

## Biomasa y captura de nitrógeno de cultivares de *Mucuna pruriens* (L.) DC. y su descomposición en el suelo

M. Villarreal-Romero<sup>\*,1</sup>, S. Parra-Terraza<sup>\*</sup>, S. Hernández-Verdugo<sup>\*</sup>,  
T. Osuna-Enciso<sup>\*\*\*</sup>, P. Sánchez-Peña<sup>\*</sup>, A. Angulo-Castro<sup>\*</sup> y R. Pinto-Ruiz<sup>\*\*</sup>

\* Universidad Autónoma de Sinaloa, Facultad de Agronomía. Km 17.5 Carr. Culiacán-Eldorado, Culiacán, Sinaloa, México, CP 80000

\*\* Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad Autónoma de Chiapas, Carretera Villaflores-Ocozocoautla km 7.5 Villaflores, Chiapas, Mexico

\*\*\* CIAD Unidad Culiacán. Km 5.5 Carr. Culiacán-Eldorado, Col. Campo El Diez, Culiacán, Sinaloa, México, CP 80129

### Resumen

El cultivo de leguminosas para abonar al suelo y beneficiar al cultivo subsiguiente de interés económico, requiere conocer la tasa de descomposición y liberación de nitrógeno de su biomasa producida; por lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue conocer la capacidad de producción de biomasa, acumulación y fijación de nitrógeno atmosférico de tres cultivares de *Mucuna pruriens*, así como determinar el patrón de su descomposición y liberación en el suelo. El trabajo se realizó en un suelo *Typic Haplustert* en condiciones de campo en el valle de Culiacán, Sinaloa, México. El diseño experimental fue en parcelas subdivididas en bloques al azar con cuatro repeticiones. Los cultivares de mucuna produjeron similar cantidad de biomasa y mostraron comparable capacidad de acumulación de nitrógeno en su follaje y de fijación de nitrógeno atmosférico. No hubo diferencia significativa entre cultivares, dentro de mismos de tiempos de incubación, en el patrón de descomposición y liberación de nitrógeno en el suelo de su follaje. Los cultivares de mucuna mostraron que la velocidad de descomposición y liberación de nitrógeno del follaje fue, comparativamente al resto de los tiempos de incubación del follaje, más alta en los primeros 15 días aplicado a 20 cm de profundidad y a los 15-30 días cuando este se aplicó en la superficie del suelo. La cantidad de biomasa producida, el monto de nitrógeno acumulado en el follaje y el fijado de la atmósfera por los tres cultivares de *Mucuna pruriens* estudiados, muestra su aptitud para establecerse como cultivos de cobertura del suelo en Valle de Culiacán, Sinaloa, México.

**Palabras clave:** Abono verde, fijación de nitrógeno, liberación de nitrógeno en el suelo.

### Abstract

#### Biomass and capture of nitrogen of cultivars of *Mucuna pruriens* (L.) DC. and its decomposition in soil

The practice of cultivation of legumes to manure to the soil and benefit to the subsequent crop of economic interest, need to know the rate of decomposition and release of nitrogen from its produced biomass; therefore, the objective of this work was to determine the capacity of biomass production, accumulation and fixation of atmospheric nitrogen of three cultivars of *Mucuna pruriens*, as well as determine the pattern of decomposition and release into to the soil. The work was carried out in a *Typic*

---

1. Autor para correspondencia: manuelvillarreal2@yahoo.com.mx  
<http://dx.doi.org/10.12706/itea.2014.002>

*Huplustert* soil under field conditions of Culiacan Valley, Sinaloa, Mexico. The experimental design was a split plot in randomized blocks with four replications. The cultivars of mucuna produced similar amount of biomass and showed comparable capacity for accumulation of nitrogen in their foliage and atmospheric nitrogen fixation. No significant difference was observed between cultivars, within same incubation times, in the pattern of decay and release of nitrogen in the soil of their foliage. In all three cultivars of mucuna was observed that decomposition rate and nitrogen liberation from foliage was, comparatively to the rest of the incubation times, higher in the first 15 days of incubation applied to 20 cm deep and 15-30 days when applied to the soil surface. The amount of biomass produced, the amount of nitrogen accumulated in the foliage and the nitrogen fixed from the atmosphere by the three studied cultivars of *Mucuna pruriens*, demonstrates its ability to establish itself as ground cover crops in Culiacan Valley, Sinaloa, Mexico.

**Key words:** Cover crops, N<sub>2</sub>-fixation, nitrogen liberation in the soil.

## Introducción

La práctica convencional de producción de hortalizas en Sinaloa incluye la aplicación excesiva de fertilizantes y de labranza, lo cual degrada la calidad de los recursos suelo y agua porque estos hábitos provocan alta concentración de nitratos y fosfatos en aguas superficiales y sub-superficiales (Páes *et al.*, 2007); también se induce la erosión del suelo, acelera la descomposición de la materia orgánica y afecta la diversidad biológica del suelo. El establecimiento de cultivos de cobertura, en primavera-verano en esta región, puede reducir la degradación del suelo al proveer una cubierta vegetal abundante, aumentar el contenido de carbono y de nitrógeno en el suelo (Hargrove, 1986; Kuo *et al.*, 1997) y propiciar el reciclaje de nutrientes (Puertas *et al.*, 2008), lo cual aumentará la productividad de los cultivos del ciclo otoño-invierno (Shennan, 1992; Creamer *et al.*, 1996). Mediante esta práctica de manejo es posible aumentar la fertilidad natural del suelo y reducir significativamente la aplicación de fertilizantes minerales en cultivos del ciclo otoño-invierno, propiciando así un esquema de producción sostenible de cultivos.

Dentro de las formas alternativas de manejo de los elementos nutritivos de las plantas está el papel de las leguminosas en el abas-

tecimiento de nitrógeno a cultivos no leguminosos mediante la rotación de cultivos (Hargrove, 1986). En este sentido, una de las prácticas de producción más sostenibles y beneficiosas para el medio ambiente consiste en establecer cultivos de cubierta vegetal y abonado verde, entre los que destaca la leguminosa *Mucuna* sp, misma que se ha venido fomentando su uso en México y otras partes del mundo (Salgado *et al.*, 2010). Dentro de los beneficios para los cultivos agrícolas y el ambiente que implica el empleo de esta y otras leguminosas, sea como cobertura vegetal del suelo o abono verde, es el aporte de nitrógeno para los cultivos subsecuentes (Villarreal *et al.*, 2006; Gerónimo-Cruz *et al.*, 2002), por mejorar las condiciones físicas y biológicas del suelo (Decker *et al.*, 1994) y por reducir la pérdida de nitrógeno residual hacia el subsuelo (Páes *et al.*, 2007).

Es conveniente evaluar cultivos de cobertura del suelo por su capacidad de establecerse rápidamente, por su potencial de fijación de N<sub>2</sub> y suprimir el crecimiento de malezas, en condiciones específicas de suelo y clima. Este tipo de cultivo estableciéndose en primavera-verano en el valle de Culiacán, Sinaloa, México, puede agregar carbono orgánico al suelo, fijar nitrógeno atmosférico al mismo, reciclar y hacer disponibles otros nutrientes en el suelo como P, K, Ca, Mg y S (Salgado *et*

al., 2010), lo cual mejorará la fertilidad natural del suelo y beneficiaría a los cultivos que se siembren del ciclo otoño-invierno.

