

Número de Plantas por Mata en la Fenología, Crecimiento y Rendimiento de *Zea mays* L. var. Olotón¹

A. Márquez-Gómez*, L. García-Barrios*, J. Kohashi-Shibata**

ABSTRACT

Zea mays L. var. Oloton, the major crop in the highlands of Chiapas, Mex., is produced by peasants in poor soil fertility conditions. Attempts are being made to develop this agricultural system, among other means by increasing soil fertility and modifying plant density and spatial arrangement. Local peasants commonly sow plants in hills (3.3 mature plants on average) one in apart. In this study, Oloton maize—a long cycle corn plant with abundant biomass and leaf area—was produced under favorable conditions in order to assess the convenience of increasing the current number of plants per hill as a strategy for attaining optimum plant densities and obtaining higher yields. As the number of plants per hill was successively increased from one to six, leaf area, stalk diameter, plant parts and total plant dry weight, yield components and total grain yield per plant were reduced. Time to silking increased slightly. Plant height was unaffected. Optimum plant number per hill was estimated at 4.6 for grain production and 4.9 for dry matter production.

Key words: *Zea mays* var. Oloton, competition, number of plants per hill, growth, phenology, yield components.

RESUMEN

En Los Altos de Chiapas, Méx., se cultiva el maíz 'Olotón' en condiciones limitantes de fertilidad de suelo. Los campesinos de la región comúnmente lo siembran en matas (3.3 plantas maduras en promedio) separadas por un metro entre ellas. Para este estudio, se cultivó 'Olotón' -variedad criolla de ciclo largo, con abundante producción del área foliar y materia seca- en condiciones favorables de fertilidad. Se evaluó la conveniencia de aumentar el promedio actual de plantas por mata como una estrategia para alcanzar una densidad de población óptima y lograr rendimientos más altos. Con el incremento sucesivo del número de plantas por mata de uno a seis, área foliar, diámetro de tallo, peso seco total de la planta y de cada uno de sus órganos, los componentes del rendimiento y la producción total de grano por planta se redujeron. El período a floración se incrementó ligeramente. El número óptimo de plantas por mata fue estimado en 4.6 y 4.9 para la producción de grano y de materia seca, respectivamente.

Palabras clave: *Zea mays* L. var. Olotón, competencia, número de plantas por mata, crecimiento, fenología, componentes del rendimiento.

INTRODUCCION

El maíz 'Olotón' es una variedad criolla, que se encuentra en su forma más pura en Los Altos de Chiapas (24), donde es ampliamente cultivado por los campesinos tsotsiles (12). Se cultiva en pequeñas parcelas con fuertes limitantes de fertilidad de suelo y precipitación. En estas condiciones, se siembran cuatro granos por mata (cuatro granos por postura) con una separación de un metro entre las matas

(12, 17). El número más frecuente de plantas de maíz desarrolladas por mata en estas parcelas es de 3.3 y el rendimiento promedio del grano es de 1700 kg ha⁻¹ (12).

En un estudio para caracterizar el potencial productivo y la aptitud fisiológica en el rendimiento de 'Olotón', Kohashi y García (16) lo cultivaron en condiciones de competencia mínima (dos plantas por metro cuadrado) en un ambiente favorable y obtuvieron una planta promedio con un ciclo de vida de 210 d, altura de 3.3 m y área foliar de 112 dm² por planta; su producción de materia seca fue de 766 g y de grano, 206 g por planta; pero tanto la eficiencia del rendimiento como su índice de cosecha fueron bajos (1.85 g dm⁻² y 27%, respectivamente).

Estas características anatómicas y fisiológicas influyeron en la habilidad competitiva de las plantas, a su vez afectada por la densidad y distribución espacial

¹ Recibido para publicación el 12 de setiembre de 1991.

Los autores agradecen al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por el apoyo a la investigación, con el otorgamiento de una beca para tesis (registro 56395), y a Lorenzo Hernández López, por su ayuda en las actividades de campo.

* Centro de Investigaciones Ecológicas del Sureste, Apartado postal # 63, 29200, San Cristóbal de Las Casas, Chiapas, Méx.

** Centro de Botánica, Colegio de Postgraduados CP 56230, Chapingo, Edo. de México.

del cultivo (21, 23). García y Kohashi (13) investigaron, en condiciones experimentales, la densidad óptima y el rendimiento máximo del maíz 'Olotón' usando el arreglo más favorable agronómicamente (4, 5, 6, 8, 16); sembraron las plantas en cepas individuales, redujeron la distancia entre plantas y mantuvieron a 80 cm la distancia entre surcos. Ellos encontraron que la relación del área foliar aumentó y la eficiencia del rendimiento y el índice de cosecha se redujeron. La producción máxima de materia seca fue de 3000 g m⁻² a una densidad de población de ocho plantas por metro cuadrado y el rendimiento máximo de grano fue de 700 g m⁻² a una densidad óptima estimada de 5.25 plantas por metro cuadrado.

