

Producción de forrajes de temporal con estiércol bovino y captación de agua en siembra a triple hilera*

Rainfed fodder production with cattle manure and water harvesting in triple row sowing

Esteban Salvador Osuna-Ceja^{1§}, Luis Eduardo Arias-Chávez², Gregorio Núñez-Hernández³ y Fernando González Castañeda¹

¹Campo Experimental Pabellón, Aguascalientes-INIFAP. Carretera Aguascalientes-Zacatecas, km. 32.5. Apartado Postal 20. Pabellón de Arteaga, Aguascalientes, México. (fdoglez61@hotmail.com). ²Campo Experimental Centro Altos de Jalisco. (arias.luiseduardo@inifap.gob.mx). ³Campo Experimental Laguna. (nunez.gregorio@inifap.gob.mx). [§]Autor para correspondencia: osuna.salvador@inifap.gob.mx.

Resumen

Los forrajes de temporal son la principal fuente de alimentación del ganado en los sistemas de producción de lechería familiar en el altiplano semiárido del Centro-Norte de México. Sin embargo, la degradación del suelo y la sequía intermitente son graves en la región y la seguridad alimentaria no puede mantenerse sin la conservación y el mejoramiento de la calidad del suelo y el aprovechamiento eficiente del agua de lluvia. Para ayudar a resolver este problema, se realizó un estudio para evaluar la respuesta de maíz, sorgo y garbanzo forrajeros a dosis de estiércol (0, 10 y 20 Mg/ha) aplicado anualmente desde 2011 en las mismas parcelas, así como fertilización química con 80-40-30 kg/ha de N₂, P₂O₅ y K₂O, respectivamente, bajo dos métodos de siembra (convencional a 0.76 m sin captación de agua y en camas de 1.60 m a triple hilera con captación de agua). Se utilizó un diseño de parcelas sub-divididas (método de siembra/cultivo/estiércol) en bloques completos al azar con tres repeticiones. Se encontró respuesta significativa ($p \leq 0.05$) por efecto del método de siembra. El rendimiento de biomasa verde (BV) y materia seca (MS) más alto se obtuvo con la siembra en camas a triple hilera, seguido del convencional. La respuesta del cultivo fue significativa ($p \leq 0.05$), a través de la fertilización orgánica y métodos de siembra. El rendimiento más alto de BV y MS se obtuvo con maíz, luego con sorgo y por último en la parcela con

Abstract

Rainfed fodders are the main source of livestock feed production systems in family dairy in the semiarid highlands of North Central Mexico. However, land degradation and intermittent drought are severe in the region, and food security cannot be sustained without conservation and improvement of soil quality and the efficient use of rainwater. To help solve this problem, a study was conducted to evaluate the response of maize, sorghum and chickpea feed to manure doses (0, 10 and 20 Mg ha) applied annually since 2011 on the same plots and chemical fertilization 80-40-30 kg ha of N₂, P₂O₅ and K₂O, respectively, under two sowing methods (conventional at 0.76 m without water harvesting and in beds of 1.60 m at water triple row with water uptake). We used a sub-divided plots design (method of sowing/cultivation/manure) in a randomized complete block design with three replications. We found a significant response ($p \leq 0.05$) for the effect of sowing method. The yield of green biomass (BV) and higher dry matter (DM) was obtained with a triple bed sowing row, followed by the conventional. Crop response was significant ($p \leq 0.05$), through the organic fertilization and sowing methods. The highest yield with BV and MS was obtained with maize, then sorghum and finally in plot with chickpeas. After three years of continuous application of 10 and 20 Mg/ha of manure is positively modified some physical and chemical soil properties, such as density,

* Recibido: julio de 2015

Aceptado: noviembre de 2015

garbanzo. Después de tres años de aplicación continua de 10 y 20 Mg/ha de estiércol se modificaron de manera positiva algunas propiedades físicas y químicas del suelo, como la densidad aparente, porosidad, sortividad, el contenido de materia orgánica (MO) y NO₃. El maíz, sorgo y garbanzo establecidos en suelo con 10 y 20 Mg/ha de estiércol mostraron un alto rendimiento de BV y MS. La adición de estiércol junto con la captación “*in situ*” del agua de lluvia modifican el sistema agua-suelo-planta al proporcionar nutrientes y disminuir los efectos negativos del estrés por déficit de humedad, lo que pudo observarse por los efectos positivos en el rendimiento de BV y MS.

Palabras clave: *Zea mays* L., *Sorghum bicolor*, *Cicer arietinum*, rendimiento de materia seca.

Introducción

En la región semiárida templada de Aguascalientes, debido a la importancia que tiene el sistema de producción de lechería familiar (pequeñas unidades con hatos menores a 30 vacas en producción) y la incidencia frecuente de sequías intermitentes e impredecibles (Acosta-Díaz *et al.*, 2003), se estima un déficit anual de más de 350 000 t de forraje seco. La deficiencia más crítica ocurre en el período primaveral, dada la ausencia de lluvias y a la escasez de agua para riego (Carranza Trinidad *et al.*, 2007). Por tanto, se requiere evaluar la capacidad de producción de materia seca y de adaptación a las condiciones ambientales de la región de distintas especies forrajeras; además, de acompañar su siembra con algún sistema de captación *in situ* del agua de lluvia, mismo que llevan implícito técnicas que además de aprovechar mejor la lluvia (porque aumenta la cantidad de agua disponible para las plantas), siguen prácticas que ayudan a conservar el suelo, con los consiguientes beneficios (Martínez y Jasso, 2004; Osuna-Ceja *et al.*, 2007).

En la región la producción de leche familiar demanda incrementar el rendimiento de forraje de calidad en las áreas de temporal. Una alternativa de manejo agronómico para atenderla es la siembra en camas a triple hilera, con un distanciamiento menor al convencional de 76 u 80 cm. Esta práctica permite aumentar la densidad de plantas e incrementar el rendimiento de materia seca por unidad de superficie, debido principalmente, a una mayor interceptación de radiación solar durante el ciclo de crecimiento (Barbieri *et al.*, 2000; Guevara-Escobar *et al.*, 2005; Reta *et al.*, 2007; Soltero *et al.*, 2010).

porosity, sorptivity, the content of organic matter (OM) and NO₃. Maize, sorghum and chickpea established in soil with 10 and 20 Mg ha of manure showed a high yield of BV and MS. The addition of manure along with the acquisition *in situ* of rainwater modified water-soil-plant to provide nutrients and reduce the negative effects of water deficit stress system, which could be observed by the positive effects on the performance of BV and MS.

Keywords: *Zea mays* L., *Sorghum bicolor*, *Cicer arietinum*, dry matter yield.

Introduction

In the temperate semiarid region of Aguascalientes, due to the importance of the production system of family dairy (small units with smaller herds of 30 cows in production) and the frequent incidence of intermittent and unpredictable droughts (Acosta-Díaz *et al.*, 2003), an annual deficit of more than 350 000 t of dry forage is estimated. The most critical deficiency occurs in the spring period, given the lack of rain and the scarcity of water (Carranza Trinidad *et al.*, 2007). Therefore, it requires the ability to evaluate dry matter yield and adaptation to environmental conditions in the region of fodder species; also accompany with some sowing collection system *in situ* rainwater, which carry the same techniques along with better use of the rain (because it increases the amount of water available to plants), they follow practices that help conserve ground, with resulting benefits (Martínez and Jasso, 2004; Osuna-Ceja *et al.*, 2007).

In the area, family milk production demand increase yield quality forage in the areas of rainfed. An alternative crop management to address it is sowing beds of triple row, with less conventional distance of 76 or 80 cm. This practice can increase plant density and increase dry matter yield per unit area, mainly due to increased interception of solar radiation during the growth cycle (Barbieri *et al.*, 2000; Guevara-Escobar *et al.*, 2005; Reta *et al.*, 2007; Soltero *et al.*, 2010).

