

EFECTO DE COBERTURA DEL SUELO CON LEGUMINOSAS EN RENDIMIENTO Y CALIDAD DEL TOMATE

Effect of Legume Cover Crops on Tomato Yield and Quality

Manuel Villarreal-Romero^{1†}, Sergio Hernández-Verdugo¹, Pedro Sánchez-Peña¹, Raymundo Saúl García-Estrada², Tomás Osuna-Enciso², Saúl Parra-Terrazas¹ y Adolfo D. Armenta-Bojorquez³

RESUMEN

El uso excesivo de fertilizantes inorgánicos de N, P y K en la agricultura moderna ha provocado la degradación de los suelos y la contaminación de mantos freáticos y la atmósfera. En este estudio, se investigó la capacidad de *Mucuna pruriens* y *Clitoria ternatea* como cultivos de cobertura del suelo que contribuyen a reducir el uso excesivo de fertilizantes N, P y K de origen inorgánico en el cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Estas leguminosas se combinaron con 250, 50 y 150 kg ha⁻¹ de N, P y K, respectivamente, y se compararon con dos métodos de cultivo comúnmente utilizados en Sinaloa, México, que consisten en utilizar alta dosis de fertilización (400, 115 y 290 kg ha⁻¹ de N, P y K, respectivamente), con y sin acolchado plástico. El uso de *M. pruriens* y *C. ternatea*, como cobertura del suelo, y la fertilización reducida de N, P y K produjeron una cantidad similar o mayor en el número de frutos totales y de tamaños grande y mediano, en comparación con los tratamientos con alta fertilización de N, P y K, ya sea con o sin acolchado plástico. La calidad del fruto (basada en su firmeza), el contenido de sólidos solubles totales (CSST), la acidez titulable (AT) y la relación CSST/AT resultaron similares en los tratamientos de cobertura vegetal y fertilización reducida, respecto a los tratamientos de alta fertilización. La tendencia de mayor absorción de N, P y K por las plantas de tomate, en los tratamientos con alta fertilización, no aumentó la cantidad y calidad de los frutos de tomate. Estos resultados muestran que el uso de *M. pruriens* y *C. ternatea* pueden constituir un método alternativo de agricultura sustentable que contribuya a reducir la degradación de

los suelos y la contaminación ambiental, y a incrementar la productividad del cultivo de tomate.

Palabras clave: *Lycopersicon esculentum*, *cobertura orgánica del suelo*, *Clitoria ternatea*, *Mucuna pruriens*, *calidad poscosecha*.

SUMMARY

The excessive use of inorganic N, P, and K as fertilizers in modern agriculture has caused soil degradation and pollution of groundwater and atmosphere. This study was carried out to analyze the contribution of two legumes cover crops, *Mucuna pruriens* and *Clitoria ternatea*, to reducing the excessive use of inorganic N, P, and K in the cultivation of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *M. pruriens* and *C. ternatea* were combined with low fertilizer doses (250, 50, and 150 kg ha⁻¹ of N, P, and K, respectively) and results were compared with those of two cultivation methods commonly used in the northwestern region of Mexico which use high doses of fertilizers (400, 115, and 290 kg ha⁻¹ of N, P, and K, respectively) with or without plastic mulching. The number of total fruits as well as of big and medium size fruits produced with two the legumes (*M. pruriens* and *C. ternatea*) as cover crops combined with low doses of inorganic N, P, and K were similar or higher than with high doses of inorganic N, P, and K fertilizer, with or without plastic mulching. The quality of the fruit, determined by its firmness, content of total soluble solid (TSSC), titratable acidity (TA), and TSSC/TA ratio in treatments with legume mulching and low use of fertilizers was similar to treatments with high use of fertilizers. Even though the N and P uptake was in general high in the tomato plants under high fertilization treatments, quantity and quality of fruit yield was not affected. Soil salinity increased with crop development and was higher in the high fertilization treatments. These results showed that the use of *M. pruriens* and *C. ternatea* may be an alternative method of sustainable

¹ U.A.S. - Facultad de Agronomía, km 17.5 Carr. Culiacán-Eldorado, Apdo. postal 726. Culiacán, Sinaloa, México.

² CIAD-Culiacán, Carr. Culiacán-Eldorado km. 5.5.

³ CIIDIR-Sinaloa, km 1.0 carr. Las Glorias, Guasave, Sinaloa.

[†] Autor responsable (virm5212@yahoo.com.mx)

agriculture that contributes to increasing tomato crop yields while reducing soil degradation and environmental pollution.

Index words: *Lycopersicon esculentum*, *Clitoria ternatea*, *legume cover crops*, *Mucuna pruriens*, *postharvest quality*, *tomato*.

