

RESPUESTA DEL MAÍZ PARA ENSILAJE A MÉTODOS DE SIEMBRA Y DENSIDADES DE POBLACIÓN

RESPONSE OF SILAGE MAIZE TO PLANTING METHODS AND POPULATION DENSITIES

David Guadalupe Reta Sánchez, Arturo Gaytán Mascorro y José Simón Carrillo Amaya¹

RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo cuantificar la respuesta del maíz para ensilaje a métodos de siembra y densidades de población. Se establecieron dos experimentos en terrenos del Campo Experimental La Laguna (INIFAP), uno en primavera de 1993 y otro en verano de 1998. Se estudiaron cuatro métodos de siembra (surcos sencillos a 0.60 y 0.76 m; surcos dobles a 0.80 y 0.90 m) y densidades de población desde 5.3 hasta 15.5 plantas m⁻². En cada parcela experimental se determinó la distribución de materia seca, rendimiento y calidad del forraje. No hubo diferencias estadísticas significativas por métodos de siembra en rendimiento de forraje seco y producción de grano. En primavera, el rendimiento de forraje seco se incrementó significativamente (16.7%) con aumentos en la densidad de población de 8.2 a 11.2 plantas m⁻². En verano, solo hubo incremento significativo en el rendimiento de forraje seco hasta una densidad de 8.6 plantas m⁻². El rendimiento de forraje seco disminuyó significativamente (14.4-17.7%) al reducir la densidad de población de 8.2-8.6 a 5.3-5.5 plantas m⁻². La calidad del forraje no fue afectada por el método de siembra ni por la densidad de población. Probablemente, esta respuesta estuvo relacionada a la no reducción del índice de cosecha al aumentar la densidad de población.

PALABRAS CLAVE: ADICIONALES

Zea mays L., rendimiento, calidad del forraje, componentes del rendimiento.

SUMMARY

The purpose of this study was to quantify the response of maize silage to planting methods and plant densities. Two field experiments were established at the Campo Experimental La Laguna (INIFAP), the first one in the spring of 1993 and the second one in the summer of 1998. Four planting methods (0.60 and 0.76 m wide in single rows; 0.80 and 0.90 m wide in twin rows) and plant densities from 5.3 to 15.5 plants m⁻² were evaluated. Dry matter distribution, yield and forage quality were determined. No significant differences in forage dry matter and grain yield were found among planting methods. In spring, forage yield dry matter was increased significantly (16.7%) as plant density increased from 8.2 to 11.2 plants m⁻². In summer, dry matter forage yield was increased significantly only as plant density increased from 5.5 to 8.6 plants m⁻². The dry matter yield decreased significantly (14.4-17.7%) as plant density was reduced from 8.2-8.6 to 5.3-5.5 plants m⁻². Neither planting methods nor plant densities affected the forage quality. Probably, this response was related to the no reduction of harvest index as plant density increased.

ADDITIONAL INDEX WORDS

Zea mays L., yield, quality of forage, yield components.

INTRODUCCIÓN

El ensilaje de maíz es un componente importante en las raciones del ganado bovino lechero, ya que es un forraje de alto rendimiento energético (Goodrich y Meiske, 1985). El incremento de la productividad del maíz forrajero sin disminuir la calidad del forraje es determinante para eficientar la producción de leche, conse-

¹ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias. Campo Experimental La Laguna. Apartado Postal No. 247. 27000 Torreón, Coah. Tel. y Fax: 01(176) 2-0715.

cuentemente, con el aumento de la cantidad de ensilaje de calidad en las raciones para la alimentación del ganado, se reducen los costos de producción sin disminuir la producción de leche.

