

COBERTURA VEGETAL, VERMICOMPOST Y ACTIVIDAD MICROBIANA DEL SUELO EN LA PRODUCCIÓN DE TOMATE*

SOIL COVER CROP, VERMICOMPOST AND SOIL MICROBIAL ACTIVITY IN THE TOMATO PRODUCTION

Manuel Villarreal-Romero^{1§}, Saúl Parra-Terraza¹, Pedro Sánchez-Peña¹, Sergio Hernández-Verdugo¹, Tomás Osuna-Enciso² y José Basilio Heredia²

¹Facultad de Agronomía. Universidad Autónoma de Sinaloa. Carretera Culiacán-El Dorado, km 17.5. Culiacán, Sinaloa, México. A. P. 726. C. P. 80000. Tel. 01 667 7543693 ó 8461084. (psaul@uas.uasnet.mx), (spenap@hotmail.com), (sergioh2002mx@yahoo.com.mx). ²Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo de Culiacán. Carretera Culiacán-El Dorado, km 5.5. Culiacán, Sinaloa, México. A. P. 32-A. C. P. 80129. Tel. 01 667 7605536. (tosuna@ciad.edu.mx), (jbheredia@ciad.edu.mx). [§]Autor para correspondencia: manuelvillarreal2@yahoo.com.mx.

RESUMEN

Se estudió en el cultivo de tomate, el efecto combinado de fertilización química de N, P y K con aplicación de vermicompost, cobertura vegetal del suelo con *Mucuna pruriens* y labranza mínima; en contraste, al sistema de labranza convencional con fertilización química y acolchado plástico del suelo; para la nutrición de las plantas, medición de algunos parámetros de calidad del fruto y la actividad microbiana del suelo de 2007 a 2008. Se establecieron cinco tratamientos para la siembra del tomate, en los dos tipos de manejo del cultivo. Los resultados mostraron rendimientos similares y calidad poscosecha (firmeza y pérdida de peso) de fruto y absorción de N, P, K, Ca y Mg por las plantas de tomate, entre la labranza convencional del cultivo y el de uso de cobertura vegetal del suelo, labranza mínima y fertilización con vermicompost más 250 N-55 P-100 K. Los frutos procedentes de tratamiento T2 presentaron un comportamiento adecuado en firmeza y pérdida de peso en el estudio poscosecha y este resultado fue estadísticamente igual a los frutos del T5 durante el estudio. Las plantas de *M. pruriens* acumularon en su biomasa nitrógeno fijado de la atmósfera y residual del suelo en cantidad importante que estuvo disponible para el cultivo de tomate. La colonización micorrízica

ABSTRACT

The combined effect of N, P and K chemical fertilizers with vermicompost was studied in tomato planting, vegetation cover of the soil with *Mucuna pruriens* and minimal farming; in contrast to the conventional farming system with chemical fertilizers and plastic soil padding, for plant nutrition, measurement of some fruit quality parameters and soil microbial activity from 2007 to 2008. The tomato underwent five treatments in two types of crop management. Results showed similar yields and postharvest fruit yields (firmness and weight loss) and absorption of N, P, K, Ca and Mg by the tomato plants, between conventional farming and the use of vegetation cover, minimum farming and fertilization with vermicompost plus 250 N-55 P-100 K. The fruits from treatment T2 displayed appropriate behavior in firmness and weight loss in the postharvest study, and this result was statistically equal to the fruits of treatment T5 during the study. The *M. pruriens* plants accumulated nitrogen fixed from the atmosphere and residual nitrogen from the soil in an important amount in its biomass, keeping it available for the tomato. The mycorrhizal colonization in tomato plants and the release of CO₂ from the soil were higher with the vegetation cover and vermicompost than the conventional handling of the crop.

en las plantas de tomate y la liberación de CO₂ del suelo, fueron más altas con la cobertura vegetal y vermicompost que el sistema de manejo convencional del cultivo.

Palabras clave: *Mucuna pruriens*, abono orgánico, calidad poscosecha, microorganismos del suelo.

INTRODUCCIÓN

Las zonas agrícolas de México con mayor uso irracional de agroquímicos, se tiene actualmente a los valles del centro-norte del estado de Sinaloa, donde se siembran cada año cerca de 50 000 ha de hortalizas y de esta superficie, 23 000 ha corresponden al cultivo de tomate cuyos rendimientos oscilan entre 650 000 y 990 000 t en promedio de los últimos cinco años (FIRA, 2007).

Los fertilizantes más usados en esta región se encuentran los nitrogenados, fosforados y potásicos; los nitrogenados son de mayor incidencia en la contaminación del suelo, atmósfera, acuíferos superficiales y subterráneos (Peña-Cabriales *et al.*, 2001); en tanto los fosforados, por su gran acumulación, contaminan el suelo y acuíferos superficiales (Castellanos y Peña-Cabriales, 1990; Páes *et al.*, 2007).

Esta investigación se presenta como alternativa para coadyuvar con la problemática descrita, mejorar la fertilidad natural del suelo, reducir los costos de fertilización y uso de agroplásticos en la producción de tomate. Esta alternativa consiste en un esquema sustentable de uso del suelo, que emplea una cubierta vegetal a base de la leguminosa *Mucuna pruriens*, la cual se siembra en época de primavera-verano en rotación con el tomate y labranza mínima; en contraste, la labranza convencional se usa la solarización y acolchado plástico del suelo que practican los productores en la región; esta leguminosa ha mostrado muy buena aptitud como cultivo de cobertura del suelo en el valle de Culiacán, Sinaloa, funcionando como acolchado vegetal y como control de crecimiento de malezas (Villarreal *et al.*, 2006).

Esta leguminosa realiza fijación simbiótica de nitrógeno atmosférico, que puede aumentar el fósforo soluble en el suelo mediante la liberación de ácidos orgánicos durante su descomposición, hace reciclaje de elementos nutritivos solubles residuales en el suelo como los nitratos (Kamh *et al.*, 1999; Houngnandan *et al.*, 2000; Mayer *et al.*, 2003), por lo cual puede contribuir a disminuir el uso de nitrógeno, fósforo y potasio sintéticos en el cultivo subsiguiente de

Key words: *Mucuna pruriens*, organic manure, postharvest quality, soil microorganisms.

INTRODUCTION

The agricultural areas of Mexico with the most irrational use of chemicals are currently in the valleys of the center-north of the state of Sinaloa, where nearly 50 000 ha of vegetable gardens, of which 23 000 ha are used for tomato growing, with yields of 650 000 to 990 000 t on average in the last five years (FIRA, 2007).

The most commonly used fertilizers in this region are nitrogen, phosphorous and potassium fertilizers; out of these, the nitrogen fertilizers are the strongest pollutants of soil, air and surface and underground aquifers (Peña-Cabriales *et al.*, 2001); while phosphorous fertilizers contaminate soils and surface aquifers due mostly to their accumulation (Castellanos and Peña-Cabriales, 1990; Páes *et al.*, 2007).

This research is presented as a contribution against the problem described above, to improve natural fertility of soils, reduce fertilization costs and use of agroplastics in tomato production. This alternative consists of a sustainable scheme for soil use that uses a plant cover based on the legume *Mucuna pruriens*, planted during the spring-summer season in rotation with tomato, and minimum farming. Conventional farming, on the other hand, uses solarization and plastic padding on the soil, commonly used by farmers in this region. This legume has proven a very high aptitude as a plant cover crop in the valley of Culiacán, Sinaloa, functioning both as a vegetation cushion and as a control of weed growth (Villarreal *et al.*, 2006).

This legume symbiotically fixes atmospheric nitrogen, which can increase soluble phosphorous in the soil by releasing organic acids during its decomposition, and recycles leftover soluble nutritional elements in the soil such as nitrates (Kamh *et al.*, 1999; Houngnandan *et al.*, 2000; Mayer *et al.*, 2003), therefore it can help reduce the use of synthetic nitrogen, phosphorous and potassium in subsequent planting of vegetables. Planting of legumes in rotation with tomato, whether as a plant cushion or green fertilizer, has been proven to be an alternative solution to reduce the excessive use of chemical fertilizers and their adverse consequences (Herrero *et al.*, 2001; Villarreal *et al.*, 2007).

hortalizas. Se ha demostrado que el uso de leguminosas sembradas en rotación con el tomate, ya sea como acolchado vegetal o como abono verde, es una solución alternativa para disminuir el uso excesivo de fertilizantes químicos y sus consecuencias adversas (Herrero *et al.*, 2001; Villarreal *et al.*, 2007).