INTRODUCCIÓN

Los valles agrícolas del noroeste y centro de México se caracterizan por usar técnicas agrícolas modernas que consisten en emplear fertirriego por goteo, acolchados plásticos al suelo y dosis excesivas de fertilizantes nitrogenados, fosfatados y potásicos. En el estado de Sinaloa, uno de los cultivos hortícolas más importantes es el tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.), del cual se siembran alrededor de 20 000 ha por año y en las que los productores aplican de 350 a 400 kg de N, de 110 a 130 kg de P y de 240 a 290 kg de K ha⁻¹, con acolchado plástico del suelo. El uso excesivo de estos fertilizantes puede provocar, además de un aumento en los costos de producción, desbalances nutricionales en los cultivos y problemas de contaminación ambiental (Villarreal-Romero *et al.*, 1999), mientras que el acolchado plástico del suelo tiene repercusiones negativas, porque induce a la degradación biológica del suelo, causa de la actual proliferación de enfermedades radicales en los cultivos hortícolas (Brouse *et al.*, 2006).

En la agricultura moderna altamente tecnificada es común el uso excesivo de fertilizantes inorgánicos, destacando los nitrogenados, fosforados y potásicos. Estos fertilizantes, al aplicarlos en dosis superiores a los requerimientos de los cultivos, conducen a una baja eficiencia en su utilización y a un impacto adverso en el ambiente (Keeney, 1982; Peña-Cabriales *et al.*, 2001), como la contaminación de la atmósfera (Ramanathan *et al.*, 1985), los suelos (Castellanos y Peña-Cabriales, 1990) y los mantos acuíferos, así como la eutrofización de aguas superficiales (Gilliam *et al.*, 1985). Este uso excesivo de fertilizantes químicos también puede provocar desbalances nutricionales en los cultivos hortícolas y bajo rendimiento y calidad de los frutos cosechados (Maynard *et al.*, 1976; Engels y Marschner 1995). Se ha demostrado que el uso indiscriminado de agroquímicos produce degradación física, química y biológica del suelo, debido a la disminución del contenido

de materia orgánica, la acumulación residual de sales solubles y la reducción de su población microbiana (Volke *et al.*, 1993; Crovetto, 1996). Además, el uso de fertilizante nitrogenado en exceso a los requerimientos de los cultivos provoca altas emisiones de NO₂ hacia la atmósfera, lo cual contribuye al efecto invernadero y a la destrucción de la capa de ozono. Estas emisiones pueden reducirse mediante el uso de prácticas apropiadas de fertilización y de sistemas de producción que incluyan la conservación en el suelo de residuos de los cultivos (Baggs *et al.*, 2003). En las áreas hortícolas de México, en particular en el noroeste y centro, no es común el uso de abonos orgánicos como fuente de nutrimentos para los cultivos; por el contrario, los productores hortícolas eliminan la materia orgánica residual y dejan el suelo desnudo o lo cubren con plástico para controlar malezas y patógenos. Estas prácticas conducen a la degradación del suelo en sus propiedades físicas y biológicas (Juo *et al.*, 1995).

Una alternativa para abatir la problemática anterior es impulsar prácticas agrícolas que fomenten la agricultura sustentable mediante el uso racional de los fertilizantes y el control de la fertilidad del suelo a través del reciclaje de nutrimentos, minimizando así sus pérdidas. Se ha demostrado que el uso de leguminosas sembradas en rotación de cultivos, como el tomate, ya sea como acolchado vegetal o como abono verde (Abdul-Baky y Teasdale, 1993; Herrero *et al.*, 2001) es una solución alternativa para disminuir el uso excesivo de fertilizantes y sus consecuencias adversas. El uso de leguminosas como cultivo de cobertura o abono verde aumenta la fertilidad y la productividad de la tierra de cultivo, de mediano a corto plazo, mediante la fijación de nitrógeno atmosférico y el aporte de materia orgánica al suelo, y beneficia la nutrición del cultivo subsiguiente (Muraoka *et al.*, 2002; Mayer *et al.*, 2003). Las leguminosas, como cultivo de cobertura, aumentan la capacidad de almacenamiento de humedad del suelo, reducen la competencia de malezas (Sloderbeck y Edwards, 1979), rompen los ciclos de plagas y enfermedades, y disminuyen el empleo de nitrógeno sintético en los cultivos incluidos en la rotación (Greenland, 1977; Pool *et al.*, 1998). *Mucuna pruriens* y *Clitoria ternatea* son dos especies de leguminosas que se han utilizado con éxito para mejorar la fertilidad del suelo (abono verde), controlar malezas y patógenos del suelo, y como cultivo de cobertura del suelo (Abawi y Thurston, 1994; Muraoka *et al.*, 2002); además de constituir una fuente

de alimento para el ganado; sin embargo, en la región no existen trabajos, con estas leguminosas, enfocados a mejorar la fertilidad del suelo.

Mucuna pruriens es una planta anual, rastrera y trepadora. Es originaria de las regiones tropicales de África y la India. Sus semillas tienen alto contenido de proteína, carbohidratos, lípidos, fibra y minerales. *Clitoria ternatea* es una planta anual, trepadora, de crecimiento erecto y de hojas pinadas, con cinco a nueve folíolos. Probablemente, originaria de América Central (Stone, 1970).