El cultivo de mucuna acumula una importante cantidad de biomasa (Carsky et al., 2001), fija nitrógeno atmosférico en cantidades significativas (Sanginga et al., 1996) y suprime efectivamente el crecimiento de malezas (Versteeg y Koudokpon, 1990). Conocer la tasa de descomposición de la biomasa producida por un cultivo de leguminosas, como la mucuna, es fundamental para utilizarse como abono verde o cultivo de cobertura; la tasa de descomposición de dicha biomasa está asociada a su contenido de elementos nutritivos, los cuales pueden ser liberados al suelo durante el período de crecimiento del cultivo subsiguiente, y está determinada por la cantidad y calidad de su biomasa producida (Myers et al., 1994). Los factores que influyen en la tasa de descomposición del follaje de las plantas por parte de los microorganismos del suelo son a la temperatura y humedad del suelo, y a la relación C/N del material vegetal (Thomas y Asakawa, 1993).

El objetivo del presente trabajo fue conocer la capacidad de producción de biomasa, acumulación y fijación de nitrógeno atmosférico de tres cultivares de *Mucuna pruriens* (L.) DC. a establecer como cultivos de cobertura, así como determinar el patrón de su descomposición y liberación de nitrógeno en el suelo, en condiciones ambientales del Valle de Culiacán, Sinaloa, México.

## Materiales y métodos

### Sitio experimental

El presente trabajo de investigación se desarrolló de abril a noviembre de 2010 en el Campo Experimental de INIFAP del Valle de Culiacán, Sinaloa, en el Noroeste de México,

localizado a 24° 36' 58" N y 107° 25' 48" O, en un lote de terreno donde se ha trabajado los últimos cuatro años, en el uso de cobertura vegetal del suelo con *Mucuna pruriens* (L.) DC. para mejorar la fertilidad del suelo y reducir la fertilización química en tomate (*Solanum lycopersicum*). El clima es semiárido BS1 (h') w (w)(e), con lluvias predominantes en verano y erráticas en invierno (García, 1988); la precipitación media anual es de 800 mm; la temperatura media anual es de 26,8°C con máximas de 34 a 43,5°C en verano y mínimas de 2 a 8,5°C en invierno; la humedad relativa media anual es de 68% con una máxima de 81% en septiembre y la mínima de 51% en abril. La caracterización del suelo del lote experimental se basó en una muestra compuesta de diez submuestras colectadas al azar a una profundidad de 0 a 30 cm, el 5 de abril de 2010; el tipo de suelo corresponde a Vertisol, Typic Haplustert (USDA, 1999); tiene 150 cm de profundidad, de textura arcillosa y sus características químicas se presentan en la Tabla 1.

### Siembra y producción de follaje de los cultivares de mucna

Se sembraron tres cultivares de *Mucuna pruriens* (L.) DC (Deeringiana, Preta y Ghana) el 15 de abril de 2010, en una superficie total de 648 m<sup>2</sup>; su arreglo topológico fue en surcos-cama de 1,8 m de anchura y 10 m de longitud con una densidad de población de 3,89 plantas m<sup>-2</sup>. El follaje se cosechó durante el inicio de floración de cada cultivar.

### Tratamientos y diseño experimental

En el presente trabajo se realizaron dos experimentos. En el primero de ellos se evaluó la capacidad de producción de biomasa y captura de nitrógeno por los tres cultivares de mucuna mencionados; los tratamientos correspondieron a cada uno de los tres cultivares de *Mucuna* sp estudiados. El diseño experimental fue en bloques al azar con cuatro

Tabla 1. Características químicas del suelo del terreno experimental, relacionadas con su fertilidad  
 Table 1. Chemical characteristics of the soil of the experimental field, related to their fertility

pH	CEe (dS m <sup>-1</sup> )	MO (%)	CIC (cmol.kg <sup>-1</sup> )	Determinación							Cu	
				N-NO <sub>3</sub>	P-PO <sub>4</sub>	K	Ca	Mg	Fe	Mn		Zn
7,1	0,31	1,95	74	26	60	300	5000	600	7,0	7,5	1,0	2,0

CEe = Conductividad eléctrica del extracto de saturación; MO = Cantidad de materia orgánica; CIC= Capacidad de intercambio catiónico. Los valores de los cationes (ppm) son cantidades disponibles. Las determinaciones de P-PO<sub>4</sub> y K se realizaron por el método de Olsen y acetato de amonio 1N, pH 7.

repeticiones y cada unidad experimental consistió en una parcela de 3 surcos de 1,8 m de ancho y 10 m de longitud, igual a 54 m<sup>2</sup>.

En el segundo experimento se estudió el patrón de descomposición y liberación de nitrógeno del follaje; este trabajo se realizó en la misma área del primer experimento. Se utilizó el diseño experimental de parcelas subdivididas, en bloques completos al azar, con cuatro repeticiones. La parcela grande o principal estuvo constituida por tiempos de incubación del follaje, en días: (15, 30, 45 y 75 días); la parcela mediana correspondió a los tres cultivares de mucuna: (A) Deeringiana, (B) Preta y (C) Ghana; la parcela chica estuvo conformada por: (S) hojas y tallos aplicados en la superficie del suelo y (E) Hojas y tallos incorporados a 20 cm de profundidad del suelo; en estas parcelas se aplicó el equivalente a la biomasa seca aérea (hojas y tallos) producida por los tres cultivares de mucuna en el primer experimento, es decir 5022, 5146 y 4915 kg ha<sup>-1</sup> por los cv. Deeringiana, Preta y Ghana, respectivamente; el diseño experimental planteado originó 24 tratamientos (4 tiempos de incubación x 3 cultivares de mucuna x 2 métodos de aplicación del follaje).

#### Variables medidas

**Producción de biomasa.** Para cuantificar la biomasa producida por los tres cultivares estudiados de *M. pruriens* se tomaron muestras al azar de follaje y raíces de nueve plantas completas por cada cultivar en cada repetición, al inicio de la floración (90 a 93 días después de la emergencia). El material colectado se llevó al laboratorio y, después de lavarlo con agua corriente y enjuagarlo con agua destilada, se secó a 70 °C durante 48 h en estufa con circulación forzada de aire, para obtener el peso seco.

**Fijación de nitrógeno atmosférico (N<sub>2</sub>).** Para estimar la capacidad de fijación de N<sub>2</sub> en los tres cultivares de mucuna estudiados se em-

pleó el método de la diferencia en acumulación de nitrógeno (Hauser y Nolte, 2002), el cual consiste en comparar la cantidad de nitrógeno acumulado en la biomasa de plantas fijadoras (mucunas) y no fijadoras de  $N_2$  (una variedad de soya no nodulante, proporcionada por North Carolina Agricultural Research Service de North Carolina State University, en Raleigh, USA). Para obtener los datos de acumulación de nitrógeno de plantas de la soya no nodulante, se sembraron y cultivaron plantas de esta leguminosa, en las cuatro repeticiones del primer experimento.

*Acumulación de nitrógeno en el follaje.* Se determinó la acumulación de nitrógeno por las plantas de mucuna y de soya no nodulante en la etapa de floración de ambas leguminosas. La acumulación de N por las plantas leguminosas se basó en el contenido (%) de N en la materia seca de la parte aérea de las plantas, de acuerdo con el método indicado en AOAC (1999).