El uso de altas densidades de población y la adecuada distribución de plantas en el terreno son técnicas usadas para incrementar el rendimiento de los cultivos por unidad de superficie. En maíz, diferentes estudios indican la posibilidad de incrementar el rendimiento de materia seca y grano por hectárea con aumentos en densidades de población (Tetio-Kagho y Gardner, 1988; Jolliffe *et al.*, 1990). El uso de altas densidades de población puede reducir la calidad del forraje, debido principalmente al menor contenido de grano (Pinter *et al.*, 1990; Nuñez *et al.*, 1994). Sin embargo, existe una respuesta diferencial de acuerdo a las características de los genotipos. Tollenaar (1989) consigna que el índice de cosecha en híbridos de maíz recientes no decrece en altas densidades de población. Como resultado de esto, se ha encontrado que densidades de población entre 10 y 12 plantas m^{-2} no influyeron en el índice de cosecha y el contenido energético del forraje (Karlen y Camp, 1985), así como en la cantidad de nutrientes digestibles (Pinter *et al.*, 1994). Por otra parte, la respuesta del maíz a la utilización de surcos estrechos ha sido variable. La reducción de la distancia entre surcos de 0.76 a 0.38 m (Ottman y Welch, 1989) no incrementó el rendimiento de maíz. Por el contrario, Murphy *et al.* (1996) encontraron un incremento en el rendimiento de maíz de 10 a 15% al reducirse la distancia entre surcos de 0.76 a 0.5 m. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de métodos de siembra y densidades de población en la producción y valor nutritivo del forraje de maíz para ensilaje.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en 1993 y 1998 en terrenos del Campo Experimental La Laguna ubicado en Matamoros, Coahuila, México sobre un suelo de textura franco arcillosa. En 1993 el diseño experimental usado fue bloques al azar con arreglo de parcelas divididas en cuatro repeticiones. La parcela grande estuvo constituida por cuatro métodos de siembra (surcos sencillos -SS- sembrados a 0.60 m y 0.76 m de separación; surcos dobles -SD- sembrados a 0.80m y 0.90 m de separación), y la parcela chica por cinco densidades de población (5.2, 6.7, 8.2, 9.7 y 11.2 plantas m^{-2}). En los surcos con doble hilera, la distancia entre hileras fue de 0.25 m. Cada parcela experimental consistió de siete surcos de 10 m de longitud. En el experimento de 1998 se utilizó un factorial 2×5 en un diseño experimental de bloques al azar con cuatro repeticiones, donde el factor "A" fueron dos métodos de siembra (surcos dobles sembrados a 0.90 m de separación y surcos sencillos a 0.76 m de separación), y el factor "B" cinco densidades de población (5.5, 8.6, 11.2, 14.0 y 15.5 plantas m^{-2}). En los surcos con doble hilera, la distancia entre hileras fue de 0.30 m. Cada unidad experimental consistió de ocho surcos de 12 m de longitud. Los híbridos utilizados fueron el H-422 en 1993 y 3025W en 1998, los cuales tienen un ciclo de desarrollo intermedio y un buen potencial de rendimiento.

La siembra se realizó en suelo húmedo el 26 de abril en 1993 y el 9 de julio en 1998. En ambos ciclos, se aplicó fertilizante antes del riego de presembrado, en 1993 la dosis 150-100-00 (N-P-K), y en 1998 110-100-00 (N-P-K), para posteriormente complementarla con 100 y 120 kg de nitrógeno en el primer riego de auxilio, respectivamente. En 1998 se adicionaron 20 kg de nitrógeno en el segundo riego de auxilio. Se sembró una densidad de población mayor a la requerida en todo el experimento, para

posteriormente realizar un aclareo de plantas a los 13 días después de la siembra (dds), dejando las densidades de población a evaluar en cada parcela experimental.

El manejo del cultivo en los dos años del estudio fue óptimo, donde se aplicaron siete y cuatro riegos de auxilio en 1993 y 1998, respectivamente. Para aporcar y mantener el cultivo libre de maleza se realizó una escarda mecánica a los 24 días después de la siembra (dds). El control de plagas se realizó durante todo el ciclo de desarrollo del cultivo mediante la aplicación de insecticidas.

En cada experimento se determinó el rendimiento de forraje seco, rendimiento de grano (15% de humedad) e índice de cosecha (IC), los cuales se estimaron a partir de la cosecha de un surco de 8 m de longitud en 1993, y en dos surcos de 9 m de longitud en 1998. La cosecha se realizó cuando el grano se encontraba a un tercio de la línea de leche. El porcentaje de materia seca se determinó de cinco plantas muestreadas al azar en cada parcela, las cuales fueron secadas en una estufa de aire forzado a una temperatura de 60 °C hasta alcanzar peso constante. En 1998, se determinaron los siguientes componentes del rendimiento: número de granos mazorca⁻¹, número de granos m⁻², y peso medio de grano. De las mazorcas cosechadas se obtuvieron al azar 2000 granos, con los cuales se obtuvo el peso medio de grano por parcela. El número de granos mazorca⁻¹ se estimó dividiendo el peso de grano entre el peso medio de grano y el número de mazorcas por parcela.

La calidad del forraje se determinó de muestras molidas en un molino Willey con una malla de 1 mm. La proteína cruda (PC), fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácida (FDA), cantidad de nutrientes digestibles (TND), y energía neta de lactancia (ENL) se determinó con un espectrofotómetro de rayos

cercanos al infrarojo (NIRS). De cinco plantas por parcela, se determinó la distribución de materia seca en los órganos del vástago a la cosecha para forraje. Asimismo, de cinco plantas por parcela se determinó el índice de área foliar (IAF) en cada parcela a los 91 dds en 1993, y a los 81 dds en 1998. El IC se calculó considerando la relación de peso seco de grano/peso seco del vástago cosechado en la parcela útil.

