

# Características agronómicas y calidad del maíz forrajero con riego sub-superficial

## Agronomic characteristic and forage quality corn with subsurface drip irrigation

Jesús Olague Ramírez<sup>a</sup>, José Alfredo Montemayor Trejo<sup>a</sup>, Sam Rafael Bravo Sánchez<sup>a</sup>, Manuel Fortis Hernández<sup>a</sup>, Rogelio Armando Aldaco Nuncio<sup>a</sup>, Ernesto Ruiz Cerda<sup>a</sup>

### RESUMEN

El presente trabajo tuvo como objetivo comparar el efecto del riego sub-superficial y el de gravedad sobre las características agronómicas y de calidad del forraje de maíz. Este cultivo en la Región Lagunera ocupa un lugar importante para el ganado bovino lechero, así lo demuestran las 13,594 ha sembradas en 2002. El trabajo se estableció en el ciclo agrícola primavera - verano 2003 en el predio "El cercado", en Torreón, Coahuila. La parcela experimental fue de 4-00-00 ha, dos con riego sub-superficial con tres tratamientos de separación de cinta de riego (80, 90, y 100 cm) y 2 ha con riego por gravedad; el diseño experimental fue bloques al azar con cuatro repeticiones; las variables evaluadas fueron altura de planta, porcentaje de plantas con hijos, de plantas cuateras, de acame de tallo y rendimiento. En calidad se midió contenido de fibra ácido detergente (FAD), fibra neutro detergente (FND), proteína cruda (PC), energía neta para lactancia (ENL) y total de nutrientes digeribles (TND). Los resultados muestran que el riego sub-superficial incrementó el rendimiento de materia seca respecto al riego por gravedad hasta en 160 %. El mejor tratamiento fue el de cm de distanciamiento, con rendimiento de 20.19 t ha<sup>-1</sup> de materia seca; mayor porcentaje de plantas con hijos, de plantas cuateras y la mayor altura de planta. En cuanto a calidad del forraje la ENL fue de 1.22 Mcal kg<sup>-1</sup>, la PC de 10 %, la FAD de 28.56 %, la FND de 54.41 % y la TND de 59.71 %, valores que indican una alta calidad forrajera.

**PALABRAS CLAVE:** *Zea mays* L., Rendimiento, Riego por goteo, Calidad de forraje.

### ABSTRACT

Subsurface drip irrigation (SDI) saves water and increases yields in forage maize production in comparison to furrow gravity irrigation (FGI). An evaluation was done of the effect of SDI with three different dripline spacings and FGI on selected agronomic characteristics and forage quality maize (*Zea mays* L., var. AS900). The study was done in the 2003 spring-summer growing season in the State of Coahuila, Mexico. The experimental plot was 4-00-00 ha, with 2-00-00 used for SDI and 2-00-00 for FGI. Three SDI treatments (80, 90 and 100 cm dripline spacing) and one FGI treatment (control) were distributed following a randomized block design with four replicates. Recorded agronomic variables were: yield (dry and fresh); plant height; tiller production; prolific plants; and stem lodging. Recorded forage quality variables were: acid detergent fiber (ADF); neutral detergent fiber (NDF); crude protein (CP); and net energy for lactation (NEL). The 80 cm had optimum agronomic performance (dry yield = 20.52 t ha<sup>-1</sup>; plant height = 2.97 m; tiller production = 16.25 %; prolific plants = 15.0 %), and the highest overall forage quality (CP = 10 %; ADF = 28.56 %; NDF = 54.41 %; NEL = 1.22 Mcal kg<sup>-1</sup>; TDN = 59.71 %). All three SDI treatments resulted in water savings (27.5 %) and higher yields (up to 160 %) versus the FGI treatment.

**KEY WORDS:** *Zea mays* L., Yield, Watering for leak, Forage quality.

El riego por goteo sub-superficial, en los años recientes se ha convertido en un sistema potencial para mejorar el uso del agua en los sistemas de producción agrícola. Este ha sido usado exitosamente

In recent years subsurface drip irrigation (SDI) has seen increasing application as a way of improving water use in agricultural production systems. It has been successfully used to lower irrigation needs by

Recibido el 11 de julio de 2005 y aceptado para su publicación el 10 de febrero de 2006.