Mucuna pruriens y *Clitoria ternatea* se han cultivado en México con el propósito de obtener forraje de buena calidad para el ganado (INIFAP-CIRNO, 2001) y como cultivos de cobertura en agricultura de temporal (González-Chavez *et al.*, 1990). Sin embargo, en México, existen escasos estudios sobre la habilidad de estas especies como cultivo de cobertura y para mejorar la fertilidad del suelo en zonas agrícolas altamente tecnificadas. Por lo anterior, se utilizaron las leguminosas *Mucuna pruriens* y *Clitoria ternatea* como cultivos de cobertura en rotación con el cultivo de tomate, debido a su importancia económica y social, con el objetivo de determinar si estas especies de leguminosas pueden contribuir a reducir las altas dosis de fertilizantes inorgánicos de nitrógeno, fósforo y potasio, con el sistema de fertirriego en el noroeste de México.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en Sinaloa, México, en un Vertisol pélico, con pH de 8.01, 0.95% de materia orgánica, 0.04% de N, 15 mg kg⁻¹ de P (Olsen), 1.45, 25 y 6 cmol_c de K, Ca y Mg kg⁻¹ de suelo, respectivamente, y textura arcillosa (arcilla, 63%; limo, 15%; arena, 21%). El clima es semiseco; la media anual de la temperatura y lluvia son 24 °C y 478.3 mm, respectivamente (INIFAP-CIRNO, 2003).

Se sembraron las leguminosas *Mucuna pruriens* y *Clitoria ternatea* como cultivos de cobertura del suelo en rotación con el cultivo de tomate, con labranza mínima del suelo, rehaciendo las mismas camas de siembra del ciclo anterior del tomate y en condiciones de temporal. Ambas leguminosas se cosecharon en su etapa de floración y su biomasa se esparció en la superficie de las camas de siembra del tomate, con una cobertura de 90 a 100%; 45 días después, se estableció el experimento de tomate, cuando las coberturas presentaban avanzada

descomposición. Estas coberturas del suelo se probaron contra dos métodos de cultivo de tomate comúnmente utilizados por los productores de la región, con y sin uso de acolchado plástico, ambos con labranza convencional y alta fertilización con fertirriego (37, 56 y 48% de sobrefertilización de N, P y K, respecto de las dosis de estos nutrimentos utilizadas en las coberturas con leguminosas).

Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar, con cuatro repeticiones. La unidad experimental fue de tres surcos de 1.80 m de ancho y 10 m de largo, con una densidad de población de 13 875 plantas ha⁻¹, de acuerdo con lo recomendado por INIFAP-CIRNO (2003) para el valle de Culiacán. Los tratamientos fueron: (1) *M. pruriens* con fertilización de 250, 50 y 150; (2) *C. ternatea* con fertilización de 250, 50 y 150; (3) acolchado plástico con fertilización de 400, 115 y 290; y (4) suelo sin acolchado plástico con fertilización de 400, 115 y 290; en todos los casos anteriores, la fertilización señalada corresponde a kg ha⁻¹ de N, P y K, respectivamente. El N, P y K se aplicaron mediante un sistema de fertirriego por goteo, con base en lo indicado en Villarreal-Romero *et al.* (1999).

Se colectaron muestras de hojas jóvenes, completamente desarrolladas, de 20 plantas escogidas al azar en cada repetición de tratamiento; las muestras se tomaron a 38, 54 y 83 días después del trasplante (DDT), momentos que correspondieron a inicio de floración del cultivo, desarrollo de frutos e inicio de madurez de frutos. Las hojas se trasladaron al laboratorio y se procesaron para su análisis químico respectivo, con el método de la AOAC (1990); el N-total se determinó con el método microKjeldahl, el P en espectrofotómetro UV/VIS y el K en un espectrofotómetro de absorción atómica.

Se realizaron tres muestreos de la solución del suelo, a 38, 54 y 83 DDT, mediante sondas de succión con cápsula porosa, insertadas en tres sitios, por repetición de tratamiento, a 30 cm de profundidad y a 10 cm de distancia del emisor y del tallo de la planta.

El rendimiento se determinó a partir del número total de frutos cosechados a madurez fisiológica y clasificados en los tamaños grande (9.0 a 8.5 cm de diámetro), mediano (8.0 a 7.5 cm) y chico (6.5 a 6.0 cm). La calidad de los frutos se determinó en muestras de cinco frutos verde-maduro por repetición de tratamiento, con base en su firmeza, concentración de sólidos solubles y acidez titulable. La firmeza se midió con

un penetrómetro Chantillon DGF-50, la concentración de sólidos solubles totales con un refractómetro Abbe Leica Mark-2 y la acidez titulable por titulación (AOAC, 1990).