The highest yield of sowing a triple row has been linked to an increase in leaf area index and interception efficiency of solar energy per unit leaf area (Reta *et al.*, 2007). Thus, forage species of extended growth and high leaf area index, could cover better a groove and maximize the collection of solar energy and reduce direct evaporative water loss by covering the soil faster. On the other hand, upright or compact species,

El mayor rendimiento de la siembra a triple hilera ha sido relacionado con un incremento en el índice de área foliar y la eficiencia de intercepción de energía solar por unidad de área foliar (Reta *et al.*, 2007). De tal manera, especies forrajeras de crecimiento extendido y alto índice de área foliar, podrían cubrir más oportunamente un surco ancho y aprovechar al máximo la captación de energía solar y reducir las pérdidas directas de agua por evaporación, al cubrir más rápidamente el suelo. Por otro lado, especies erectas o compactas, de crecimiento reducido y bajo índice de área foliar, no alcanzan a cubrir toda el área en surcos anchos, desperdiciando energía solar y agua del suelo; situación que se puede mejorar al reducir el ancho de línea de siembra y hacer un uso más eficiente del terreno y la lluvia.

Las densidades de población y la distribución de las plantas en el terreno, tiene mucho que ver con las características de desarrollo del cultivar (altura y ramificación de la planta) y con los factores ambientales (suelo, lluvia, temperatura, etc.), lo que hace que una densidad y la distribución de plantas óptima para un cultivar, no sea la mejor para otra, sobre todo si estas difieren en su hábito de crecimiento y precocidad (Castellanos *et al.*, 1990; Widdicombe and Thelen, 2002; Reta *et al.*, 2003; Guevara-Escobar *et al.*, 2005).

Es indispensable se conozca el suelo donde crecerán las plantas y conocer su estado físico, su contenido de nutrientes, su conductividad eléctrica y su capacidad de intercambio catiónico. Estos factores están relacionados con la capacidad del suelo de proveer a las plantas las condiciones que requieran para obtener los nutrientes que necesitan para crecer, y producir la cantidad y calidad de forraje que se espera. Los abonos orgánicos no solo mejoran las condiciones físicas del suelo, sino que aportan una cantidad importante de nutrientes y una reducción en los costos de producción (Salazar-Sosa *et al.*, 2007, Salazar-Sosa *et al.*, 2010).

Uno de los principales problemas en esta región son los suelos someros, con bajo contenido de nutrientes y materia orgánica, provocado por una sobre explotación de los mismos (Osuna *et al.*, 2000; Osuna-Ceja *et al.*, 2007). Del Pino *et al.* (2008) reportan que la aplicación de estiércol incrementa la actividad y cantidad de biomasa microbiana del suelo y, son una alternativa para reducir el uso de agroquímicos, entre ellos los fertilizantes. Por tanto, se propone el uso de abonos orgánicos como complemento a los requerimientos nutrimentales del cultivo con fertilizantes minerales con el fin de incrementar el rendimiento y la calidad de los productos.

of low growth and low leaf area index, do not cover the entire area in wide rows, wasting solar and ground water; a situation that can be improved by reducing the line width of sowing and make more efficient use of land and rain.

Population densities and distribution of plants in the field have much to do with the characteristics of the cultivar development (height and branching of the plant) and environmental factors (soil, rainfall, temperature, etc.), which makes a distribution density and optimal plants for farming, not the best for another, especially if they differ in growth habit and earliness (Castellanos *et al.*, 1990; Widdicombe and Thelen, 2002; Reta *et al.*, 2003; Guevara-Escobar *et al.*, 2005).

It is essential to know the soil where plants grow and meet their physical condition, nutrient content, its electrical conductivity and cation exchange capacity. These factors are related to the ability of soil to provide plants the conditions required to obtain the nutrients they need to grow and produce the quantity and quality of forage as expected. Organic fertilizers not only improve soil physical conditions, but provide a significant amount of nutrients and reduction in production costs (Salazar-Sosa *et al.*, 2007; Salazar-Sosa *et al.*, 2010).

One of the main problems in this region is shallow soils, with low nutrient and organic matter content, caused by overexploitation (Osuna *et al.*, 2000; Osuna-Ceja *et al.*, 2007); Del Pino *et al.* (2008) reported that the application of manure increases the activity and amount of soil microbial biomass and are an alternative to reduce the use of chemicals, including fertilizers. Therefore, the use of organic fertilizers is proposed in addition to the nutritional requirements of the culture with mineral fertilizers in order to increase the yield and quality of the products.

With respect to the physical properties of the soil, usually the structure, porosity is enhanced, and increases the rate of infiltration, hydraulic conductivity, water retention and the apparent density is reduced. However, sometimes it is not possible to demonstrate its benefit in one or two crop cycle; this is especially true in soil treated with small or moderate amounts of organic waste (Fortis-Hernández *et al.*, 2009).

The aim of this study was to evaluate the combined effect of a triple row sowing, *in situ* rainwater capture and application of cattle manure; and the influence of the

Con respecto a las propiedades físicas del suelo, generalmente se mejora la estructura, porosidad, e incrementa la velocidad de infiltración, conductividad hidráulica, retención de agua y se reduce la densidad aparente. No obstante, en ocasiones, no es posible demostrar su beneficio en uno o dos ciclo de cultivo, esto es especialmente cierto en suelos tratados con pequeñas o moderadas cantidades de desechos orgánicos (Fortis-Hernández *et al.*, 2009).

El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto combinado de la siembra a triple hilera, captación *in situ* del agua de lluvia y la aplicación de estiércol bovino; así como la influencia de las combinaciones entre ellos sobre la producción del maíz, sorgo y garbanzo forrajeros de temporal y en las propiedades de fertilidad del suelo.

Materiales y métodos

Este trabajo se realizó durante 2013, en el Sitio Experimental "Sandoval", Aguascalientes, México, del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), localizado a los 22° 54' 16" latitud norte y 102° 20' longitud oeste, a 2 045 msnm. El suelo del área experimental es tipo Planosol, de textura franco arenosa con pH ligeramente ácido de 6.4 y con menos de 1% de materia orgánica. El clima predominante es semidesértico con lluvias en verano (200 a 250 mm en el ciclo de cultivo). La temperatura media anual es de 16.2 °C, la media anual máxima es de 20 °C y la mínima es de 7.1 °C (Medina *et al.*, 2006).

Bajo estas condiciones de suelo y clima, se evaluó la respuesta de tres cultivos forrajeros de temporal con diferentes prácticas agronómicas donde los factores de estudio fueron: a) métodos de siembra: convencional a hilera sencilla con distancia entre surco a 76 cm, sin captación de agua de lluvia y en camas de 1.60 m a triple hilera, donde la separación entre éstas fue de 40 cm, con captación *in situ* de agua de lluvia mediante "pileteo" (práctica que se realizó a los costados de la cama de siembra y consistió en levantar un bordo de tierra de 20 cm de alto a distancias regulares para almacenar agua y disminuir la erosión del suelo) y "Aqueel" (práctica que se realizó con un rodillo formado con ruedas dentadas individuales que imprime huellas en el suelo sin causar compactación durante el proceso, se pasó sobre la cama al momento de la siembra para hacer micro-reservorios de manera uniforme sobre la superficie del terreno para la captación de agua de lluvia *in situ*); b) Variedades mejoradas: maíz (*Zea mays* L.) V-209;

combinaciones between them on the production of maize, forage sorghum and chickpea rainfed and properties of soil fertility.

Materials and methods

This work was done during 2013, in the Experimental Site Sandoval, Aguascalientes, Mexico, of the National Research Institute of Forestry, Agriculture and Livestock (INIFAP), located at 22° 54' 16" north latitude and 102° 20' length west to 2045 m. The soil of the experimental area is planosol type of sandy loam with slightly acidic pH of 6.4 and less than 1% organic matter. The climate is semi-desert with summer rains (200-250 mm in the growing season). The average annual temperature is 16.2 °C, the maximum annual average is 20 °C and the minimum is 7.1 °C (Medina *et al.*, 2006).