<sup>a</sup> SIGA-ITA 10, carretera Torreón-San Pedro Km 7.5, Tel. (871) 750-71-98 y 99, Torreón, Coah., Mex. jolaguer24@hotmail.com. Correspondencia al primer autor.

en el oeste de Kansas en la producción de maíz<sup>(1)</sup>, y en Hawai en la caña de azúcar<sup>(2)</sup>, reduciendo las necesidades de irrigación en un 25 %. Esta se traduce en un ahorro del 35 al 55 %, comparado con aspersión o riego superficial, los cuales operan en un 85 y 65 % de eficiencia de aplicación respectivamente, y se obtienen incrementos en producción de 35 % comparado con aspersión<sup>(3)</sup>.

Las altas densidades de población en maíz pueden reducir la calidad del forraje, debido principalmente al menor contenido de grano, sin embargo existe una respuesta diferente de acuerdo a las características de los genotipos<sup>(4)</sup>. El maíz híbrido AS-900 se considera apropiado para siembras de alta densidad (90 mil a 112 mil plantas ha<sup>-1</sup>), por tener un alto rendimiento de forraje seco, proporción de grano y alta precocidad. En riego por gravedad en el año 2002, produjo 48.7 t ha<sup>-1</sup> de forraje verde y 18.7 t ha<sup>-1</sup> de forraje seco, registró un 4 % de acame de tallo, 1.3 % de sus plantas fueron cuateras con una proporción de grano entre 40 y 49 %<sup>(5)</sup>. El incremento de la densidad de población de 5.5 a 15.5 plantas/m<sup>2</sup> no reduce la calidad del forraje, debido a que el índice de cosecha no varía con el aumento de población<sup>(6)</sup>.

Algunos autores<sup>(7)</sup> evaluando cinco grupos genéticos de maíz forrajero, obtuvieron valores de fibra ácido detergente (FAD) mínimos de 25.8 y máximos de 30.4 %. Por otro lado<sup>(8)</sup> en experimentos realizados en 1997 y 1999, asociaron consistentemente de manera negativa, las concentraciones de fibra neutro detergente (FND), FAD y lignina ácido detergente (LAD), encontrando además valores de 8.6 y 8.8 % de proteína cruda (PC). Un maíz de alta calidad forrajera es considerado aquél que presenta valores de FAD de 25 a 32 %, FND de 40 a 52 %, total de nutrientes digeribles (TND) superiores a 65 % y una energía neta de lactancia (ENL) de 1.45 Mcal kg<sup>-1</sup> o más<sup>(9)</sup>. En la Comarca Lagunera se sembraron en el 2002 un total de 13,594 ha con una producción total de 606,930 t, con un rendimiento promedio de 44.6 t ha<sup>-1</sup> de forraje verde<sup>(10)</sup>; la producción de este cultivo, así como la del sorgo en la región, se destina para ensilaje en la alimentación de ganado bovino lechero principalmente.

25 % in production of maize in western Kansas<sup>(1)</sup> and sugar cane in Hawaii<sup>(2)</sup>. Use of SDI translates to a saving water of 35 % over sprinkler irrigation (85 % application efficiency) and 55 % over gravity irrigation (65 % application efficiency), and results in 35 % higher yield than with sprinkler systems<sup>(3)</sup>.

High population densities in maize cultivation can lower forage quality, mainly due to lower grain content, although response can vary depending on genotype characteristics<sup>(4)</sup>. However the AS-900 maize hybrid, is considered appropriate for high-density sowing (90,000 to 112,000 plants ha<sup>-1</sup>) because of its high dry forage yield, grain ratio and precocity. In 2002, cultivation of this hybrid with furrow gravity irrigation (FGI) in the Comarca Lagunera region of Coahuila, Mexico, produced 48.7 t ha<sup>-1</sup> fresh forage, 18.7 t ha<sup>-1</sup> dry forage with 4 % stem lodging, 1.3 % prolific plants and 40 to 49 % grain ratio<sup>(5)</sup>. An increase in population density in this hybrid from 5.5 to 15.5 plants/m<sup>2</sup> does not reduce forage quality since its harvest index does not vary in response to population density increases<sup>(6)</sup>.