Los datos generados se analizaron mediante un análisis de varianza, de manera independiente para cada fecha de muestreo, utilizando el paquete estadístico SAS, Versión 6.03 (SAS Institute, 1988). Cuando las diferencias entre tratamientos fueron significativas, se efectuó una comparación múltiple de medias (Tukey, $\alpha = 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Concentración de Nitrógeno, Fósforo y Potasio en el Tejido Foliar de las Plantas de Tomate

Los valores de N foliar en las plantas sólo fueron significativamente diferentes al inicio de madurez de frutos, 54 días después del trasplante (DDT) (Figura 1A). En este momento, la concentración de N en hojas más jóvenes completamente desarrolladas fue mayor en el tratamiento de acolchado plástico y fertilización alta, seguido del tratamiento con cobertura de *Mucuna pruriens* y suelo desnudo. Las plantas desarrolladas en la cobertura de *Clitoria ternatea* fueron las que presentaron significativamente menor concentración de N que los tratamientos restantes (Figura 1A). Los valores de P entre tratamientos sólo fueron significativamente diferentes al inicio de floración de las plantas de tomate (38 DDT), (Figura 1B). En ese muestreo, la concentración de P en hojas recientemente maduras fue mayor en el tratamiento de acolchado plástico y fertilización alta, seguido del tratamiento de suelo desnudo y fertilización alta; las plantas desarrolladas en las coberturas vegetales presentaron los valores más bajos de este elemento. La concentración de K no varió significativamente entre los tratamientos, en los tres momentos de desarrollo del cultivo (Figura 1C).

El grado de aprovechamiento de N, P y K por las plantas de tomate fue mejor en los tratamientos de cobertura del suelo con las leguminosas y dosis reducida de fertilización, que en los de fertilización alta de acolchado plástico y suelo desnudo, en vista de los valores similares en la concentración de N, P y K detectados en las hojas de las plantas en los momentos de alta demanda de nutrimentos (período entre 54 y 83 DDT), cuando la aplicación semanal del fertilizante fue más alta (Figura 1).

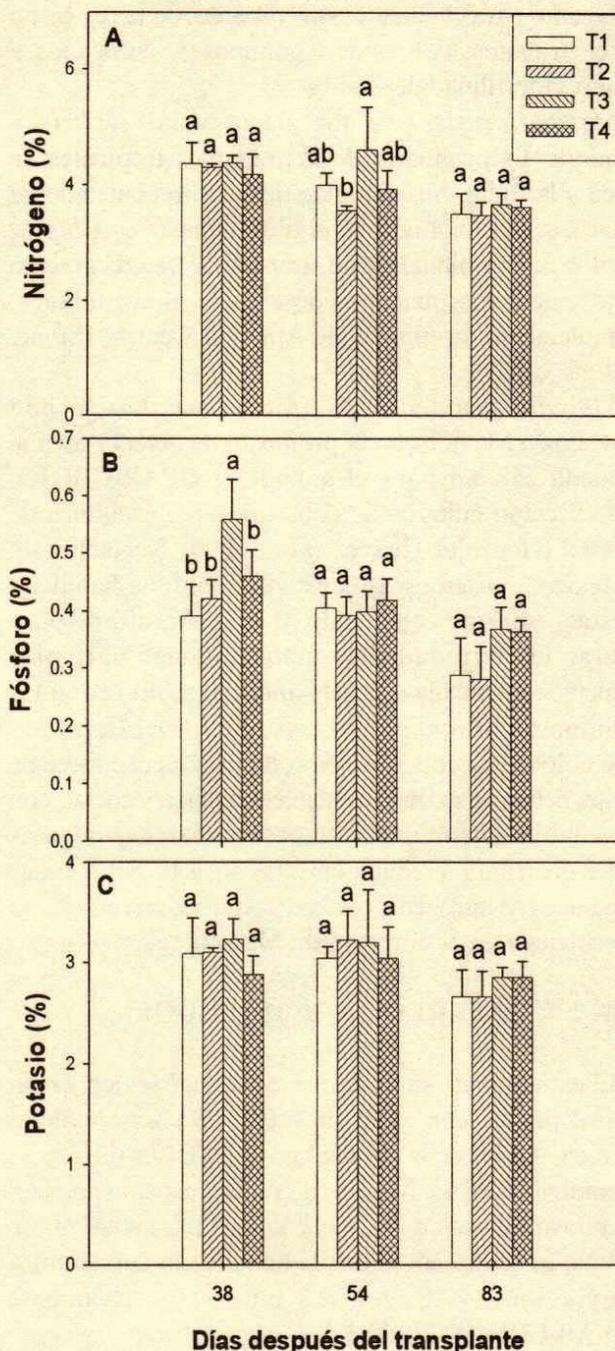


Figura 1. Efecto del tipo de cobertura del suelo y edad del cultivo en la concentración de nitrógeno (A), fósforo (B) y potasio (C) en hojas de plantas de tomate. Los valores son promedio de cuatro repeticiones. Barras con la misma letra son estadísticamente iguales ($P < 0.05$). Líneas verticales en barras representan desviación estándar. Cobertura del suelo; (T1) *Mucuna pruriens*, (T2) *Clitoria ternatea*, (T3) acolchado plástico (T4) suelo sin cobertura.

Como era de esperarse, las concentraciones de N, P y K presentaron una tendencia a disminuir en el tejido foliar, conforme el cultivo avanzó en su ciclo de

desarrollo, lo cual se debió a la alta demanda de los frutos en desarrollo (Marschner, 1995). Además, no se observaron síntomas de deficiencia de estos nutrimentos en las plantas, en ninguno de los tres momentos de desarrollo del cultivo.