Los datos fueron analizados usando el procedimiento de análisis de varianza de acuerdo al diseño experimental correspondiente de cada experimento ($P \leq 0.01$ y $P \leq 0.05$). La comparación de medias se realizó de acuerdo a la prueba de Tukey con un nivel de significancia de 0.05. Se realizaron análisis de regresión para determinar la relación entre el rendimiento y componentes del rendimiento con el número de plantas m⁻² y el IAF. El modelo de regresión fue seleccionado en base al nivel de significancia (0.05) y valores más altos de coeficientes de determinación (R^2).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En los dos años de estudio hubo diferencia significativa en el rendimiento de forraje seco y rendimiento de grano por efecto de densidad de población, pero no por método de siembra, ni para la interacción densidades por métodos de siembra (Cuadro 1). Los resultados sugieren que el uso de surcos estrechos (surcos sencillos a 0.60 m y surcos dobles a 0.80 y 0.90 m) no presentan ventajas significativas en rendimiento de forraje seco y grano respecto al método tradicional (surcos sencillos a 0.76 m) (Cuadros 2 y 3), lo cual es similar a lo consignado por Ottman y Welch (1989). Esto indica que la mayor y más temprana intersección de energía solar observada en surcos estrechos (Yao y Shaw, 1964; Murphy *et al.*, 1996), y por lo tanto una mayor capacidad fotosintética del

Cuadro 1. Cuadrados medios del análisis de varianza para el rendimiento de forraje de maíz establecido en diferentes métodos de siembra y densidades de población.

| Fuente de variación | Rendimiento (1993) | | Rendimiento (1998) | |
|----------------------------|--------------------|------------|--------------------|-----------|
| | Forraje seco | Grano | Forraje seco | Grano |
| Repetición(R) | 1531918 | 338572 | 1746131 | 882622 |
| Método de siembra(MS) | 16663311 | 1199624 | 2142455 | 2351 |
| Error A | 9886460 | 1212191 | - | - |
| Densidad de población (DP) | 179410050** | 23655291** | 24655739** | 6366041** |
| MS x DP | 4622396 | 899432 | 1142171 | 207719 |
| Error B | 8085543 | 903327 | 1701051 | 365420 |

** Diferencia estadística significativa ($P \leq 0.001$).

Cuadro 2. Rendimiento y componentes del rendimiento de maíz forrajero para método de siembra y densidad de población, 1993.

| Variable | Rendimiento | | Índice de cosecha |
|---|---------------------|----------|-------------------|
| | Forraje seco | Grano | |
| | Mg ha ⁻¹ | | |
| I. Densidad de población (Plantas m ⁻²) | | | |
| 5.3 | 21.06 d † | 7.62 c | 0.370 |
| 6.7 | 23.59 dc | 9.64 b | 0.413 |
| 8.2 | 25.59 bc | 10.11 ab | 0.398 |
| 9.1 | 27.07 b | 10.09 ab | 0.375 |
| 11.2 | 29.86 a | 10.82 a | 0.365 |
| DSH (0.05) | 2.75 | 0.95 | NS |
| II. Método de siembra | | | |
| SS(0.60m) | 24.36 | 9.80 | 0.404 |
| SS(0.76m) | 25.64 | 9.33 | 0.369 |
| SD(0.80m) | 26.55 | 9.61 | 0.366 |
| SD(0.90m) | 25.19 | 9.88 | 0.398 |
| DSH (0.05) | NS | NS | NS |

† Para cada variable dentro de cada columna, medias seguidas con la misma letra son significativamente iguales ($P \leq 0.05$) de acuerdo a la prueba de Tukey.

cultivo, no afectó la acumulación final de materia seca en el vástago. Es probable que esta ventaja inicial se perdió, debido a una competencia por energía solar similar al método tradicional durante el crecimiento de la mazorca después de la emergencia de estigmas. La ventaja de los surcos estrechos respecto al método tradicional observada en otros estudios (Murphy *et al.*, 1996), indica que la respuesta puede variar de acuerdo al genotipo y factores ambientales en los que se desarrolla el cultivo.

En 1993, con aumentos en densidad de población desde 5.3 hasta 11.2 plantas m^{-2} se incrementó significativamente el rendimiento de forraje seco y grano (Cuadro 2). En 1998, el rendimiento de forraje seco y grano solo presentaron incrementos significativos hasta una densidad de 8.6 plantas m^{-2} . El número de granos m^{-2} alcanzó un máximo a la densidad de 11.2 plantas m^{-2} , pero debido a la reducción del peso medio de grano no hubo incrementos en rendimiento de grano (Cuadro 3). En ambos ciclos, el IC no fue afectado por cambios en la densidad de población (Cuadros 2 y 3).