Maize forage quality depends on a number of factors that can vary by genotype. In a study of five forage maize genetic groups, acid detergent fiber (ADF) content ranged from 25.8 to 30.4 %<sup>(7)</sup>. In experiments done between 1997 and 1999, neutral detergent fiber (NDF), ADF and acid detergent lignin (ADL) concentrations were negatively associated and crude protein (CP) values ranged from 8.6 to 8.8 %<sup>(8)</sup>. Forage maize is high quality when it has ADF values between 25 and 32 %, NDF between 40 and 52 %, total digestible nutrients (TDN) greater than 65 % and net energy of lactation (NEL) equal or greater than 1.45 Mcal kg<sup>-1</sup><sup>(9)</sup>.

Forage maize cultivation in the Comarca Lagunera region in 2002 covered 13,594 ha with a total production of 606,930 t and average fresh forage yield of 44.6 t ha<sup>-1</sup><sup>(10)</sup>. Forage maize and sorghum production in the region are mainly for silage for use as dairy cow feed. The present study aim was to compare the effect of three dripline spacings in SDI with that of FGI on forage maize agronomic characteristics and forage quality.

El presente trabajo tuvo como objetivo, comparar el efecto de riego sub-superficial con tres separaciones de cintilla en las características agronómicas y calidad del maíz forrajero, teniendo como testigo el riego por gravedad.

El trabajo se realizó en el ciclo agrícola primavera - verano de 2003 en la Comarca Lagunera, la cual se localiza entre los meridianos 101° 41' y 104° 61' O y los paralelos 24° 59' y 26° 53' N<sup>(11)</sup>, con un clima seco desértico o estepario cálido con lluvias en verano e inviernos secos<sup>(12)</sup>; con un productor cooperante en el predio "El cercado", en el km 7.5 de la carretera Torreón-San Pedro, municipio de Torreón, Coahuila.

La parcela experimental se estableció en una superficie de 4-00-00 ha, en 2-00-00 ha se establecieron los tratamientos de separación de cinta de riego de 80, 90 y 100 cm y en el resto el testigo con riego por gravedad; cada unidad experimental midió 804 m<sup>2</sup>. De acuerdo con los análisis realizados al suelo, éste cuenta con textura migajón arcillosa<sup>(13)</sup>, pH de 7.8, C.E. de 2.4 dS m<sup>-1</sup> y una Da de 1.2 g cm<sup>3</sup>.

La siembra se efectuó con una sembradora de precisión en seco y en plano, en alta densidad de población con 104 mil semillas por hectárea. Las melgas fueron de 134 m de largo por 24 m de ancho con separación de hileras de 38 cm. Se sembró el híbrido Aspros 900 (AS 900) de ciclo corto (90 días); se realizó una aplicación de herbicida pre-emergente antes de la siembra con 3 L de Atrazina (6-cloro-N3-etil-N4-isopropil-1,3,5,-tiazina-2,4 diamina) y 1.5 litros de Pendimetalina en 200 L de agua ha<sup>-1</sup>.

Los riegos aplicados en los tratamientos de riego sub-superficial fueron cada tercer día con una lámina total de 45 cm, y en el testigo de 62 cm aplicados en seis riegos, el primero al momento de la siembra y los cinco auxilios a los seis, 17, 38, 53 y 73 días después de la siembra. El control del gusano cogollero se efectuó liberando chrysopa (10,000 huevecillos por hectárea) y Tricogramma (25,000 huevecillos por hectárea). Se aplicó la fórmula de fertilización 142-00-00 de N-P-K: al momento de

The study was done during the 2003 spring-summer agricultural cycle in the Comarca Lagunera region (101° 41' and 104° 61' W; 24° 59' and 26° 53' N<sup>(11)</sup>), at the El Cercado property (Carretera Torreón-San Pedro Km. 7.5), Torreón municipality, in the State of Coahuila, Mexico. Regional climate is dry desert or warm steppe with summer rains and dry winters<sup>(12)</sup>. Soil analyses<sup>(13)</sup> results indicate that soils in the study area are a granular clay with pH of 7.8, electrical conductivity (EC) of 2.4 dS m<sup>-1</sup> and density (Da) of 1.2 g cm<sup>3</sup>.