Esos resultados muestran que con la siembra de 'Olotón' en una condición favorable de cultivo y con una distribución adecuada de las plantas, pueden alcanzarse densidades de población y rendimientos superiores a los reportados para las parcelas campesinas. Pero, los agricultores tsotsiles lo siembran en matas porque así se favorece la asociación con otros cultivos y las labores de labranza, basadas en métodos e instrumentos manuales (12, 17).

En un programa de desarrollo tecnológico para las parcelas campesinas de maíz en Los Altos de Chiapas, al elevar la disponibilidad de agua y nutrientes para el cultivo, ¿sería posible elevar la densidad de siembra aumentando el número de plantas por mata? Este estudio tiene como objetivo determinar los efectos del número de plantas por mata en la fenología, el crecimiento y el rendimiento del maíz 'Olotón', cuando crece en condiciones favorables de cultivo.

MATERIALES Y METODOS

El estudio se realizó en el campo experimental del Centro de Investigaciones Ecológicas del Suroeste (CIES), localizado en la ciudad de San Cristóbal de Las Casas, Chiapas, Méx., a una altitud de 2130 metros sobre el nivel del mar. El subtipo climático de la zona es CW2(w)b (12). La siembra se realizó el día 7 de abril de 1988. El germoplasma utilizado fue *Zea mays* L. var. Olotón. Los tratamientos empleados fueron matas con una planta, tres plantas, cuatro plantas, cinco plantas y seis plantas con una separación de un metro entre surcos y un metro entre matas. El diseño experimental utilizado fue el de bloques al azar con cuatro repeticiones. Cada parcela constó de seis surcos de 10 m de largo y

un metro de ancho. La dosis de fertilización fue de 180-80-50 (N-P-K) aplicada en tres partes: 27 d después de la siembra (dds) se aplicó el 50% de P y de K y el 33% de N; 50 dds el 33% de N y el resto del P y K; y 90 dds el N restante. La humedad del suelo se mantuvo siempre por arriba del 30% de humedad aprovechable. El cultivo se mantuvo libre de plagas y arvenses.

Se eligieron 16 plantas en cada tratamiento (cuatro por repetición) para realizar el seguimiento semanal de la fenología de la planta. Se hicieron tres muestreos destructivos en los estadios de séptima hoja ligulada, anthesis femenina y madurez fisiológica. En cada muestreo se obtuvo al azar una mata con competencia completa por cada repetición; para el tratamiento de una planta por mata se tomaron dos matas por repetición. El número total de plantas disectadas fue de 8 plantas, 12 plantas, 16 plantas, 20 plantas y 24 plantas para los tratamientos con 1 planta, 3 plantas, 4 plantas, 5 plantas y 6 plantas por mata, respectivamente. En los dos primeros muestreos se midieron las siguientes características de la planta: peso seco total, peso seco de cada órgano, altura hasta la base de la última hoja con lígula expuesta, diámetro del tallo en el décimo entrenudo, área foliar y número de hojas, y posición de la primera mazorca.

En el muestreo de madurez fisiológica se midieron, además, los componentes del rendimiento (número de mazorcas por planta, número de hileras de grano de cada mazorca, número de granos por hilera y peso promedio de un grano), longitud y diámetro de mazorca, y porcentaje de llenado de mazorca. Se evaluaron la tasa de exposición de hojas (TEH) y el área foliar activa durante el período reproductivo. Se calcularon los siguientes índices: inicio y duración de cada etapa fenológica (20); índice de cosecha, IC (7); eficiencia del rendimiento, ER (10); relación del área foliar, RAF (14); área específica foliar, AEF (14); índice de área foliar, IAF (22) y se calculó la fórmula de los componentes del rendimiento. Esta fórmula indica que el rendimiento de una planta es el producto de la multiplicación de los componentes del rendimiento de la mazorca superior, más el producto de la multiplicación de los componentes del rendimiento de la mazorca inferior. Los componentes del rendimiento y producción de grano por planta: IC, RAF, AEF fueron sometidos a un análisis de variancia para detectar las diferencias y hacer una comparación múltiple de medias para cada tratamiento.

Se evaluó el efecto del número de plantas por mata en la producción de grano por planta y por metro

cuadrado mediante la estimación de los parámetros A y K del siguiente modelo (3):

$$P_{\text{grano}} = A_{\text{grano}} K_{\text{grano}}^N$$

$$R_{\text{grano}} = N A_{\text{grano}} K_{\text{grano}}^N$$

donde:

A = producción de grano en la planta sin competencia (cuando la densidad es cercana a cero).