La competencia entre plantas se reflejó principalmente en la reducción del número de granos mazorca⁻¹ y en el peso medio del grano. El número de granos mazorca⁻¹ se redujo conforme aumentó el número de plantas m^{-2} de 5.5 a 14.0. Con el peso medio de grano se tuvo la misma respuesta hasta una densidad de 11.2 plantas m^{-2} , la cual fue estadísticamente igual a las densidades de 14.0 y 15.5 plantas m^{-2} (Cuadro 3).

Los resultados indican que el rendimiento de forraje seco puede ser incrementado significativamente con aumentos en la densidad de población por arriba de la densidad tradicionalmente usada para la producción de forraje (8.0 plantas m^{-2}) (Cuadro 2), lo cual también es consignado en otros estudios (Tetio-Kagho y Gardner,

1988; Jolliffe *et al.*, 1990). La mayor respuesta en forraje seco se obtuvo a 11.2 plantas m^{-2} en primavera, y 8.6 plantas m^{-2} en verano, sin afectarse significativamente el índice de cosecha al aumentar la densidad de población hasta 15.5 plantas m^{-2} (Cuadros 2 y 3). Aunque el aumento de densidad de población sobre 8.2 plantas m^{-2} incrementó la proporción de hoja en el vástago del maíz en 1993 (Cuadro 4), la estabilidad del peso de mazorca en todas las densidades de población evaluadas puede explicar la no reducción del IC en altas densidades de población, como también lo consignan Karlen y Camp (1985); Tollenaar (1989). La respuesta a la densidad de población en rendimiento de forraje seco y grano fue mayor en la siembra de primavera (1993) respecto al ciclo de verano (1998), probablemente debido al desarrollo de una mayor capacidad fotosintética (IAF) (Figura 1) y un ciclo de desarrollo más largo en primavera (10 días más a emergencia de estigmas y madurez fisiológica).

Debido a que el grano de maíz es altamente disgestible, se ha encontrado una relación estrecha entre el contenido de grano y la digestibilidad total del forraje (Cox *et al.* 1994). El uso de altas densidades (sobre 8.0 plantas m^{-2}), que incrementa la competencia entre plantas, puede reducir la digestibilidad de la materia seca por disminuir la proporción de grano en el forraje (Pinter *et al.*, 1990; Nuñez *et al.* 1994). Sin embargo, probablemente esta respuesta depende del genotipo y condiciones ambientales en las que se desarrolla el cultivo. En el presente estudio, el incremento de la densidad de población de 5.5 a 15.5 plantas m^{-2} no redujo la calidad del forraje (Cuadro 5), debido a que el IC no varió con aumentos en población (Cuadro 3), lo cual es similar a los resultados obtenidos por Karlen y Camp (1985); Pinter *et al.* (1994). Consecuentemente, el incremento en los nutrientes digestibles totales y energía de lactancia ha^{-1} en densidades por arriba de 5.5 plantas ha^{-1} ,

Cuadro 3. Rendimiento y componentes del rendimiento de maíz forrajero para método de siembra y densidad de población. 1998.

| Variable | Rendimiento | | IC | PMG | Núm. de granos | |
|---|---------------------|-------|-------|----------|-----------------------|-----------------|
| | Forraje | Grano | | | Mazorca ⁻¹ | m ⁻² |
| | seco | | | | | |
| | Mg ha ⁻¹ | | | g | | |
| I. Densidad de población (plantas m ⁻²) | | | | | | |
| 5.5 | 17.2 b† | 7.7 b | 0.364 | 0.247 a | 491 a | 2729 c |
| 8.6 | 20.1 a | 9.5 a | 0.387 | 0.230 ab | 446 b | 3860 b |
| 11.2 | 20.9 a | 9.7 a | 0.381 | 0.215 b | 382 c | 4297 a |
| 14.0 | 21.4 a | 9.8 a | 0.372 | 0.220 b | 308 d | 4233 ab |
| 15.5 | 21.4 a | 9.7 a | 0.369 | 0.217 b | 275 d | 4262 a |
| DSH (0.05) | 1.90 | 0.88 | NS | 0.017 | 41.9 | 374.6 |
| II. Métodos de siembra | | | | | | |
| SS(0.76) | 20.0 | 9.3 | 0.380 | 0.226 | 384 | 3873 |
| SD(0.90) | 20.4 | 9.3 | 0.370 | 0.225 | 377 | 3880 |
| DSH (0.05) | NS | NS | NS | NS | NS | NS |

†Para cada variable dentro de cada columna, medias seguidas con la misma letra son significativamente iguales ($P \leq 0.05$) de acuerdo con la prueba de Tukey. IC = índice de cosecha; PMG = peso medio de grano; NS = no significancia.