Under these conditions of soil and climate, the response of three rainfed forage crops with different agronomic practices where the study factors were evaluated: a) sowing methods: conventional single row with a distance between rows of 76 cm, without attracting rainwater and triple beds of 1.60 m rows, where the separation between them was 40 cm, with *in situ* capture of rainwater through "row diking" (a practice that was performed on the sides of the seedbed and consisted of ground lift a board 20 cm high at regular to store water and reduce soil erosion) and Aqueel (a practice that was done with a roller formed with individual gears that prints footprints on the soil without causing compaction during distances the process was passed over the bed at sowing for micro-reservoirs evenly, over the soil surface for capturing rain water *in situ*); b) improved varieties: maize (*Zea mays* L.) V-209; chickpea (*Cicer arietinum*) swineherd landrace and sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) Sweet and; c) organic and chemical fertilization: the treatments were doses of cattle manure (0, 10 and 20 Mg/ha), chemical fertilizer 80-40-30 (N-P₂O₅-K₂O; kg ha⁻¹) and a control.

Manure has been applied since 2011, with the same dose per year under the same experimental plots. It was used as organic fertilizer because of its low cost and readily available in the study area. The characteristics of manure applied are: pH 7.5; EC 0.60 dS m⁻¹; MO 5.39%; total N 1.26%, ammonium 0.1130%, P₀.3533%, calcium 3.30, magnesium 0.69%, K 3.36%, sodium 0.95 mg/kg, molybdenum 555 mg/

garbanzo (*Cicer arietinum*) porquero criollo y sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) Sweet; y c) fertilización orgánica y química: los tratamientos fueron dosis de estiércol bovino (0, 10 y 20 Mg/ha), fertilizante químico 80-40-30 (N-P₂O₅-K₂O; kg ha⁻¹) y un testigo absoluto sin fertilizante ni estiércol.

El estiércol se ha venido aplicando desde 2011, con la misma dosis por año en las mismas parcelas experimentales. Se tomó como enmienda orgánica debido a su fácil obtención y bajo costo en la zona de estudio. Las características del estiércol aplicado son: pH 7.5; CE 0.60 dSm⁻¹; MO 5.39%; N total 1.26%, amonio 0.1130%, P 0.3533%, calcio 3.30, magnesio 0.69%, K 3.36%, sodio 0.95 mg/kg, molibdeno 555 mg/kg, fierro 12 250 mg/kg, zinc 195 mg/kg, cobre 45 mg/kg y boro 412 mg/kg. El estiércol tenía 3% de humedad al momento de aplicarlo. La superficie experimental fue de 3 000 m².

La distribución de tratamientos se hizo bajo un diseño de bloques completos al azar con arreglo de parcelas subdivididas con tres repeticiones. La parcela grande fue el método de siembra con y sin captación de agua, la mediana los cultivos y la chica los tratamientos de fertilización orgánica. La parcela experimental constó de cuatro surcos en la siembra convencional y tres hileras en la de camas, ambas de 5 m de longitud.

El terreno se laboreó con labranza vertical (uso del multirado) y rastreó antes de la siembra. El cultivo anterior fue maíz de temporal. La siembra en condiciones de temporal y en suelo húmedo se realizó el 21 de junio; se depositó una semilla cada 0.30 m en maíz, a 0.14 m en garbanzo y 0.08 m en sorgo, esto permitió distribuir 3, 7 y 12 semillas por metro en dichos cultivares evaluados, en los dos métodos de siembra, respectivamente; 17, 36 y 60 semillas por hilera en 5 m de largo en la convencional y 51, 108 y 180 semillas por cama de tres hileras, para manejar una densidad de 66 000, 140 000 y 244 000 plantas ha⁻¹ de maíz, garbanzo y sorgo respectivamente. En la siembra convencional, con la misma distribución de semillas por metro lineal se manejó una densidad de 43 600, 93 500 y 163 750 plantas ha⁻¹ de maíz, garbanzo y sorgo respectivamente. Se dio una escarda y se aplicaron agroquímicos para controlar plagas del follaje.

Las variables medidas en clima, suelo y planta fueron:

Clima: en el año de estudio, los datos de precipitación (mm) diaria, se obtuvieron de la estación meteorológica automatizada de Sandoval, ubicada a una distancia de 300 m del área experimental.

kg, iron 12 250 mg/kg, zinc 195 mg/kg, copper 45 mg/kg and boron 412 mg/kg. The manure had 3% moisture when applied. The experimental area was 3 000 m².

The distributions of treatments were made under a design randomized complete block arrangement of sub-divided plots with three replications. The large plot was the sowing method with and without water catchment, the median girl crops and organic fertilization treatments. The experimental plot consisted of four rows in conventional sowing three rows of beds of 5 m in length.

The terrain was prepared with vertical tillage (use of multi-plow) and pluming before sowing. The previous crop was rainfed maize. Sowing under rainfed conditions and in moist soil was made on 21 June; a seed was placed every 0.30 m in maize, at 0.14 m in chickpea and 0.08 m in sorghum, this allowed to distribute 3, 7 and 12 seeds per meter in these cultivars evaluated in two sowing methods, respectively; 17, 36 and 60 seeds per row 5 m long in conventional and 51, 108 and 180 seeds per bed of three rows, to handle a density of 66 000, 140 000 and 244 000 plants ha⁻¹ of maize, chickpea and sorghum, respectively. In conventional sowing, with the same distribution of seeds per meter a density of 43 600 was handled, 93 500 and 163 750 plants ha⁻¹ of maize, chickpeas and sorghum, respectively. Performing a weeding and agrochemicals were applied to control pests of the foliage.

The variables measured in climate, soil and plant were:

Climate: in the year of study, data of daily precipitation (mm) were obtained from the automated weather station Sandoval, located at a distance of 300 m from the experimental area.

Soils: profile depth was measured, bulk density (ρ_b), total porosity (f_t), usable water sheet (L) and sorptivity (S_o), for the surface layer 0-15 cm. In all cases, three measurements were made for each sowing method, cultivation and fertilization. The method of cylinder of volume was used known for ρ_b (Jury *et al.*, 1991); f_t , and L_a were estimated according to Sustaita *et al.*, 2000; S_o was determined by the method of infiltration cylinder (Talsma, 1969). Soil samples were taken only in the topsoil (0-15 cm) and were sent to the laboratory to determine its texture, moisture constant (CC) and (PMP) nitrate (NO₃), organic matter (OM), pH and electrical conductivity (EC) of the experimental area before

Suelo: se midió la profundidad del perfil, densidad aparente (ρ_b), porosidad total (f_t), lámina de agua aprovechable (L_a) y Sortividad (S_o), para la capa superficial 0-15 cm. En todos los casos se realizaron tres mediciones por cada método de siembra, cultivo y fertilización. Se utilizó el método del cilindro de volumen conocido para ρ_b (Jury *et al.*, 1991); f_t , y L_a se estimó de acuerdo con Sustaita *et al.*, 2000; la S_o se determinó mediante el método del cilindro de infiltración (Talsma, 1969). Se tomaron muestras de suelo sólo en la capa arable (0-15 cm) y se enviaron al laboratorio para determinar textura, constantes de humedad (CC) y (PMP), nitratos (NO_3), materia orgánica (MO), pH y conductividad eléctrica (CE) del área experimental, antes de la siembra. La textura (Hidrómetro de Bouyoucos), CC y PMP (olla y membrana de presión), CE en extracto; MO (Walkley y Black, 1934; Page *et al.*, 1982), pH en una relación agua: suelo 2.5:1 y nitratos, analizados mediante colorimetría (Page *et al.*, 1982).