K = constante de proporcionalidad. Toma valores entre 0.6 y 1. Cuanto menor es su valor, mayor es el efecto deletéreo del incremento en el número de plantas por mata.

N = número de plantas por metro cuadrado.

R = producción de grano por metro cuadrado.

La estimación de los parámetros A y K se hizo extensiva a la producción de materia seca, área foliar, peso seco y dimensiones de los distintos órganos de la planta (13). Se estimó también el número óptimo de plantas por mata ($N_{\text{opt}} = -1/\ln K$) y el rendimiento máximo de grano:

$$R_{\text{max}} = N_{\text{opt}} \cdot A_{\text{grano}} \cdot K_{\text{grano}}^{N_{\text{opt}}} \quad (13).$$

RESULTADOS

Planta individual sin competencia

La morfología general del maíz 'Olotón', la duración de su ciclo de vida y de cada una de sus fases se presentan en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Fenología del maíz 'Olotón' crecido a razón de una planta por metro cuadrado (n = 16).

Carácter	Duración (d)
Ciclo biológico	203
Fase vegetativa inicial	42
Fase vegetativa activa	70
Fase inicial de llenado de grano	21
Fase de llenado activo de grano	70
Período vegetativo	112
Período reproductivo	91
Protandria	0
Días a floración masculina	112
Días a floración femenina	112

En el período vegetativo la planta sin competencia (una planta por metro cuadrado) produjo 373.4 g de materia seca aérea, de los cuales el 48% correspondió al tallo y el 21% a las láminas foliares. Su área foliar fue de 107.9 dm², repartida en 23 láminas foliares; la lámina 14 fue la de mayor superficie. El área foliar de las hojas situadas por arriba del nudo 19 (nudo donde se insertó la primera mazorca) representó el 24.1% del total. En este periodo se perdió el 3.5% del área foliar de la planta por la senescencia de las primeras ocho hojas.

Desde el inicio del periodo reproductivo el área foliar de la planta empezó a decrecer. Hasta los 154 dds (fin del estadio de grano lechoso), la pérdida del área foliar fue escasa (15.6% del total); a partir de ese momento, el área foliar se abatió rápidamente. En el momento de madurez fisiológica, la planta no tenía prácticamente área foliar activa.

En el período reproductivo la planta produjo 336.7 g de materia seca, de los cuales el 52% se destinó al grano (31% en la mazorca superior y 21% en la inferior). El mayor crecimiento de los órganos reproductivos ocurrió entre las fases de grano lechoso y grano masoso. Este crecimiento fue de 1.7 g d⁻¹ y se debió casi por completo al crecimiento del grano.

La producción de materia seca en todo el ciclo fue de 710.1 g por planta y la de grano fue de 182.3 g por planta.

Efecto del número de plantas por mata en la fenología, crecimiento y rendimiento del maíz 'Olotón'

En el Cuadro 2 se indican los valores estimados de los parámetros A y K con los que se analizaron el abatimiento relativo de los valores de cada variable.

Con el aumento en el número de plantas por mata (NPM), se retrasó la tasa de exposición de las hojas liguladas (datos no incluidos) y se abatió el peso seco de todos los órganos de la planta, tanto en el periodo vegetativo (PV) como en el reproductivo (PR).

En el PV, la materia seca producida por planta se redujo a un 41% al aumentar de una a seis plantas por mata, usando el valor de las variables en el tratamiento de una planta por metro cuadrado con un índice de 1.00, para comparar el abatimiento relativo de los valores de las variables de los demás tratamientos. La misma

Cuadro 2. Morfología general de la planta de maíz 'Olotón' crecida a razón de una planta por metro cuadrado (n = 16).

Carácter	Media	ee
Altura a la última lígula (cm)	296	9.5
Diámetro de tallo	3.5	0.1
Número de hojas	23	
Área foliar total (dm ²)	107.9	6.3
Número de mazorcas	2	0.2
Posición de la mazorca superior (número del nudo)	19	0.5
Mazorca superior:		
Longitud (cm)	15.9	1.2
Diámetro (cm)	4.7	0.1
Mazorca inferior:		
Longitud (cm)	13.8	1.5
Diámetro (cm)	4.1	0.2
Peso seco total aéreo (g)	710.1	42
Producción de grano (g)	182.3	25
Índice de cosecha	25	25

relación se usó en lo sucesivo. La variable con mayor abatimiento relativo fue el peso seco de raíz y la menos afectada fue el peso seco de las láminas foliares (Fig. 1).