Cuadro 4. Peso seco de órganos del vástago de maíz para ensilaje en cinco densidades de población en dos ciclos de cultivo.

| DP ‡ No. plantas m ⁻² | Tallo | Hoja¶ | Mazorca g m ⁻² | Otros | Vástago |
|-------------------------------------|---------|--------|------------------------------|-------|---------|
| 1993 | | | | | |
| 5.3 | 355 c† | 435 c | 1171 c | 42 b | 2002 c |
| 6.7 | 479 b | 523 bc | 1484 b | 48 b | 2533 b |
| 8.2 | 503 ab | 551 bc | 1539 ab | 50 b | 2643 b |
| 9.1 | 544 ab | 632 ab | 1731 ab | 62 a | 2969 ab |
| 11.2 | 601 a | 712 a | 1812 a | 62 a | 3187 a |
| DSH (0.05) | 114.6 | 122.9 | 305.3 | 10.4 | 452.0 |
| 1998 | | | | | |
| 5.5 | 316 c | 369 b | 1069 b | 39 | 1794 b |
| 8.6 | 431 abc | 535 a | 1378 a | 52 | 2395 a |
| 11.2 | 407 bc | 562 a | 1242 ab | 45 | 2256 a |
| 14.0 | 446 ab | 622 a | 1355 a | 43 | 2466 a |
| 15.5 | 533 a | 610 a | 1224 ab | 41 | 2408 a |
| DSH (0.05) | 115.4 | 101.1 | 181.0 | NS | 343.3 |

† Para cada variable dentro de cada columna y año, medias seguidas con la misma letra son significativamente iguales ($P \leq 0.05$) de acuerdo con la prueba de Tukey. ‡ DP = densidad de población; ¶ Hoja = vaina + lámina; Mazorca = pedúnculo + ráquis + grano + brácteas; Otros = primordios + espigas; NS = no significancia.

Cuadro 5. Calidad del maíz para ensilaje en función de densidad de población y método de siembra en 1998.

| Variable | PC † | FDA | FDN | NDT | ENL | NDT | ENL |
|---|------|-------|-------|-------|-----------------------|---------------------|-----------------------|
| | % | | | | Mcal kg ⁻¹ | Mg ha ⁻¹ | Mcal ha ⁻¹ |
| | MS | | | | | | |
| I. Densidad de población (plantas m ⁻²) | | | | | | | |
| 5.5 | 8.87 | 26.47 | 47.60 | 69.40 | 1.59 | 11.95 b‡ | 27434 b |
| 8.6 | 8.32 | 28.48 | 50.65 | 68.09 | 1.54 | 13.66 a | 30777 a |
| 11.2 | 8.47 | 29.22 | 51.34 | 67.60 | 1.52 | 14.14 a | 31741 a |
| 14.0 | 8.07 | 28.84 | 50.65 | 67.85 | 1.53 | 14.53 a | 32704 a |
| 15.5 | 8.23 | 27.77 | 49.36 | 68.55 | 1.56 | 14.67 a | 33252 a |
| DSH(0.05) | NS | NS | NS | NS | NS | 1.29 | 3215.4 |
| II. Método de siembra | | | | | | | |
| SS0.76 | 8.33 | 27.91 | 49.56 | 68.46 | 1.55 | 13.67 | 30979 |
| SD0.90 | 8.45 | 28.4 | 50.28 | 68.14 | 1.54 | 13.92 | 31384 |
| DSH(0.05) | NS | NS | NS | NS | NS | NS | NS |

†PC = contenido de proteína cruda; FDA = fibra detergente ácido; FDN = fibra detergente neutro; NDT = nutrientes digestibles totales; ENL = energía neta de lactancia; MS = materia seca; ‡ Para cada variable dentro de cada columna, medias seguidas con la misma letra son significativamente iguales ($P \leq 0.05$) de acuerdo con la prueba de Tukey, NS = no significancia.