Además el uso de cobertura vegetal puede activar la población natural de microorganismos benéficos del suelo, como bacterias, hongos filamentosos y formadores de micorriza, actinomicetos, entre otros, al incrementarse la cantidad de carbono y nitrógeno orgánicos del suelo. Por otro lado, existe suficiente evidencia documentada que la aplicación al suelo de vermicompost, es fuente de macro y microelementos para los cultivos (Irissón-Name *et al.*, 1999; Yongchao *et al.*, 2005) y también mejora las condiciones físicas y biológicas del suelo.

Los atributos de la cobertura orgánica del suelo y el vermicompost combinados, impactan en el aumento de la fertilidad natural y la productividad del suelo, por lo tanto, generan un ahorro importante en uso de fertilizantes nitrogenados, fosforados, potásicos, en calcio y magnesio, y en consecuencia se reducirán los costos por fertilización y uso de agroplásticos en la horticultura de la región.

Por lo anterior, el objetivo de la investigación fue evaluar una práctica cultural de uso racional del suelo a base de abono orgánico y cobertura vegetal, con la finalidad de aumentar la microflora del suelo y reducir significativamente la aplicación de fertilizantes sintéticos en el cultivo de tomate, lo cual elevará la productividad y competitividad del cultivo en 2007 a 2008.

MATERIALES Y MÉTODOS

Experimento 1

Previamente a la plantación del tomate, se sembró la leguminosa *Mucuna pruriens* en camas de 1.8 m de ancho con labranza mínima (sólo para rehacer las camas del cultivo previo), a una densidad de siembra de 2.77 plantas m⁻², las cuales crecieron durante 65 días a partir del 18 de junio de 2007; a continuación se cortó y esparció sobre el suelo y ocho semanas después se realizó la siembra del tomate en las mismas camas, durante el ciclo 2007-2008.

The use of a vegetation cover can also activate the natural population of beneficial microorganisms in the soil, such as bacteria, molds and mycorrhizal formers, such as actinomycetes, when increasing amounts of organic carbon and nitrogen in the soil. On the other hand, there is enough documented evidence to show that applying vermicompost to the soil is a source of macro- and microelements for crops (Irissón-Name *et al.*, 1999; Yongchao *et al.*, 2005) and also improves the physical and biological conditions of the soil.

The attributes of combining organic covers and vermicompost in the soil, have an impact on the increase of natural fertility and soil productivity, hence creating an important use of fertilizers with nitrogen, phosphorous, potassium, calcium and magnesium, thus reducing costs of fertilization and use of agroplastics in vegetable gardens of the area.

Due to the above, the aim of this research was to evaluate a cultural practice of the rational use of soil based on organic fertilizer and plant covers, in order to increase soil microflora and significantly reduce the application of synthetic fertilizers in tomato production, which will elevate the productivity and competitiveness of the soil in 2007 and 2008.

MATERIALS AND METHODS

Experiment 1

Before planting tomato, the legume *Mucuna pruriens* was planted in beds 1.8 m in width, with minimal farming (only to remake the beds of the previous crop), at a sowing density of 2.77 plants m⁻², which grew for 65 days starting June 18, 2007; it was then cut and spread on the soil and eight weeks later, tomato was sowed on the same beds, during the cycle 2007-2008.

In the early flowering stage in *M. pruriens* plants, the amount of dry matter in leaves, stalks and roots was quantified in three randomly chosen plants from three 280 m² fields of the Northern Region Research Center (CIRNO); Experimental Station of the Valley of Culiacán (CEVACU); National Forestry, Agriculture and Cattle Research Institute (INIFAP).

En la etapa de inicio de floración de las plantas de *M. pruriens* se cuantificó la cantidad de materia seca de hojas tallos y raíz, en tres plantas elegidas al azar de tres lotes de 280 m² de terreno del Centro de Investigación Regional Norte (CIRNO); Campo Experimental Valle de Culiacán (CEVACU); Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP).

Con esta finalidad se extrajeron las plantas de *M. pruriens* del suelo, se llevaron al laboratorio y se lavaron con agua y se orearon sobre papel absorbente; a continuación se separaron hojas tallos y raíces, mismos que se colocaron en una estufa con circulación forzada de aire a una temperatura de 65±1 °C durante 48 h, y después se pesaron en una balanza semianalítica digital para determinar su peso seco.

Para estimar la capacidad de fijación de nitrógeno atmosférico por las plantas de *M. pruriens*, se empleó el método de la diferencia en acumulación de nitrógeno en plantas fijadoras (*M. pruriens*) y no fijadoras de N₂ (Hauser y Nolte, 2002). Las plantas utilizadas como no fijadoras de N₂ fue soya no nodulante [*Glycine max* (L.) Merr.] variedad “Nitrasoy”, suministrada por NCARS de North Carolina State University, Raleigh, USA. En época de floración de ambas leguminosas se midió la concentración de nitrógeno total en la materia seca de hojas, tallos y raíces de las plantas (Alcántar y Sandoval, 1999). Para tal finalidad se seleccionaron al azar y se extrajeron cuatro plantas de cada uno de tres lotes de 280 m².

El aporte de N, incluido el fijado simbióticamente con cepas nativas de *Rhizobium* sp. y el N capturado o reciclado del suelo que quedó residual del cultivo anterior, se determinó midiendo el contenido de N-total en la biomasa seca de parte aérea y raíces de las plantas de *Mucuna pruriens* por el método del Microkjeldahl (Alcántar y Sandoval, 1999), en las mismas muestras de plantas tomadas como se indica en el apartado anterior.

Experimento 2

Las características del vermicompost utilizado en el trabajo experimental fueron las siguientes: pH 7.8, conductividad eléctrica 4.36 dS m⁻¹, materia orgánica 10.8%, nitrógeno total 0.54%, potasio 0.9%, calcio 2.25%, magnesio 0.39%, azufre 1.6%, hierro 530 ppm, cinc 80 ppm, cobre 12 ppm, manganeso 345 ppm, fósforo fue 90 ppm (AOAC, 1998; Cajuste, 1987).

With this purpose, *M. pruriens* plants were removed from the ground, taken to the lab, washed with water and left to dry on paper towels; later, leaves, stalks and roots were separated and placed on a heater with forced air circulation, at a temperature of 65±1 °C for 48 h, and then weighed in a semianalytic digital scale to determine its dry weight.

To estimate the atmospheric nitrogen fixation capacity by *M. pruriens* plants, the method used was the nitrogen accumulation difference for fixating plants (*M. pruriens*) and non-fixating of N₂ (Hauser and Nolte, 2002). The plants used as non-fixators of N₂ were non-nodulating soybeans [*Glycine max* (L.) Merr.] of the “Nitrasoy” variety, supplied by NCARS of the North Carolina State University, Raleigh, USA. During the flowering of both legumes, the total concentration of nitrogen was measured in the dry matter of plant leaves, stalks and roots (Alcántar and Sandoval, 1999). For this purpose, four plants of each were chosen at random and extracted from three fields, each 280 m².

The contribution of N, including the symbiotically fixated with native strains of *Rhizobium* sp. and the N captured or recycled from the soil left over from the previous crop, was calculated by measuring the total content of N in the dry biomass of aerial parts and the root of *Mucuna pruriens* plants by the Microkjeldahl method (Alcántar and Sandoval, 1999), in the same plant samples taken as indicated by the above section.

Experiment 2

The characteristics of the vermicompost used in the experiment were as follows: pH 7.8, electrical conductivity 4.36 dS m⁻¹, organic matter 10.8%, total nitrogen 0.54%, potassium 0.9%, calcium 2.25%, magnesium 0.39%, sulphur 1.6%, iron 530 ppm, zinc 80 ppm, copper 12 ppm, manganese 345 ppm, phosphorous was 90 ppm (AOAC, 1998; Cajuste, 1987).

In some fertilization treatments of the tomato experiment, vermicompost was applied one week before transplant, and the reduced chemical fertilization (FQR) was 200 N-55 P-100 K; in this way, the treatments studied were as follows: T1) plant cover of the soil with *Mucuna pruriens* (CVM)+ 2 t ha⁻¹ vermicompost + FQR + minimum farming (LM); T2) CVM + 4 t ha⁻¹ vermicompost + FQR + LM; T3) CVM + 6 t ha⁻¹ vermicompost + FQR + LM; T4) CVM,

En algunos tratamientos de fertilización del experimento de tomate, la aplicación de vermicompost se realizó una semana antes del trasplante, la fertilización química reducida (FQR) fue 200 N-55 P-100 K; de esta forma, los tratamientos estudiados fueron los siguientes: T1) cobertura vegetal del suelo con *Mucuna pruriens* (CVM) + 2 t ha⁻¹ de vermicompost + FQR + labranza mínima (LM); T2) CVM + 4 t ha⁻¹ de vermicompost + FQR + LM; T3) CVM + 6 t ha⁻¹ de vermicompost + FQR + LM; T4) CVM, sin vermicompost + FQR + LM y T5) fertilización convencional (400 N + 120 P + 300 K + 100 Ca) + acolchado plástico + labranza convencional. Se empleó el diseño experimental de bloques al azar, con tres repeticiones; la parcela experimental consistió de tres camas de 1.8 m de ancho y 10 m de longitud, equivalente a 54 m².