The experimental plot was 4-00-00 ha, of which 2-00-00 ha were used for the SDI treatments, and the other 2-00-00 ha for a control of FGI treatment. Each experimental unit measured 804 m<sup>2</sup>. The experimental design was a randomized blocks with four replicates arranged in strips. Treatments were SDI with 80, 90 or 100 cm spacing between driplines and a FGI treatment as a control. Early (90-d), Aspros 900 (AS 900) hybrid maize was sown with a precision sower under dry, flat conditions and at a population density of 104,000 seeds ha<sup>-1</sup>. Border strips were 134 m long and 24 m wide with a 38 cm furrow separation.

The pre-emergent herbicide applied before sowing was 3 L of Atrazine (6-chloro-N3-ethyl-N4-isopropyl-1,3,5,-tiazine-2,4 diamine) and 1.5 L of Pendimethaline in 200 L of water ha<sup>-1</sup>. An irrigation amount of 45 cm was applied every third day in each of the SDI treatments. In the FGI treatment a 62 cm amount was applied six times: at sowing; 6; 17; 38; 53; and 73 d after sowing. Fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*) was controlled through release of *Chrysopa* sp. (10,000 eggs ha<sup>-1</sup>) and Trichogramma (25,000 eggs ha<sup>-1</sup>). Fertilizing treatment began with application of 100 t ha<sup>-1</sup> of cow manure three months before sowing. In the FGI treatment this was followed by application of N-P-K fertilizer at 142-00-00: 62-00-00 at sowing from a granulated ammonium sulphate source and 80-00-00 in the second irrigation from a liquid ammonium sulphate source. In the SDI treatments a 50-00-00 formula was injected into the system from the same liquid source.

One hundred plants with total competence were sampled to record agronomic characteristics: plant

la siembra 62-00-00, con la fuente sulfato de amonio granulado, y 80-00-00 en el segundo riego de auxilio con la fuente sulfato de amonio líquido al testigo en el riego por gravedad. En el sistema de riego sub-superficial se inyectó la fórmula 50-00-00 con la misma fuente. Tres meses anteriores a la fecha de siembra, se aplicaron 100 t ha<sup>-1</sup> de estiércol de bovino. El diseño experimental utilizado, fue bloques al azar con cuatro repeticiones con arreglo en franjas. Los tratamientos fueron tres separaciones de cintilla (80, 90 y 100 cm), y teniendo como testigo el riego por gravedad.

Las características agronómicas medidas fueron: altura de planta, porcentaje de hijuelos en la planta, plantas cuateras y acame de tallo, para lo cual en cada repetición se muestrearon 100 plantas con competencia total. El rendimiento, se midió en forraje verde y seco a los 92 días después de la siembra, determinando su contenido de materia seca mediante el secado de muestras en estufa de aire forzado a temperatura de 100 °C hasta peso constante. La calidad del forraje, se estimó mediante análisis de laboratorio utilizando el método NIRS (Espectrofotómetro de rayo cercano al infrarrojo), 30 días después de ensilado, midiendo PC, FAD, FND, energía neta para lactancia (ENL) y TND.

De acuerdo a la media regional de rendimiento de maíz forrajero en verde (44.6 t ha<sup>-1</sup>) en la Comarca Lagunera<sup>(10)</sup>, los resultados obtenidos en el presente trabajo (Cuadro 1) reflejan incrementos en producción de 57 y 24 % en los tratamientos de 0.80 y 0.90 m de espaciamiento de cintilla, lo cual concuerda con otros<sup>(3)</sup>. El rendimiento de materia seca se incrementó en los tratamientos de 80, 90 y 100 cm de espaciamiento entre cintillas, en un 160, 105 y 51 % respectivamente, comparado con el testigo. Estos rendimientos fueron influenciados por la altura de planta y el porcentaje de hijuelos. Se detectaron diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) entre todos los tratamientos. Por otro lado, la lámina de riego entre los tratamientos con riego sub-superficial comparada con el testigo se redujo en un 27.5 %, lo que concuerda con lo reportado con anterioridad<sup>(2,3)</sup>, en el sentido de que la disminución en la aplicación del volumen de agua bajo el sistema

height, tiller production, prolific plants and stem lodging. Yield parameters were determined for fresh and dry forage 92 d after sowing. Dry matter was estimated by drying samples in a forced air oven at 100 °C until constant weight. Forage quality was determined with NIRS (near-infrared spectrophotometry) 30 d after ensilage, and included CP, ADF, NDF, NEL and TDN.