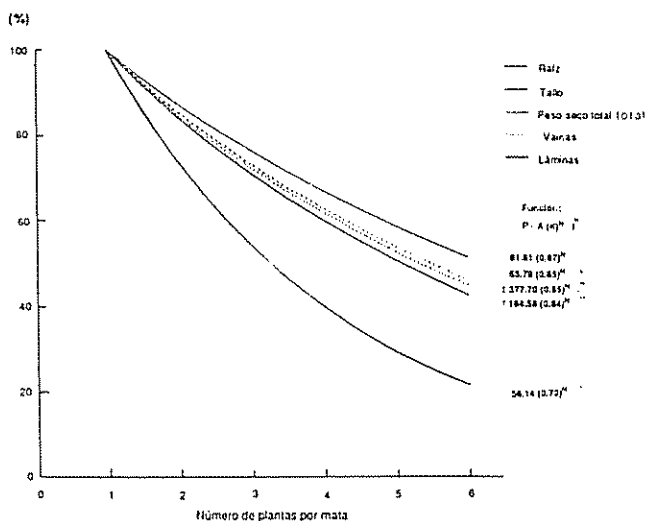


Fig. 1. Caída proporcional del peso seco total y de los órganos vegetativos del maíz 'Olotón' al aumentar el número de plantas por mata (una planta por mata = 100%). Los valores de los parámetros A y K que aparecen al margen derecho de cada variable permiten estimar su valor absoluto como función de la densidad (N).

En el PR, la materia seca producida por planta se redujo a un 40% al aumentar de una a seis el número de plantas por metro cuadrado. La variable con mayor abatimiento relativo fue el peso seco de brácteas, y las menos afectadas, el número de mazorcas por planta y la materia seca aérea (Fig. 2). Los componentes de la

primera mazorca se abatieron en menor medida que los de la segunda. El área foliar que se mantuvo activa por planta fue menor en las plantas que crecieron con mayor competencia (Fig. 3).

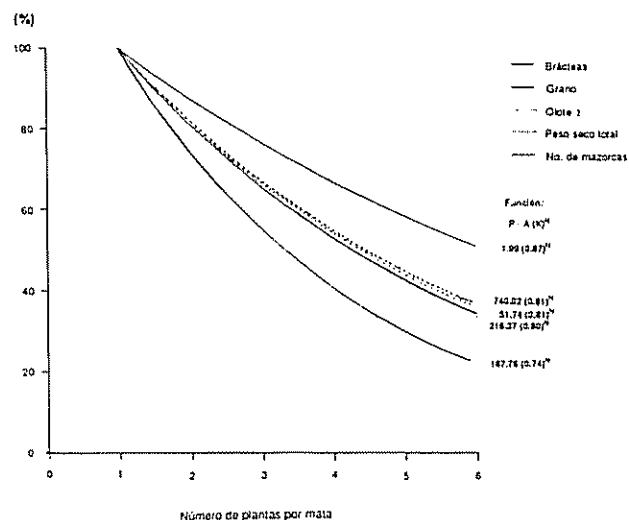


Fig. 2. Caída proporcional del peso seco total y de los órganos reproductivos del maíz 'Olotón' al aumentar el número de plantas por mata (una planta por mata = 100%). Los valores de los parámetros A y K que aparecen al margen derecho de cada variable permiten estimar su valor absoluto como función de la densidad (N).

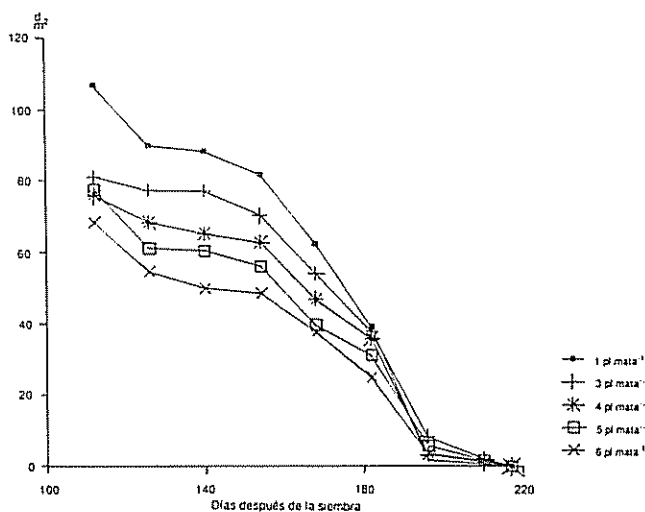


Fig. 3. Área foliar en el periodo reproductivo del maíz 'Olotón' en matas con distinto número de plantas.

