

Leguminosas forestales: aspectos relacionados con su nutrición y uso en la recuperación de suelos degradados

Forest legumes: aspects related to nutrition and use in reclamation of degraded soils

C.D.O.: 114.5-181.3

LUIZ EDUARDO DIAS¹, AVILIO A. FRANCO², EDUARDO CAMPELLO², SERGIO M. DE FARIA²,
ELIANE M. DA SILVA²

¹Departamento de Solos, Universidad Federal de Viçosa, 36571-000, Viçosa (MG), Brasil. ²Embrapa/CNPAB, Seropédica, 23851-970, Itaguaí (RJ), Brasil.

SUMMARY

Characterized as aggressive pioneer species that produce large amounts of biomass, forest legumes have shown exceptional qualities in studies of rehabilitation of degraded soils. When associated with atmospheric nitrogen-fixing bacteria and mycorrhizal fungi, these species show superior nutrient utilization and growth capacity in adverse soil conditions. The objective of this paper is to present the principal results obtained in the Research Program on Use of Nodulated and Mycorrhizal Association Legume Species in Rehabilitation of Degraded Areas, developed by Embrapa/CNPAB in conjunction with the Federal University of Viçosa, Brazil. Greenhouse experiments have shown that these species have great tolerance to Al^{3+} toxicity and efficient use of K, Ca and Mg. On the other hand, all the evaluated species proved responsive to phosphate fertilization.

RESUMEN

Caracterizadas por ser especies pioneras y agresivas, con elevada producción de biomasa y ocurrencia en una amplia gama de condiciones climáticas y edáficas, las leguminosas forestales han tenido un significativo rol en los estudios de recuperación de suelos degradados. Estas especies presentan un mejor aprovechamiento de nutrientes y mayor capacidad de crecimiento en condiciones adversas del suelo, cuando están asociadas a bacterias fijadoras de nitrógeno y a hongos micorrízicos. Este trabajo tiene como objetivo presentar los principales resultados obtenidos en el Programa de Investigaciones sobre el Uso de Especies Leguminosas Noduladas y Micorrizadas en la Recuperación de Áreas Degradadas, desarrollado por EMBRAPA/CNPAB, en conjunto con la Universidad Federal de Viçosa. Estudios en viveros han demostrado que estas especies presentan una gran tolerancia a la presencia de Al^{3+} en el suelo y eficiencia en la utilización de K, Ca y Mg. Por otro lado, todas las especies evaluadas se mostraron sensibles al abono fosfatado.

INTRODUCCION

La necesidad de expansión de la frontera agrícola, asociada a la baja fertilidad natural de gran parte de los suelos brasileños y a la dificultad causada por problemas financieros y tecnológicos para la adquisición de insumos requeridos, llevó al surgimiento del carácter migratorio de la explotación agrícola en ciertas regiones brasileñas y, como consecuencia, a la degradación de las tierras así manejadas.

Además de las áreas de explotación agrícola,

han sido observadas otras acciones antrópicas más drásticas al suelo. En áreas de actividad minera, además de la eliminación de la vegetación natural, se observa intenso movimiento de suelo, sumado, en algunos casos, a la generación de un volumen considerable de residuos que contribuyen a perturbar el paisaje.

El punto en común, y tal vez el más crítico, de estas áreas degradadas es la remoción de los horizontes superficiales del suelo. La remoción de la materia orgánica asociada a los primeros horizontes, además de causar serios problemas en la es-

estructura y actividad biológica del suelo, perjudica la oferta de agua y de nutrientes esenciales para las plantas, principalmente N, P y S.

En los últimos seis años se han desarrollado diferentes metodologías para recuperación de áreas degradadas en Brasil, la mayoría basada en la búsqueda de un método para el rápido recubrimiento vegetal del terreno (Griffith *et al.*, 1994). De entre las más diversas especies utilizadas para este fin, se han destacado las leguminosas forestales de rápido crecimiento.

Este trabajo tiene como objetivo presentar los principales resultados obtenidos en el Programa de Investigación sobre el Uso de Especies Leguminosas Noduladas y Micorrizadas en la Recuperación de Áreas Degradadas, desarrollado por EMBRAPA/CNPAB, en conjunto con la Universidad Federal de Viçosa.