La semilla de tomate bola, fue un híbrido de crecimiento determinado resistente al ataque de *Fusarium oxysporum* (Schl) y *F. lycopersici*, sembradas en charolas de poliestireno de 200 cavidades durante cinco semanas en invernadero, después se trasplantaron en camas de 1.8 m de ancho y a 30 cm de equidistancia tanto con labranza mínima y cobertura vegetal del suelo con *Mucuna pruriens*, como con labranza convencional consistente en un barbecho, dos pasos de rastra, formación de camas y colocación del acolchado plástico sobre éstas.

Las evaluaciones de emisión de CO₂ del suelo y simbiosis micorrízica se realizaron sólo en los tratamientos T2 y T5, por ser ambos contrastantes en fertilización mineral de N, P, K y Ca, como en aplicación de vermicompost y tipo de cobertura del suelo, en el experimento de tomate.

Al inicio de la floración de las plantas del cultivo de tomate se obtuvo una muestra compuesta de tres submuestras de suelo obtenidas del nivel 0-15 cm de profundidad, en cada repetición de los tratamientos T2 y T5 del experimento para cuantificar la emisión de CO₂, mediante el método de fumigación-incubación (Jenkinson y Powlson, 1976).

La simbiosis micorriza (grado de colonización micorrízica) se determinó, en los tratamientos T2 y T5, en muestras de raíces de plantas de tomate obtenidas al momento de la floración, las cuales se mantuvieron en medio FAA hasta su procesamiento mediante la técnica de clareo y tinción de las raíces, de acuerdo al procedimiento descrito por Sieverding (1983).

Se determinó la cantidad de nitrógeno (N-total), P, K, Ca, Mg, en la materia seca de hojas, en la etapa de desarrollo de frutos (80 días después del trasplante); para tal fin se muestrearon hojas jóvenes completamente desarrolladas en 20 plantas por

without vermicompost + FQR + LM y T5) conventional farming (400 N + 120 P + 300 K + 100 Ca) + plastic padding + conventional farming. The randomized block experimental design was used, with three repetitions; the experimental field consisted of three beds, each 1.8 m wide and 10 m long, equivalent to 54 m².

The tomato seed was a growth hybrid considered resistant to the attack of *Fusarium oxysporum* (Schl) and *F. lycopersici*, planted in polystyrene trays with 200 cavities during five weeks in a greenhouse, and transplanted in beds 1.8 m wide and 30 cm de apart, with minimum farming and covered with *Mucuna pruriens*, and conventional farming, consisting in fallow land, two passages of a rototiller, formation of beds and placement of plastic padding on them.

The soil CO₂ emission evaluations and mycorrhizal symbiosis were carried out only in treatments T2 and T5, since both contrasted in mineral fertilization of N, P, K and Ca, as well as in vermicompost application and type of vegetation cover, in the tomato experiment.

At the beginning of the flowering of the tomato plants, a sample was taken, composed of three soil subsamples from depths between 0 and 15 cm, in each repetition of treatments T2 and T5 of the experiment to quantify the emission of CO₂, with the fumigation-incubation method (Jenkinson and Powlson, 1976).

Mycorrhizal symbiosis (degree of mycorrhizal colonization) was taken in treatments T2 and T5, in root samples from tomato plants taken during flowering, which were kept in an medium FAA until processed with the root whitening and tinting technique, according to the procedure described by Sieverding (1983).

The amount of nitrogen (N-total), P, K, Ca, Mg, was estimated in the dry matter of leaves in the development stage of fruits (80 days after the transplant). For this, young fully developed leaves were sampled in 20 plants per treatment repetition, in a development stage of the first fruits of the crop. The N-total was estimated using the Mikrokjeldahl method, the phosphorus analysis was carried out through colorimetry in a spectrophotometer UV/VIS, and the remaining elements were determined in an atomic absorption spectrophotometer, model Spectr AA220 method 993.3 and method 974.27 respectively (AOAC, 1998).

repetición de tratamiento, etapa de desarrollo de los primeros frutos del cultivo. La determinación de N-total se realizó por el método de Mikrokjeldahl, el análisis de fósforo se efectuó por colorimetría en un espectrofotómetro UV/VIS, y los elementos restantes se determinaron en un espectrofotómetro de absorción atómica, modelo Spectr AA220 método 993.3 y método 974.27, respectivamente (AOAC, 1998).

El rendimiento y calidad de fruto se evaluó durante ocho semanas de cosecha, se colectaron frutos fisiológicamente maduros y se clasificaron por tamaños, de acuerdo a los estándares del USDA (1992). Los parámetros registrados de vida poscosecha de los frutos fueron la firmeza y la pérdida de peso, y se determinaron con base a la AOAC (1998); éstos se realizaron en la cuarta semana del periodo de cosecha, eligiendo al azar seis frutos en estado de madurez rojo rompiente “braker”, por cada repetición de tratamiento.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Producción de materia seca por las plantas de *M. pruriens* y fijación de N₂. La biomasa seca total producida, a los 65 días después de la emergencia de las plantas, en hojas, tallos y raíces, como promedio de tres plantas en los tres lotes sembrados de la leguminosa, fue de 63.51±15.9 g planta⁻¹, de esta cantidad 35.31±7.58 g correspondieron a hojas, 25.33±8.55 g a tallos y 2.87±0.29 g a raíces. Con base en la densidad de plantas que se sembró de *Mucuna pruriens*, el total de biomasa seca correspondió 1 762.4 kg ha⁻¹. El crecimiento de las plantas de *Mucuna pruriens* varía de acuerdo con las condiciones de fertilidad del suelo, clima y manejo del cultivo prevalecientes en la zona de cultivo. Los resultados de este trabajo, aunque no son de tiempos de crecimiento comparables del cultivo de *Mucuna pruriens*, fueron menores a los reportados por Hauser y Nolte (2002), quienes informan producciones de biomasa seca de distintas variedades de *Mucuna pruriens* que fluctuaron entre 3.27 y 6.6 t ha⁻¹, desarrolladas durante 40 semanas en un clima de bosque tropical húmedo de Camerún con 1 513 mm de lluvia.

Por otro lado, Houngnandan *et al.* (2000) informan que *Mucuna pruriens* no inoculada con bacterias *Rhizobium* sp. produjo entre 1.5 y 8.7 t ha⁻¹ de follaje seco a 20 semanas después de la siembra, en tres localidades con clima de sabana.

Por su parte, la cantidad estimada de nitrógeno atmosférico fijado por *M. pruriens* en simbiosis con *Rhizobium* sp. osciló entre 712 y 1 618 mg de N planta⁻¹, con un promedio de 1 090 mg

Yield and fruit quality were evaluated during eight weeks of planting; physiologically mature fruits were collected then classified by size, according to USDA standards (1992). The registered parameters of post-harvest life of the fruits were firmness and weight loss, and were determined based on AOAC (1998); these were carried out on the fourth week of planting season, choosing six fruits at random in the “braker” state of maturity for each treatment repetition.

RESULTS AND DISCUSSION

Production of dry matter by the *M. Pruriens* plants and N₂ fixation. The total dry biomass produced 65 days after plant emergence in leaves, stocks and roots, as an average of three plants on three fields planted with the legume, was 63.51±15.9 g plant⁻¹. Out of this amount 35.31±7.58 g was leaves, 25.33±8.55 g stock and 2.87±0.29 g roots. Based on density of *Mucuna pruriens* plants sowed, the total dry biomass was 1 762.4 kg ha⁻¹. *Mucuna pruriens* plant growth varies depending on soil fertility conditions, weather and management of the prevailing crop in the area. Although results of this work are not about comparable growth times of the *Mucuna pruriens* crop, they were lower than those reported by Hauser and Nolte (2002), evwho claim productions of dry biomass in diverse varieties of *Mucuna pruriens* fluctuating between 3.27 and 6.6 t ha⁻¹, developed during a 40-week period in tropical rainforest weather of Cameroon, with 1 513 mm of rain.

On the other hand, Houngnandan *et al.* (2000) inform that *Mucuna pruriens* not inoculated with *Rhizobium* sp. bacteria produced between 1.5 and 8.7 t ha⁻¹ of dry foliage 20 weeks after planting in three locations with savannah weather.