Con el aumento del NPM, disminuyeron el AF y el diámetro del tallo, pero no su altura; estas tres variables se sostuvieron en mayor medida que la producción de grano y materia seca por planta (Fig. 4).

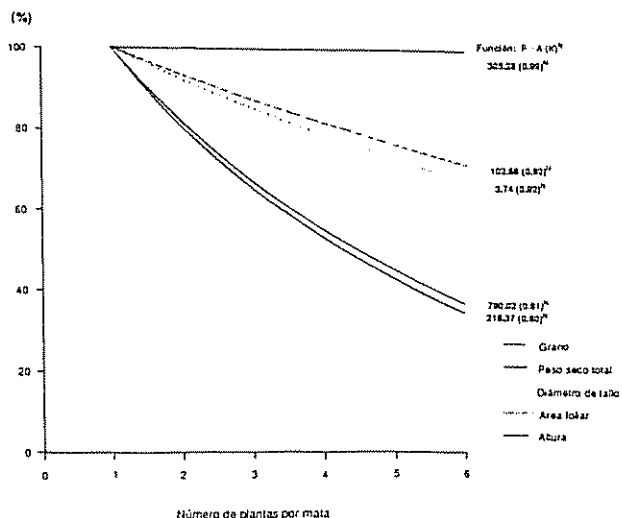


Fig. 4. Caída proporcional del peso seco total y dimensiones de los órganos del maíz 'Olotón' al aumentar el número de plantas por mata (una planta por mata = 100%). Los valores de los parámetros A y K que aparecen al margen derecho de cada variable permiten estimar su valor absoluto como función de la densidad (N).

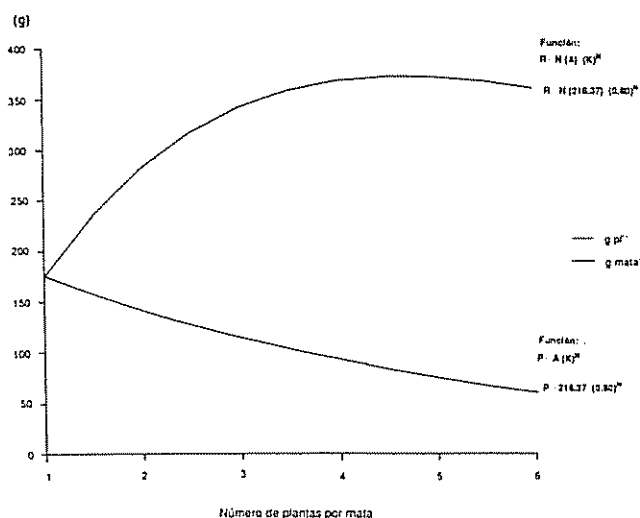


Fig. 5. Producción estimada de grano por planta y mata de 'Olotón' al aumentar el número de plantas por mata. Los valores de los parámetros A y K que aparecen al margen derecho de cada variable permiten estimar su valor absoluto como función de la densidad (N).

El área específica foliar y la relación del área foliar aumentaron con el incremento en el NPM; la ER promedio disminuyó y el IC no se afectó (Cuadro 3).

Cuadro 3. Efecto del número de plantas por mata en distintos índices fisiológicos del maíz 'Olotón'.

Características	Número de plantas por mata				
	1	3	4	5	6
Área específica foliar (dm ² g ⁻¹)	1.3	1.5	1.6	1.7	1.9
Razón del área foliar (dm ² g ⁻¹)	0.28	0.35	0.44	0.42	0.47
Eficiencia del rendimiento (g dm ⁻²)	1.6	1.6	1.1	1	1
Índice de cosecha	29	29	30	29	35

Letras distintas indican diferencia significativas: P>0.05.

En la Figura 5 se muestra la producción estimada de grano por planta y por mata. Los cambios en la producción de grano por planta estuvieron asociados principalmente a la caída de dos de los componentes del rendimiento: número de mazorcas por planta y número de granos por hilera de cada mazorca (Cuadro 4).