Planta: la cosecha de los cultivos se realizó cuando el grano mostró un estado lechoso-masoso (a los 97-100 días después de la siembra). La altura de corte fue a 5 cm del nivel de suelo. El forraje cortado se pesó, obteniéndose posteriormente una submuestra, la cual se llevó al laboratorio para ser secada en una estufa de aire forzado a 60 °C hasta alcanzar peso constante (4% de humedad), para tener el porcentaje de materia seca (MS) y transformar los resultados en base seca (Reta *et al.*, 2007). Las muestras fueron procesadas en un molino Wiley con malla de 0.5 mm. El N total se determinó con el método Kjeldhal; el P por colorimetría y el K por fotometría de flama (Chapman y Parker, 1986). El total de NPK acumulado en la MS se calculó a partir del peso total de MS obtenida por unidad de superficie por la concentración de nutrimentos determinados en la muestra. La eficiencia de utilización de los tres minerales estudiados se determinó con la división de rendimiento de MS entre el total de nutrimentos acumulados en la misma superficie.

Los datos se analizaron con el paquete estadístico SAS, versión 8 (SAS Institute, 1999) y cuando se detectó significancia entre tratamientos, se aplicó la prueba Diferencia Mínima Significativa (DMS).

Resultados y discusión

El año 2013 se caracterizó por mayor cantidad de precipitación que lo normal para la región. Durante los primeros 100 días del desarrollo de los cultivos, las lluvias

sowing. Texture (Hydrometer of Bouyoucos), CC and PMP (pot and pressure membrane), CE in extract; MO (Walkley and Black, 1934; Page *et al.*, 1982), pH in a water ratio: soil 2.5: 1 and nitrates analyzed through colorimetrically (Page *et al.*, 1982).

Plant: crop harvest took place when the grain showed a milky-doughy state (to 97-100 days after sowing). The cutting height was 5 cm from ground level. The cut forage was weighed, subsequently obtaining a sub-sample, which was the laboratory for dried in a forced air oven at 60 °C until constant weight (4% moisture), to have the dry matter (MS) and transform the results on a dry basis (Reta *et al.*, 2007). The samples were processed in a Wiley mill with 0.5 mm mesh. The total N was determined by the Kjeldahl method; P by colorimetry and K by flame photometry (Chapman and Parker, 1986). NPK total accumulated in the MS is calculated from the total weight of MS per unit area obtained by the nutrient concentration in the determined sample. The efficiency of utilization of the three minerals studied was determined by the MS division performance between the total accumulated nutrients in the same area.

Data were analysed using the SAS statistical package, version 8 (SAS Institute, 1999) and when significance was detected between treatments, the least significant difference test (DMS) was applied.

Results and discussion

The year 2013 was characterized by the higher amount of precipitation than normal for the region. During the first 100 days of crop development, rains occurred with some regularity, accumulating a total of 532 mm during the growing season; during the cycle several significant periods of precipitation occurred. In a period of 10 days rained 52.6 mm, in another, it rained 75.6 mm in 7 days and a third 171 mm in 5 days (Figure 1).

The duration of the crop to the cutting step was 100 days from sowing to understand the milky doughy stage. The rain in this period was 372.8 mm. In Figure 1, the distribution of rainfall occurs during the growing season. It is observed that, the total rainfall 62.3% occurred in the first half of the cycle (vegetative, flowering and grain formation), which had only growing 37.7% Rain on stage realized grain filling; this indicates an erratic distribution to crop needs.

se presentaron con cierta regularidad, acumulándose en total 532 mm durante todo el ciclo vegetativo; durante el ciclo ocurrieron varios periodos significativos de precipitación. En un periodo de 10 días llovieron 52.6 mm, en otro, llovió 75.6 mm en 7 días y en un tercero 171 mm en 5 días (Figura 1).

La duración de los cultivos hasta la etapa de corte fue de 100 días que comprendió de la siembra a la etapa de grano lechoso masoso. La lluvia en este período fue de 372.8 mm. En la Figura 1, se presenta la distribución de la precipitación durante el ciclo de cultivo. Se observa que del total de la lluvia 62.3% ocurrió en la primera mitad del ciclo (vegetativa, floración y formación de grano), con lo cual el cultivo sólo dispuso de 37.7% de la lluvia en la etapa que comprendió el llenado de grano; esto indica una distribución errática para las necesidades del cultivo.

Por lo anterior, pocas veces el contenido de humedad a través del perfil del suelo, alcanza la capacidad de almacenamiento de agua. Esto debido a que las lluvias regularmente son muy escasas y mal distribuidas durante la etapa de desarrollo de los cultivos. Por lo que la sequía intermitente, impredecible en cualquier etapa durante el ciclo biológico del cultivo, es una amenaza constante para los productores, sobre todo en esta región semiárida del Centro-Norte de México. No obstante, cabe destacar que en este ciclo, hubo suficiente retención de humedad en la zona radicular, de tal manera que los cultivos no sufrieron de sequía extrema durante sus diferentes etapas de desarrollo. Las lluvias mantuvieron a través de los tratamientos probados en el experimento un nivel de humedad superior al 40% de humedad aprovechable en los sistemas de producción evaluados, durante los primeros 85 días de desarrollo del cultivo. El sistema de siembra en camas a triple hilera no tuvo limitaciones de humedad, ya que las plantas no mostraron síntomas de estrés hídrico en ninguna de sus etapas de desarrollo debido a la reserva de humedad en el suelo por el agua adicional retenida por efecto de las prácticas de captación *in situ* (Aqueel y pileteo). Fue notorio observar que el agua de lluvia quedó uniformemente distribuida sobre el terreno, evitándose la concentración en las partes bajas y el escurrimiento hacia fuera del terreno; como sucedió en la siembra convencional.

Calidad física del suelo y su relación con la materia orgánica

La integración de componentes tecnológicos en un sistema de producción para promover aumento en la calidad física y química de los suelos agrícolas y la disminución del

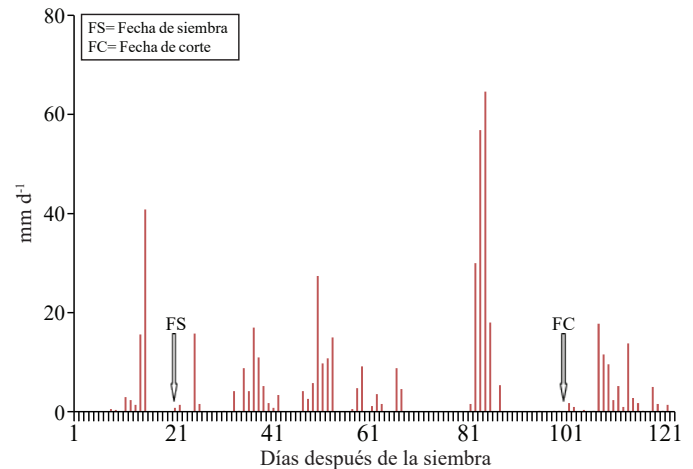


Figura 1. Precipitación durante el ciclo de cultivo de las especies forrajeras (maíz-sorgo-garbanzo). Sandoval, Aguascalientes. 2013.

Figure 1. Precipitation during the growing season of forage species (maize-sorghum-chickpea). Sandoval, Aguascalientes. 2013.

Therefore, rarely the moisture content through the soil profile reached the water storage capacity. This is because the rains are scarce and poorly regularly distributed during the stage of crop development. So that intermittent drought, unpredictable at any stage during the life cycle of the crop, is a constant threat to farmers, especially in this semiarid region of North Central Mexico. However, is noteworthy that in this cycle, there was enough retention of moisture in the root zone, so that the crop did not suffer from extreme drought during different stages of development. The rains continued through the experiment tested at a level of humidity higher than 40% of available moisture in production systems evaluated during the first 85 days of crop development treatments. The system of sowing beds in triple row had no moisture limitations, since plants showed no symptoms of water stress at any stage of development due to the reserve of soil moisture for the extra water retained by effect of recruitment practices *in situ* (Aqueel and row diking). It was obvious to note that rainwater was evenly distributed on the ground, avoiding concentration in the lower parts and runoff out of the ground; as in conventional sowing.