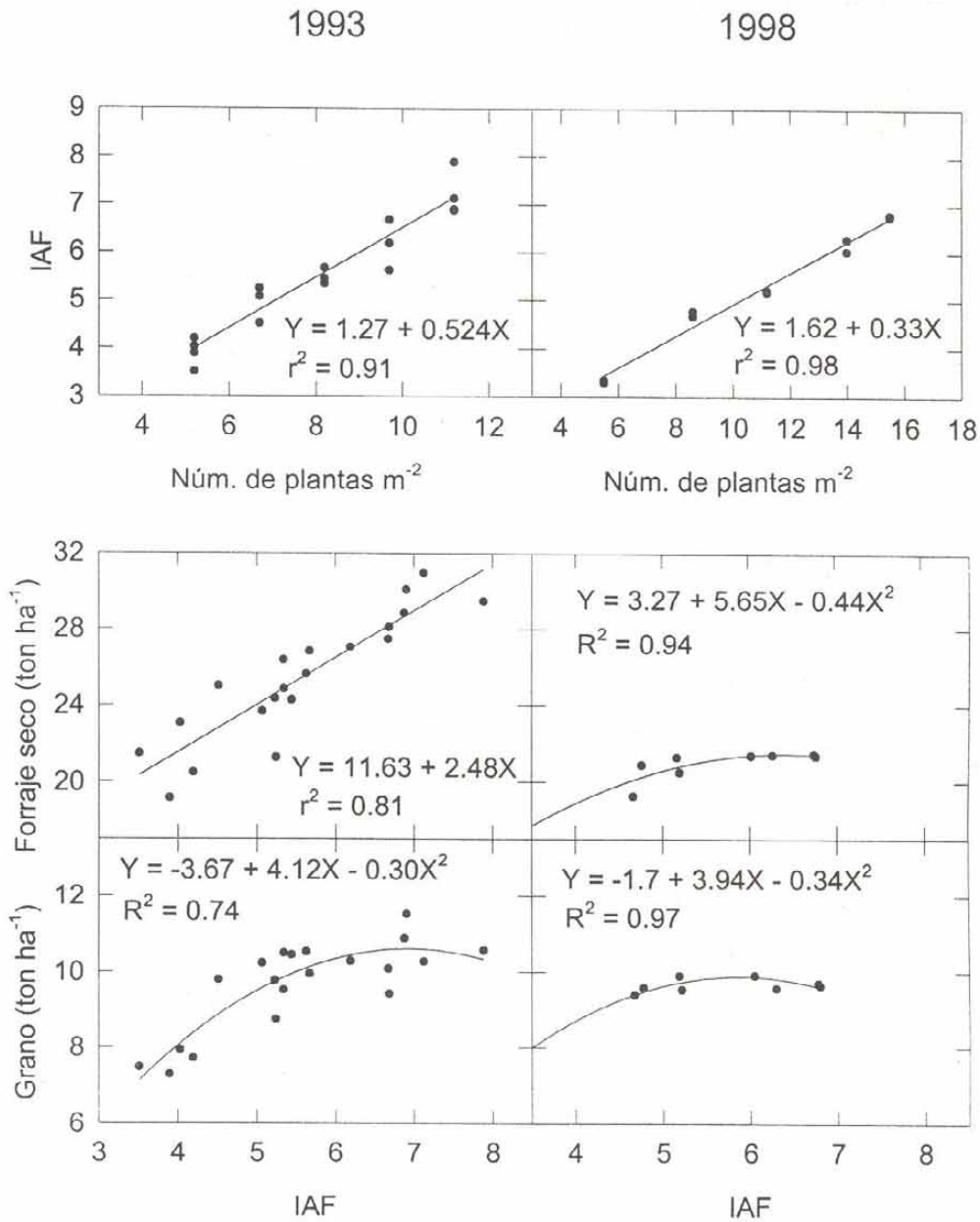


Figura 1. Relación entre la densidad de población e índice de área foliar (IAF), y entre el IAF y rendimiento de forraje seco y grano de maíz para ensilaje establecido en varias densidades de población. Todas las variables incluidas en las ecuaciones fueron significativas ($P \leq 0.05$).