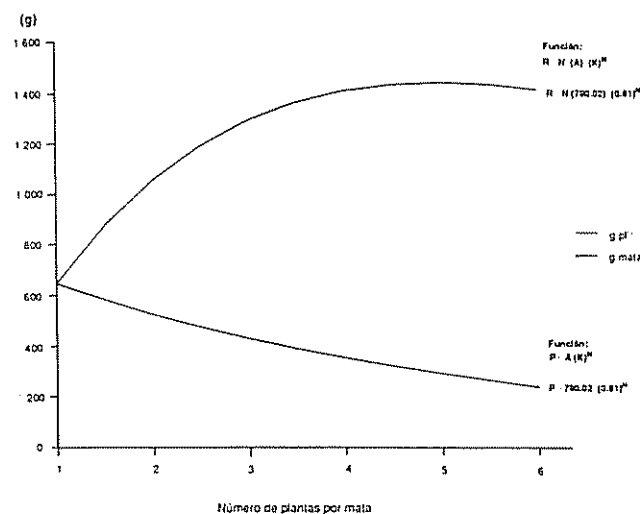


Fig. 6. Producción de materia seca por planta y mata de 'Olotón' al aumentar el número de plantas por mata. Los valores de los parámetros A y K que aparecen al margen derecho de cada variable permiten estimar su valor absoluto como función de la densidad (N).

Efecto del número de plantas por mata en los parámetros del cultivo

El IAF en antesis femenina se incrementó de uno a cuatro con el aumento del NPM de uno a seis.

Cuadro 4. Efecto del número de plantas por mata en los componentes del rendimiento del maíz 'Olotón'.

Plantas por mata (número)	Rendimiento de la mazorca superior				Rendimiento de la mazorca inferior				Rendimiento por planta (g)
	Número de hileras	Número de granos por hilera	Peso de un grano (g)	Proporción de plantas con mazorca superior	Número de hileras	Número de granos por hilera	Peso de un grano (g)	Proporción de plantas con mazorca inferior	
1	12	24	0.37	1	11.6	21	0.42	0.75	182
3	11	27	0.44	1	8.0	21	0.45	0.20	147
4	12	20	0.35	1	9.5	13	0.25	0.50	100
5	11	20	0.41	1	5.5	11	0.27	0.20	94
6	11	19	0.40	1	8.6	9	0.39	0.10	87

El número óptimo de plantas por mata se estimó en 4.6 y la producción máxima de grano (peso seco) en 371.8 g m² (Fig. 5). La producción óptima calculada de materia seca aérea fue de 1445.3 g m² con una mata de 4.9 plantas (Fig. 6).

DISCUSION

Cuando el maíz 'Olotón' creció a una densidad de una planta por mata tuvo un ciclo de vida largo, con un período reproductivo adecuado para el llenado de grano. La planta fue de porte alto, con abundante producción del área foliar y de materia seca, prolífica en la producción de mazorcas, con un número y tamaño de granos favorable y con peso seco de grano relativamente alto. Sin embargo, el IC y el ER fueron bajos. Todas estas características coinciden con las reportadas por Kohashi y García (13).

Al aumentar el número de plantas por mata, se abatieron la materia seca aérea y el rendimiento de grano de la planta individual. Esto podría ser porque el incremento de la competencia ocasionó:

- modificaciones de su fenología;
- caída del peso seco de los órganos vegetativos, y
- menor expresión de los componentes del rendimiento.

En el período vegetativo, la mayor competencia ocasionó la disminución en la tasa de exposición de las hojas, lo que mostró un retraso en el desarrollo de la planta. El peso seco de la raíz, tallo, lámina foliar y área foliar se abatieron, lo que posiblemente afectó al rendimiento ya que todos estos órganos están relacionados con la producción de grano (11). Al disminuir el peso seco y volumen del tallo, se supone que se reduce

también el contenido absoluto de fotosintatos en este órgano. Se ha reportado que la menor cantidad de fotosintatos en el tallo al final del período vegetativo limita la formación y el tamaño de las inflorescencias femeninas (25), lo que evidentemente reduce el número de granos por llenar; además, la escasez de fotosintatos en el tallo que pueden ser translocados al grano en el período reproductivo también afecta negativamente el rendimiento (1, 18, 19). El área foliar de la planta disminuyó debido al retraso en la exposición de hojas y al menor tamaño de ellas.

En el estadio de anthesis femenina, el peso total de la planta se abatió en mayor medida que su área foliar, por lo que su RAF aumentó con el incremento en el NPM. Este resultado parece indicar que los individuos desarrollados en cepas con mayor número de plantas se vieron estimulados a mantener su altura de tallo y su área foliar. Esto les confirió mayor capacidad potencial para interceptar la luz, pero a costa de un menor grosor del tallo (elevación de la susceptibilidad al acame) y a una menor AEF (reducción de la eficiencia para transformar la luz interceptada en materia seca) (13).