Physical quality of the soil and its relationship with organic matter

The integration of technological components in a production system to promote increased physical and chemical quality of agricultural soils and the reduced effect

efecto del déficit de humedad en el rendimiento de MS en cultivares diversos de temporal por la captación de agua *in situ* y la adición de estiércol en la capa superficial (0-15 cm) condujo a la evaluación de sus propiedades físicas y químicas y los cambios debidos al efecto combinado de componentes (Cuadro 1). En contraste con lo observado por algunos investigadores (Osuna *et al.*, 2006, Osuna-Ceja *et al.*, 2007) sobresalió la ausencia de significancia de la densidad aparente (ρ_b), porosidad total (f_t) y Lámina de agua aprovechable (L_a) entre métodos de siembra y cultivares evaluados. En cambio, la ρ_b bajó y la f_t incrementó significativamente (hasta 10%) y en proporción con el estiércol (Cuadro 1), con lo que puede favorecerse el flujo de aire y agua y del desarrollo radicular de las plantas (Salazar *et al.*, 2007).

of moisture deficit in the performance of MS in various cultivars of time by withdrawal of water *in situ* adding manure in the surface layer (0-15 cm) led to the evaluation of their properties physical and chemical changes due to the combined effect of components (Table 1). In contrast to what was observed by some researchers (Osuna *et al.*, 2006, Osuna-Ceja *et al.*, 2007) excelled the lack of significance of the apparent density (ρ_b), total porosity (f_t) and usable water (L_a) between sowing methods and cultivars evaluated. In contrast, ρ_b decreased and f_t increased significantly (up to 10%) and in proportion to the manure (Table 1), which may be encouraged airflow and water and root development of the plants (Salazar *et al.*, 2007).

Cuadro 1. Variación y comparación de medias de la densidad aparente (Mg m^{-3}), porosidad total (%), Lámina de agua aprovechable (cm) y sortividad ($\text{cm seg}^{1/2}$) obtenidos con dos métodos de siembra, especies y abono orgánico, Sandoval, Aguascalientes, México. 2013.

Table 1. Variation and comparison of means of bulk density (Mg m^{-3}), total porosity (%), usable water (cm) and sorptivity ($\text{cm sec}^{1/2}$) obtained with two sowing methods, species and compost, Sandoval, Aguascalientes, Mexico. 2013.

Factores de evaluación	ρ_b Mg/m^3	f_t (%)	L_a cm	S_o $\text{cm seg}^{1/2}$	MO (%)	NO_3 Mg/kg
Métodos de siembra						
Siembra tradicional	1.27	50.9	1.93	0.0204	1.46	9.08
Siembra a triple hilera	1.25	51.8	1.97	0.0209	1.5	8.55
Media	1.26	51.4	1.95	0.02	1.5	8.8
DMS ₀₅	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Especies evaluadas						
Maíz	1.26	51.6	1.95	0.022	1.52	8.76
Garbanzo	1.27	51	1.96	0.021	1.46	9.66
Sorgo	1.25	51.5	1.94	0.0219	1.38	7.86
Media	1.26	51.4	1.95	0.02	1.5	8.8
DMS ₀₅	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Estiércol bovino (Mg/ha)						
0	1.32 a	49.2 b	1.86 b	0.0202 b	1.19 b	5.2 d
10	1.20 b	53.7 a	2.0 a	0.0275 a	1.85 a	11.85 b
20	1.18 b	54.4 a	2.05 a	0.0309 a	2.05 a	14.85 a
80-40-30 (NPK; kg ha^{-1})	1.35 a	48.2 b	1.93 ab	0.0190 b	1.02 b	7.22 c
Media	1.26	51.4	1.95	0.02	1.5	9.8
DMS ₀₅	0.0646	2.4541	0.0946	0.0038	0.0646	1.75

ρ_b = densidad aparente, f_t = porosidad total, L_a = lámina de agua aprovechable, S_o = sortividad.

La mayor L_a , mostró relación aparente con la adición de estiércol (Cuadro 1). Esto se atribuye al desarrollo de una estructura más porosa propiciada por la materia orgánica (MO), significando mayor capacidad para almacenar

The highest L_a showed and apparent relationship with the addition of manure (Table 1). This is attributed to the development of a more porous structure favoured by the organic matter (OM), meaning higher capacity to store

agua. En cambio, el suelo sin adición de estiércol (testigo absoluto 0 aplicación de estiércol) presenta menor L_a , debido probablemente a la menor porosidad total del suelo (Cuadro 1). Los valores medios de MO en la capa superficial (0-15 cm) son estadísticamente diferentes ($p \leq 0.05$) en el suelo con los tratamientos de estiércol analizados. El mayor contenido de MO lo presenta el suelo con 20 Mg/ha (2.05%) de estiércol bovino (EB) respecto al testigo (1.19%) absoluto (TA); la relación EB/TA ($2.05/1.19 = 1.72$) indica que EB superó en 72% a TA.

Los resultados de sortividad (propiedad que refleja la influencia de la ordenación de la matriz del suelo en el paso del agua durante el periodo inicial de la infiltración) observados en los tratamientos de 10 y 20 Mg/ha en la capa superficial reflejan la capacidad del estiércol para incrementar significativamente la porosidad y el movimiento de agua dentro del suelo en zonas áridas. Los datos se agruparon de acuerdo con el tratamiento, es decir, el testigo absoluto y el de fertilización química agruparon los valores de sortividad (S_o) más bajos y los valores más altos de ρ_b ; mientras que los tratamientos de estiércol agruparon los valores más altos de S_o con valores más bajos de ρ_b (Cuadro 1). Así se manifiesta un efecto de la MO sobre ρ_b y las demás propiedades evaluadas (Dexter *et al.*, 2004, Osuna *et al.*, 2006).

En relación con el contenido de nitratos en el suelo los mismos no mostraron diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$) entre métodos de siembra y cultivos evaluados. Sin embargo, al inicio del ciclo se observaron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) en la concentración de nitratos en el suelo para los tratamientos de estiércol (Cuadro 1). En el estrato 0-15 cm de profundidad en el tratamiento testigo se encontraron valores de nitratos promedio de 5.2 mg/kg y hasta 14.8 mg/kg para el tratamiento de 20 Mg/ha de estiércol. Este resultado refleja los beneficios del estiércol con una mayor mineralización, evidenciado por una mayor cantidad de NO_3 en el suelo a medida que se incrementó la dosis de aplicación de estiércol. Resultados similares reportaron Salazar-Sosa *et al.* (2007), quienes observaron un efecto significativo al aplicar estiércol en más de 40 Mg/ha, incrementándose todos los macronutrientes necesarios para el desarrollo y producción de la planta. La mayor concentración de nitratos se encontró en los primeros 15 cm porque es ahí donde posiblemente las condiciones de temperatura, aireación, substrato y humedad favorecen la actividad microbiana y enzimática.

water. Instead, the soil without adding manure (control all 0 manure application) has a smaller L_a , probably due to the lower total porosity of the soil (Table 1). The average values of OM in the surface layer (0-15 cm) are statistically different ($p \leq 0.05$) in soil with manure treatments analysed. The highest content of soil presents MO 20 Mg/ha (2.05%) of cattle manure (EB) compared to the control (1.19%) absolute (TA); Eb/TA ($2.05 / 1.19 = 1.72$) indicates that EB exceeded 72% at RT.

The results of sorptivity (property reflects the influence of the management of the soil matrix in the passage of water during the initial period of infiltration) observed in the treatments of 10 and 20 Mg/ha in the surface layer reflects the ability of manure to significantly increase the porosity and water movement into the soil in arid areas. The data were grouped according to treatment, i.e., the absolute control and chemical fertilization grouped sorptivity values (S_o) lower and higher values of ρ_b ; while the manure treatments grouped the highest values of S_o , with lower values of ρ_b (Table 1). Thus manifesting an effect of MO on ρ_b and the other evaluated properties (Dexter *et al.*, 2004; Osuna *et al.*, 2006).