Likewise, the estimated amount of atmospheric nitrogen fixated by *M. pruriens* in symbiosis with *Rhizobium* sp. fluctuated between 712 and 1 618 mg of N plant⁻¹, with an average of 1 090 mg of N plant⁻¹, equivalent to 30.27 kg ha⁻¹ (Table 1). The relatively low amount of N fixated from the atmosphere by native strands of *Rhizobium* sp. may be partially due to the low nodulation observed in the roots of the *M. pruriens*, plants, which was 24.03 mg plant⁻¹ of nodular biomass, since the seed of the legume was not inoculated with *Rhizobium* sp. bacteria.

de N planta⁻¹, equivalente a 30.27 kg ha⁻¹ (Cuadro 1). La cantidad relativamente baja de N fijado de la atmósfera por cepas nativas de *Rhizobium* sp. puede deberse en parte a la baja nodulación observada en las raíces de las plantas de *M. pruriens*, que fue de 24.03 mg planta⁻¹ de biomasa nodular, ya que no se inoculó con bacterias *Rhizobium* sp. la semilla de la leguminosa.

Por otro lado, los valores de N fijado por la leguminosa son relativamente bajos, debido a la baja densidad de siembra de la *M. pruriens*, y resultaron inferiores a los indicados por Crammer *et al.* (2004), quienes registraron tasas de fijación de N₂ por *M. pruriens* que oscilaron en promedio entre 97 y 150 kg ha⁻¹ de N fijado de dos sitios de alto y bajo potencial productivo, respectivamente. La eficiencia de la fijación simbiótica de N₂ está en función del genotipo de la planta hospedera, del genotipo de *Rhizobium* sp. y de los factores ambientales (Whitehead, 1995; Unkovich y Pate, 2000).

Las prácticas culturales de manejo del suelo, como la empleada en este estudio en los tratamientos con aplicación de vermicompost y cobertura vegetal del suelo, pueden fomentar condiciones favorables para el crecimiento de las plantas y la actividad bacteriana, y éstas pueden inducir importantes tasas de fijación de N₂ (Whitehead, 1995).

Cuadro 1. Acumulación fijación de nitrógeno por *Mucuna pruriens* y de soya no nodulante.

Table 1. Accumulation fixation of nitrogen by *Mucuna pruriens* and non-nodulating soybean.

Lote	Acumulación de N (mg planta ⁻¹)		N-N ₂ fijado de la atmósfera	
	Fijadora †	No fijadora ‡	η (mg planta ⁻¹)	η (kg ha ⁻¹)
1	1843 ± 441	225 ± 157	1618 ± 536	44.9 ± 14.8
2	857 ± 363	145 ± 49	712 ± 314	19.8 ± 8.7
3	1028 ± 615	88 ± 19	941 ± 608	26.11 ± 16.7
\bar{X}	1310	153	1090	30.25

†= N acumulado por plantas fijadoras de N₂ (*M. pruriens*); ‡= N acumulado por plantas no fijadoras (soya no nodulante); η= N₂ atmosférico fijado por plantas de *M. pruriens*.

Aporte de nitrógeno por *Mucuna pruriens*. El aporte de N en la biomasa de *M. pruriens*, a 65 días de emergencia, la leguminosa acumuló 1 242.7 mg planta⁻¹ de N en su parte aérea y con densidad de 27 750 plantas ha⁻¹ equivale a 34.5 kg ha⁻¹; este nitrógeno será una reserva potencial para el cultivo subsiguiente, cuya disponibilidad será en forma paulatina, ya que dependerá de la velocidad de mineralización del N-orgánico contenido en la paja, la temperatura y la actividad microbiana del suelo (Katrien *et al.*, 2006).

La acumulación del N en la biomasa de las leguminosas como la *M. pruriens*, tiene un impacto importante en el reciclaje de nitrógeno en el suelo al retener

On the other hand, the values of N fixed by the legume are relatively low, due to the low density of *M. pruriens*, and were lower to those pointed out by Crammer *et al.* (2004), who recorded N₂ fixation rates by *M. pruriens* that fluctuated, on average, between 97 and 150 kg ha⁻¹ of N fixed from two sites of high and low production potential, respectively. The efficiency of symbiotic fixation of N₂ relies on the genotype of the host plant, of the genotype of *Rhizobium* sp. and environmental factors (Whitehead, 1995; Unkovich and Pate, 2000).

The cultural soil management practices such as those used in this study in the treatments with vermicompost and vegetation soil cover may promote favorable conditions for the growth of plants and bacterial activity, which can induce important rates of N₂ fixation (Whitehead, 1995).

Nitrogen contribution by *Mucuna pruriens*. The contribution of N on the biomass of *M. pruriens*, 65 days after emergence, the legume accumulated 1 242.7 mg plant⁻¹ of N in its aerial parts, and with a density of 27 750 plants ha⁻¹, this adds up 34.5 kg ha⁻¹; this nitrogen is a potential reserve for the following crop, which will become available gradually, since it will rely on the rate

of mineralization of the content of organic N in the straw, the temperature and the microbial activity of the soil (Katrien *et al.*, 2006).

The accumulation of N in the biomass of legumes such as *M. pruriens* has an important impact on the recycling of nitrogen in the soil, since it retains this element in its biomass, avoiding its loss to water tables and the air (Stenberg *et al.*, 2006).

Soil CO₂ release. A significant difference was observed ($p=0.0001$) in the release of CO₂ from the soil in treatments T5 and T2, which amounted to 22.15 and 37.51 mg de CO₂ g⁻¹ of

este elemento en su biomasa, evitando su pérdida hacia mantos acuíferos y la atmósfera (Stenberg *et al.*, 2006).

Emisión de CO₂ del suelo. Se observó diferencia significativa ($p=0.0001$) en liberación de CO₂ del suelo entre el tratamiento T5 y T2, cuyas cantidades fueron de 22.15 y 37.51 mg de CO₂ g⁻¹ de suelo seco, respectivamente. Este resultado sugiere mayor actividad microbiana del suelo en el tratamiento T2 de manejo racional del suelo, el cual aportó más carbono al suelo que T5.

La diferencia en liberación de CO₂ del suelo, se debió al aporte de carbono orgánico por parte de la biomasa de *M. pruriens* y la aplicación de vermicompost; a este respecto, Weixin *et al.* (2007) encontraron un aumento de 47% en el flujo de CO₂ en el suelo cultivado con maíz respecto al suelo desnudo, ambos fertilizados con nitrógeno, atribuyéndole este resultado a la mayor actividad microbiana a consecuencia de mayor disponibilidad de detritus orgánicos en la rizófora del maíz. Por otro lado, se menciona que la liberación de bióxido de carbono del suelo (CO₂) por la actividad microbiana del suelo, depende de la cantidad de material orgánico presente en el suelo (Santamaría-Romero *et al.*, 2001; Schloter *et al.* 2003).

La colonización micorrízica en raíces de plantas de tomate fue significativamente diferente ($p=0.0001$) entre el tratamiento T2 y T5 en 29.5% mayor en T2. La superior colonización micorrízica de las raíces observada en las plantas de tomate en el tratamiento T2, sugiere una proliferación de hongos micorrízicos en el suelo por la mayor disponibilidad de materia orgánica en este tratamiento, que en T5 (4.08%).

Los valores de colonización de las raíces de plantas de tomate en el tratamiento T2, fueron similares a los observados por Cavagnaro *et al.* (2006) en tomate silvestre cultivado bajo manejo orgánico (24.2% de colonización); y menores a los mencionados por Sorensen *et al.* (2005), en poro (*Allium porrum*) (35 a 80% de colonización micorrízica), planta considerada como dependiente de micorriza por tener escaso sistema radicular.

La escasa colonización micorrízica encontrada en este estudio puede atribuirse que el tomate, es una planta con sistema radicular extenso, lo cual no la hace dependiente de la micorriza y al contenido moderado o alto de P en el suelo del experimento por efecto de los tratamientos y al reducido potencial de inóculo del mismo (Boswell *et al.*, 1998).

dry soil, respectively. This result suggests greater microbial activity in the soil in treatment T2 of rational soil use, which provided the soil with more carbon than T5.

The difference in CO₂ release by the soil was due to the contribution of organic carbon by the biomass of *M. pruriens* and the vermicompost. In this regard, Weixin *et al.* (2007) found an increase of 47% in the flow of CO₂ in soil with maize planted in comparison to naked soil, both having been fertilized with nitrogen; the result was attributed to the greater microbial activity caused by the greater availability of organic detritus in the maize rhizophora. It is also mentioned that the release of CO₂ from the soil due to microbial activity depends on the amount of organic material present in the soil (Santamaría-Romero *et al.*, 2001; Schloter *et al.* 2003).

Mychorrhizal colonization in the roots of tomato plants was significantly different ($p= 0.0001$) in treatments T2 and T5 (29.5% higher in T2). The higher mychorrhizal colonization of the roots observed in tomato plants in treatment T2 suggests a proliferation of mychorrhizal fungi in the soil due to higher availability of organic matter in this treatment than in T5 (4.08%).