LEGUMINOSAS FORESTALES COMO AGENTES DE RECUPERACION DE SUELOS DEGRADADOS

De entre las diferentes especies forestales que pueden ser utilizadas en la recuperación de áreas degradadas, las leguminosas capaces de formar simbiosis con microorganismos fijadores de N₂ atmosférico despiertan gran interés (Alien y Alien, 1981; Faria *et al.*, 1989). Ya fueron descritas asociaciones con organismos fijadores en cerca de 650 especies de árboles y se cree que millares de otras especies puedan también asociarse (Brewbaker, 1987, citado por Nair, 1993). Esas especies, cuando están asociadas a hongos micorrízicos, promueven un aprovechamiento aún mejor de fósforo u otros nutrientes como zinc, manganeso y cobre (Lambert *et al.*, 1979; Manjunath y Habte, 1988 y Siqueira y Franco, 1988).

En condiciones experimentales de campo, la asociación de leguminosas con hongos micorrízicos también fue observada en áreas degradadas por actividades mineras para obtener bauxita en Para, Brasil. Cerca de 12 meses después de la introducción de especies como *Acacia mangium*, *Albizia guachapelle*, *Abizia saman* y *Eterolobium contortisiliquum*, se constató un significativo aumento en el número de esporas y en la diversidad de especies de hongos micorrízicos vesículo-arbusculares, incluso apareció una asociación con hongo ectomicorrízico en especies del género *Acacia* (Silva *et al.*, 1994).

Las especies fijadoras de nitrógeno pueden pro-

ducir un significativo aumento en la fertilidad del suelo, cuando están inoculadas con cepas efectivas de *Rhizobia* o *Frankia*, a través de su producción de hojarasca rica en nitrógeno y el rápido ciclo de raíces finas y de nódulos (Berhard-Revesat, 1988, y Montagnini y Sancho, 1990).

Gran parte de las especies leguminosas arbóreas presentan elevada producción de biomasa con un significativo aporte de hojas al suelo. Estimaciones hechas en la región de la Caatinga brasileña indican que 5.8 t.ha⁻¹-año⁻¹ de material vegetal (*Mimosa caesalpinifolia*) pueden retornar al suelo (Suassuna, 1982). Levantamientos realizados en América Central con *Erythrina* (Glover y Beer, 1986) y en la India con *Leucaena leucocephala* (Sandhu *et al.*, 1990) presentaron contribuciones del orden de 13 y de 10 t.ha⁻¹-año⁻¹, respectivamente.

Además del volumen de material vegetal que aportan al suelo, las características químicas de tal material pueden condicionar la velocidad de descomposición y el ciclo de nutrientes. En el cuadro 1 pueden ser observados los valores obtenidos con el muestreo de hojarasca producido por plantaciones homogéneas de *Eucalyptus pellita* y de *Acacia mangium* en suelo de la Amazonia brasileña degradado por la extracción de bauxita. Los datos obtenidos muestran mayores cantidades de materia seca y de nutrientes como P, K, Mg y N para la hojarasca bajo la especie leguminosa. Se debe prestar atención a la gran diferencia entre los valores de la relación C/N de los materiales, característica importante que puede ser relacionada a su velocidad de descomposición y a la disponibilidad de N para las especies.

Ese mismo estudio permitió evaluar la capacidad de incremento de C y de otros nutrientes en el suelo por parte de las especies, información de gran importancia para la planificación y desarrollo de programas de recuperación de suelos degradados. Comparándose el suelo bajo las dos especies, se verificó mayor acumulación de materia orgánica en las tres profundidades muestreadas en el suelo bajo *Acacia mangium* donde el valor medio para la profundidad de 0 a 2.5 cm fue cerca de 22% superior comparado al valor observado en el suelo bajo *Eucalyptus* (figura 1). Las mayores concentraciones de materia orgánica en el suelo bajo acacia reflejan su mayor producción de biomasa, caída de hojas y, principalmente, producción de raíces, características comunes de las especies leguminosas más utilizadas para la recuperación de áreas degradadas (Dias *et al.*, s.f.; Franco *et al.*, 1992).

CUADRO 1

Materia seca (MS), contenidos de nutrientes y relación C/N en la hojarasca bajo plantaciones de *Eucalyptus pellita* y de *Acacia mangium* en Porto Trombetas-PA, Brasil (adaptado de Dias *et al.*, 1994a).
 Dry matter (MS), nutrient content and relation C/N in litter under plantation stands of *Eucalyptus pellita* and *Acacia mangium* at Porto Trombetas, Para State, Brazil.