Contenido de Sales Solubles y Nitratos en el Suelo

El contenido de sales solubles, determinado por la conductividad eléctrica (CE) y la concentración de $N-NO_3$ en el suelo, fue significativamente diferente entre tratamientos sólo a 38 DDT (Figura 2). La mayor concentración de sales solubles se presentó en el acolchado plástico y la menor en suelo desnudo. En el tratamiento con las leguminosas se presentaron valores intermedios (Figura 2A). La concentración de $N-NO_3$ también fue mayor en el acolchado plástico, mientras que en la cobertura con leguminosas se presentaron los menores valores (Figura 2B). En otros trabajos se ha encontrado que el acolchado plástico del suelo puede aumentar la concentración salina y de nitratos en el suelo (Gamliel y Katan, 1991).

La CE y $N-NO_3$ se incrementaron conforme avanzó el desarrollo del cultivo, debido al efecto de acumulación progresiva de los fertilizantes aplicados. Se observó una mayor acumulación de sales solubles (CE) y de nitrógeno ($N-NO_3$) en el suelo, en los tratamientos de fertilización alta y acolchado plástico, comparados con los de fertilización reducida y cobertura de leguminosas. Estos resultados muestran que aplicar N, P y K en cantidades superiores a la demanda del cultivo de tomate puede incrementar la concentración salina del suelo y fomentar la lixiviación de nitratos hacia los mantos acuíferos (Sainju *et al.*, 2001).

Los valores de CE del suelo, detectados durante la cosecha de tomate en los tratamientos de cobertura con leguminosas (Figura 2A), fueron menores que los de tratamientos con alta fertilización, con y sin acolchado plástico, y también éstos fueron menores que los valores que, por recomendación de asesores técnicos, normalmente mantienen los productores de tomate en la región, de 2.0 a 2.5 $dS m^{-1}$, con la intención de obtener buena calidad de fruto. Los valores de CE del suelo observados, en el momento de cosecha, menores de los deseables por los productores, pueden atribuirse a que éstos son acumulativos en más de un ciclo de cultivo de tomate. Sin embargo, éstos no influyeron significativamente en las variables de calidad del fruto en el momento de la cosecha.

Producción de Fruto

Hubo significancia entre tratamientos en la producción total de fruto en los tamaños grande y mediano. En la producción de frutos de tamaño pequeño no hubo diferencia significativa entre tratamientos (Figura 3). Las plantas que crecieron en suelo con cobertura de la leguminosa *C. ternatea* produjeron el mayor número de frutos grandes, seguidas por las que tuvieron cobertura de *M. pruriens* y acolchado plástico. Las plantas que crecieron en suelo desnudo produjeron la menor cantidad de frutos grandes. Los tratamientos de *C. ternatea* y acolchado plástico rindieron la mayor cantidad de frutos medianos, mientras que en suelo desnudo se produjo la menor cantidad. El mayor rendimiento de fruto se obtuvo en el tratamiento de cobertura con *C. ternatea* y el menor se observó en

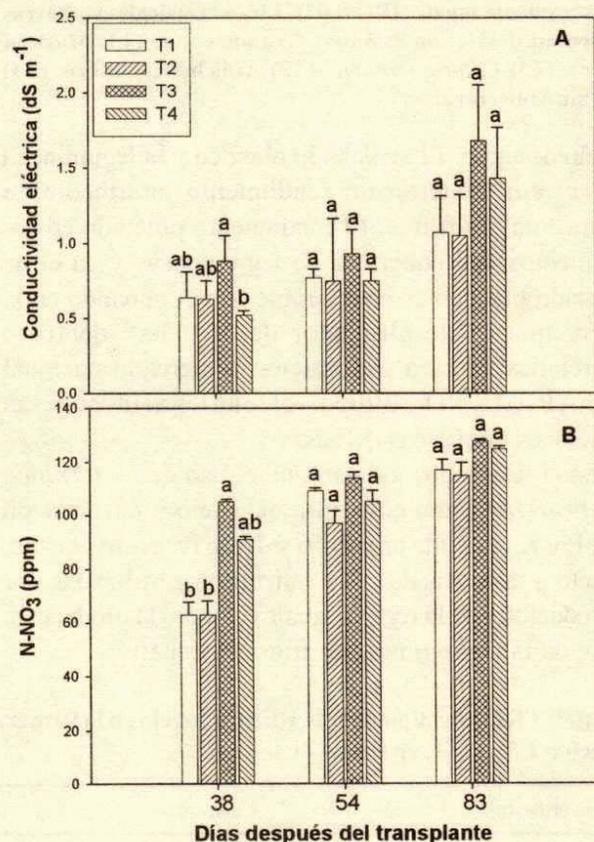


Figura 2. Efecto del tipo de cobertura del suelo y edad del cultivo en la conductividad eléctrica y $N-NO_3$ en la solución del suelo. Los valores son promedio de cuatro repeticiones. Barras con la misma letra son estadísticamente iguales ($P < 0.05$). Líneas verticales en las barras representan desviación estándar. Cobertura del suelo; (T1) *Mucuna pruriens*, (T2) *Clitoria ternatea*, (T3) acolchado plástico y (T4) suelo sin cobertura.