The colonization values of roots of tomato plants in treatment T2 were similar to those observed by Cavagnaro *et al.* (2006) in wild tomato planted under organic management (24.2% colonization), and lower to those mentioned by Sorensen *et al.* (2005), on leek (*Allium porrum*) (35 to 80% of mychorrhizal colonization), a plant considered to depend on mychorrhizal, due to its scarce radical system.

The scarce mychorrhizal colonization found in this study may be due to the tomato being an extensive radical system, which does not make it dependent on mychorrhiza and the moderate or high P level in the soil of the experiment as an effect of the treatments and its reduced potential for inoculation (Boswell *et al.*, 1998).

In relation to the absorption of macroelements by tomato plants in the stage of growth of the earliest fruits (80 after transplant), contents of N, K, Ca and Mg were not influenced by treatments ($p>0.05$). Nitrogen content fluctuated between 3.86 and 4.72%, for potassium, between 2.55 and 3.03%, between 1.88 and 2.35% for calcium, and magnesium, between 0.35 and 0.41%; on the other hand, phosphorous content was influenced by the treatments ($p\leq 0.05$).

En relación a la absorción de macroelementos por las plantas de tomate, en la etapa de desarrollo de los primeros frutos (80 días después del trasplante), el contenido de N, K, Ca y Mg no fue influenciado por los tratamientos ($p > 0.05$); el contenido de nitrógeno fluctuó entre 3.86 y 4.72%, el de potasio entre 2.55 y 3.03%, el de calcio fluctuó entre 1.88 y 2.35%, el de magnesio entre 0.35 y 0.41%; por su parte, el contenido de fósforo si fue influenciado por los tratamientos ($p \leq 0.05$).

Los tratamientos T4 y T3 fueron de mayor (0.44%) y menor (0.27%) concentración de este elemento, respectivamente; no obstante, el contenido comparativamente bajo de P en hojas de las plantas del T3, no se observó síntoma de deficiencia de este elemento en las mismas. Estos resultados muestran que los tratamientos T1, T2, T3 y T4, de dosis reducidas de N, P y K, y no aplicación de Ca, respecto al tratamiento T5 de dosis altas de dichos elementos, no afectaron la nutrición de las plantas de tomate en esos elementos nutritivos.

Además los niveles observados de estos nutrimentos en las hojas, no afectaron la producción ni la calidad de los frutos de tomate. Villarreal *et al.* (2006) detectaron valores similares de N, P y K en hojas jóvenes de plantas de tomate, a 83 días después de trasplante en un experimento de campo con dosis de 400 N, 115 P y 290 K, sin uso de cobertura vegetal del suelo y 250 N-50 P-150 K con uso de dos cultivos de cobertura, y mismo tipo de suelo. Las dosis de fertilización aplicadas con dichos elementos reduce su acumulación en el suelo y la posibilidad de provocar efectos negativos en la nutrición de las plantas por efecto de desbalances entre estos elementos nutritivos en el suelo (Fageria *et al.*, 1997).

Es importante destacar la carencia de efecto de tratamiento en la nutrición de Ca y Mg de las plantas de tomate, lo cual confirma que el suelo vertisol de textura arcillosa, tiene alta disponibilidad de estos elementos para las plantas. Resulta de particular interés las aplicaciones de Ca al suelo en cultivo convencional de tomate en la zona de estudio, donde los productores lo aplican para prevenir la pudrición apical del fruto y evitar problemas de calidad poscosecha como la firmeza y pérdida de peso de los frutos; no obstante, en este estudio no se observaron dichos problemas.

Producción de fruto de tomate. La producción total de fruto de exportación fue estadísticamente diferente entre tratamientos ($p = 0.0071$); las plantas de mayor rendimiento fueron las del T2 (106.38 t ha⁻¹), en orden descendente le siguieron las plantas de los tratamientos T1, T3, T4 y T5, con rendimientos de 96.21, 95.18, 89.63 y 75.9 t ha⁻¹,

Treatments T4 and T3 displayed the highest (0.44%) and lowest (0.27%) concentration of this element, respectively. Despite the comparatively low content of P in leaves from plants in T3, they showed no symptoms of any deficiency of this element. These results indicate treatments T1, T2, T3 and T4, of reduced N, P and K doses, and no Ca in comparison to treatment T5 with high doses of these elements, did not affect the nutrition of tomato plants in these nutritional elements.

The levels of these nutrients observed in leaves did not affect tomato fruit production or quality. Villarreal *et al.* (2006) found similar values of N, P and K in young leaves from tomato plants, 83 days after transplant in an experimental station with doses of 400 N, 115 P and 290 K, without a vegetation cover and 250 N-50 P-150 K using two cover crops and the same soil type. The doses of fertilizer with these elements reduces their accumulation in the soil and the possibility of causing negative effects in plant nutrition due to imbalances of these nutritional elements in the soil (Fageria *et al.*, 1997).

It is worth noting the lack of an effect of a treatment in the nutrition of Ca and Mg in tomato plants, which confirms that the vertisol soils with a clayey texture have a high availability of these elements for plants. Also particularly interesting are the applications of Ca in conventional tomato soil in the area of study, where farmers use it to prevent apical rotting of the fruit and to avoid postharvest quality problems, such as firmness and loss of fruit weight; however, these problems did not arise in this study.

Production of tomato fruit. The total production of fruits for export was statistically different between treatments ($p = 0.0071$); higher-yielding plants came from T2 (106.38 t ha⁻¹), in descending order came plants from treatments T1, T3, T4 and T5, yielding 96.21, 95.18, 89.63 and 75.9 t ha⁻¹, respectively (Figure 1); there were only significant differences in yield between plants of treatments T5 vs T2 and T1 (Tukey, $\alpha = 0.05$). An approximate yield of 57 t ha⁻¹ of export-quality fruit is considered acceptable by local tomato farmers, in the varieties recommended by INIFAP (2003) for the valley of Culiacán, Sinaloa; they produce 45 to 79 t ha⁻¹ of export-quality tomato.

In regard to the quality by fruit size to the package for export (Figure 1), this was influenced by the treatments ($p \leq 0.05$); the amount of large fruits (4*4 + 4*5) was 60.45 t ha⁻¹ in plants from treatment T2, which was

respectivamente (Figura 1); solamente hubo diferencia significativa en rendimiento entre las plantas del tratamiento T5 vs T2 y T1 (Tukey, $\alpha=0.05$). Un rendimiento aproximado de 57 t ha⁻¹ de fruto de calidad exportación, se considera aceptable por los productores de tomate bola de la región, y las variedades sugeridas por INIFAP (2003) para el valle de Culiacán, Sinaloa; generan de 45 a 79 t ha⁻¹ de tomate calidad de exportación.

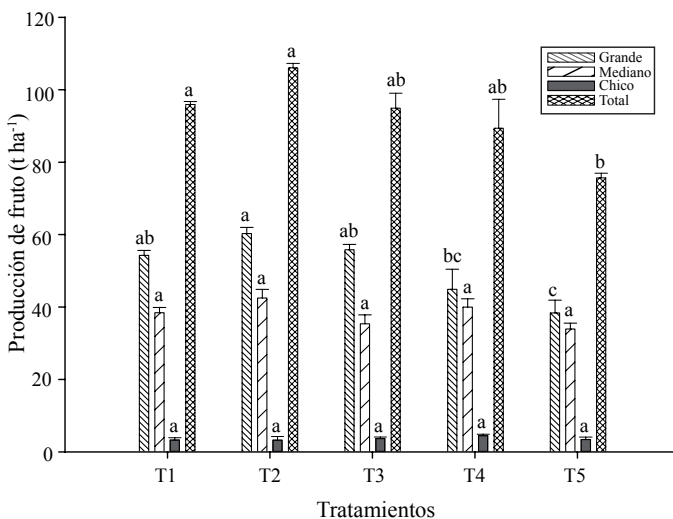


Figura 1. Producción de tomate de exportación por tamaños de empaque, en los diferentes tratamientos. Barras en I indican error estándar de la media.

Figure 1. Production of export tomato by package sizes, in different treatments. Bars in I indicate standard error of the average.

Respecto a la calidad por tamaños de fruto al empaque para exportación (Figura 1), ésta fue influenciada por los tratamientos ($p \leq 0.05$); la cantidad de frutos de tamaño grande (4*4 + 4*5) fue de 60.45 t ha⁻¹ en las plantas del tratamiento T2, misma que fue significativamente diferente ($p=0.002$) sólo a la cantidad de frutos de las plantas de los tratamientos T4 y T5 que generaron 44.99 y 38.45 t ha⁻¹, respectivamente.