The 80 cm treatment produced a 57 % rise in yield and the 90 cm treatment a 24 % rise (Table 1) versus mean fresh forage yield in the Comarca Lagunera region (44.6 t ha<sup>-1</sup>)<sup>(10)</sup>, which coincides with other reports<sup>(3)</sup>. Dry matter yield was 160 % higher in the 80 cm treatment than in the FGI, 105 % higher in the 90 cm treatment and 51 % higher in the 100 cm treatment. These increases in yield were due to plant height and tiller production, which were significantly different between all treatments. The irrigation amount used in the three SDI treatments was 27.5 % less than that used in the FGI; similar values have been reported previously<sup>(2,3)</sup>. This drop in water volume contributes to greater water use efficiency and higher production in SDI systems.

The timely availability of irrigation water in the SDI treatments<sup>(1,2)</sup> probably produced the significant differences in plant height, tiller production and prolific plants with respect to the FGI treatment (Table 2). Specifically, there were 13.7 % more prolific plants in the 80 cm treatment

Cuadro 1. Rendimiento del maíz forrajero con diferentes tratamientos de riego

Table 1. Forage maize yield with different irrigation treatments

| Dripline spacing (cm) | Fresh forage (t ha <sup>-1</sup> ) | Dry matter (t ha <sup>-1</sup> ) |
|-----------------------|------------------------------------|----------------------------------|
| 80                    | 70.19 a                            | 20.52 a                          |
| 90                    | 55.37 b                            | 16.21 b                          |
| 100                   | 42.54 c                            | 11.91 c                          |
| Gravity               | 27.08 d                            | 7.89 d                           |

abcd Different superscript letters in the same column indicate different values ( $P < 0.05$ ).

Cuadro 2. Características agronómicas del maíz forrajero con diferentes tratamientos de riego

Table 2. Agronomic characteristics of forage maize in different irrigation treatments

| Dripline spacing (cm) | Harvested plants per hectare (n) | Plant height (m) | Tiller production (%) | Stem lodging (%) | Prolific plants (%) |
|-----------------------|----------------------------------|------------------|-----------------------|------------------|---------------------|
| 80                    | 95 000                           | 2.97 a           | 16.25 a               | 2.50 a           | 15.00 a             |
| 90                    | 95 000                           | 2.93 a           | 15.00 ab              | 2.50 a           | 2.50 b              |
| 100                   | 95 000                           | 2.87 b           | 10.00 b               | 2.50 a           | 2.50 b              |
| Gravity               | 95 000                           | 2.15 c           | 1.25 c                | 1.25 a           | 1.25 b              |

<sup>abc</sup> Different superscript letters in the same column indicate different values ( $P < 0.05$ ).

de riego subsuperficial contribuye a su uso más eficiente y se incrementa la producción.

Respecto a las características agronómicas (Cuadro 2) no se encontraron diferencias significativas en la variable acame de tallo, pero sí en altura de planta, hijuelos en planta y plantas cuateras, lo cual pudiera atribuirse a la oportuna disponibilidad del agua de riego<sup>(1,2)</sup> distribuido con cintilla. Así, los resultados revelaron un importante incremento de plantas cuateras de 13.7 % en el tratamiento de 80 cm respecto al testigo; de hijuelos en planta de 15.0, 13.7 y 8.7 % respectivamente en los tratamientos de 80, 90 y 100 cm comparados con el testigo. El tratamiento de 80 cm de distancia entre cintillas resultó con las medias más altas, con respecto a rendimiento de forraje verde, materia seca, altura de planta, hijuelos en planta y plantas cuateras.

Los resultados obtenidos en los tratamientos de 80 y 90 cm de materia seca, plantas cuateras y acame de tallo concuerdan con lo señalado por Carrillo *et al*<sup>(5)</sup> respecto a que el híbrido utilizado AS 900 es adecuado para siembras en altas densidades. En esta evaluación se superó el rendimiento registrado en el año 2002 en 21.4 y 6.5 t ha<sup>-1</sup> respectivamente, así como el porcentaje de plantas cuateras en un 13.5 y 1.0 % y se redujo la proporción de acame de tallo en un 1.0 %.