MS	P	K	Ca	Mg	N	C/N	Especie
kg-ha ⁻¹							
4.664.4	0.56	2.75	45.86	4.86	27.45	93.41	eucalipto
7.844.6	1.37	4.90	29.43	5.46	94.47	38.72	acacia

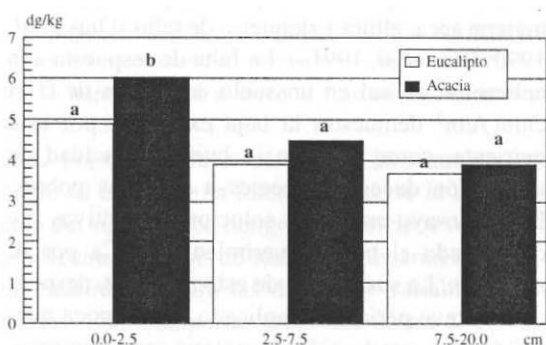


Figura 1. Valores medios de materia orgánica observada para las diferentes profundidades de suelo bajo *E. pellita* y *A. mangium* (adaptado de Dias *et al.*, 1994a).
 Average content of organic matter observed for different soil depths in plots under *E. pellita* and *A. mangium*.

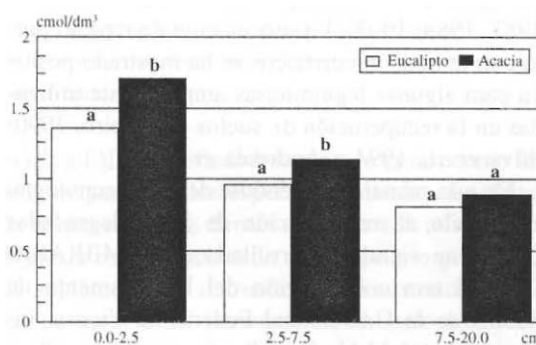


Figura 3. Valores medios de CIC efectiva determinados para las diferentes profundidades de suelo en las parcelas de *E. pellita* y *A. mangium* (adaptado de Dias *et al.*, 1994a).

Average content of CEC observed for different soil depths in plots under *E. pellita* and *A. mangium*.

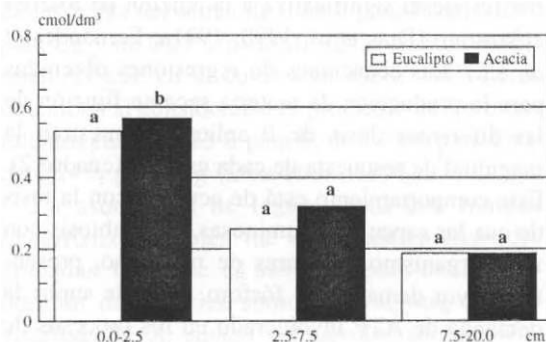


Figura 2. Valores medios de la suma de bases medidas para las diferentes profundidades de suelo, en las fracciones de *E. pellita* y *A. mangium* (adaptado de Dias *et al.*, 1994a).

Average content of total bases observed for different soil depths in plots under *E. pellita* and *A. mangium*.

Al analizar los valores obtenidos para la suma de bases (SB) y la CIC efectiva (t), se verifica una mayor capacidad de enriquecimiento del suelo por

parte de la leguminosa (figuras 2 y 3). Para la profundidad de 0 a 2.5 cm el suelo bajo acacia presenta valores promedio significativamente superiores a los observados para el eucalipto, 40% para SB y de 26% para CIC efectiva.

LEGUMINOSAS NODULADAS Y MICORRIZADAS: UN MODELO TECNOLÓGICO PARA LA RECUPERACION DE AREAS DEGRADADAS

La recuperación de áreas degradadas generalmente se realiza en base a elevadas inversiones, con aplicaciones masivas de correctivos y fertilizantes, que, en determinadas situaciones, pueden tener reflejos negativos para los sistemas (Griffith, 1994). La reducción de los costos en la recuperación ha sido obtenida a partir del uso de especies leguminosas.