El rendimiento de frutos de tamaño mediano (5*5 + 5*6) y chico (6*6 + 6*7) no fue influenciada por los tratamientos ($p=0.144$), ya que el rendimiento de tamaño mediano osciló entre 42.66 y 34.05 t ha⁻¹ en las plantas del tratamiento T2 y T5, respectivamente. Entre tanto, el rendimiento de frutos de tamaño chico osciló entre 4.52 y 3.27 t ha⁻¹ en las plantas de los tratamientos T4 y T2, respectivamente y no hubo efecto significativo de tratamiento ($p=0.628$).

also only different ($p=0.002$) to the amounts of fruits from treatments T4 and T5 that produced 44.99 and 38.45 t ha⁻¹, respectively.

The yield of mid-sized (5*5 + 5*6) and small fruits (6*6 + 6*7) was not influenced by treatments ($p=0.144$), since the yield of the medium size fluctuated between 42.66 and 34.05 t ha⁻¹ in plants from treatments T2 y T5, respectively. Meanwhile, the yield of small fruits fluctuated between 4.52 and 3.27 t ha⁻¹ in plants from treatments T4 and T2, respectively and there was no significant effect of treatment ($p=0.628$).

The total production of marketable fruit was influenced by the treatments ($p=0.0034$); the treatment with the highest yield was T2, with 140.73 t ha⁻¹, which was also significantly different only to treatment T5 that yielded 109.41 t ha⁻¹; treatments T1, T3 and T4 yielded 129.454, 128.82, and 127.162 t ha⁻¹, respectively.

The attributes of the organic cover of the soil for its carbon and nitrogen contribution, and of the vermicompost, for its contribution of nutritional elements Irissón-Name *et al.* (1999); Matheus *et al.* (2007) and improving soil physical and biological conditions (Yongchao *et al.*, 2005), which impact the increase in soil fertility, therefore in crop yield.

Sainju *et al.* (2001) found similar results in fruit yield, biomass and N absorption in tomato cultivations between high and low-nitrogen fertilizer dose treatments and the use of cover crops based on broad beans, clover and rye. In an experiment on chili peppers by Roe *et al.* (1997) compost combined with low doses of synthetic fertilizers was also noticed to produce higher fruit yields.

In a complementary manner, applying compost combined with mineral nitrogen has been proven to increase the beneficial effect as a fertilizer; in this regard, Meunchang *et al.* (2006) achieved raises in foliage (40%) and root growths (66%) in tomato plants aged 55 days, with the application of 3 to 9 t ha⁻¹ of compost of subproducts of sugarcane mills combined with 150 to 300 kg ha⁻¹ of nitrogenated fertilizer. Velasco *et al.* (2001) observed an increase, in the control without the application of vermicompost or inoculant, in dry matter and the yield of tomato fruits, with

La producción de fruto total comercializable se vio influenciada por los tratamientos ($p=0.0034$); el tratamiento con mayor rendimiento de fruto fue el T2, con 140.73 t ha^{-1} , mismo que fue significativamente diferente sólo al tratamiento T5 que rindió 109.41 t ha^{-1} ; los tratamientos T1, T3 y T4 rindieron 129.454 , 128.82 , y $127.162 \text{ t ha}^{-1}$, respectivamente.

Los atributos de la cobertura orgánica del suelo por su aporte de carbono y nitrógeno al suelo, y del vermicompost, por su aporte de elementos nutritivos Irissón-Name *et al.* (1999); Matheus *et al.* (2007) y mejorador de las condiciones físicas y biológicas del suelo (Yongchao *et al.*, 2005), combinados impactan en el aumento de la fertilidad del suelo y por ende en el rendimiento del cultivo.

Sainju *et al.* (2001) encontraron resultados similares en rendimiento de fruto, biomasa y absorción de N en el cultivo de tomate entre tratamientos de dosis altas y reducidas de fertilización nitrogenada y con uso de cultivos de cobertura a base de haba, trébol y centeno. En un experimento realizado en Chile por Roe *et al.* (1997) también observaron que los compost combinados con dosis bajas de fertilizante sintético generaron los rendimientos de fruto más altos.

A manera de complemento, se ha establecido que la aplicación de compost combinado con nitrógeno mineral aumenta su efecto benéfico como fertilizante; a este respecto, Meunchang *et al.* (2006) lograron incrementos en crecimiento de follaje (40%) y raíz (66%) de plantas de tomate a los 55 días de edad con aplicación de 3 a 9 t ha^{-1} de compost de subproductos de molienda de caña de azúcar combinada con 150 a 300 kg ha^{-1} fertilizante nitrogenado. Velasco *et al.* (2001) observaron incremento, respecto al testigo sin aplicación de vermicompost o inoculante, en la materia seca y el rendimiento de fruto de plantas de tomate de cáscara con la adición de 10 t ha^{-1} de vermicompost ya sea solo o combinado con inoculación de hongos micorrízicos arbusculares (*Glomus intraradix*).

Calidad poscosecha de frutos de tomate

Los resultados de firmeza de frutos de tomate fueron los siguientes: al día de cosecha en estado de madurez rojo rompiente “braker”, y a 6 y 12 días de almacenamiento poscosecha a 20 °C y 85% de humedad relativa. Sólo se observó efecto significativo de tratamiento en la firmeza de los frutos a los 12 días de almacenamiento poscosecha ($p=0.0201$); en este tiempo de almacenamiento, el tratamiento T1

10 t ha^{-1} of vermicompost, whether alone or combined with arbuscular mycorrhizal fungi inoculation (*Glomus intraradix*).

Postharvest tomato fruit quality

The results of tomato fruit firmness were as follows: to the day of planting in the “braker” state of maturity and 6 and 12 days after postharvest storage at 20 °C and 85% relative humidity. The only observed significant effect of treatment in fruit firmness was 12 days after postharvest storage ($p=0.0201$); in this storage time, treatment T1 displayed the greatest firmness, with a value of $7.35 \pm 2.3 \text{ N}$, slightly different (Tukey, $\alpha=0.05$) only to treatment T4 that displayed $4.85 \pm 1.4 \text{ N}$; treatment T1 as statistically equal to T2, T3 and T5 (Figure 2).

At the moment of planting (day 1), treatment T1 had the highest value for firmness, followed in descending order by treatments T2, T5, T3 and T4; after six days of postharvest storage, treatment T2 had the highest value ($9.76 \pm 2.3 \text{ N}$), followed in descending order by treatments T1, T5, T4 and T3.

These results denoted that treatment T1 showed an adequate behavior in the firmness of tomato fruits in the three studied times of postharvest. Treatment T4 was also noticed as having the lowest values for firmness on days 1, 6 and 12 after harvest, in comparison to treatments with vermicompost and the one with traditional fertilization, which suggests that vermicompost improved the firmness of the fruits.

These differ to those displayed by Villarreal *et al.* (2002), who studied the effect of ionic forms (N-NH_4 y N-NO_3) and doses of 250 to 450 N, 52 to 118 P, 250 to 498 K, in similar temperature and relative humidity conditions of postharvest storage, though with different tomato varieties; in such studies, the postharvest studies carried out on tomato fruits displayed values of firmness that fluctuated between 35 and 46 N after 22 days and 10 N on average after 22 days. The reason for this was that harvesting the fruits in a green-ripe state of physiological maturity, which is less advanced than the “braker” state of maturity used in this work, meant a greater degree of firmness at the beginning of the study (35-46 N) and 22 days after harvest (10 N).

presentó la mayor firmeza, con un valor de 7.35 ± 2.3 N, valor significativamente diferente (Tukey, $\alpha = 0.05$) sólo al tratamiento T4 que presentó 4.85 ± 1.4 N; el tratamiento T1 fue estadísticamente igual a los tratamientos T2, T3 y T5 (Figura 2).

Al momento de la cosecha (día 1), el tratamiento T1 presentó el valor más alto de firmeza, seguido en orden descendente por los tratamientos T2, T5, T3 y T4; a seis días de almacenamiento poscosecha, el tratamiento T2 registró el mayor valor (9.76 ± 2.3 N), seguido en orden descendente los tratamientos T1, T5, T4 y T3.

Estos resultados denotaron que el tratamiento T1, mostró un comportamiento adecuado en la firmeza de los frutos de tomate, en los tres tiempos poscosecha estudiados. Por otro lado, se observó que el tratamiento T4 presentó valores más bajos de firmeza a 1, 6 y 12 días poscosecha, respecto a los tratamientos con aplicación de vermicompost y el de fertilización tradicional, lo cual sugiere que la aplicación de vermicompost mejoró la firmeza de los frutos.