Regarding the content of nitrates in the soil, it did not show any statistical difference ($p \leq 0.05$) between sowing and cultivation methods evaluated. However, at the beginning of the cycle significant differences ($p \leq 0.05$) were observed in the concentration of nitrates in the soil for compost treatments (Table 1). In the layer 0-15 cm depth in the control treatment, average values of 5.2 mg nitrate/kg were found and to 14.8 mg/kg for the treatment of 20 Mg/ha of manure. This result reflects the benefits of manure with increased mineralization, as evidenced by an increased amount of NO_3 on the soil as the application rate increased manure. Similar results reported by Salazar-Sosa *et al.* (2007), who observed a significant effect to apply manure in more than 40 Mg/ha, increasing all macronutrients necessary for the development and production of the plant. The highest concentration of nitrates was found in the first 15 cm because that's where possibly the temperature conditions, aeration, soil and humidity favour microbial and enzymatic activity.

The results of the study showed the positive effect of manure, independent of the method of sowing and cultivating, as both evaluated proportions increased physical and chemical quality of the soil. This technological component, combined

Los resultados del estudio mostraron el efecto positivo del estiércol, independiente del método de siembra y el cultivar, pues las dos proporciones evaluadas incrementaron la calidad física y química del suelo. Este componente tecnológico, combinado con labranza vertical y el pileteo, posibilitan la sostenibilidad de estos suelos del Altiplano semiárido templado, especialmente la labranza vertical que no invierte el suelo y deja los pocos residuos de cosecha sobre la superficie como mantillo, así como la captación *in situ* del agua de lluvia y la aplicación de materia orgánica por años consecutivos (Castellanos *et al.*, 1996; Osuna *et al.*, 2006; Osuna-Ceja *et al.*, 2007).

Producción de forraje

Se encontró que hubo una respuesta significativa ($p \leq 0.05$) por el efecto del método de siembra. El rendimiento de biomasa verde (BV) más alto se obtuvo en el método de siembra en camas a triple hilera seguido del método convencional (Cuadro 2). Este mismo orden se observó en los cultivares evaluados, siendo sus diferencias significativa ($p \leq 0.05$), en el análisis combinado. En promedio el rendimiento de BV de las parcelas de maíz y sorgo fueron mayores que en las parcelas de garbanzo (Cuadro 2). Los tratamientos de fertilización orgánica afectaron la producción de forraje verde la cual reflejó diferencia estadística ($p \leq 0.05$). La prueba de medias mostró que los rangos de producción de BV fueron de 20.6 a 33.9 Mg/ha, y los tratamientos de 10 y 20 Mg/ha de estiércol obtuvieron mayor rendimiento con 30.4 y 33.9 Mg/ha, respectivamente. El menor rendimiento de 20.6 Mg/ha lo obtuvo el testigo absoluto, sin estiércol ni fertilizante químico (Cuadro 2).

Respecto a MS, el mayor rendimiento se obtuvo en camas de 1.60 m a triple hilera, que superó con 54% al distanciamiento convencional a 76 cm, respectivamente (Cuadro 2), lo que coincide con lo reportado por Guevara-Escobar *et al.*, 2005 y Reta *et al.*, 2007.

La respuesta del cultivo fue significativa ($p \leq 0.05$), a través de la fertilización orgánica y métodos de siembra. El rendimiento más alto de MS se obtuvo con maíz, luego con sorgo y por último en la parcela con garbanzo.

En relación con la aplicación de estiércol el mismo mostró diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$) entre tratamientos. El análisis de medias mostró que los rangos de producción de MS fueron de 6.27 a 16.47 Mg/ha, y los tratamientos de 10 y 20 Mg/ha de estiércol obtuvieron mayor rendimiento con 13.7 y 16.4 Mg/ha, respectivamente. El menor rendimiento de 6.2 Mg/ha lo obtuvo el testigo absoluto (Cuadro 2).

with a vertical tillage and row diking, allow the sustainability of these soils of semiarid temperate highlands, especially the vertical tillage that does not reverse the soil, leaving few crop residues as mulch on the surface and the uptake of rainwater *in situ* and, the application of organic matter on the consecutive years (Castellanos *et al.*, 1996; Osuna *et al.*, 2006; Ceja-Osuna *et al.*, 2007).

Forage production

It was found that there was a significant response ($p \leq 0.05$) for the effect of sowing method. The yield of green biomass (BV) higher than was obtained in the bed sowing method to triple row followed by the conventional method (Table 2). The very same was observed in the evaluated cultivars, and its significant differences ($p \leq 0.05$) in the combined analysis. On average, the performance of BV on the plots of maize and sorghum were higher than in the plots of chickpea (Table 2). Organic fertilization treatments affected the production of green fodder which reflected statistical difference ($p \leq 0.05$). Mean test showed that production rates were BV 20.6 33.9 Mg/ha, and treatments of 10 and 20 Mg/ha of manure higher yield obtained with 30.4 and 33.9 Mg/ha, respectively. The lower yield of 20.6 Mg/ha was obtained by the control (Table 2).

Regarding MS, the highest yield was obtained on beds of 1.60 m triple row, which exceeded 54% with the conventional distance to 76 cm, respectively (Table 2), which is consistent with that reported by Guevara-Escobar *et al.* (2005) and Reta *et al.* (2007).

Crop response was significant ($p \leq 0.05$), through organic fertilization and sowing methods. The highest dry matter yield was obtained with maize, sorghum and then finally in plot with chickpeas.

Regarding the application of manure it showed statistical differences ($p \leq 0.05$) between the treatments. The analysis showed that the mean DM production ranges were 6.27 to 16.47 Mg/ha, and the treatments of 10 and 20 Mg/ha of manure obtained better yields with 13.7 and 16.4 Mg/ha, respectively. The lower yield of 6.2 Mg/ha was obtained by the control (Table 2).

The treatments with the highest production were those who had manure, which is due to the residual effect of beneficial manure, since during three previous years was added to the soil in the same amounts in the same experimental plots.

Cuadro 2. Efecto de los factores de estudio sobre el rendimiento de biomasa verde y materia seca bajo dos métodos de siembra, especie y estiércol bovino, Sandoval, Aguascalientes, ciclo Primavera- verano- 2013.**Table 2. Effect of the study factors on the yield of green and dry matter biomass under two sowing methods, species and cattle manure, Sandoval, Aguascalientes, Spring-summer-2013 cycle.**

Factores de evaluación	RMV (Mg/ha)	RMS (Mg/ha)
	Método de siembra	
Siembra convencional	21.82 b	9.44 b
Siembra a triple hilera	34.21 a	14.52 a
Promedio	28.00	12.00
DMS _{0.05}	6.3358	2.0212
	Especies evaluadas	
Maíz	36.08 a	15.49 a
Garbanzo	18.05 b	9.48 b
Sorgo	30.13 ab	10.98 ab
Promedio	28.00	12.00
DMS _{0.05}	9.1605	5.4556
	Estiércol bovino	
0	20.62 b	6.27 c
10	30.48 a	13.72 ab
20	33.91 a	16.47 a
80-40-30 NPK	27.06 ab	11.47 b
Promedio	28.00	12.00
DMS _{0.05}	8.5304	4.1301

RMV= rendimiento de materia verde; RMS= rendimiento de materia seca.

Los tratamientos de mayor producción fueron los que tuvieron estiércol, lo cual se debe al efecto residual benéfico del estiércol ya que durante tres años anteriores se adicionó al suelo en las mismas cantidades en las mismas parcelas experimentales. Por otra parte, el rendimiento del tratamiento de fertilizante químico también quedó por debajo del obtenido con la dosis más baja de aplicación de estiércol; resultados similares se consignaron por Aguilar-Benitez (2012). Estos resultados probablemente se deban a que además de proporcionar nutrientes al cultivo, la adición de estiércol por tres años consecutivos ha mejorado la estructura y los niveles de materia orgánica del suelo (Julca-Otiniano *et al.*, 2006).