El Centro de Investigaciones en Agrobiología

de la Empresa Brasileña de Investigación Agropecuaria (EMBRAPA/CNPAB) viene realizando investigaciones a fin de identificar especies leguminosas, nativas o introducidas, con potencial para la recuperación de suelos degradados. En levantamientos realizados en las regiones Sureste, Norte y Noroeste de Brasil, 635 especies fueron diagnosticadas con capacidad de fijar nitrógeno, siendo muchas de ellas con potencial productivo para diferentes fines. Dentro de ese contexto, se suman los trabajos realizados por este mismo centro de investigación, que buscan seleccionar las cepas de rizobio más eficientes en la fijación de nitrógeno para esas especies (Faria *et al.*, 1985, 1987, 1989, 1993). La inoculación de rizobio junto con hongos micorrízicos se ha mostrado positiva para algunas leguminosas ampliamente utilizadas en la recuperación de suelos (Monteiro, 1990; Silva *et al.*, 1994 y Andreola *et al.*, s.f.).

De esta manera, sirviéndose de la biotecnología, el modelo de recuperación de áreas degradadas que viene siendo desarrollado por EMBRAPA/CNPAB con colaboración del Departamento de Suelos de la Universidad Federal de Viçosa, incluye, además de la inoculación con cepas seleccionadas de rizobio, la inoculación con hongos micorrízicos para hacer las plantas más eficientes en la absorción de agua y de nutrientes, proporcionando así mejores condiciones para su desarrollo en suelos degradados.

NUTRICION MINERAL DE ALGUNAS LEGUMINOSAS UTILIZADAS EN LA RECUPERACION DE AREAS DEGRADADAS

En el proceso de selección de especies leguminosas con potencial para la recuperación de suelos degradados, el estudio de las exigencias nutricionales y de la capacidad de crecimiento en suelos compactados permite la obtención de informaciones de gran importancia para la adecuación de las mejores especies para determinado sustrato que se quiere recuperar. En ese sentido, son presentados en seguida los resultados obtenidos en ensayos realizados con plantas de algunas especies utilizadas en la recuperación de áreas degradadas, en invernadero del Departamento de Suelos de la Universidad Federal de Viçosa.

Respuestas a la aplicación de cal y de fósforo. Diferentes tipos de acciones antrópicas pueden causar la remoción de los horizontes superficiales

del suelo, exponiendo el subsuelo de mayor acidez y capacidad de absorción de fosfato. En este sentido, fueron realizados diferentes estudios para evaluar la respuesta de la especie *Acacia mangium*, *A. holosericea*, *Sclerolobium paniculatum* y *Mimosa tenuiflora* a la aplicación de cal y de fosfato al horizonte B de un latosol álico.

Entre las especies evaluadas, sólo *M. tenuiflora* presentó respuesta positiva a la adición de cal al sustrato (Fernandes *et al.*, s.f.), confirmando su clasificación como especie adaptada a suelos neutros a ligeramente ácidos (Franco *et al.*, 1992). Para las demás especies, el efecto de la aplicación de cal no fue significativo para la producción de materia seca, altura y diámetro de tallo (Dias *et al.*, 1990; Dias *et al.*, 1991a). La falta de respuesta a la aplicación de cal en un suelo con cerca de 0.04 cmol/dm^3 demuestra la baja exigencia por este nutriente, como también la buena capacidad de adaptación de estas especies a sustratos pobres. En un ensayo en base a soluciones nutritivas fue demostrado el bajo requerimiento de Ca por *A. mangium*. La suspensión de este nutriente, después de un breve período de aplicado, causó poca alteración en la producción de materia seca, comparado a la suspensión de los demás macronutrientes (Dias *et al.*, 1994b).

Como ocurre con gran parte de las especies forestales de rápido crecimiento, durante su fase de vivero, todas las especies evaluadas presentaron respuesta significativa a la adición de fósforo al sustrato (Dias *et al.*, 1990, 1991a; Fernandes *et al.*, s.f.). Las ecuaciones de regresiones obtenidas para la producción de materia seca en función de las diferentes dosis de P aplicadas muestran la magnitud de respuesta de cada especie (cuadro 2). Este comportamiento está de acuerdo con la tesis de que las especies leguminosas, en simbiosis con microorganismos fijadores de nitrógeno, presentan mayor demanda de fósforo, a fin de suplir la demanda de ATP involucrado en los procesos de fijación (Siqueira y Franco, 1988). Los valores de nivel crítico de P en el suelo para las diferentes especies (cuadro 2) se encuentran en un rango de $18 \text{ a } 35 \text{ mg/dm}^3$ de P disponible en extractor Mehlich-1. Estos valores confirman la elevada demanda de nutrientes en la fase de viverización.