Estos difieren de los mostrados por Villarreal *et al.* (2002), quienes estudiaron, en condiciones de temperatura y humedad relativa similares de almacenamiento poscosecha, el efecto de formas iónicas ($N-NH_4$ y $N-NO_3$) y dosis de 250 a 450 N, 52 a 118 P, 250 a 498 K, pero con variedades distintas de tomate bola; en dichas investigaciones, el estudio poscosecha realizado en los frutos de tomate bola mostró valores de firmeza que oscilaron entre 35 a 46 N a 22 días y 10 N en promedio a 22 días; la razón de ello, se debió a que al cosechar los frutos en un estado de madurez fisiológica verde-maduro, que es menos avanzado que el de "braker" usado en este trabajo, significó mayor grado de firmeza al inicio del estudio (35-46 N) y a 22 días de poscosecha (10 N).

Los resultados de pérdida de peso de frutos de tomate registrados a seis y doce días de almacenamiento poscosecha a $20^\circ C$ y 85% de humedad relativa fueron de la siguiente manera: al día 6 de almacenamiento poscosecha, se observó efecto significativo de tratamiento ($p = 0.0074$); los frutos del tratamiento T1 perdieron el $2.34 \pm 0.25\%$ del peso, el cual resultó significativamente diferente a los tratamientos T3, T4 y T5 (Tukey, $\alpha = 0.05$), mismos que perdieron 1.674 ± 0.13 , 1.795 ± 0.23 y $1.837 \pm 0.15\%$ de su peso, respectivamente; la pérdida de peso en los frutos del tratamiento T2 fue estadísticamente igual al resto de los tratamientos.

The results for tomato fruit weight loss recorded on days 6 and 12 of postharvest storage at $20^\circ C$ and 85% of relative humidity were as follows: on day 6 of postharvest storage, a significant effect was observed for treatment ($p = 0.0074$); the fruits from treatment T1 lost $2.34 \pm 0.25\%$ of their weight, which resulted to be significantly different to treatments T3, T4 and T5 (Tukey, $\alpha = 0.05$), which lost 1.674 ± 0.13 , 1.795 ± 0.23 and $1.837 \pm 0.15\%$ of their weights, respectively; weight loss for fruits in treatment T2 was statistically equal to the rest of the treatments.

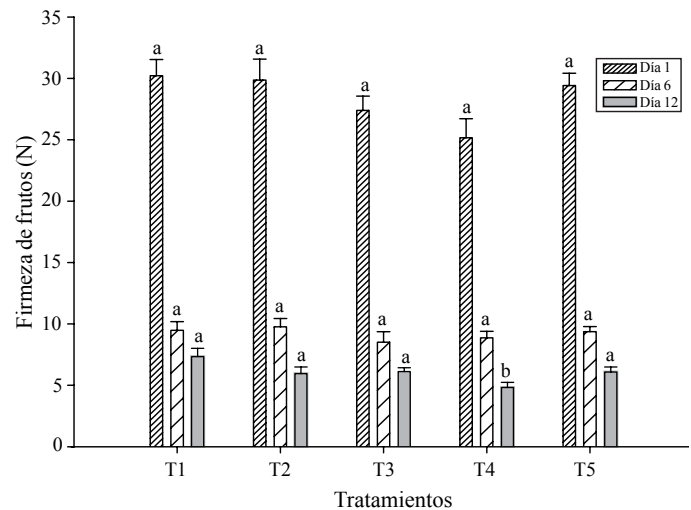


Figura 2. Firmeza del tomate, en función del tiempo de almacenamiento a $20^\circ C$ y 85% de humedad relativa. Medias con la misma letra no son significativamente diferentes (Tukey, $\alpha = 0.05$). Barras en I indican error estándar de la media.

Figure 2. Firmness of tomato, based on time of storage at $20^\circ C$ and 85% of relative humidity. Averages with the same letter are not significantly different (Tukey, $\alpha = 0.05$). Bars in I indicate standard error of the average.

On the other hand, on day 12 of postharvest storage, there was no significant effect of the treatment for weight loss ($p = 0.6215$); in this period, treatment T1 numerically showed the greatest weight loss (3.647%), followed in descending order by T5, T2, T3 and T4, with 3.381, 3.221, 3.182 and 3.01% of weight loss, respectively; on day 6, treatment T3 lost 28.46% less weight than T1, with the greatest loss, and 8.87% less than the traditional; on day 12, treatment T4 lost 17.46% less weight than T1 with the greatest loss and 10.97% less than T5.

Por su parte, el día 12 de almacenamiento poscosecha, no se observó efecto significativo de tratamiento en pérdida de peso ($p= 0.6215$); en este período el tratamiento T1 fue el que mostró numéricamente mayor pérdida de peso (3.647%), y le siguieron en orden descendente los tratamientos T5, T2, T3 y T4, con 3.381, 3.221, 3.182 y 3.01% de pérdida de peso, respectivamente; al día seis, el tratamiento T3 perdió 28.46% menos peso que el tratamiento T1 de mayor pérdida, y 8.87% menos que el tradicional; al día doce, el tratamiento T4 perdió 17.46% menos peso que T1 de mayor pérdida y 10.97% menos que T5.

Villarreal *et al.* (2002) observaron mayores pérdidas de peso en frutos de tomate bola, crecimiento tipo determinado, a 6 y 12 días poscosecha de 3 y 5% respectivamente, en condiciones comparables de almacenamiento de los frutos pero con diferencias en variedad y tratamientos de fertilización de N, P y K, cultivado en tipo de suelo y clima similares en el valle de Culiacán, Sinaloa.

CONCLUSIONES

La cobertura vegetal del suelo con *Mucuna pruriens*, acumuló en su biomasa nitrógeno fijado de la atmósfera, en cantidad importante que estuvo disponible para el cultivo de tomate; esta cobertura vegetal y la aplicación de vermicompost aumentó la actividad microbiana del suelo. En consecuencia, con el tratamiento T2, se obtuvo igual o mayor cantidad fruto de tomate de calidad exportación que T5, con probabilidad $p= 0.05$.

Los frutos procedentes del tratamiento T2 presentaron buen comportamiento en firmeza y pérdida de peso en el estudio poscosecha y este resultado fue estadísticamente igual en los frutos del T5 durante el estudio.

La nutrición de las plantas de tomate a excepción de P, el contenido de N, K, Ca y Mg en las hojas, no fue influenciado por los tratamientos a 80 días del trasplante (desarrollo de frutos); no obstante, la producción de fruto no fue afectada en cantidad (grandes, medianos y pequeños), tampoco en calidad (firmeza y pérdida de peso).

Villarreal *et al.* (2002) observed greater weight losses in tomato fruits, growth type determined, 6 and 12 days after harvest, of 3 and 5% respectively, in comparable conditions of storage of the fruit, but with differences in variety and treatments of fertilization of N, P and K, planted in similar soil types and climates in the valley of Culiacán, Sinaloa.

CONCLUSIONS

The soil vegetation cover with *Mucuna pruriens*, accumulated nitrogen fixated from the air in its biomass, in an important amount that was available for the tomato crop; this vegetation cover, together with vermicompost, increased microbial activity in the soil. Consequently, treatment T2 produced the same or greater amounts of export-quality fruit than T5, with a probability of $p= 0.05$.

Fruits from T2 displayed good behavior in firmness and weight loss in the postharvest study and this result was statistically equal in fruits from T5 during the study.

The nutrition of tomato plants, except for P, the content of N, K, Ca and Mg in leaves, was not influenced by the treatments 80 days after the transplant (fruit development); however, fruit production was not affected in amounts (large, medium and small), or in quality (firmness and weight loss).

End of the English version



AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma de Sinaloa (proyecto PROFAPI 2008/185) y al CONACYT-Gobierno del Estado de Sinaloa (FOMIX proyecto SIN-2007-C02-77335) por su apoyo financiero, al INIFAP-CIRNO-Campo Experimental Valle de Culiacán, por el apoyo con sus instalaciones. A Verónica Pérez Rubio, Werner Rubio Carrasco y Laura Contreras Angulo por su asistencia en el trabajo de laboratorio.