*Descomposición y liberación de nitrógeno del follaje.* Para realizar dichas medidas se utilizó la cantidad correspondiente de follaje seco, en  $kg\ ha^{-1}$ , producido en el primer experimento por cada una de los cultivares de *M. pruriens* (5022, 5146 y 4915  $kg\ ha^{-1}$  de follaje seco de los cultivares Deeringiana, Preta y Ghana, respectivamente). El follaje seco se cortó en segmentos de aproximadamente 1 cm de longitud y se colocó en bolsas de malla plástica de 2 mm de apertura y con dimensiones 15 cm x 25 cm, igual a 0.0375  $m^2$ ; situándolas en la superficie del suelo y enterradas a 20 cm de profundidad. La descomposición del follaje y la liberación de nitrógeno del mismo se calculó con base en el procedimiento indicado por Cobo et al., (2002), mediante la expresión siguiente:

$$XR (\%) = (X_t/X_o) \times 100;$$

donde XR es el porcentaje del peso de follaje o la cantidad del nitrógeno remanente en el mismo,  $X_t$  es el contenido en peso de follaje

o de nitrógeno en cada tiempo de incubación y  $X_o$  es el valor inicial del peso de follaje o del contenido de nitrógeno en el mismo.

La tasa de descomposición del follaje de las leguminosas se determinó de acuerdo con Gerónimo-Cruz et al. (2002), con base en la relación siguiente:

$$TD = DFI - DFS/ND;$$

donde TD es la tasa de descomposición ( $\% \text{ día}^{-1}$ ); DFI es la descomposición de follaje de la mucuna en el período inicial (%); DFS es la descomposición de follaje de la mucuna en el período subsecuente (%) y ND es el número de días transcurridos entre períodos de tiempo de incubación.

Para determinar el contenido de nitrógeno total en la biomasa de hojas y tallos de las plantas leguminosas, se colectaron tres plantas al azar en cada una de las cuatro repeticiones del experimento uno, es decir, doce plantas de cada uno de los tres cultivares de mucuna estudiados y de soya no nodulante y se procesaron para su análisis en el laboratorio, para determinar el contenido de nitrógeno total, por el método Kjeldahal (AOAC, 1999).

En cada tiempo de incubación se colectaron las muestras de follaje contenido en las bolsas de malla plástica, se lavaron con agua potable en un tamiz de 1.0 mm para eliminar tierra o raíces. Posteriormente se sometieron a secado en estufa a 70 °C durante 72 h, registrándose el peso final. En los cuatro tiempos de incubación se determinó la humedad gravimétrica del suelo. Para ello, al inicio de cada tiempo de incubación se tomó una muestra compuesta de tres submuestras de suelo en cada cultivar y se secaron en estufa a 110 °C para obtener el contenido de humedad.

También se estimó la temperatura del suelo a 50 cm de profundidad, que de acuerdo con Van Wambeke (1987) puede estimarse como la temperatura media del aire más 2.5 °C.

## Análisis estadísticos

Los datos de producción de biomasa, acumulación de nitrógeno y fijación de  $N_2$  de los cultivares de mucuna, así como la tasa de descomposición del follaje de los mismos cultivares, se sometieron a análisis de varianza y prueba de comparación de medias de tratamiento (Tukey,  $P \leq 0.05$ ); así mismo se realizó un análisis de regresión entre descomposición del follaje y su tiempo de incubación, con el paquete SAS, versión 9.1.

## Resultados y discusión

### Producción de biomasa

No hubo diferencias significativas entre los cultivares de mucuna evaluados ( $P > 0.05$ ) en producción de materia seca en hojas, tallos, raíz, ni en total (Figura 1), de tal manera que el cultivar Preta produjo una biomasa seca total de  $140,3 \text{ g planta}^{-1}$  (error estándar = 18,2), seguido por los cultivares Deeringiana ( $136,4 \text{ g planta}^{-1}$ ; error estándar = 18,8) y Ghana

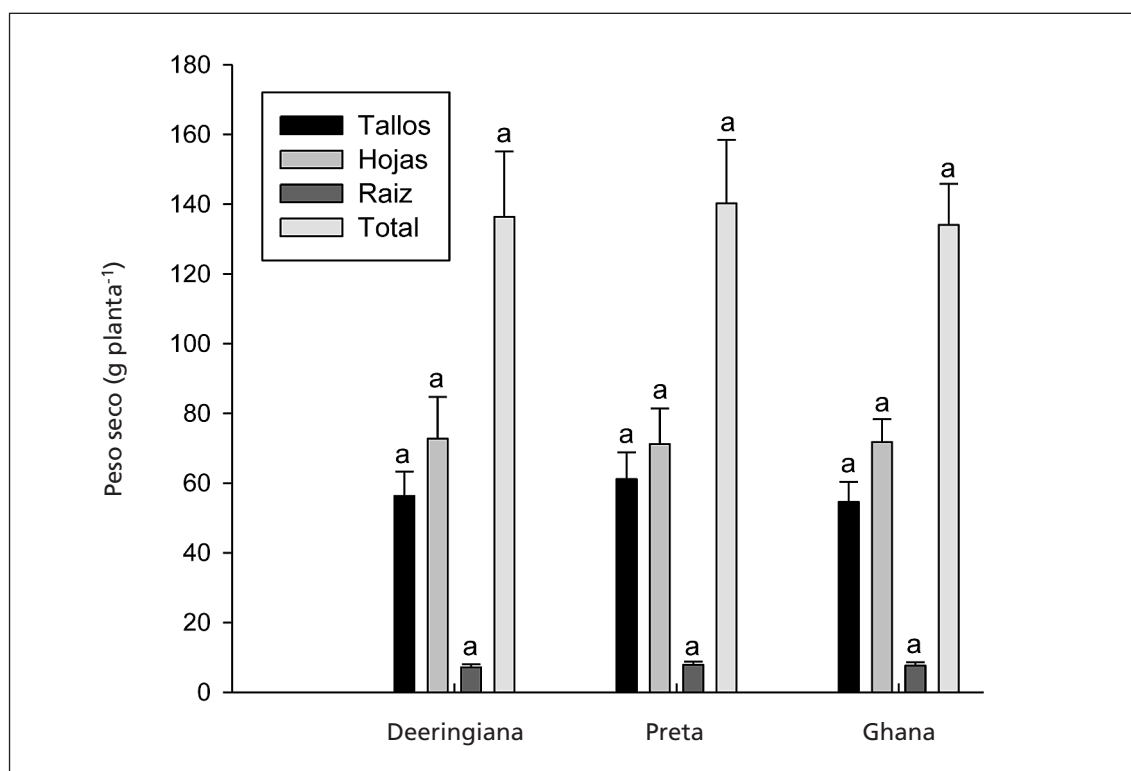


Figura 1. Producción de materia seca en tallos, hojas, raíz y total, de tres cultivares de *Mucuna pruriens*. Medias con la misma letra, entre cultivares, no son estadísticamente diferentes (Tukey,  $P \leq 0,05$ ). Barras verticales indican el error estándar ( $n = 4$ ).

Figure 1. Dry matter production in stems, leaves, root and total of three cultivars of *Mucuna pruriens*. Means with the same letter, among cultivars, are not statistically different (Tukey,  $P \leq 0,05$ ). Vertical bars indicate standard error ( $n = 4$ ).