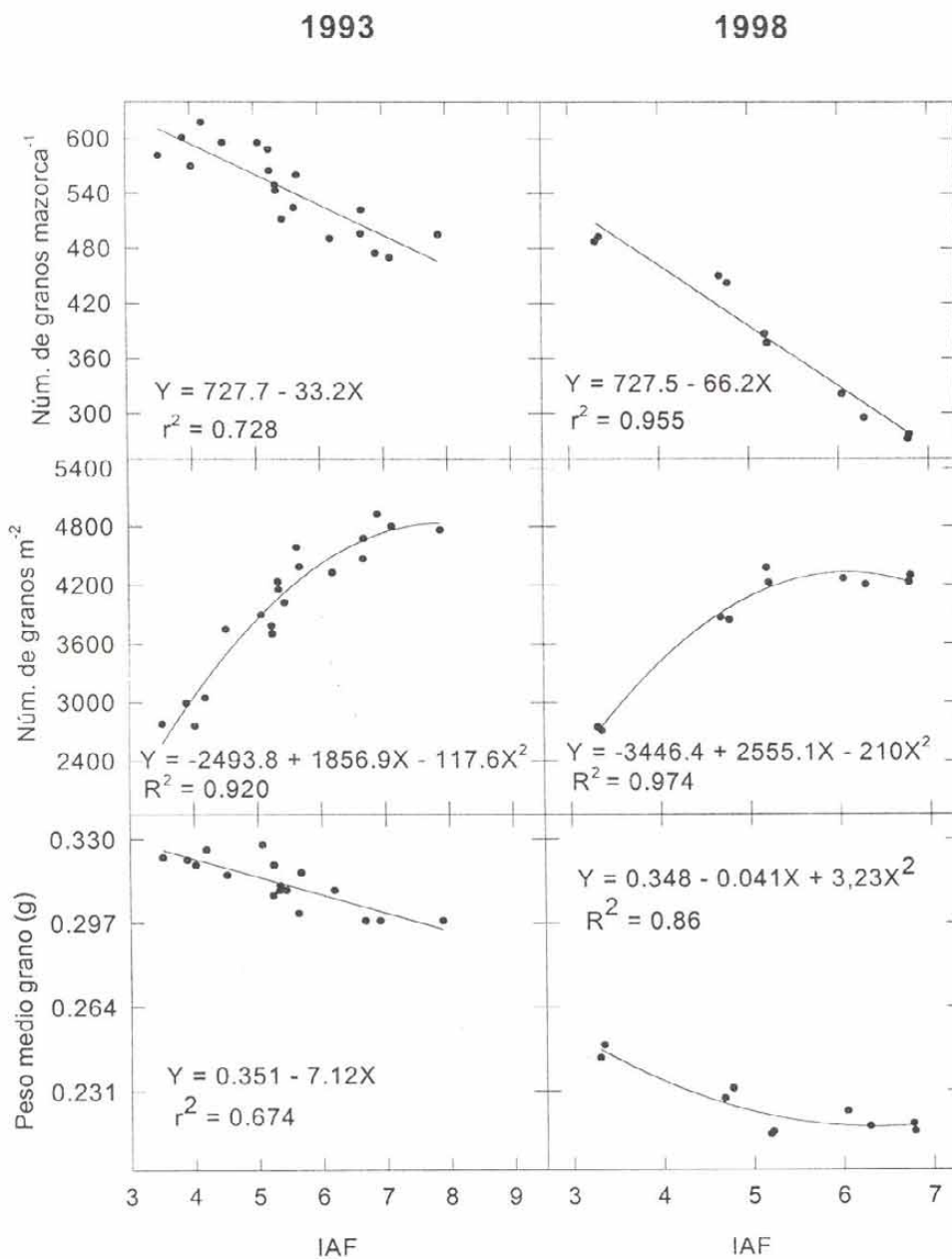


Figura 2. Relación entre el índice de área foliar (IAF) y los componentes del rendimiento del maíz para ensilaje establecido en varias densidades de población en dos ciclos de crecimiento. Todas las variables incluidas en las ecuaciones fueron significativas ($P \leq 0.05$).

dependió del incremento en rendimiento de forraje seco (Cuadro 5). La calidad del forraje obtenido en este estudio puede considerarse buena, de acuerdo a los valores promedio de PC (8.0%), FDA (26.5%) y ENL (1.5 Mcal kg⁻¹ MS) observados en maíz para ensilaje en el Oeste de los Estados Unidos de América (Kear, 1998). Respecto a estos valores, en el presente estudio solo hubo una variación de 1.7% en FDA (Cuadro 5).

En los dos años de estudio, el IAF se incrementó en forma lineal con el aumento en la densidad de población. Este incremento en el potencial fotosintético, sin embargo solo se reflejó en una respuesta lineal en la producción de forraje seco total en el ciclo de primavera. El rendimiento de grano en primavera, y el de forraje seco y grano en verano, presentaron una respuesta cuadrática al incremento en el IAF (Figura 1). Esta respuesta cuadrática refleja que hubo una mayor competencia por energía solar en valores de IAF entre 5.9 y 6.8 (Figura 1), lo cual probablemente disminuyó la tasa fotosintética del cultivo (Hashemi-Dezfouli y Hebert, 1992; Tollenaar *et al.* 1992). Esta mayor competencia por luz afectó la producción de granos mazorca⁻¹ y el peso medio de grano (Figura 2). La menor acumulación de materia seca total en la siembra de verano (Figura 1), pudo ser el resultado de condiciones ambientales menos favorables respecto al ciclo de primavera para el desarrollo del cultivo, como temperaturas más altas y fotoperíodo más corto, que redujeron el área foliar planta⁻¹ (Allison y Daynard, 1979) y la duración de crecimiento del cultivo (Muchow *et al.*, 1990). El incremento del rendimiento que ocurrió al aumentar la densidad de población de 5.5 a 11.2 plantas m⁻², fue debido probablemente a una mayor capacidad fotosintética del cultivo por unidad de superficie, la cual a su vez fue factor importante para el desarrollo de un mayor número de granos m⁻² (Figura 2), que compensó la pérdida de capacidad

productiva por planta en densidades de población por arriba de 5.5 plantas m⁻².