LITERATURA CITADA

- Association of Official Analytical Chemists (AOAC). 1998. Official methods of analysis. 17th. ed. Vol. 2. Edited by Cuniff P. Washington DC, USA.
- Alcántar, G. G. y Sandoval, V. M. 1999. Manual de análisis químico de tejido vegetal. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A. C. Chapingo, México. Publicación especial. Núm. 10.
- Boswell, E. P.; Koide, R. T.; Shumway, D. L. and Addy, H. D. 1998. Winter wheat covers cropping. A mycorrhizal fungi and maize growth and yield. *Agric. Ecosyst. Environ.* 67:55-65.
- Cajuste, L. J. 1987. El fósforo aprovechable en los suelos. *In: Análisis químico para evaluar la fertilidad del suelo.* Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. Aguliar, S. A.; Etchevres, B. J. D. y Castellanos, R. J. Z. (eds). Chapingo, Edo. de México. Publicación especial. Núm. 1. 133-142 pp.
- Cavagnaro, T. R.; Jackson, L. E.; Six, J.; Ferris, H.; Goyal, S.; Asami, D. and Scow, K. M. 2006. Arbuscular mycorrhizas, microbial communities, nutrient availability, and soil aggregates in organic tomato production. *Plant Soil.* 282:209-225.
- Castellanos, J. Z. y Peña-Cabriales, J. J. 1990. Los nitratos provenientes de la agricultura. Una fuente de contaminación de los acuíferos. *Terra.* 8(1):113-126.
- Cramer, K. K.; Ssali, H. and Vlek, L. G. 2004. The potential of velvet bean (*Mucuna pruriens*) and N fertilizers in maize production on contrasting soils and agro-ecological zones of East Uganda. *Nutr. Cycl. Agroec.* 68:59-72.
- Fageria, N. K.; Baligar, V. C. and Jones, C. A. 1997. Growth and mineral nutrition of field crops. 2^{da}. ed. Marcel Dekker, Inc. Ed. New York, USA. 624 p.
- Fidecomisos Instituidos en Relación con la Agricultura (FIRA). 2007. Dirección General Adjunta de Inteligencia Sectorial. Dirección de Consultoría en Agronegocios. Rentabilidad y costos del cultivo de tomate en Sinaloa, ciclo O-I 2007-2008. Culiacán, Sinaloa, México. URL: <http://portal.fira.gob.mx/Files/TOMATESinaloa Analisis Costos.pdf>.
- Hauser, S. and Nolte, C. 2002. Biomass production and N fixation of five *Mucuna pruriens* varieties and their effect on maize yields in the forest zone of Cameroon. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 165:101-109.
- Herrero, E. V.; Mitchell, J. P.; Lanini, W. T.; Temple, S. R.; Miyao, E. M.; Morse, R. D. and Campiglia, E. 2001. Use of cover crop mulches in no-till furrow-irrigated processing tomato production system. *HorTechnology.* 11(1):43-48.
- Houngnandan, P.; Sanginga, N.; Woome, P.; Vanlauwe, B. and Van, C. V. O. 2000. Response of *Mucuna pruriens* to symbiotic nitrogen fixation by rhizobia following inoculation in farmers' fields in the derived savanna of Benin. *Biol. Fertil. Soils.* 30:558-565.
- Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). 2003. Guía para la asistencia técnica agropecuaria del área de influencia del Campo Experimental Valle de Culiacán. 5^a. ed. Culiacán, Sinaloa, México. Agenda técnica. 209 p.
- Irissón-Name, S.; Barois, I. and Aranda, E. 1999. Calidad química, bioquímica y bacteriológica del vermicompost de pulpa de café. *In: Primer simposium internacional y primera reunión nacional sobre lombricultura y abonos orgánicos.* Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. Memorias. 145-147 pp.
- Jenkinson, D. S. and Powlson, D. S. 1976. The effect of biocidal treatments on metabolism in soil. A method for measuring soil biomass. *Soil Biol. Biochem.* 8:209-213.
- Kamh, M. J.; Horst, W.; Amer, F.; Mostafa, H. and Maier, P. 1999. Mobilization of soil and fertilizer phosphate by cover crops. *Plant Soil.* 211(1):19-27.
- Katrien, O.; Nicolardot, B.; Merckx, R.; Richard, G.; and Boizard, H. 2006. C and N mineralization of undisturbed and disturbed soil, from different structural zones of conventional tillage and no-tillage systems in northern France. *Soil Biol. Biochem.* 38(9):2576-2586.
- Matheus, L. J.; Caracas, J.; Montilla, F. y Fernández, O. 2007. Eficiencia agronómica relativa de tres abonos orgánicos (vermicompost, compost, y gallinaza) en plantas de maíz (*Zea mays* L.). *Agric. And.* 13:27-38.
- Mayer, J.; Buegger, F.; Jensen, E. S.; Schloter, M. and Heb, J. 2003. Residual nitrogen contribution from grain legumes to succeeding wheat and rape and related microbial process. *Plant Soil.* 255:541-554.
- Meungchang, S.; Panichsakpatana, S. and Weaver, R. W. 2006. Tomato growth in soil amended with sugar mill by-products compost. *Plant Soil.* 280:171-176.

- Peña-Cabriales, J. J.; Grajeda-Cabrera, O. A. y Vera-Nuñez, J. A. 2001. Manejo de los fertilizantes nitrogenados en México: Uso de las técnicas isotópicas (15N). *Terra*. 20(1):51-56.
- Páes, O. F.; Ramírez, R. G.; Ruiz, F. A. C. y Soto, J. M. A. 2007. La contaminación por nitrógeno y fósforo en Sinaloa: flujos, fuentes, efectos y opciones de manejo. 1^{ra} ed. UNAM. México. 304 p.
- Roe, N. E.; Estoffella, P. J. and Graetz, D. 1997. Composts from various municipal solid waste feedstocks affect vegetable crops. Growth, yields, and fruit quality. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 122:433-437.
- Sainju, U. M.; Singh, B. P. and Whitehead, W. F. 2001. Comparison of the effects of cover crops and nitrogen fertilization on tomato yield, root growth, and soil properties. *Sci. Hortic.* 91:201-214.
- Santamaría-Romero, S.; Ferrera-Cerrato, R.; Almaraz-Suarez, J. J.; Galvis-Spinola, A. y Barois-Boullard, I. 2001. Dinámica y relaciones de microorganismos, C-orgánico y N-total durante el compostaje y vermicompostaje. *Agrociencia*. 35:377-384.
- Schlöter, M.; Dilly, O. and Munch, J. C. 2003. Indicators for evaluating soil quality. *Agric. Ecosyst. Environ.* 98:255-262.
- Sieverding, E. 1983. Manual de métodos para la investigación de la micorriza vesículo-arbuscular en el laboratorio. CIAT. Colombia. 116 p.
- Sorensen, J. N.; Larsen, J. and Jakobsen, I. 2005. Mycorrhiza formation and nutrient concentration in leeks (*Allium porrum*) in relation to previous crop and cover crop management on high P soils. *Plant Soil*. 273:101-114.
- Stenberg, M.; Aronsson, M.; Lindén Börje, H.; Rydberg, T. and Gustafson, A. 2006. Soil mineral nitrogen and nitrate leaching losses in soil tillage systems combined with a catch crop. *Soil Tillage Res.* 50(2):115-125.
- Unkovich, M. J. and Pate, J. S. 2000. An appraisal of recent field measurements of symbiotic N₂ fixation by annual legumes. *Field Crop Res.* 65:211-228.
- United States Department of Agriculture (USDA). 1992. Standards for grades of fresh tomatoes. Washington DC, USA.
- Velasco-Velazco, J.; Ferrera-Cerrato, R. y Almaraz-Suárez, J. J. 2001. Vermicompost, micorriza arbuscular y *Azospirillum brasilense* en tomate de cáscara. *Terra Latinoam.* 19:241-248.
- Villarreal-Romero, M.; García-Estrada, R.; Osuna-Enciso, T. y Armenta-Bojorquez, A. 2002. Efecto de dosis y fuente de nitrógeno en el rendimiento y calidad poscosecha del tomate en fertirriego. *Terra Latinoam.* 20(3):311-320.
- Villarreal-Romero, M.; Hernández-Verdugo, S.; Sánchez-Peña, P.; García-Estrada, R. S.; Osuna-Enciso, T.; Parra-Terrazas, S. y Armenta-Bojorquez, A. D. 2006. Efecto de cobertura del suelo con leguminosas en rendimiento y calidad del tomate. *Terra Latinoam.* 24(4):549-556.
- Villarreal-Romero, M.; Parra-Terrazas, S.; Sánchez-Peña, P.; Hernández-Verdugo, S.; Corrales-Madrid, J. L.; Armenta-Soto, J. L. y Arellano-Saldaña, J. 2007. Cultivo de tomate en rotación con *Mucuna pruriens* en un vertisol pélico. X Congreso Internacional en Ciencias Agrícolas. Mexicali, Baja California. Memoria. 274-278 pp.
- Whitehead, D. C. 1995. Grassland Nitrogen. CAB International. Wallingford, USA. 397 p.
- Weixin, D.; Yan, C.; Zucong, C.; Kazuyuki, Y. and Xunhua, Z. 2007. Soil respiration under maize crops: effects of water, temperature, and nitrogen fertilization. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 71:944-951.
- Yongchao, L.; Jin, S.; Miroslav, N.; Yu, P.; Wei, C. and Yun, J. 2005. Organic manure stimulates biological activity and barley growth in soil subject to secondary salinization. *Soil Biol. Biochem.* 37(6):1185-1195.