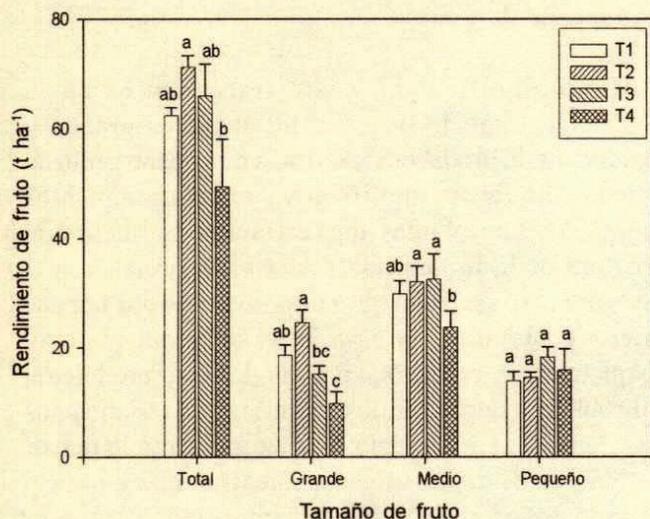


Figura 3. Producción comercializable total y por tipo de tamaño de fruto, por efecto de tratamiento. Los valores son promedio de cuatro repeticiones. Barras con la misma letra son estadísticamente iguales ($P < 0.05$). Líneas verticales en barras representan desviación estándar. Tratamientos: (T1) *Mucuna pruriens*, (T2) *Clitoria ternatea*, (T3) Acolchado plástico, (T4) Suelo sin cobertura.

el suelo desnudo. El acolchado plástico y la leguminosa *M. pruriens* tuvieron un rendimiento intermedio en número total de frutos. El rendimiento obtenido en los tratamientos con cobertura de leguminosas y en el de acolchado plástico es comparable con el obtenido en la región, que es de alrededor de 70 t ha⁻¹ de fruto comercializable para exportación y mercado nacional (INIFAP-CIRNO, 2003), el cual varía con las condiciones climáticas del año.

Estos resultados indican que el uso de *C. ternatea* y *M. pruriens* como cobertura del suelo y fertilización de N, P y K reducida en 37, 56 y 48%, respectivamente, respecto a las dosis de estos nutrimentos utilizadas por los productores de la región, igualó o superó la producción total y de tamaño grande de fruto de tomate.

Calidad de Fruto

No hubo diferencia significativa entre tratamientos con cobertura del suelo en las variables de calidad de fruto, como firmeza, concentración de sólidos solubles totales (CSST) y acidez titulable (AT), ni en la relación CSST/AT (Cuadro 1). La firmeza de los frutos, en el momento de cosecha, estuvo en un intervalo de 24.64 y 27.95 newtons, la acidez titulable entre 0.39 y 0.42%, la CSST entre 5.25 y 5.28 grados Brix y la relación CSST/AT entre 12.6 y 13.57. Los valores estuvieron dentro de los intervalos considerados como adecuados para frutos de tomate de buena calidad (Kader *et al.*, 1978; Mencarelli *et al.*, 1989). Estos resultados sugieren que las leguminosas *C. ternatea* y *M. pruriens* probablemente promovieron la actividad microbiana del suelo y, así, fomentaron la disponibilidad de N, P y K residual en el suelo; de aquí que no fue necesario la aplicación de la dosis alta de fertilizante para asegurar una buena calidad de los frutos de tomate, como lo indicaron Villarreal-Romero *et al.* (1999), en trabajos realizados con este mismo cultivo y tipo de suelo del valle de Culiacán, Sinaloa. Estos resultados sugieren, también, que el uso de estas leguminosas contribuye a reducir los costos de producción y la contaminación ambiental por el uso excesivo de N, P y K. Además, este método es relativamente barato, en vista de que sólo se requiere de la compra de semilla y la siembra de la leguminosa, misma que se realizaría en condiciones de temporal en verano. Por lo tanto, se puede sustituir el uso de acolchados plásticos para "solarizar" el suelo en dicha época y controlar malezas en el tomate, comúnmente utilizados por los horticultores de Sinaloa, con resultados adversos para el ambiente.

Por otra parte, se observó una tendencia de los frutos de tamaño grande a presentar baja TSSC; esta tendencia se debe a que el contenido de agua en frutos de tomate

Cuadro 1. Efecto del tipo de cobertura del suelo en la firmeza, acidez titulable (AT), contenido de sólidos solubles totales (CSST) y relación CSST/AT, en frutos de tomate¹.