En el período reproductivo, las plantas que crecieron con mayor NPM tuvieron menor área foliar y, posiblemente, su eficiencia fotosintética fue menor, ya que la tasa de asimilación neta, la cual se define como el incremento en el peso seco de las plantas por unidad de material de crecimiento activo, en este período se abate con el incremento de la competencia (13). Lo anterior, combinado con un menor número y tamaño de las inflorescencias femeninas, posiblemente ocasionó que tanto el número de mazorcas por planta como el número de granos por hilera de cada mazorca disminuyeran a un 50 por ciento. El menor número de mazorcas promedio por planta se debió a la menor frecuencia de plantas con dos o más mazorcas y al incremento del número de plantas infértiles. Se afectaron en mayor medida las dimensiones y componentes del rendimien-

to de la mazorca inferior que las de la mazorca superior. En ambos casos se abatió menos el peso seco del grano que los demás órganos de las mazorcas. El abatimiento en el peso seco de olotes y brácteas posiblemente afectó el rendimiento del grano, puesto que ambos constituyen reservorio de fotosintatos que después son translocados al grano (11). La caída en el número de granos por hilera posiblemente se debió a la disminución en la longitud de las mazorcas.

La ER promedio disminuyó al aumentar el NPM. Esto se debió, posiblemente, a la reducción de la tasa de asimilación neta en el período reproductivo (13), lo cual pudo ser provocado por el mayor sombreado de las hojas (2).

En síntesis puede decirse que en el período vegetativo el aumento en el NPM redujo el tamaño y la eficiencia de la fuente de carbohidratos de la planta, causa de una menor producción de materia seca en este período. Durante el tiempo reproductivo de las plantas, que crecieron con mayor competencia, se redujo también la fuente de fotosintatos con la disminución del área foliar, y el tamaño de su demanda se mermó al reducirse el número y tamaño de las mazorcas.

El abatimiento provocado en la producción de grano por planta con el incremento del NPM ocasionó que con una mata de 4.6 plantas se alcanzara una producción de grano por metro cuadrado que no aumentó de manera significativa. Para el caso de la producción de materia seca por metro cuadrado, el número óptimo estimado de plantas por mata fue de 4.9. El rendimiento óptimo estimado de grano fue de 371.8 g por metro cuadrado.

Existen evidencias de que con la siembra del maíz 'Olotón' en una condición favorable de cultivo y con una planta por postura, puede alcanzarse una densidad óptima de 5.25 plantas por metro cuadrado para un rendimiento de grano de 700 g m⁻² (13). Este rendimiento es mayor al consignado en este estudio y a la producción media de 170 g m⁻² reportado para las parcelas campesinas, en donde se cultiva 'Olotón' en matas y en condiciones limitantes de fertilidad de suelo (12). Pero la siembra en matas, aunque no es la más favorable para aprovechar al máximo la fertilidad de las parcelas (8), continúa siendo utilizada por los campesinos de Los Altos de Chiapas, porque favorece el empleo de herramientas manuales, facilita las labores de cultivo y maximiza la fuerza de trabajo disponible para la

agricultura. Asimismo permite el cultivo asociado del maíz con otras especies.

La producción de grano estimada con una mata de 3.3 plantas, que es el promedio de plantas maduras por mata en las parcelas campesinas (12), fue de 352.3 gramos. Este rendimiento es comparable a 371.8 g producidos por una mata de 4.6 plantas. Esto indica que si se mejoran las condiciones de cultivo en las parcelas campesinas, es posible elevar el rendimiento por mata, pero no el número promedio de plantas por mata.

CONCLUSIONES

La planta 'Olotón' obtenida en condiciones favorables y con competencia mínima, se caracterizó por tener un ciclo de vida largo, porte alto y abundante área foliar, prolífica en la producción de mazorcas y alto rendimiento de grano; su índice de cosecha y eficiencia del rendimiento fueron bajos. El incremento en el número de plantas por mata abatió de manera importante todos los parámetros de la planta, principalmente el peso seco de los órganos reproductivos y la eficiencia del rendimiento; no afectó el índice de cosecha e incrementó la razón del área foliar. En una condición favorable de cultivo, el número óptimo de plantas por mata fue de 4.6 y 4.9 para la producción de grano y materia seca, respectivamente.

LITERATURA CITADA

1. BARNETT, K.H.; PEARCE, R.B. 1960. Source-sink ratio alteration and its effects on physiological parameters in maize. Iowa Agric. and Home Econ. Exp. Journal. Paper no. J-10642. p. 294-299.
2. BUREN, I.L.; MOCK, J.J.; ANDERSON, C. 1974. Morphological and physiological traits in maize associated with tolerance to high plant density. Crop Science 14:426-429.
3. CARMER, S.G.; JACKOBS, J.A. 1964. An exponential model for predicting optimum plant density and maximum corn yield. Agronomy Journal 241-244.
4. COLVILLE, W.L.; MCGILL, D.P. 1962. Effect of rate and method of planting on several plant characters and yield of irrigated corn. Agronomy Journal 54:235-238.
5. COLVILLE, W.L. 1962. Influence of rate and method of planting on several components of irrigated corn yields. Agronomy Journal 54:297-300.
6. COLVILLE, W.L. 1968. Influence of plant spacing and population on aspects of microclimate within corn ecosystems. Agronomy Journal 60:65-66.