La respuesta a la fertilización fosfatada puede variar en función de las condiciones experimentales en las que el ensayo es conducido. La respuesta lineal obtenida por Dias *et al.* (1990) para la formación de plantas de *A. mangium* no fue obser-

CUADRO 2

Ecuaciones de regresiones ajustadas para la producción de materia seca de las diferentes especies, en función de diferentes dosis de P aplicadas al sustrato y valores de nivel crítico en suelo para la obtención de 90% de la producción máxima.

Regression equation adjusted for dry matter production for selected species, in function of levels of P applied to substrate and critical level values in soil, so as to obtain 90% of maximum production.

Especie	Dosis mg/dm ³	Modelo g/maceta	R ²	Niv. crítico mg/dm ³
<i>A. mangium</i>	0-570	$Y = 7.3714 + 0.0139 P$	0.850	1/
<i>A. holosericea</i>	0-480	$Y = 0.466 + 0.036 P - 0.00006 P^2$	0.968	18.55
<i>M. tenuiflora</i>	0-480	$Y = 0.1952 + 0.0119 P - 0.00002 P^2$	0.947	31.95
<i>S. paniculatum</i>	0-570	$Y = 3.717 + 0.0513 P - 0.00006 P^2$	0.944	26.10

1/ La respuesta linear al abono de P no permitió la obtención de nivel crítico.

vada por Andreola *et al.* (s.f.). Estos autores, al medir el efecto de la interacción entre la inoculación del sustrato con hongos micorrízicos vesículo-arbusculares y dosis de fósforo obtuvieron respuestas cuadráticas para las diferentes variables evaluadas. Este comportamiento demuestra el efecto del hongo micorrízico aumentando el crecimiento, la absorción y la acumulación de P por la planta. Por otro lado, los niveles críticos de P y de Ca en las hojas se mostraron poco variables en función de las condiciones de cultivo. El cultivo de *A. mangium* en solución nutritiva resultó en tenores de las hojas del orden de 0.26% para P, de 1.10% para Ca y de 0.29% para Mg (Dias *et al.*, 1994b), mientras que en el cultivo en suelo, los valores obtenidos al considerarse el promedio de los tratamientos fue de 0.23% para P, de 0.98% para Ca y de 0.24% para Mg (Dias *et al.*, 1990).

La asociación de leguminosas con hongos micorrízicos también fue observada en áreas degradadas. Cerca de 12 meses después de la introducción de especies como *A. mangium*, *Albizia guachapelle*, *A. saman* y *Enterolobium contortisiliquum* en una área de extracción de bauxita en Para, Brasil, se constató un significativo aumento en el número de esporas y en la diversidad de especies de hongos micorrízicos vesículo-arbusculares, incluso con la presencia de una asociación con hongo ectomicorrízico en especies del género *Acacia* (Silva *et al.*, 1994).

Respuesta al azufre y al potasio. Así como fuera observado para el Ca, de entre las cuatro especies evaluadas, sólo *M. tenuiflora* presentó respuesta a la adición de azufre al sustrato (Fernandes

et al., s.f.), caracterizándola, una vez más, como la más exigente de las especies evaluadas. La falta de respuesta de las demás especies a la adición de S puede estar relacionada con el propio potencial de suplemento de nutriente por el sustrato. A pesar de tratarse del horizonte B, el suelo utilizado como sustrato presentaba cerca de 2.8% de materia orgánica, valor considerado como mediano. Posiblemente, la preparación del suelo, la adición de cal y las fertilizaciones realizadas hayan creado condiciones más favorables para la mineralización de esa materia orgánica y, así, aumentado la disponibilidad de S para las plantas. Por otro lado, la pequeña exigencia de este nutriente no disminuye su importancia en relación a la nutrición de la planta, como fue evidenciado en el cultivo de *A. mangium* en solución nutritiva con omisión de S. Exceptuando la ausencia de nitrógeno, la ausencia de azufre en la solución fue el tratamiento que más afectó en la producción de materia seca (Dias *et al.*, 1994b).