(134,0 g planta<sup>-1</sup>; error estándar = 11,8). Estos datos representan 5,2; 5,0 y 4,9 t ha<sup>-1</sup> de materia seca, respectivamente. La producción de materia seca en la parte aérea (tallos + hojas) de las plantas del cv. Preta fue 132,3 g planta<sup>-1</sup> (error estándar = 17,9); le siguieron las plantas del cv. Deeringiana y el cv. Ghana, con 129,1 (error estándar = 18,4) y 126,4 (error estándar = 11,1) g planta<sup>-1</sup>, respectivamente. La materia seca acumulada en las raíces fue muy similar entre los cultivares, con valores promedio de 7,9; 7,7 y 7,2 g planta<sup>-1</sup> en los cv. Preta, Ghana y Deeringiana, respectivamente.

La cantidad de biomasa aérea producida por las plantas es importante porque determina la capacidad para su uso como cultivo de cobertura o como abono verde del suelo. Hauser y Nolte (2002) obtuvieron producciones de biomasa seca aérea de distintas variedades de *Mucuna pruriens* que fluctuaron entre 3,3 y 6,6 t ha<sup>-1</sup>, desarrolladas durante 40 semanas en un clima de bosque tropical húmedo de Camerún con 1513 mm de lluvia. En otro experimento de campo realizado en un suelo de textura franco arenosa de clima semiárido del norte de Camerún, África, Asongwed-Awa y Onana (2002) observaron rendimientos de materia seca de follaje en seis variedades de *Mucuna pruriens* que varió entre 1,3 y 5,5 t ha<sup>-1</sup>, después de 56 a 92 días de crecimiento, respectivamente. Por otro lado, Houngnandan et al. (2000) mencionan que *Mucuna pruriens* no inoculada con bacterias *Rhizobium* sp produjo entre 1,5 y 8,7 t ha<sup>-1</sup> de follaje seco a las 20 semanas después de la siembra, en tres localidades con clima de sabana. La variación en los resultados de producción de biomasa en dichos trabajos y en el presente, se puede atribuir a las distintas condiciones ambientales imperantes durante el desarrollo de los experimentos y a que los genotipos de mucuna estudiados fueron diferentes, como lo mencionan Carsky et al. (2001).

### Acumulación de nitrógeno en el follaje

La acumulación de nitrógeno por los cultivares de mucuna estudiados se muestra en la Figura 2; la cantidad de nitrógeno acumulado no difirió significativamente entre ellos ( $P = 0,707$ ), de tal forma que los cultivares Preta, Deeringiana y Ghana acumularon 4,4 (error estándar = 0,66); 4,1 (error estándar = 0,55) y 3,7 (error estándar = 0,35) g planta<sup>-1</sup> de nitrógeno, respectivamente, lo que equivale a un promedio de 4,07 g planta<sup>-1</sup>. Las cantidades de N total acumulado por los cultivares de mucuna estudiados equivalen a unos 157 kg ha<sup>-1</sup>. Kumaga et al. (2006) observaron contenidos de N total en el follaje entre 2,12 y 2,42%, menores a los obtenidos en este trabajo (2,88 a 3,24% de N), en dos variedades de *Mucuna pruriens* de 80 a 120 días de edad, no inoculadas con cepas de *Rhizobium*, en dos tipos de suelo de pH ácido y clima tropical lluvioso, estos valores no difirieron significativamente entre sí ( $P = 0,05$ ). Esta cantidad de N acumulado por las leguminosas estudiadas significa una contribución al reciclaje de este elemento en el suelo (Puertas et al., 2008), ya que al final del ciclo de un cultivo de otoño-invierno en el Valle de Culiacán, Sinaloa, prevendrían el lavado de nitratos hacia mantos acuíferos y la volatilización hacia la atmósfera bajo condiciones de anaerobiosis por exceso de humedad en el suelo en la época de lluvias en el verano. Por ello su cultivo podría reducir la contaminación con nitratos a acuíferos subterráneos (Páes et al., 2007) y la emisión de óxidos de nitrógeno a la atmósfera que contribuyen al efecto invernadero y calentamiento global (Castellanos y Peña-Cabriales, 1990; Conrad y Seiler, 1980).

### Fijación de nitrógeno atmosférico

La cantidad de nitrógeno fijado de la atmósfera por los tres cultivares de mucuna estu-

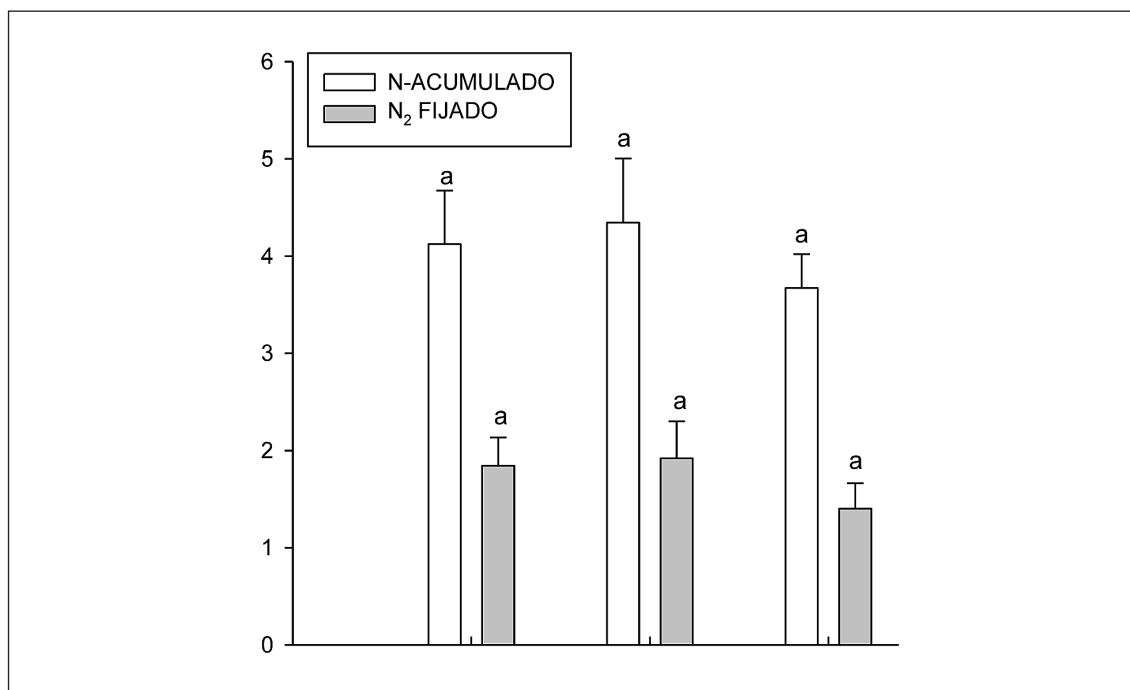


Figura 2. Acumulación y fijación simbiótica de nitrógeno atmosférico en tres cultivares de *Mucuna pruriens*. Medias con la misma letra, entre cultivares, no son estadísticamente diferentes (Tukey,  $P \leq 0,05$ ). Barras representan el error estándar de la media de 4 repeticiones.  
 Figure 2. Accumulation and atmospheric nitrogen fixation in three cultivars of *Mucuna pruriens*. Means with the same letter, among cultivars, are not statistically different (Tukey,  $P \leq 0,05$ ). Bars represent standard error of the mean of 4 replicates.