Concentración de nutrientes en materia seca (MS)

En relación a los parámetros de calidad del forraje, que para la producción de leche en los sistemas de lechería familiar en esta región del altiplano semiárido templado son de

Moreover, the treatment performance of chemical fertilizer also was below that obtained with the lower dose of manure application; similar results were found by Aguilar-Benitez (2012). These results are probably due to the fact that in addition to providing nutrients to the crop, adding manure for three consecutive years has improved the structure and levels of soil organic matter (Julca-Otiniano *et al.*, 2006).

Nutrient concentration in dry matter (DM)

In relation to forage quality parameters, as for milk production in dairy systems familiar in this region of semiarid temperate highlands are of great importance to maintain the quality and quantity of this product, the results found on average per treatment are shown in Table 3. The concentration of NPK either in sowing methods and between cultivars showed no significant response (Table 3). However, the level of manure and chemical fertilization changed the N concentration in the MS ($p \leq 0.05$) of the three cultivars.

gran importancia para mantener la calidad y cantidad de este producto, los resultados encontrados en promedio por tratamiento se muestran en el Cuadro 3. La concentración de NPK tanto en métodos de siembra como entre cultivares evaluados no presentaron respuesta significativa (Cuadro 3). Sin embargo, el nivel de estiércol y la fertilización química modificaron la concentración de N en la MS ($p \leq 0.05$) de los tres cultivares. En el tratamiento de 20 Mg/ha de estiércol se observó un incremento en la acumulación de N en MS respecto al resto de los tratamientos. La cantidad de P y K extraídos fue igual para todos los tratamientos.

In the treatment of 20 Mg/ha of manure it was observed an increase in the accumulation of N in MS compared to other treatments. The amount of P and K taken was the same for all the treatments.

In the treatment of 20 Mg/ha of manure accumulated over 74 kg N/ha than the control (Table 3), double of the 36 kg N ha⁻¹ reported by Reta *et al.* (2007). Concentrations of P and K in the treatment of 20 Mg/ha of manure were similar to those observed in the other treatments, thus, increased extraction of these elements is due to higher dry matter yield

Cuadro 3. Concentración y acumulación de N, P y K en la materia seca de maíz, garbanzo y sorgo sembrado bajo dos métodos de siembra, y abono orgánico, Sandoval, Aguascalientes, México. 2013.

Table 3. Concentration and accumulation of N, P and K in the dry matter of maize, chickpeas and sorghum planted under two sowing methods, and compost, Sandoval, Aguascalientes, Mexico. 2013.

Factores de evaluación	N	P	K	N	P	K
	-- Concentración (g/ka) --			-- Acumulación (kg/ha) --		
Métodos de siembra						
Siembra tradicional	3.97	1.69	16.54	54.3	24.95	196.14
Siembra a triple hilera	4.75	1.8	14.49	62.5	26.14	210.4
Media	4.36	1.75	15.52	58.4	25.55	203.27
DMS ₀₅	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Especies evaluadas						
Maíz	4.69	1.75	14.77	77.69 a	23.22	198.33
Garbanzo	4.8	1.8	16.45	74.12 a	27.26	200.86
Sorgo	3.6	1.69	15.34	23.39 b	26.18	210.62
Media	4.36	1.75	15.52	58.4	25.55	203.27
DMS ₀₅	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Estiércol bovino (Mg ha ⁻¹)						
0	2.85 b	1.56	14.89	17.93 c	22.38	198.56
10	4.49 a	1.79	15.04	66.59 b	26.37	201.52
20	5.38 a	1.83	16.36	91.95 a	28.14	209.46
80-40-30 (NPK; kg ha ⁻¹)	4.72 a	1.82	15.78	57.13 b	25.31	203.54
Media	4.36	1.75	15.52	58.4	25.55	203.27
DMS ₀₅	1.5454	NS	NS	9.7733	NS	NS

En el tratamiento de 20 Mg/ha de estiércol se acumularon 74 kg más de N/ha que el testigo absoluto (Cuadro 3), el doble de los 36 kg de N por ha⁻¹ reportado por Reta *et al.* (2007). Las concentraciones de P y K en el tratamiento de 20 Mg/ha de estiércol fueron iguales a las observadas en el resto de los tratamientos, por lo tanto, la mayor extracción de estos elementos se debió al incremento en rendimiento de MS

(10.2 Mg/ha). The results suggest that, the positive effect of a triple bed sowing row on MS accumulation of aerial parts (Table 2) and the extraction of N (Table 3), was due to higher DM yield. These results were comparable with those reported in the literature for high density sowing (Guevara-Escobar *et al.*, 2005; Reta *et al.*, 2007; Salazar-Sosa *et al.*, 2007; Soltero *et al.*, 2010; Osuna *et al.*, 2012).

(10.2 Mg/ha). Los resultados sugieren que el efecto positivo de siembra en camas a triple hilera sobre la acumulación de MS de la parte aérea (Cuadro 2) y sobre la extracción de N (Cuadro 3), se debió al mayor rendimiento de MS. Estos resultados fueron comparables con los citados en la literatura para siembra de alta densidad (Guevara-Escobar *et al.*, 2005; Reta *et al.*, 2007; Salazar-Sosa *et al.*, 2007; Soltero *et al.*, 2010; Osuna *et al.*, 2012).

Conclusiones

En la zona semiárida de temporal de Aguascalientes, la siembra de maíz, sorgo y garbanzo forrajero en camas de 1.60 m a triple hilera incrementa el rendimiento de BV y MS en 57 y 54% en promedio, respecto a la siembra convencional a 0.76 m.

La siembra en camas a 1.60 m a triple hilera con un espacio entre hileras de 0.40 m y alta densidad de plantas, es adecuado para la producción de forrajes de maíz, sorgo y garbanzo con captación “*in situ*” de lluvia y labranza vertical bajo las condiciones examinadas.

La aplicación continua de 10 y 20 Mg ha⁻¹ de estiércol tuvo un efecto positivo sobre algunas propiedades físicas y químicas del suelo, como la ρ_b , f_v , L_a , S_o , el contenido de MO y NO₃. El maíz, sorgo y garbanzo establecidos en suelo con 10 y 20 Mg ha⁻¹ de estiércol mostraron un alto rendimiento de BV y MS. La adición de estiércol junto con la captación “*in situ*” del agua de lluvia modifican el sistema agua-suelo-planta al proporcionar nutrientes y disminuir los efectos negativos del estrés por déficit de humedad, lo que pudo observarse por los efectos positivos en el rendimiento de BV y MS.

Literatura citada

- Acosta-Díaz, E.; Amador-Ramírez, M. D. y Acosta-Gallegos, J. A. 2003. Abscisión de estructuras reproductoras en frijol común bajo condiciones de secano. *Agric. Téc. Méx.* 29(2):155-168.
- Aguilar-Benítez, G.; Peña-Valdivia, C. B.; García-Nava, J. R.; Ramírez-Vallejo, P.; Benedicto-Valdés, S. y Molina, G. J. D. 2012. Rendimiento de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en relación con la concentración de vermicompost y déficit de humedad en el sustrato. *Agrociencia.* 46:37-52.
- Barbieri, P. A.; Sainz-Rozas, H. R.; Andrade, F. H. and Echeverría, H. E. 2000. Row spacing effects at different levels of nitrogen availability in maize. *Agron. J.* 92:283-288.

Conclusions

In the semiarid rainfed area in Aguascalientes, maize, sorghum and chickpea sowing for forage in beds of 1.60 m at triple row increases the yield of BV and MS in 57 and 54% on average, compared to conventional sowing to 0.76 m.