El Cuadro 3, muestra mediante la comparación de medias de la calidad del forraje, que no existieron diferencias significativas entre tratamientos con respecto a PC y ENL; en FAD presenta el mayor

than in the control, 15.0 % more tillers in the 80 cm treatment, 13.7 % more tillers in the 90 cm treatment and 8.7 % more in the 100 cm treatment. No significant differences between treatments were observed for stem lodging. Overall, the 80 cm treatment had the highest means for fresh forage yield, dry matter, plant height, tiller production and prolific plants.

The above dry matter, prolific plant and stem lodging results for the 80 cm and 90 cm treatments coincide with results reported by Carrillo *et al*<sup>(5)</sup> indicating the AS 900 hybrid is appropriate for high density sowing. Yields in the present study surpassed those recorded in 2002 by 21.4 t ha<sup>-1</sup> in the 80 cm treatment and by 6.5 t ha<sup>-1</sup> in the 90 cm treatment respectively. There were 13.5 % more prolific plants in the 80 cm treatment and 1.0 % higher in the 90 cm treatment than in 2002, while stem lodging in these two SDI treatments dropped by 1.0 % vs 2002 data.

Forage quality results (Table 3) showed no significant differences ( $P > 0.05$ ) between the four treatments for CP and NEL. Acid detergent fiber was highest in the 90 cm treatment and lowest in the 80 cm treatment, with significant differences ( $P > 0.05$ ) between all four treatments. The 100 cm treatment had the highest NDF and the 80 cm and 90 cm treatments the lowest, with significant differences between them. Total digestible nutrients was highest (and similar) in the 80 cm and 90 cm treatments, which were statistically different from both the 100 cm and FGI treatments.

Cuadro 3. Calidad del forraje de maíz en estado de silo con diferentes tratamientos de riego

Table 3. Forage quality of maize in silage grown with different irrigation treatments

| Dripline spacing(cm) | CP(%)   | ADF(%)  | NDF(%)  | NEL(Mcl kg <sup>-1</sup> ) | TDN(%)  |
|----------------------|---------|---------|---------|----------------------------|---------|
| 80                   | 10.00 a | 28.56 d | 54.41 c | 1.22 a                     | 59.71 a |
| 90                   | 9.94 a  | 28.93 a | 54.41 c | 1.22 a                     | 59.70 a |
| 100                  | 9.78 a  | 28.81 b | 54.94 a | 1.22 a                     | 59.44 c |
| Gravity              | 9.89 a  | 28.74 c | 54.81 b | 1.22 a                     | 59.56 b |

CP = crude protein; ADF = acid detergent fiber; NDF = neutral detergent fiber; NEL = net energy of lactation; TDN = total digestible nutrients.

<sup>abc</sup> Different superscript letters in the same column indicate different values ( $P < 0.05$ ).

valor el tratamiento de .90 cm sin diferencia significativa con los tratamientos de .80 cm y el testigo y diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) con el tratamiento de 100 cm. Para la FND el valor más alto se registró en el testigo, presentando diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) con los demás tratamientos. En el TND el tratamiento de 100 cm obtuvo el menor valor con relación al resto de los tratamientos ( $P < 0.05$ ).

De acuerdo a los valores estimados de PC<sup>(8)</sup>, los resultados en el riego sub-superficial y el testigo, mostraron valores superiores al 8.6 y 8.8 %. En la calidad del forraje, se asocia de manera negativa las concentraciones de FAD, FND, la ENL y el TND, lo cual se atribuye a la concentración de lignina en las paredes celulares, ya que con las alturas que alcanzaron los maíces no presentaron problemas de acame aún sembrados en plano. Respecto a la FAD los resultados se encuentran en el rango de alta calidad determinado por Herrera<sup>(9)</sup> y en la Laguna al rango encontrado por Peña *et al*<sup>(7)</sup> Lo anterior explica que los valores de ENL y TND se vieran disminuidos con respecto a los considerados de alta calidad<sup>(9)</sup> y el FND superior.