diadas se presenta en la Figura 2, y no difirieron significativamente entre sí ( $P > 0,05$ ) en la densidad de población establecida en la siembra de las leguminosas, dichas cantidades de nitrógeno fijado equivalen a 74,7; 71,8 y 54,6 kg N ha<sup>-1</sup>, respectivamente, lo que representa un promedio de 42,4% del nitrógeno total acumulado en la biomasa de dichas leguminosas. Las plantas de los cultivares Deeringiana, Preta y Ghana produjeron 2,8; 1,5 y 1,3 g planta<sup>-1</sup> de biomasa seca de nódulos en sus raíces, lo cual indicó la presencia de cepas nativas de *Rhizobium* con buena efectividad en el suelo. Esta cantidad de biomasa nodular producida por las leguminosas puede atribuirse a que las condiciones

del suelo y temperatura que prevalecieron durante el tiempo del estudio favorecieron a la simbiosis *Rhizobium*-leguminosa; por su parte, Houngnandan et al. (2000) observaron nodulación en las raíces de plantas de mucuna no inoculadas con *Rhizobium* en algunos campos de la sabana del oeste de África. Los valores de N fijado observados en los cultivares de mucuna son importantes a pesar de que no se inoculó la semilla con *Rhizobium*, lo cual indica que en el suelo existen cepas nativas de *Rhizobium* con buena eficiencia para fijar N<sub>2</sub> en simbiosis con los tres cultivares de mucuna. La presencia de cepas nativas de rhizobias se corroboró por la biomasa nodular producida por las plantas legu-



minosas. Becker y Johnson (1998) indicaron que mucuna inoculada con bradyrhizobias fijó de 20 a 200 kg N ha<sup>-1</sup> en suelos de sabana del oeste de África, y los valores más bajos se observaron en suelos de pH ácido con bajo nivel de fósforo o bajo estrés hídrico.

Patrón de descomposición del follaje aplicado al suelo

La información sobre el follaje descompuesto por los cultivares de *M. pruriens* estudiados se presenta en la Tabla 2, observándose que

Tabla 2. Patrón de descomposición del follaje, en función del cultivar de *Mucuna pruriens*, tiempo de incubación y la colocación en el suelo (superficial o enterrada a 20 cm de profundidad). Para cada periodo de incubación y disposición del follaje medias seguidas de la misma letra no son significativamente diferentes (Tukey  $\leq 0,05$ ). Valores promedio de cuatro repeticiones  
*Table 2. Foliage decomposition pattern, depending on the cultivar of Mucuna pruriens, incubation time and the placement in the soil (surface or buried at 20 cm depth). For each period of incubation and disposition of the foliage means followed by the same letter are not significantly different (Tukey  $\leq 0,05$ ). Average values of four replicates*

Cultivar	Tiempo de incubación <sup>x</sup>	Follaje descompuesto diario <sup>y</sup>	
	(Días)	Enterrado	Superficial
Deeringiana	15	3.54 ± 0.29 a	1.04 ± 0.24 a
Preta	15	3.56 ± 0.28 a	0.82 ± 0.02 a
Ghana	15	3.30 ± 0.19 a	1.53 ± 0.31 a
Deeringiana	30	0.97 ± 0.40 a	2.26 ± 0.31 a
Preta	30	0.91 ± 0.33 a	2.57 ± 0.38 a
Ghana	30	0.95 ± 0.28 a	1.76 ± 0.61 a
Deeringiana	45	1.16 ± 0.30 a	1.18 ± 0.40 a
Preta	45	1.02 ± 0.36 a	1.26 ± 0.32 a
Ghana	45	1.32 ± 0.29 a	1.44 ± 0.48 a
Deeringiana	75	0.35 ± 0.10 a	0.93 ± 0.24 a
Preta	75	0.39 ± 0.11 a	0.73 ± 0.09 a
Ghana	75	0.29 ± 0.07 a	0.62 ± 0.13 a

<sup>x</sup>Días de incubación del follaje en el suelo. <sup>y</sup>Porcentaje del follaje total aplicado al inicio del estudio, en función de su colocación en el suelo. Valores ( $\pm$  error estándar) con la misma letra en cada columna, dentro de iguales periodos de incubación, no son estadísticamente diferentes (Tukey  $P \leq 0,05$ ).

<sup>x</sup>Days incubation foliage on the ground. <sup>y</sup>Foliage percent of total applied at baseline, depending on its placement in the soil. <sup>z</sup>Values ( $\pm$ standard error) with the same letter in each column, within the same incubation periods, are not statistically different (Tukey  $P \leq 0,05$ ).

no hubo diferencias significativas ( $P > 0,05$ ) en la cantidad de follaje descompuesto entre

cultivares de mucuna dentro de periodos de tiempo de incubación.

Independientemente del cultivar, se detectaron diferencias significativas ( $P < 0,001$ ) entre períodos de incubación y entre los dos sistemas de colocación del follaje (superficial y enterrado) como en su interacción, es decir, la velocidad de descomposición del follaje dependió de su colocación en el suelo en cada tiempo de incubación. Los cultivares de mucuna estudiados mostraron similar patrón de descomposición diaria en todos los períodos de incubación; la similitud en el ritmo de descomposición del follaje puede atribuirse a que las leguminosas en estudio presentaron una concentración similar de nitrógeno, la cual fluctuó entre 2,90 a 3,24% de N en el follaje y una proporción C/N que fluctuó entre 14,48 a 16,58 (Tabla 3). Estas características químicas del follaje son determinantes en su tasa de descomposición en el suelo (Bending y Turner, 1999). Es importante mencionar que los tres cultivares de mucuna mostraron una velocidad de descomposición del follaje relativamente alta, tanto en el primer período de incubación (0 a 15 días) cuando este se colocó a 20 cm de profundidad en el suelo, como en el período de 15 a 30 días de incubación cuando el follaje se ubicó en la superficie del suelo; el patrón de descomposición observado en ambos casos puede atribuirse: (1) a la baja relación C/N del follaje detectada en los tres cultivares (Tabla 3) y (2) que es posible suponer que al inicio del tiempo de incuba-

ción los componentes más solubles del material vegetal, como glúcidos, aminoácidos y ácidos alifáticos se descomponen rápidamente y (3) a las condiciones más favorables de humedad y de actividad microbiana existentes en el subsuelo respecto a la superficie del suelo; en el caso del último período de incubación, la declinación de la tasa de descomposición podría atribuirse a la disminución de compuestos solubles en agua de fácil degradación y al predominio de compuestos más resistentes a la descomposición microbiana como lignina (Bending y Turner, 1999).