Bed sowing at 1.60 m on triple row with row spacing of 0.40 m high plant density, is suitable for the production of fodder maize, sorghum and chickpea to capture rain *in situ* and vertical tillage under the conditions examined.

Continuous application of 10 and 20 Mg ha⁻¹ of manure had a positive effect on some physical and chemical properties of the soil, as ρ_b , f_t , L_a , S_o , the content of MO and NO₃. Maize, sorghum and chickpea established in soil with 10 and 20 Mg ha⁻¹ of manure showed a high yield of BV and MS. The addition of manure along with the acquisition *in situ* of rainwater modified the water-soil-plant system by providing nutrients and reducing negative effects of water deficit stress system, which could be observed by the positive effects on performance BV and MS.

End of the English version



- Carranza-Trinidad, R. G.; Macedor, B. R.; Cámara, C. J.; Sosa, R. A. J.; Meraz, J. de J. y Valdivia, F. A. G. 2007. Competitividad en La cadena productiva de leche en el estado de Aguascalientes, México. *Agrociencia.* 4(1):25-40.
- Castellanos, R. J. Z.; Gámez-Lugo, J. C. y Acosta-Gallegos, J. A. 1990. Efectos del sistema de siembra sobre el rendimiento de dos variedades de frijol. Resultados de investigación sobre frijol. Proyecto colaborativo INIFAP-MSU (B/C-CRSP). *Pub. Especial Núm. 4:*143-147.
- Castellanos, R. J. Z.; Márquez-Ortiz, J. J.; Etchevers, B. J. D.; Aguilar-Santelises, A. y Salinas, J. R. 1996. Efecto de largo plazo de la aplicación de estiércol de ganado lechero sobre el rendimiento de forrajes y las propiedades del suelo en una región árida irrigada del Norte de México. *Terra.* 14:150-158.
- Chapman, H. D. y Parker, F. P. 1986. Métodos de análisis para suelos, plantas y agua. Ed. Trillas, 5ª. Reimpresión. México, D.F. 195 p.
- Del Pino, A.; Repetto, C.; Mori, C. y Perdomo, C. 2008. Patrones de descomposición de estiércoles en el suelo. *Terra Latinoamericana.* 26:43-52.
- Dexter, A. R. 2004. Soil physical quality part I. Theory, effect of soil texture, density and organic matter, and effect on root growth. *Geoderma.* 129:201-214.
- Fortis-Hernández, M.; Leos-Rodríguez, J. A.; Preciado-Rangel, P.; Orona-Castillo, I.; García-Salazar, J. A.; García-Hernández, J. y Orozco-Vidal, J. A. 2009. Aplicación de abonos orgánicos en la producción de maíz forrajero con riego por goteo. *Terra Latinoamericana.* 27:329-336.

- Guevara-Escobar, A.; Bárcenas-Huante, G.; Salazar Martínez, F. R.; González-Sosa, E. y Suzán-Aspir, H. 2005. Alta densidad de siembra en la producción de maíz con irrigación con goteo superficial. *Agrociencia* 39:431-439.
- Julca-Otiniano, A.; Meneses-Florian, L.; Blass-Sevillano, R. y Bello-Amez, S. 2006. La materia orgánica, importancia y experiencias de su uso en la agricultura. *Indesia*. 24(1):49-61.
- Jury, W. A.; Gardner, W. R. and Gardner, W. H. 1991. *Soil physics*. John Wiley & Sons, Inc. New York. 328 p.
- Martínez, G. M. A. y Jasso, Ch, C. 2004. Agricultura de conservación para la producción de sorgo y maíz de temporal en la zona media de San Luis Potosí. Folleto técnico Núm. 23. INIFAP, CIRNE, Campo Experimental San Luis, SLP. 19 p.
- Medina, G. G.; Maciel, P. L. H.; Ruiz, C. J. A.; Serrano, A. V. y Silva, S. M. M. 2006. Estadísticas Climatológicas básicas del estado de Aguascalientes (período 1961-2003). INIFAP, Campo Experimental Pabellón, Fundación Produce, Aguascalientes, SAGARPA. Libro Técnico Núm. 2. 1 000 ejemplares.
- Osuna, C. E. S.; Figueroa, S. B.; Oleschko, K.; Flores, D. Ma. de L.; Martínez, M. M. R. y González, C. F. V. 2006. Efecto de la estructura del suelo sobre el desarrollo radical del maíz con dos sistemas de labranza. *Agrociencia*. 40(1):27-38.
- Osuna, C. E. S.; Padilla, R. J. S. y Esquivel, V. F. 2000. Desarrollo de sistemas de producción sostenible para uso y conservación de suelo y agua en las zonas áridas y semiáridas del Norte-Centro de México. Cuaderno de Trabajo. Área de Recursos Naturales. SIHGO-CONACyT. Querétaro. 45 p.
- Osuna-Ceja, E. S.; Padilla-Ramírez, J. S.; Martínez-Gamiño, M. A.; Martínez-Meza, E. y Acosta-Gallegos, J.A. 2007. Componentes tecnológicos y fórmulas integrales para el cultivo de frijol de temporal en el altiplano de México. Campo Experimental San Luis. CIRNE-INIFAP. San Luis Potosí, México. Folleto científico Núm. 1. 23 p.
- Osuna-Ceja, E. S.; Reyes-Muro, L.; Padilla-Ramírez, J. S. y Martínez-Gamiño, M. A. 2012. Rendimiento de frijol Pinto Saltillo en altas densidades de población bajo temporal. *Rev. Mex. Cienc. Agric.* 3(7):1389-1400.
- Page, A. L.; Miller, R. H. and Keeney, D. R. 1982. *Methods of soil analysis. Chemical and microbiological properties*. Agronomy No. 9, Part 2. ASA and SSSA. Madison, WI, USA.
- Reta, S. D. G.; Gaytán, M. A. y Carrillo, A. J. S. 2003. Rendimiento y componentes del rendimiento de maíz en respuesta a arreglos topológicos. *Rev. Fitot. Mex.* 26:75-80.
- Reta, S. D. G.; Cueto, W. J. A.; Gaytán, M. A. y Santamaría, C. J. 2007. Rendimiento y extracción de nitrógeno, fósforo y potasio de maíz forrajero en surcos estrechos. *Agr. Téc. Méx.* 33(2):145-151.
- Salazar-Sosa, E.; Trejo-Escareño, H. I.; Vázquez-Vázquez, C. y López-Martínez, J. D. 2007. Producción de maíz bajo riego por cintilla, con aplicación de estiércol bovino. *Phyton Rev. Int. Bot. Exp.* 76:169-185.
- Salazar-Sosa, E.; Trejo-Escareño H. I.; López-Martínez, J. D.; Vázquez-Vázquez, C.; Serrato-Corona, J. S.; Orona-Castillo, I. y Flores-Márquez, J. P. 2010. Efecto residual de estiércol bovino sobre el rendimiento de maíz forrajero y propiedades del suelo. *Terra Latinoamericana*. 28:381-390.
- Statistics. Version 8. SAS Inst., Cary, NC. USA. Quality, and elemental removal. *J. Environ. Qual.* 19:749-756.
- Soltero, D. L.; Garay-López, C. y Ruiz-Corral, J. A. 2010. Respuesta en rendimiento de híbridos de maíz a diferentes distancias entre surcos y densidades de plantas. *Rev. Mex. Cienc. Agr.* 1(2):149-158.
- Sustaita, F.; Ordaz, V.; Ortiz, S. C. y De León, F. 2000. Cambios en las propiedades físicas de dos suelos de la región semiárida debido al uso agrícola. *Agrociencia*. 34:379-386.
- Talsma, T. 1969. *In-situ* measurements of sorttivity. *Aust. J. Soil. Res.* 7:269-276.
- Widdicombe, W. D. and Thelen, K. D. 2002. Row width and plant density effect on corn forage hybrids. *Agron. J.* 94:326-330.