De acuerdo a los resultados obtenidos en las características agronómicas, las cuales se reflejan de manera importante en el rendimiento de forraje verde y seco, el tratamiento de 80 cm resultó ser el mejor, así como la calidad del forraje obtenida en este mismo tratamiento. En base a lo cual se concluye que el sistema de riego por goteo sub-superficial es una excelente opción en la Comarca

The estimated CP values for all three SDI treatments and the control were higher than previously reported levels (i.e. 8.6 and 8.8 %)<sup>(8)</sup>. In forage quality the ADF and NDF concentrations, as well as the NEL and TDN levels, were negatively associated. This was probably due to the lignin concentration in the cell walls since the plants reached heights that indicate stem lodging was not a problem, even though they were sown in level conditions. The ADF results were within the high quality range<sup>(9)</sup> and within ranges reported for the region<sup>(7)</sup>. The above indicates that the NEL and TDN values were lower in response to the high quality variables<sup>(9)</sup> and the higher NDF.

The 80 cm treatment produced the best agronomic characteristics values (particularly for fresh and dry forage yield) and resulted in the highest forage quality, making it the optimum treatment under these circumstances. In fact, all three SDI treatments produced yield and agronomic values higher than those of the FGI treatment. Subsurface drip irrigation is therefore an excellent option for cultivation of precocious forage maize hybrids tolerant to high sowing densities in the Comarca Lagunera region due to SDI's water savings and increased crop production.

#### ACKNOWLEDGEMENTS

The authors thank Salvador Álvarez-Díaz for allowing use of the property and the head technician

Lagunera para la producción de maíz forrajero con híbridos precoces y tolerantes a altas densidades de siembra, por su ahorro en agua e incrementos en la producción.

Jesús Castruita-López for his assistance. This study was also supported by the FIRA (Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura) Residencia Estatal Comarca Lagunera.

*End of english version*

## AGRADECIMIENTOS

Agradecemos la cooperación del Sr. Salvador Álvarez Díaz productor cooperante, así como al Ing. Jesús Castruita López responsable técnico; de igual manera al FIRA (Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura) Residencia Estatal Comarca Lagunera.

## LITERATURA CITADA

1. Weis TJ, Spurgeon WE, Manges HL. Water requeriment of corn with drip irrigation. Mid-Central Conference, St. Joseph, MO. Am Soc Agric Engrs. St. Joseph, MI. 1991:MC91-104.
2. Bui W. Designing drip irrigation tubes for row crops. ASAE ASAE/CSAE Meeting, Spokane, WA. Am Soc Agric Engrs St. Joseph, MI. 1993:932131.
3. Lamm FR, Spurgeon WE, Rogers DH, Manges HL. Corn production using subsurface drip irrigation. Microirrigation for a changing world: Conserving Resources/ Preserving the Environment. Proceed Fifth International Microirrigation Congress. ASAE 1995:338-394.
4. Pinter L, Schmidt J, Jozsa S, Szabo J, Kelemen G. Effect of plant density on the value of forage maize. Maydica 1990;35:73-79.
5. Carrillo AJ, Reta SDG, Cueto WJ, Gaytan MA. Capacidad de producción de forraje de 13 híbridos de maíz en alta densidad de siembras en la Región Lagunera. Memoria de la XV Semana Internacional de Agronomía FAZ-UJED. Gómez Palacio, Dgo. 2003:318-320.
6. Reta SDG, Gaytan MA, Carrillo AJS. Respuesta del maíz para ensilaje a métodos de siembra y densidades de población. Revista Fitotecnia Mex 2000;23:37-48.
7. Peña RA, Núñez HG, González CF. Potencial forrajero de poblaciones de maíz y relación entre atributos agronómicos con la calidad. Téc Pecu Méx 2002;40(3):215-228.
8. Núñez HG, Contreras GEF, Faz CR. Características agronómicas y químicas importantes en híbridos de maíz para forraje con alto valor energético. Téc Pecu Méx 2003;41(1):37-48.
9. Herrera SR. La importancia de los maíces y sorgos mejorados para la producción de ensilaje. 2º Taller nacional de especialidades de maíz. UAAAN Saltillo, Coahuila, México. 1999:133-137.
10. SAGARPA. Anuario estadístico de la producción agropecuaria. Región Lagunera Durango – Coahuila. Lerdo, Dgo. 2002.
11. INIFAP. Sistemas de información del medio físico y la productividad de los cultivos forrajeros. Información en CD-ROM. Torreón, Coah. 1999.
12. García E. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köpen. UNAM – Instituto de Geografía. México, DF 1973.
13. SEMARNAT. NOM – 021 – SEMARNAT – 2001 Establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. 2001.