La fertilización del sustrato con potasio proporcionó respuestas diferenciadas entre la especies. Para *A. holosericea* y *M. tenuiflora*, los resultados obtenidos para la producción de materia seca no permitieron buenos ajustes de datos a los modelos probados, mientras que para *A. mangium* y *Sclerolobium paniculatum* los datos obtenidos permitieron buenos ajustes (Dias *et al.*, 1991b y 1992) (cuadro 3.). Al comparar los modelos ajustados, se observa que para *A. mangium* hubo respuesta negativa y para *S. paniculatum* respuesta positiva a la adición de potasio al sustrato.

El valor de 1.4% para el nivel de K en las hojas

CUADRO 3

Ecuaciones de regresión para la producción de materia seca, de las diferentes especies, en función de diferentes dosis de K aplicadas al sustrato y valores de nivel crítico en suelo para la obtención de 90% de la producción máxima.

Regression equations adjusted for dry matter production for selected species, in function of levels of K applied to substrate and critical level values in soil, so as to obtain 90% of maximum production.

Especie	Dosis mg/dm ³	Modelo g/maceta	R ²	Niv. crítico mg/dm ³
<i>A. mangium</i>	0-200	$Y = 15.041 - 0.561 X^{0.5} + 0.026 X$	0.985	1/
<i>S. paniculatum</i>	0-300	$Y = 9.920 + 0.046 X - 0.0001 X^2$	0.909	27.4
<i>M. tenuiflora</i>	0-160	$Y = 1.563 + 0.053 X^{0.5} - 0.004 X$	0.886	16.61

1/ La respuesta negativa al abono de potasio no permitió la obtención de nivel crítico.

obtenido con el cultivo de *A. mangium* en condiciones de solución nutritiva se mostró próximo a los valores considerados como críticos en las hojas para otras especies forestales como *Eucalyptus cloeziana* (Novais *et al.*, 1980).

TOLERANCIA DE ALGUNAS ESPECIES LEGUMINOSAS A LA PRESENCIA DE HORIZONTES COMPACTADOS EN EL SUSTRATO

De entre las diferentes acciones antrópicas que pueden resultar en la degradación de un suelo, la explotación minera a tajo abierto es realizada por medio de la remoción del suelo superficial para posibilitar la extracción del mineral. Como proceso de recuperación del área explotada, gran parte de las empresas promueve el retorno del suelo superficial a la excavación después de la extracción del mineral. Esta operación, realizada con gran movimiento de máquinas, puede conducir a la degradación estructural del suelo, condicionando el apareamiento de horizontes compactados en el sustrato. Además de la reducción de la permeabilidad del suelo, la compactación conduce a problemas nutricionales de diferentes tipos, destacándose la menor absorción de fósforo en función de la menor difusión del elemento en el suelo (Novais *et al.*, 1991).

Basado en la constatación de este hecho, se procuró evaluar la tolerancia de algunas especies leguminosas a la presencia de horizontes compactados en el sustrato para plantación. Para tal efecto, siete especies fueron sometidas a dos niveles de compactación de suelos por medio del montaje de columnas de PVC conteniendo un estrato de

suelo compactado. Las especies evaluadas fueron *Acacia auriculiformis*, *A. holosericea*, *A. mangium*, *Enterolobium contortisiliquum*, *Leucaena leucocephala*, *Mimosa caesalpinolia* y *M. tenuiflora*.

De acuerdo con los resultados obtenidos, las especies *L. leucocephala* y *M. tenuiflora* fueron las que presentaron mayor reducción en la producción de materia seca de la parte aérea. *A. auriculiformis* y *A. mangium* sufrieron reducción significativa en la producción de materia seca del sistema radicular contenido en el anillo compactado, pero sin presentar reducción en la producción de la parte aérea. Este comportamiento coincide con los resultados obtenidos en condiciones de campo, donde *A. mangium* ha mostrado gran capacidad de adaptación a condiciones adversas de sustrato (Dias *et al.*, s.f.).

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos demuestran la gran capacidad de las especies leguminosas en aportar C y N al suelo, proporcionando una mayor velocidad en los procesos de recuperación de áreas degradadas.

Para la fase de formación de plantas las especies evaluadas se mostraron exigentes en fósforo. La baja tolerancia a la acidez y la significativa respuesta a la aplicación de Ca y de S al sustrato de *M. tenuiflora* no se repitió en las demás especies, que mostraron buena tolerancia a la acidez y baja exigencia de Ca, Mg, K y S, especialmente *A. mangium*.