Las temperaturas promedio diarias (29,9 a 31,2°C) y la precipitación pluvial (633 mm) y la humedad del suelo (40,1 a 55,1%) que se presentaron durante el tiempo de incubación del material vegetal también favorecieron el incremento de las tasas de descomposición y liberación de nitrógeno observadas (Tabla 3); esta situación fue señalada también por Gerónimo-Cruz *et al.* (2002) en un experimento en condiciones de campo con *Mucuna sp* en una zona de clima cálido húmedo y suelo arcilloso con pH 5,9. Yanny *et al.* (2011), en un estudio de descomposición y liberación de nitrógeno de residuos de plantas de maíz incubados durante 20 semanas, con relaciones C/N de 26:1 a 13:1, observaron mayores tasas de descomposición cuando la relación C/N era menor. En nuestro estudio los cultivares de mucuna presentaron rela-

Tabla 3. Valor medio ( $\pm$  error estándar) del contenido de carbono, nitrógeno y relación C/N de cultivares de *Mucuna pruriens* estudiados. Valores promedio de 9 observaciones por cultivar  
Table 3. Mean value ( $\pm$  standard error) of the content of carbon, nitrogen and C/N ratio of cultivars of *Mucuna pruriens* studied. Average values of 9 observations per cultivar

Cultivar	Carbono	Nitrógeno	C/N
	(%)		
Deeringiana	46,5 $\pm$ 0.30	3,2 $\pm$ 0.2	14,5 $\pm$ 0.9
Preta	46,9 $\pm$ 0.30	3,2 $\pm$ 0.2	14,5 $\pm$ 0.9
Ghana	47,5 $\pm$ 0.26	2,9 $\pm$ 0.1	16,6 $\pm$ 0.8

ciones C/N < 20 (Tabla 3). Al final del estudio de descomposición del follaje (75 días de incubación) se observó que los cultivares Deeringiana, Preta y Ghana se habían descompuesto, en promedio de las dos modalidades de colocación del follaje en el suelo, 95,3% (error estándar = 4,30); 92,9% (error estándar = 6,0) y 90,9% (error estándar = 4,2), respectivamente del follaje total aplicado al inicio del estudio; estos valores de descomposición del follaje corresponden a un promedio de 4678 kg ha<sup>-1</sup>. Estos datos muestran una rápida mineralización durante el tiempo de incubación del follaje (75 días) de los cultivares de mucuna estudiados. Gerónimo-Cruz et al. (2002) observaron una descomposición del 65% del follaje de *Mucuna* sp después de 191 días de incubación en campo en un suelo de clima cálido húmedo de textura arcillosa y pH 5,9. El follaje de los cultivares de mucuna enterrado a 20 cm de profundidad del suelo presentó una tasa de descomposición descendente más regular, que en el caso del follaje colocado en superficie del suelo. Esto sugiere que el proceso de descomposición del material enterrado no fue interrumpido y por tanto hubo condiciones más óptimas de clima y de fertilidad del suelo (Singh y Gupta, 1987). La cantidad de residuo del material que permaneció en el suelo en el último periodo de incubación está relacionado con su contenido de lignina, que al aumentar dificulta el proceso de descomposición (Vitousek et al, 1994), pero incrementa el contenido de humus del suelo, lo protege de la erosión hídrica y eólica, y contribuye a conservar su humedad. Respecto a colocación del follaje en el suelo, el grado de descomposición al final del estudio, como promedio de los tres cultivares, varió de 72,5% (error estándar = 2,36) cuando se aplicó enterrado a 54,6% (error estándar = 3,98) cuando se aplicó en la superficie, respectivamente. El análisis de regresión permitió obtener los modelos de regresión entre el follaje remanente y el tiempo de incubación del mismo en el suelo. En la Figura 3

puede apreciarse como en los tres cultivares de mucuna, el patrón de descomposición del follaje colocado en la superficie del suelo se ajustó mejor al modelo lineal, mientras que para el follaje enterrado se ajustó mejor al modelo exponencial simple.

#### Patrón de liberación de nitrógeno del follaje aplicado al suelo

La cantidad de nitrógeno liberado dentro de periodos de tiempo de incubación no difirió significativamente entre los cultivares de mucuna ( $P > 0,05$ ). Con independencia del cultivar, sólo se observó diferencia significativa ( $P < 0,01$ ) entre tiempos de incubación y colocación del follaje en el suelo y de su interacción. El ritmo de liberación de nitrógeno fue más rápido en el primer periodo de incubación (0 a 15 días) cuando el follaje estuvo enterrado, a 20 cm de profundidad, y en el segundo periodo de incubación (30 días) cuando el follaje estuvo en la superficie del suelo (Tabla 4).

Este patrón de liberación de nitrógeno del follaje fue similar al obtenido para su velocidad de descomposición, en los cuatro periodos de incubación en el suelo. Los parámetros de calidad bioquímica de los residuos orgánicos que se han correlacionado con la mineralización de N son las relaciones C:N y lignina:N, además, de los contenidos de N, lignina y celulosa (Bending y Turner, 1999). La liberación de nutrientes a partir de residuos orgánicos depende de sus características químicas y físicas, así como de las condiciones ambientales y las poblaciones microbianas. Los cultivares de mucuna de nuestro estudio presentaron relaciones C/N < 20 (Tabla 3), característica que favoreció la mineralización del nitrógeno (Yanni et al., 2011). Cadish et al. (1998) señalaron que con condiciones climáticas similares, dicha característica determina la tasa de liberación de N. El efecto de tiempo de incubación indica que la liberación