Tipo de cobertura del suelo	Firmeza newtons	Acidez titulable %	CSST °Brix	CSST/AT
<i>Mucuna pruriens</i>	24.64 ± 1.09	0.390 ± 0.013	5.25 ± 0.136	13.57 ± 0.136
<i>Clitoria ternatea</i>	25.92 ± 0.54	0.400 ± 0.005	5.10 ± 0.175	12.85 ± 0.538
Acolchado plástico	26.25 ± 1.77	0.410 ± 0.014	5.28 ± 0.127	12.91 ± 0.692
Sin cobertura	27.95 ± 1.00	0.420 ± 0.010	5.28 ± 0.112	12.60 ± 0.345
F	2.82	0.81	0.23	0.5
P	0.088	0.518	0.872	0.592

¹Los valores son medias ± desviación estándar de cuatro repeticiones. F y P indican resultados del análisis de varianza.

de este tamaño es mayor, lo que reduce la CSST y afecta su calidad (Cuartero y Fernández-Muñoz, 1999).

Los valores de CE del suelo detectados en todos los tratamientos no modificaron significativamente las variables de calidad del fruto al día de cosecha.

CONCLUSIONES

- La cobertura vegetal del suelo con *Mucuna pruriens* y *Clitoria ternatea* con fertilización de 250, 50 y 150 kg ha⁻¹ de N, P y K, respectivamente, produjo resultados similares, en cantidad y calidad de frutos de tomate, a los producidos en condiciones de cobertura plástica del suelo y fertilización de 400, 115 y 290 kg ha⁻¹ de N, P y K, respectivamente, lo cual significa un ahorro de 37, 55 y 50 kg ha⁻¹ de N, P y K, respectivamente.

- Las plantas de tomate, cultivadas en el suelo con cobertura vegetal de *Mucuna pruriens* y *Clitoria ternatea* con baja fertilización, presentaron similares valores de absorción de N, P y K que las plantas que crecieron en suelo con alta dosis de fertilización, lo cual sugiere una mayor eficiencia de la fertilización de N, P y K en los suelos tratados con cobertura vegetal.

- El uso de *Mucuna pruriens* y *Clitoria ternatea* con fertilización baja puede prevenir la acumulación de sales solubles y nitratos en el suelo. De acuerdo con los resultados de este trabajo, es recomendable el uso de estas leguminosas en rotación con el cultivo de tomate. Éstas contribuyen a conservar la fertilidad del suelo y a mejorar las condiciones físicas del mismo, así como a reducir los problemas de contaminación ambiental y los costos de producción, por la aplicación excesiva de fertilizantes en la agricultura moderna.

AGRADECIMIENTOS

A la M.C. Verónica Pérez Rubio e Ing. Beatriz Ibarra Encinas, personal técnico del CIAD-Culiacán, por su colaboración en el análisis químico de las muestras de tejido vegetal y de suelo. Al Campo Experimental del Valle de Culiacán, CIRNO-INIFAP, por su apoyo con material y equipo de riego por goteo para realizar este trabajo.

LITERATURA CITADA

Abawi, G. S. y H. D. Thurston. 1994. Efecto de las coberturas y enmiendas orgánicas al suelo y de los cultivos de cobertera sobre los patógenos del suelo y las enfermedades radicales.

- Una revisión. pp. 97-108. *In*: Tapados. Los sistemas de siembra con Cobertura. CATIE-CIIFAD. Ithaca, NY, USA.
- Abdul-Baky, A. A. y J. R. Teasdale. 1993. A no-tillage tomato production system using hairy vetch and subterranean clover mulches. *HortScience* 28: 106-108.
- AOAC (Association of Official Analytic Chemists). 1990. *Methods of Analysis*. Washington, DC, USA.
- Baggs, E. M., M. Stevenson, M. Pihlatie, A. Regar, H. Cook y G. Cadisch. 2003. Nitrous oxide emissions following application of residues and fertiliser under zero and conventional tillage. *Plant Soil* 254: 361-370.
- Brouse, S. B., J. A. Kirkegaard, J. Pratley y G. Howe. 2006. Growth suppression of canola through wheat stubble. I. Separating physical and biochemical causes in the field. *Plant Soil* 286: 203-218.
- Castellanos, J. Z. y J. J. Peña-Cabriales. 1990. Los nitratos provenientes de la agricultura. Una fuente de contaminación de los acuíferos. *Terra* 8: 113-126.
- Crovetto, C. 1996. Stubble over the soil. The vital role of plant residue in soil management to improve soil quality. Special publication 19. American Society of Agronomy. Madison, WI, USA.
- Cuartero, J. y R. Fernández-Muñoz. 1999. Tomato and salinity. *Sci. Hortic.* 78: 83-125.
- Engels, C. y H. Marschner. 1995. Plant uptake and utilization of nitrogen. pp. 41-81. *In*: P. E. Bacon (ed.). Nitrogen fertilization in the environment. Woodlots and Wetlands. Sydney, New Wales, Australia.
- Gamliel, A. y J. Katan. 1991. Involvement of fluorescent pseudomonas and other microorganisms in increased growth response of plants in solarized soils. *Phytopathology* 81: 494-502.
- Gilliam, J. W., T. J. Logan y F. E. Broadbent. 1985. Fertilizer use in relation to the environment. pp. 561-588. *In*: O. P. Engelstad (ed.). Fertilizer technology and use. Third edition. Soil Science Society of America. Madison, WI, USA.
- González-Chavez, C., R. Ferrera-Cerrato, E. R. García y A. Martínez G. 1990. La fijación biológica de nitrógeno en un agroecosistema de bajo ingreso externo de energía en Tamulté de las Sabanas, Tabasco. *Agrociencia (serie Agua Suelo)* 1: 133-153.
- Greenland, D. J. 1977. Contribution of microorganisms on the nitrogen status of tropical soils. pp. 13-26. *In*: A. Ayanaba y P. J. Dart (eds.). Biological nitrogen fixation in farming system of the tropics. John Wiley. NY, USA.
- Herrero, E. V., J. P. Mitchell, W. T. Lanini, S. R. Temple, E. M. Miyao, R. D. Morse y E. Campiglia. 2001. Use of cover crop mulches in no-till furrow-irrigated processing tomato production system. *HortTechnology* 11: 43-48.
- INIFAP-CIRNO. 2001. Guía para cultivar *Mucuna* en el sur de Sinaloa. Boletín 3. Campo Experimental Sur de Sinaloa. Mazatlán, Sinaloa, México.
- INIFAP-CIRNO. 2003. Guía para cultivar *Mucuna* en el sur de Sinaloa. Boletín 3. Campo Experimental Valle de Culiacán. Culiacán, Sinaloa, México.
- Juo, A.S. R., A. Dabiri y K. Franzluebbers. 1995. Acidification of a kaolinitic Alfisol under continuous cropping and nitrogen fertilization in West Africa. *Plant Soil* 171: 245-253.