Con excepción de *L. leucocephala* y *M. tenuiflora*, las especies evaluadas mostraron bue-

na tolerancia a la presencia de horizontes compactados en el subsuelo.

El uso de leguminosas forestales, noduladas y micorrizadas, en la recuperación de áreas degradadas, se muestra promisorio en función de la rusticidad, de la gran producción de biomasa y de la capacidad de adaptación de esas especies.

BIBLIOGRAFIA

- ANDREOLA, F., R.V. PACHECO, L.E. DIAS, N.F. BARROS, (s.f.). Interação *Rhizobium* X micorriza vesicular-arbuscular X doses de fósforo na formação de mudas de *Acacia mangium* Will.
- ALLEN, O.N., E.K. ALLEN. 1981. *The leguminosae: a source book of characteristics, uses, and nodulation*. Wisconsin, University of Wisconsin, 812 pp.
- BERNHARD-REVERSAT, F. 1986. "Soil nitrogen mineralization under a *Eucalyptus* plantation and natural *Acacia* forest in Senegal", *For. Ecol. Manage.*, 23: 55-57.
- DIAS, L.E., V.H. ALVAREZ V., S. BRIENZA Jr. 1990. "Formação de mudas de *Acacia mangium*. I. Resposta à calcário e fósforo". En: *Anais do VI Congresso Florestal Brasileiro-Sociedade Brasileira de Silvicultura e Sociedade Brasileira de Eng. Florestais*. Campos do Jordão-SP pp. 449-453.
- DIAS, L.E., V.H. ALVAREZ V., I. JUCKSCH, N.F. de BARROS, S. BRIENZA Jr.. 1991a. "Formação de mudas de taxi-branco (*Sclerolobium paniculatum* Voguel). I Resposta à calcário e fósforo", *Pesq. Agrop. Bras.*, Brasília, 26(1): 69-76.
- DIAS, L.E., V.H. ALVAREZ V., S. BRIENZA Jr. 1991b. "Formação de mudas de *Acacia mangium*. II. Resposta à nitrogênio e potássio", *Rev. Arv.*, Viçosa, 16(2): 135-143.
- DIAS, L.E., V.H. ALVAREZ V., I. JUCKSCH, N.F. de BARROS, S. BRIENZA. 1992. "Formação de mudas de taxi-branco (*Sclerolobium paniculatum* Voguel): Resposta a nitrogênio, potássio e enxofre", *Rev. Arvore*, 16(2): 135-143.
- DIAS, L.E., A.A. FRANCO, E.F.C. CAMPELLO. 1994a. "Dinâmica de matéria orgânica e de nutrientes em solo degradado pela extração de bauxita e cultivado com *Eucalyptus pellita* e *Acacia mangium*". En: *Simposio Sul-americano I e Simpósio Nacional II sobre Recuperação de Areas Degradadas*. Fóz do Iguaçu, Paraná, pp. 515-25.
- DIAS, L.E., S.M. FARIA, A.A. FRANCO. 1994b. "Crescimento de mudas de *Acacia mangium* Willd em resposta à omissão de macronutrientes", *Rev. Arvore* 18(2): 123-131.
- DIAS, L.E., A.A. FRANCO, E.F.C. CAMPELLO, S.M. FARIA, S.M. DE FARIAS (s.f.). "The use of nodulated and mycorrhized legume tree to rehabilitation of degraded soils: One technological model used in Porto Trombetas-PA". En: *Management and Rehabilitation of degraded Lands and Secondary Forests in Amazonia, An International Symposium/Workshop, 1992*. Proceedings, International Institute of Tropical Forestry USDA/EMBRAPA-CPATU.
- FARIA, S.M. de, R.M. DE JESUS, A.A. FRANCO. 1985. "Field establish of nodulated *Leucaena leucocephala* var K 72", *Nitrogen fi tyre Research Reports* 6: 14-16.
- FARIA, S.M. de, H.C. DE CIMA, A.A. FRANCO, J.I. SPRENT. 1987. "Nodulation legumes from South East of Brazil", *Plant and Soil* 99: 347-356.
- FARIA, S.M. de, G.P. LEWIS, J.I. SPRENT, J.M. SUTHERLAND. 1989. "Occurrence of nodulation in the leguminosae", *New Phytol.* 111: 607-619.