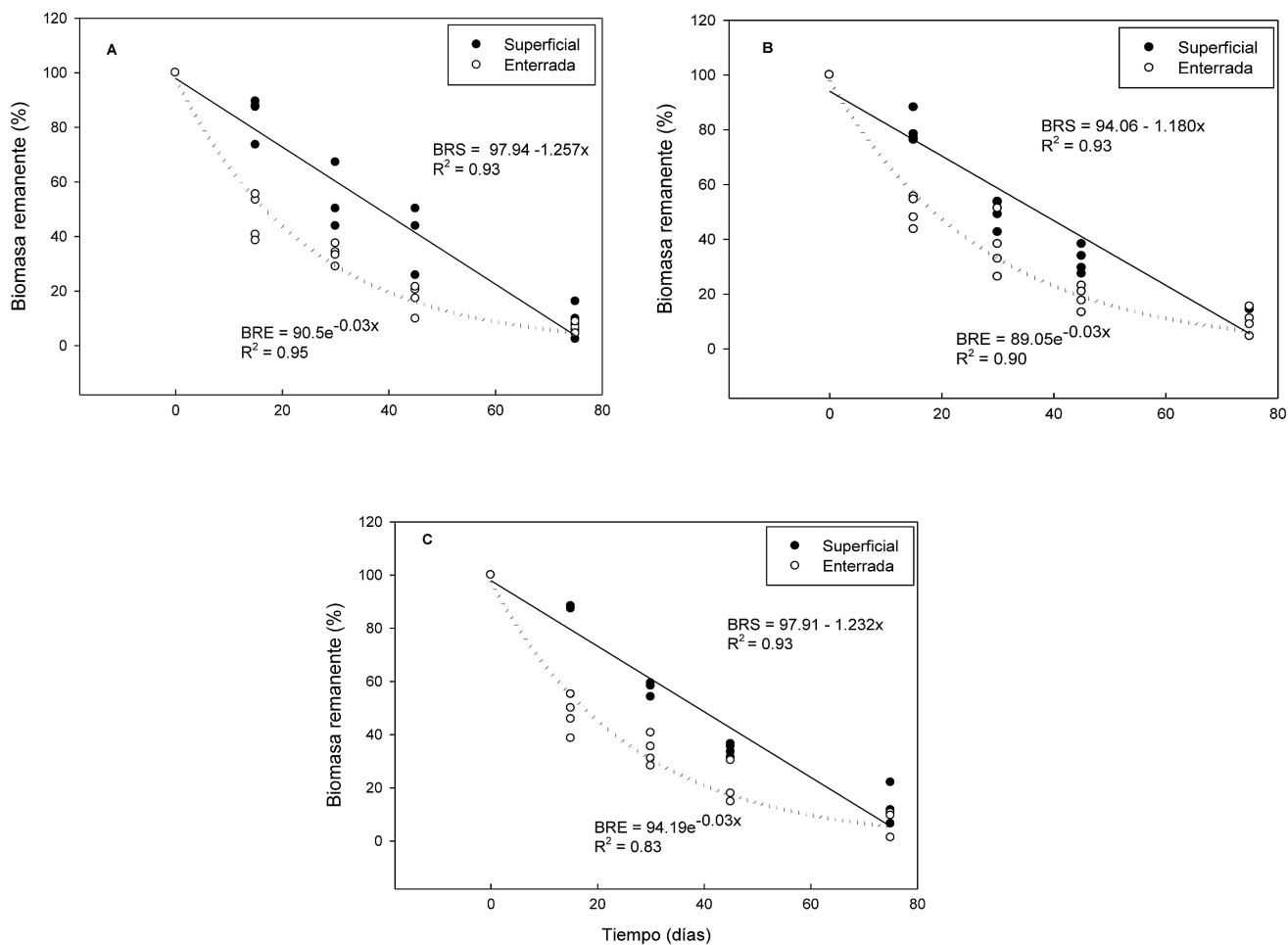


Figura 3. Modelos de regresión entre biomasa remanente y tiempo de incubación del follaje, en función de su colocación en el suelo (superficial o enterrada a 20 cm de profundidad), en los tres cultivares de mucuna estudiados: (A) *Mucuna pruriens* cv. Deeringiana, (B) *Mucuna pruriens* cv. Ghana y (C) *Mucuna pruriens* cv. Preta). BRS = Biomasa remanente en superficie del suelo, BRE = Biomasa remanente enterrada a 20 cm de profundidad (n = 16).

Figure 3. Regression models between biomass and incubation time remaining foliage, depending on their placement in the soil (surface or buried at 20 cm depth) in the three cultivars studied mucuna: (A) *Mucuna pruriens* cv. Deeringiana, (B) *Mucuna pruriens* cv. Ghana y (C) *Mucuna pruriens* cv. Preta). BRS = biomass remaining on the soil surface, BRE = Biomass remaining buried at 20 cm depth (n = 16).

Tabla 4. Patrón de liberación de nitrógeno, en función del cultivar de *Mucuna pruriens*, tiempo de incubación y la colocación en el suelo (superficial o enterrada a 20 cm de profundidad).  
Valores promedio de 4 repeticiones

Table 4. Nitrogen release pattern, depending on the cultivar of *Mucuna pruriens*, incubation time and the placement in the soil (surface or buried at 20 cm depth). Average values of 4 replicates

Cultivar	Tiempo de incubación <sup>x</sup>	Nitrógeno liberado diario <sup>y</sup>	
		Enterrado	Superficial
Deeringiana	15	3.87 ± 0.43 a	0.99 ± 0.33 a
Preta	15	4.49 ± 0.34 a	1.78 ± 0.54 a
Ghana	15	3.62 ± 0.55 a	1.27 ± 0.24 a
Deeringiana	30	0.78 ± 0.41 a	2.76 ± 0.44 a
Preta	30	0.44 ± 0.43 a	1.91 ± 1.07 a
Ghana	30	0.66 ± 0.37 a	2.31 ± 0.73 a
Deeringiana	45	1,10 ± 0,38 a	0.96 ± 0.29 a
Preta	45	1,14 ± 0,61 a	1.54 ± 0.56 a
Ghana	45	1,20 ± 0,20 a	1.50 ± 0.64 a
Deeringiana	75	0,32 ± 0,11 a	0.86 ± 0.24 a
Preta	75	0,35 ± 0,15 a	0.47 ± 0.13 a
Ghana	75	0,38 ± 0,11 a	0.51 ± 0.22 a

<sup>x</sup>Días de incubación del follaje en el suelo. <sup>y</sup>Porcentaje del follaje total aplicado al suelo al inicio del estudio. <sup>z</sup>Valores ( $\pm$ error estándar) con la misma letra en cada columna, dentro de iguales períodos de incubación, no son estadísticamente diferentes (Tukey  $P \leq 0,05$ ).

<sup>x</sup>Days incubation foliage on the ground. <sup>y</sup>Percent of total foliage applied to soil at baseline. <sup>z</sup>Values ( $\pm$  standard error) with the same letter in each column, within the same incubation periods, are not statistically different (Tukey  $P \leq 0,05$ ).

de N aumenta con el tiempo como producto de la descomposición de los componentes de la *Mucuna* por los microorganismos del suelo (Sánchez, 1981). Cobo, et al. (2002), observaron que la mayor tasa de liberación de nitrógeno del follaje de *Mucuna deeringiana* ocurrió en las primeras dos semanas de incubación y posteriormente esta tasa disminuyó, permaneciendo relativamente estable después de doce semanas. Este mismo patrón se observó para la tasa de descomposición del follaje. A los 75 días de incubación, se

observó que el follaje de los cultivares Deeringiana, Preta y Ghana habían liberado, en promedio de las dos modalidades de colocación del follaje en el suelo, o sea 87,8; 92,9 y 91%, respectivamente del nitrógeno total aplicado al inicio del estudio; estos valores correspondieron a 145,8; 156,9 y 130,0 kg N ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

A pesar de que la técnica de las bolsas enterradas es considerada menos exacta que otras técnicas *in-situ*, es una técnica simple, que causa una moderada perturbación del

suelo y permite la investigación del patrón de descomposición de la materia orgánica en el suelo y la dinámica de liberación del nitrógeno en horizontes subsuperficiales del suelo. Estas características hacen que éste sea un método apropiado para investigaciones agronómicas.

### Conclusiones

La cantidad de biomasa producida, el monto de nitrógeno acumulado en el follaje y el fijado de la atmósfera ( $N_2$ ) por los tres cultivares de *Mucuna pruriens* estudiados, así como la nodulación observada en sus raíces indicativo de presencia de cepas nativas de *Rhizobium*, muestra que son aptos para establecerse como cultivos de cobertura del suelo en las condiciones ambientales del Valle de Culiacán, Sinaloa, México.

Tomando como base el patrón de descomposición y de liberación de nitrógeno del follaje, observado en los períodos de tiempo de incubación en los tres cultivares de mucuna estudiados, es factible establecer un cultivo de interés económico en otoño-invierno en el valle de Culiacán, Sinaloa, México, ya sea a partir de los 15 días de la incorporación del follaje a 20 cm de profundidad en el suelo, o después de 30 días de la aplicación del follaje en superficie del suelo bajo un sistema de labranza de conservación; de esta manera se aprovecharía una porción importante del nitrógeno y otros nutrientes liberados en la descomposición del follaje aplicado.

### Agradecimientos

A la Universidad Autónoma de Sinaloa por su apoyo financiero, mediante el Programa de Fortalecimiento y Apoyo a Proyectos de Investigación (PROFAPI 2010) y al INIFAP-CIRNO-

Campo Experimental Valle de Culiacán, por el apoyo con sus instalaciones.