7. DONALD, C.M.; HAMBLIN, J. 1976. The biological yield and arvest index of cereals as agronomic and plant breeding criteria. *Advances in Agronomy* 28:361-405.
8. DUNGAN, G.H.; LANG, A.; PENDLETON, L. 1958. Corn plant population in relation to soil productivity. *Advances in Agronomy* 10:455-474.
9. DWAYER, L.M.; STEWART, T. 1986. Leaf area development in field ground maize. *Agronomy Journal* 78:334-343.
10. ELSAHOOKIE, M.M.; WASSOM, C.E. 1984. Moisture regime and plant density effects on yield, yield efficiency, and other agronomic trails of several hybrids of corn (*Zea mays* L.). *Iraqi Journal of Agriculture Science* 2(4):29-42.
11. FELIZ VALENCIA, P. 1986. Análisis del patrón de crecimiento de tres variedades de maíz (*Zea mays* L.). Tesis de M.C. Montecillo, Méx., Colegio de Postgraduados 135 p.
12. GARCIA BARRIOS, L.; ALEMAN SANTILLAN, T.; PARRA VAZQUES, M. 1988. Estudio exploratorio de los factores que determinan el rendimiento de grano en el sistema de producción anual de maíz de área agropecuaria intensiva de la subregión San Cristóbal. CIES. (Informe de avances 1987)
13. GARCIA BARRIOS, L.; KOHASHISHIBATA, J. s.f. Efecto de la densidad de siembra sobre la fenología, crecimiento y componentes del rendimiento de un maíz criollo (*Zea mays* L. var. Olotón) de los Altos de Chiapas. CIES. Documento interno CIES.
14. HUNT, R. 1982. Plant growth curves: The functional approach to plant growth analysis. E. Arnold (Ed.) Great Britain. 247 p.
15. KOHASHISHIBATA, J.; GARCIA BARRIOS, L. s.f. Fenología, crecimiento y componentes de rendimiento de un maíz criollo de los Altos de Chiapas (*Zea mays* L. var. Olotón) cultivado bajo condiciones ambientales no limitantes. Documento CIES.
16. KONKHE, H.; MILES, S.R. 1951. Rates and patterns of seeding corn on high-fertility land. *Agronomy Journal* 43:488-493.
17. PARRA VAZQUES, R.; GARCIA BARRIOS, L.; GARCIA AGUILAR, M. DEL C.; NAHED TORAL, J.; POOL NOVELO, L.; SOTO PINTO, L.; LOPEZ MEZA, A. 1985. Desarrollo de la producción silvoagropecuaria de los Altos de Chiapas. CIES. Documento interno. 79 p.
18. SIMMONS, S.R.; JONES, R.J. 1985. Contributions of presilking assimilate to grain yield in maize. *Crop Science* 25:1004-1006
19. SWANK, J.L.; BELOW, F.E.; LAMBERT, R.J.; HASEMAN, R.H. 1982. Interaction of carbon and nitrogen metabolism in the productivity of maize. *Plant Physiology* 70:1185-1190.
20. TANAKA, A.; YAMAGUCHI, J. 1984. Producción de materia seca, componentes del rendimiento y rendimiento del grano en maíz. 3 ed. Chapingo, Méx., Colegio de Postgraduados. 120 p.
21. TURNER, M.D.; RABINOWITZ, D. 1983. Factors affecting frequency distribution of plant mass: The absence of dominance and suppression in competing monocultures of *Festuca paradoxa*. *Ecology* 64(3):469-475.
22. WATSON, D.J. 1947. Comparative physiological studies on the growth of field crops. I. Variation in net assimilation rate and leaf area between species and varieties, and within and between years. *Annals of Botany* 11:41-76.
23. WEINER, J.; THOMAS, S.C. 1986. Size variability and competition in plant monocultures. *Oikos* 47:211-222.
24. WELLHAUSEN, E.J.; ROBERTS, L.M.; HERNANDEZ X., E. 1951. Razas de maíz en México, su origen, características y distribución. México, Méx., OEE, SAG. Folleto Técnico no. 5.
25. WILLIAMS, W.A.; LOOMIS, R.J.; DUNCAN, W.G.; DOVRAT, A.; NUÑEZ, A.F. 1968. Canopy architecture at various population densities and the growth and grain yield of corn. *Crop Science* 8:303-308.