- Kader, A. A., L. L. Morris y M. Albright-Holton. 1978. Composition and flavor quality of fresh market tomatoes as influenced by some postharvest handling procedures. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 103: 6-13.
- Keeney, D. R. 1982. Nitrogen management for maximum efficiency and minimum pollution. pp. 605-649. *In*: F. J. Stevenson (ed.). *Farmed soils, fertilizer, agroecosystems*. Agronomy Monogr. 22. American Society of Agronomy. Madison, WI, USA.
- Marschner, H. 1995. *Mineral nutrition in higher plants*. 2nd edition. Academic Press. London, UK.
- Mayer, J., F. Buegger, E. S. Jensen, M. Schloter y J. Heb. 2003. Residual nitrogen contribution from grain legumes to succeeding wheat and rape and related microbial process. *Plant Soil* 255: 541-554.
- Maynard, D. N., A. V. Barker, P. L. Minotti y N. H. Peck. 1976. Nitrate accumulation in vegetables. *Adv. Agron.* 28: 71-118.
- Mencarelli, F., R. Botondi y D. Moraglia. 1989. Postharvest quality maintenance of new varieties of tomato, pepper and eggplant with small size fruits: preliminary results. *Acta Hort.* 244: 235-241.
- Muraoka, T., E. J. Ambrosano, F. Zapata, N. Bortoletto, L. M. Martins, A. Trivelin P. C. O., A. E. Boaretto y W. B. Scivittaro. 2002. Eficiencia de abonos verdes (*Crotalaria* y *Mucuna*) y urea, aplicados solos o juntamente, como fuentes de N para el cultivo de arroz. *Terra* 20: 17-23.
- Peña-Cabriales, J. J., O. A. Grajeda-Cabrera y J. A. Vera-Núñez. 2001. Manejo de los fertilizantes nitrogenados en México: uso de las técnicas isotópicas (¹⁵N). *Terra* 20: 51-56.
- Pool-Novelo, L., N. S. León-Martínez, C. González-Santiago y P. Figueroa-Fuentes. 1998. Frijol terciopelo, cultivo de cobertura en la agricultura Chol del valle del Tulijá, Chiapas, México. *Terra* 16: 359-369.
- Ramanathan, V., R. J. Cicerone, H. B. Singh y J. T. Kiehl. 1985. Trace gas trends and their potential role in climate change. *J. Geophys. Res.* 90: 5547-5566.
- Sainju, U. M., B. P. Singh y W. F. Whitehead. 2001. Comparison of the effects of cover crops and nitrogen fertilization on tomato yield, root growth and soil properties. *Sci. Hortic.* 91: 201-214.
- SAS Institute. 1988. *SAS/STAT user's guide*. Release 6.03. Cary, NC, USA.
- Sloderbeck, P. E. y C. R. Edwards. 1979. Effects of soybean cropping practices on Mexican bean beetle and redlegged grasshopper populations. *J. Econ. Entomol.* 72: 850-853.
- Stone, B. 1970. The flora of Guam. *Micronesica* 6: 327-328.
- Villarreal-Romero, M., V. Pérez R. y J. H. Siller C. 1999. Fertirrigación nitrogenada y potásica, y su efecto en la producción y calidad del tomate, en el Valle de Culiacán, Sinaloa. *Horticultura Mexicana* 7: 358-367.
- Volke-Haller, V., J. F. Reyes y C. Merino-Bazán. 1993. La materia orgánica del suelo como función de factores físicos y el uso y manejo del suelo. *Terra* 11: 85-92.