A Werner Rubio Carrasco, del CIAD-Unidad Culiacán, por su colaboración en los análisis químicos de suelo.

### Bibliografía

- AOAC, 1999. Official methods of analysis. 16th. Ed. AOAC International. MD, USA. 1141 pp.
- Asongwed-Awa A, Onana J, 2002. Variability in productivity of *Mucuna pruriens* varieties in a semi-arid environment, pp. 3-6. En: Savanes Africaines: Des Espaces en Mutation, des Acteurs Face à de Nouveaux Defies. Jamin JY, Seiny Boukar L, Floret C. (eds.). Actes du colloque, mai. Garoua, Cameroun. Prasad, N'Djamena, Tchad-Cirad, Montpellier, France.
- Becker M, Johnson DE, 1998. Legumes as dry season fallow in upland rice-based systems of West Africa. Biol. Fert. Soils 27: 358-366.
- Bending G, Turner M, 1999. Interaction of biochemical quality and particle size of crop residues and its effect on the microbial biomass and nitrogen dynamics following incorporation into soil. Biol. Fert. Soils 29: 319-327.
- Cadish G, Handayanto E, Malama C, Seyni F, Giller KE, 1998. N recovery from legume prunings and priming effects are governed by the residue quality. Plant Soil 205: 125-134.
- Carsky R J, Becke M, Hauser S, 2001. Mucuna cover crop fallow system: Potential and limitations. pp. 111-135. En: Sustaining Soil Fertility in West Africa. Tian G, Ishida F, Keatings D (eds.). SSSA Special Publication No. 58. Soil Science Society of America and American Society of Agronomy. Madison, USA.
- Castellanos JZ, Peña-Cabriales JJ, 1990. Los nitratos provenientes de la agricultura. Una fuente de contaminación de los acuíferos. Terra 8 (1): 113-126.
- Cobo JG, Barrios E, Kass DCL, Thomas RJ, 2002. Decomposition and nutrient release by green manures in a tropical hillside agroecosystem. Plant and Soil 240: 331-342.

- Conrad R, Seiler W, 1980. Field measurement of the loss of fertilizer nitrogen into the atmosphere as nitrous oxide. *Atmos. Environ.* 14: 555-558.
- Creamer NG, Bennett MA, Stinner BJ, Cardina J, 1996. A comparison of four processing tomato production systems differing in cover crop and chemical inputs. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 12: 559-568.
- Decker A M, Clark AJ, Meisinger JJ, Ronald F, McIntosh MS, 1994. Legume cover crop contributions to no-tillage corn production. *Agron. J.* 86: 126-135.
- García ME, 1988. Modificación climática de Köpen. 4ª ed. Offset Larios. México, D.F. 219 pp.
- Gerónimo-Cruz A, Salgado GS, Catzin RFJ, Ortiz CAI, 2002. Descomposición del follaje de nescafé (*Mucuna* spp.) en la época seca. *Interciencia* 27 (11): 625-630.
- Hargrove WL, 1986. Winter legumes as a nitrogen source for no-till grain sorghum. *Agron. J.* 78: 74-74.
- Hauser S, 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.
- Houngnandan P, Sanginga N, Woomeer P, Vanlauwe B, Van CVO, 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.
- Kumaga FK, Ofori K, Marfo-Ahenkora E, 2006. Nodulation, dry matter and nitrogen accumulation of mucuna (*Mucuna puriens* var *utilis*) in response to Bradyrhizobia inoculation. *Int. J. Agric. Biol.* 8:138-141.
- Kuo S, Sainju UM, Jellum EJ, 1997. Winter cover cropping influence on nitrogen in soil. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 61: 1392-1399.
- Myers RJK, Palm CA, Cuevas E, Gunatilleke IUN, Brussard M, 1994. The synchronization of nutrient mineralization and plant nutrient demand, pp 81-116. En: *The Biological Management of Tropical Soil Fertility*. Woomeer PL and Swift MJ (eds). John Wiley and Sons, Chichesler, U.K.
- Páes OF, Ramirez RG, Ruiz FAC, Soto JMA, 2007. La contaminación por nitrógeno y fósforo en Sinaloa: Flujos, fuentes, efectos y opciones de manejo. 1ª. Edición. Universidad Nacional Autónoma de México. D.F., México. 304 pp.
- Puertas F, Arévalo E, Zúñiga L, Alegre J, Loli O, Soplín H, Baligar V, 2008. Establecimiento de cultivos de cobertura y extracción total de nutrientes en un suelo de trópico húmedo en la amazonía peruana. *Ecología Aplicada* 7(1): 23-28.
- Salgado GS, Nuñez ER, Palma LDJ, 2010. Los abonos orgánicos, pp 115-132. En: *Manejo de Fertilizantes Químicos y Orgánicos*. Salgado G. S., Nuñez E. R. (coordinadores). Colegio de Postgraduados y Mundi-Prensa. D.F., México.
- Sánchez AP, 1981. Suelos del trópico. Características y manejo. IICA. San José, Costa Rica. 660 pp.
- Sanginga N, Houngnandan P, Vanlauwe B, Okogun J, Akobundu I, Versteeg MN, 1996. Evaluation of symbiotic properties and nitrogen contribution of mucuna to maize grown in the derived Savanna of West Africa. *Plant and Soil* 179: 119-29.
- Shennan C, 1992. Cover crops, nitrogen cycling, and soil properties in semi-irrigated vegetable production systems. *HortScience* 27: 749-754.
- Singh JS, Gupta SR, 1987. Plant decomposition and soil respiration in terrestrial ecosystems. *Botanical Rev.* 43: 449-528.
- Thomas RJ, Asakawa NM, 1993. Decomposition of leaf litter from tropical forage grasses and legumes. *Soil Biol. Biochem.* 25: 1351-1361.
- USDA-Natural Resources Conservation Service, 1999. *Soil Taxonomy. A Basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Surveys*. Agriculture Handbook No. 436. Second Edition. By Soil Survey Staff. Washington, D.C. 863 pp.
- Van-Wambeke A, 1987. Soil moisture and temperature regimes of Central America, Caribbean and Mexico. SMSS Technical Monograph 16. Department of Agronomy. Cornell University, Ithaca, New York. 225 pp.

- Versteeg MN, Koudokpon V, 1990. Mucuna helps control *Imperata cylindrica* in Southern Benin. West Afric. Farm. Syst. Res. Netw. (WAFSRN), Bull. 7: 7-8.
- Villarreal RM, Hernández VS, Sanchez PP, García ERS, Osuna ET, Parra TS, Armenta BAD, 2006. Efecto de cobertura del suelo con leguminosas en rendimiento y calidad del tomate. Terra Latinoamericana 24 (4): 549-556.
- Vitousek MP, Turner DR, Part WJ, Stanford RL, 1994. Litter decomposition on the Mauna Loa environmental matrix, Hawaii: Patterns, mechanisms and models. Ecology 75: 418-429.
- Yanni F, Sandra-Whalen JK, Simpson JM, Janzen HH, 2011. Plant lignin and nitrogen contents control carbon dioxide production and nitrogen mineralization in soils incubated with Bt and non-Bt corn residues. Soil Biol. and Biochem. 43 (1): 63-69.
- (Aceptado para publicación el 25 de junio de 2013)