mazorca y en el peso seco de un grano. En los tratamientos con un mayor número de plantas por golpe (tratamientos 3 y 4) se obtuvo una mayor variación en el número de granos por mazorca (cuadro 2), debido a la menor uniformidad obtenida, en esos tratamientos, en el crecimiento de las plantas. Se observó que con la densidad utilizada, de 6 plantas por m^2 , no se presenta todavía una fuerte esterilidad de plantas. Esta, no presentó diferencias significativas entre los tratamientos y fue en promedio del 4%.

La evolución de la materia seca de los tallos (figura 2) muestra una diferencia sistemática en crecimiento en favor de los tratamientos con un bajo número de plantas por golpe (tratamientos 1 y 2), y una menor producción de materia seca para los tratamientos con un alto número de plantas por golpe (tratamientos 3 y 4). Esto indica, que en estos últimos, se presentó un fenómeno de competencia entre plantas, el cual afectó el rendimiento del cultivo.

El efecto de la competencia también se manifestó en el porte de los tallos: los tratamientos

1 y 2 obtuvieron, en promedio, una altura de 3,15 m y un diámetro del primer nudo del tallo de 8 cm y 7,8 cm, respectivamente. Los tratamientos 3 y 4 obtuvieron una altura promedio de 3,0 m y un diámetro promedio del primer nudo de 7,3 cm y 7,6 cm, respectivamente. Por otra parte, no hubo diferencias, entre los tratamientos, en cuanto al ritmo de aparición de hojas, ni en el número total de hojas: 21 en promedio.

Los valores de índices foliares obtenidos a la floración fueron similares en los cuatro tratamientos. Estos fueron, respectivamente, para los tratamientos 1 a 4: 3,91, 3,89, 3,78 y 3,84. Según las referencias bibliográficas (VARLET-GRANCHET *et al.* 1982; FISCHER y PALMER 1984), estos valores de índices foliares en el maíz, pueden permitir una máxima intercepción de la energía solar por parte del cultivo.

A pesar de que los índices foliares obtenidos en todos los tratamientos fueron parecidos, los tratamientos 3 y 4, con un mayor número de plantas por golpe, presentaron una menor producción de biomasa seca total, lo cual significa que existe un efecto de la asimetría espacial de plantas sobre el rendimiento del cultivo. Estos resultados se explican con los obtenidos en algunas investigaciones (DONALD 1963; WILLIAM *et al.* 1968; DAUGHTRY *et al.* 1983), los cuales muestran que la producción de materia seca total del cultivo está directamente relacionada con la utilización de la radiación solar y la eficiencia fotosintética. A su vez, la eficiencia de intercepción de la energía solar depende de la estructura o tipo de cobertura que presenta el follaje, determinada por la disposición o arreglo espacial de plantas sobre el terreno. Según los resultados de varios experimentos realizados sobre la estructura de siembra (BULLOCK *et al.* 1988; TETIO-KAGHO y GARDNER 1988), la producción de materia seca total del maíz se incrementa cuando se disminuye la asimetría espacial y se obtiene una distribución de plantas más regular sobre el terreno.

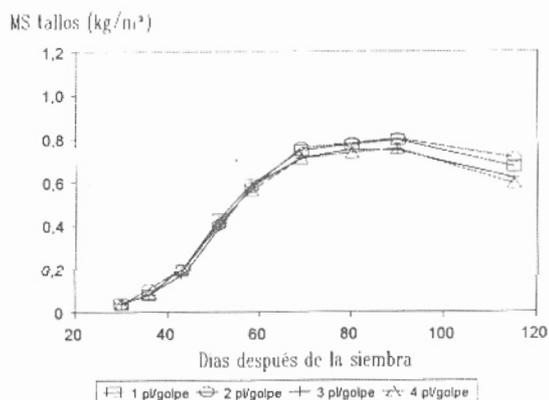


Figura 2. Evolución de la materia seca de los tallos presentada en los cuatro tratamientos del ensayo.

CONCLUSIONES

Los resultados de este estudio revelan que hay un efecto importante del arreglo espacial de

plantas sobre el rendimiento del maíz. La diferencia en rendimiento (1 tonelada métrica) presentada entre los arreglos espaciales extremos (tratamientos 1 y 4) muestra que el rendimiento se afecta negativamente al aumentar la asimetría espacial de plantas, como consecuencia del aumento de la distancia entre plantas y del número de semillas por golpe, porque se produce una competencia entre plantas por la radiación solar y los elementos nutritivos. La disminución de la asimetría, lograda a través de la reducción de los espaciamientos entre plantas y del número de semillas por golpe, es una práctica que se debe estimular en la región, con el fin de mejorar el rendimiento de los productores.

En las siembras realizadas en forma manual, los arreglos espaciales de los tratamientos 2 y 3 (2 y 3 semillas por golpe, respectivamente) serían los más recomendables. En el caso de una siembra mecanizada podría recomendarse, además, el arreglo espacial del tratamiento 1 (6 golpes por m^2 y 1 semilla por golpe). Por otra parte, la utilización de un menor número de semillas por golpe permitiría probablemente un mejor aprovechamiento de los elementos minerales poco móviles en el suelo, tales como el fósforo y el potasio.

REFERENCIAS

- Bonhomme, R., F. Ruget., M. Dericux y P. Vincourt. 1982. Relations entre production de matière sèche aérienne et énergie interceptée chez différents génotypes de maïs. C. R. Acad. Sci., série D, 294:393-398.
- Bullock, D. G., R. L. Nielsen y W. E. Nyquist. 1988. A growth analysis comparison of corn grown in conventional and equidistant plant spacing. *Crop Sci.*, 28:254-258.
- Daughtry, C. S., K. P. Gallo y M. E. Bauer. 1983. Spectral estimates of solar radiation intercepted by corn canopies. *Agron. J.*, 75:527-531.
- Donald, C. M. 1963. Competition among crop and pasture plants. *Adv. agron.*, 15:1-118.
- Consejo Nacional de Producción, Costa Rica. 1991. Resultados de encuestas de verificación realizadas sobre las siembras de maíz de 1990. Dirección Regional Huetar Atlántica, Costa Rica. 10 p.
- Fischer, K. S. y A. F. E. Palmer. 1984. Tropical maize. In: *The physiology of tropical field crops*, Goldsworthy P.R. & Fischer N.M. (eds.), John Wiley, New York, pp. 213-248.
- Munguía, S. 1995. Analyse des techniques de culture du maïs dans la Zone Atlantique du Costa Rica. Thèse de Docteur Ingénieur Sciences Agronomiques, Institut National Agronomique, Paris-Grignon, 176 p.
- Tetio-Kagho, F. y F. P. Gardner. 1988. Responses of maize to plant population density. Reproductive development, yield, and yield adjustments. *Agron. J.*, 80:935-940.
- Varlet-Grancher, C., R. Bonhomme, M. Chartier y P. Artis. 1982. Efficience de la conversion de l'énergie solaire par un couvert végétal. *Oecol. Plant.*, 3:3-26.
- William, W. A., R. S. Loomis, W. G. Duncan, A. Dovert y F. Núñez. 1968. Canopy architecture at various population densities and the growth and grain of corn. *Crop Sci.*, 8:303-308.