- FARIA, S.M. de, A.A. FRANCO. 1993. Levantamento e seleção de estirpes de rizóbio para leguminosas arbóreas. En: *Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, XXIV, Goiânia-GO.* 1993. Resumo..., Sociedade Bras. de Ciência do Solo, pp. 335-336.
- FRANCO, A.A., E.F.C. CAMPELLO, E.M.R. SILVA, S.M. de FARIA. 1992. Revegetação de solos degradados. Seropédica. RJ. EMBRAPA/CNPBS, 11 p. (Comunicado Técnico 9).
- FERNANDES, J.Q.P., M.C. MACHADO, L.E. DIAS, H.A. RUIZ. 1994. Crescimento de sete espécies leguminosas florestais em colunas de solo compactado. En: *Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e da Agua*, 10. Florianópolis, SC. Resumos pp. 242-243.
- FERNANDES, J.Q.P., R.R. DIAS, L.E. DIAS, N.F. de BARROS (s.f.). Formação de mudas de *Mimosa tenuiflora*: Resposta a calcário, P, K e S.
- GRIFFITH, J.J., L.E. DIAS. I. JUCKSCH. 1994. "Novas estratégias ecológicas para a revegetação de áreas mineradas no Brasil". En: *Simposio Sul-americano I e Simpósio Nacional II sobre Recuperação de Areas Degradadas*. Fóz do Iguaçu, Paraná, pp. 31-43.
- GLOVER, N., G. BEER. 1986. "Nutrient cycling intwo traditional central american agroforestry", *Agrof. Syst.* 4: 77-87.
- LAMBERT, D.H., D.E. BAKER, H. COLE Jr. 1979. "The role of mycorrhize in the interactions of phosphorus with zinc, copper and other elements", *Soil. Sci. Soc. Am. J.* Madison, 43: 976-980.
- MANJUNATH, A., M. HABTE. 1988. "Development of vesicular-arbuscular mycorrhizal infection and upkate of immobile nutrients in *Leucaena leucocephala*", *Plant and Soil*. The Hague, 106: 97-103.
- MONTAGNINI, F., F. SANCHO. 1990. "Impacts of native trees on tropical soils: a study in the Atlantic lowlands of Costa Rica, Central America", *Ambio*. 19: 386-390.
- MONTEIRO, E.M. da S. 1990. *Resposta de leguminosas arbóreas á inoculação com rizóbioe fungos micorrízicos vesícula-arbusculares em solo ácido*. Tese de Doutorado, UFRRJ, 221 pp.
- NAIR, P.K.B. 1993. *An introduction to aggroforestry*. Kluwer Academic Publishers, Netherlands, 499 pp.
- NOVAIS, R.F. de, A.K. RÊGO, J.M. GOMES. 1980. "Nível crítico de potássio no solo e na planta para o crescimento de mudas de *Eucalyptus grandis*. W. Hill ex Maiden e de *Eucalyptus cloeziana* F. Muell", *Rev. Arvore* 4: 14-23.
- NOVAIS, R.F. de, J.C.L. NEVES, N.F. de BARROS. 1991. Ensaio em ambiente controlado. En: de OLIVEIRA, A.J., W.E. GARRIDO, J.D. de ARAUJO, S. LORENCO. *Métodos de pesquisa em fertilidade do solo*. EMBRAPA, Brasília-DF. 392 pp.
- SANDHU, J., M. SINHA, R.S. AMBASHT. 1990. "Nitrogen release from decomposing litter of *Leucaena leucocephala* in the dry tropics", *Soil Biol. Biochem.* 22(6): 859-863.
- SILVA, E.M.R. da, A.A. FRANCO, L.E. DIAS, E.F.C. CAMPELLO. 1994. Fungos micorrízicos em leguminosas arbóreas revegetando solos degradados. En: *Reunião Brasileira de Micorrizas, Florianópolis, SC*. Resumos.
- SIQUEIRA, J.O., A.A. FRANCO. 1988. *Biocologia do solo; fundamentos e perspectivas*. Brasília: MEC/ABEAS: Lavras. ESAL/FAEPE, 235 pp.
- SUASSUNA, J. 1982. *Efeitos da associação do sabiá (Mimosa caesalpinifolia, Benth) no comportamento do jacarandá (Dalbergia nigra, FR. Allen) e da peroba branca (Tabebuia stenocalyx, Sprague & Stapf) na zona da mata de Pernambuco, Recife*. Tesis M.S., UFPE, 179 pp.