CONCLUSIONES

El uso de surcos estrechos no presentó ventajas significativas en rendimiento de forraje seco y grano respecto al método tradicional de surcos a 0.76 m. Los resultados sugieren que el rendimiento de forraje seco puede ser incrementado significativamente con aumentos en la densidad de población de 8.0 a 11.2 plantas m⁻², sin reducir la calidad del forraje. Sin embargo, la respuesta a la densidad de población fue mayor en la siembra de primavera respecto al ciclo de verano.

BIBLIOGRAFÍA

- Allison, J.C.S. and T.B. Daynard. 1979. Effect of change in time of flowering, induced by altering photoperiod or temperature, on attributes related to yield in maize. *Crop Sci.* 19:1-4.
- Cox, W.J., J.H. Cherney, D.J.R. Cherney, and W.D. Pardee. 1994. Forage quality and harvest index of corn hybrids under different growing conditions. *Agron. J.* 86:277-282.
- Goodrich, R.D. and J.C. Meiske. 1985. Corn and sorghum silages. *In: Forages. The Science of Grassland Agriculture.* M.E. Heath, R.F. Barnes, D.S. Metcalfe (ed.). Fourth Edition. Iowa State University Press. Ames, Iowa, U.S.A. pp. 527-536.
- Hashemi-Dezfouli, A. and S.J. Hebert. 1992. Intensifying plant density response of corn with artificial shade. *Agron. J.* 84:547-551.
- Jolliffe, P.A., A.J.P. Tarimo and G.W. Eaton. 1990. Plant growth analysis: growth and yield component responses to population density in forage maize. *Annals of Botany* 65:139-147.
- Karlen, D.L. and C.R. Camp. 1985. Plant density, distribution, and fertilizer effects on yield and quality of irrigated corn silage. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 16:55-70.

- Kezar, W.W. 1998. Uso exitoso del ensilaje de maíz de alta calidad por lecheros en el Oeste de los Estados Unidos. *En*: IV Ciclo de Conferencias Internacionales sobre Nutrición y Manejo. R. Herrera y Saldaña (Comp.). Torreón, Coah., México. 12-14 Noviembre 1998. pp. 9-19.
- Muchow, R.C., T.R. Sinclair, and J.M. Bennett. 1990. Temperature and solar radiation effects on potential maize yield across locations. *Agron. J.* 82:338-343.
- Murphy, S.D., Y. Yakubu, S.F. Weise, and C.J. Swanton. 1996. Effects of planting patterns and inter-row cultivation on competition between corn (*Zea mays*) and late emerging weeds. *Weed Sci.* 44:856-870.
- Núñez G., F. González, S. Martín Del Campo y A.A. De Alba. 1994. Efecto de la densidad de plantas en la producción y calidad de maíz híbrido de hojas erectas para ensilaje. *Av. en. Inv. Agropecuaria* 3:25-30.
- Ottman, M.J. and L.F. Welch. 1989. Planting patterns and radiation interception, plant nutrient concentration and yield in corn. *Agron. J.* 81:167-174.
- Pinter, L., J. Schmidt, S. Jozsa, J. Szabo and G. Kelen. 1990. Effect of plant density on the value of forage maize. *Maydica* 35:73-79.
- Pinter, L., Z. Alfoldi, Z. Burucs, and E. Paldi. 1994. Feed value of forage maize hybrids varying in tolerance to plant density. *Agron. J.* 86:799-804.
- Tetio-Kagho, F. and F.P. Gardner. 1988. Response of maize to plant population density. II. Reproductive development, yield and yield adjustments. *Agron. J.* 80:935-940.
- Tollenaar, M. 1989. Genetic improvement in grain yield of commercial maize hybrids grown in Ontario from 1959 to 1988. *Crop Sci.* 29:1365-1371.
- Tollenaar, M., L. M. Dwyer, and D.W. Stewart. 1992. Ear and kernel formation in maize hybrids representing three decades of grain yield improvement in Ontario. *Crop Sci.* 32:432-438.
- Wolf, D.R., J.G. Coors, K.A. Albrecht, D.J. Under-sander, and P.R. Carter. 1993. Agronomic evaluations of maize genotypes selected for extreme fiber concentrations. *Crop Sci.* 33:1359-1365.
- Yao, A.Y.M. and R.H. Shaw. 1964. Effect of plant population and planting pattern of corn on distribution of net radiation. *Agron. J.* 56:165-169.