

Productividad y capacidad de reciclar fósforo de diferentes accesiones de *Arachis pintoii* asociados con *Acacia mangium* en Guápiles, Costa Rica¹

Henry A. Perla², Donald Kass³, Muhammad Ibrahim³, Francisco Jiménez³

Palabras claves: forraje, fraccionamiento, longitud específica de raíz, materia seca, micorrizas, nutrientes foliares.

Productivity of different accessions of *Arachis pintoii* and their capacity to recycle P in association with *Acacia mangium* in Guápiles, Costa Rica

RESUMEN

En una plantación del maderable *Acacia mangium* de tres años, en Guápiles, Provincia de Limón, Costa Rica, se estudiaron siete accesiones de maní forrajero (*Arachis pintoii*) para determinar cuales tenían mayor potencial para reciclar fósforo (P). Las fracciones P inorgánico/membrana, P inorgánico/NaHCO₃ y P orgánico/NaHCO₃, y el P total en el suelo, no presentaron diferencias bajo las accesiones de *A. pintoii*. El número de esporas de micorriza por 100 g de suelo fue de 273 y 715 para las accesiones CIAT 18744 y 22159, respectivamente y el porcentaje de colonización de las raíces por micorrizas vesículo arbusculares fue superior a 80% en todas las accesiones. Las accesiones CIAT 18744 y 22150 tuvieron los mayores contenidos foliares de los elementos Mg, P y Zn (8866, 2400 y 53.58 mg kg⁻¹, respectivamente). La producción de materia seca forrajera de *A. pintoii*, a los seis meses de siembra, fue mayor a una distancia de 4.5 m de los árboles (sin diferencia entre accesiones en productividad forrajera por parcela). La accesión CIAT 17434 presentó la mayor longitud específica de raíz (74 cm mg⁻¹).

ABSTRACT

In a 3 year old plantation of the timber tree *Acacia mangium*, in Guapiles, Limon Province, Costa Rica, seven different accessions of the fodder species *Arachis pintoii* were studied in order to identify those with the greatest potential to recycle P. Soil fractions P inorganic/membrane, inorganic P extracted by sodium bicarbonate and organic P extracted by sodium bicarbonate showed no significant differences below the different accessions of *A. pintoii*. The number of mycorrhizal spores found per 100g of soil were 273 and 715 for the accessions CIAT 18722 and 22159, respectively, and the percentage colonization of roots by vesicular arbuscular mycorrhizae was greater than 80% in all accessions. The accessions CIAT 18744 and 22150 had the highest values for foliar nutrient content of the elements Mg, P and Zn (8866, 2400 and 53.58 mg kg⁻¹ respectively). Six months after planting the production of fodder dry matter was greatest at 4.5 m distance from the trees (there was no difference between the different accessions in forage productivity per plot). The accession CIAT 17434 had the highest value for specific root length (74 cm mg⁻¹).

INTRODUCCIÓN

Alrededor del 70% de los suelos tropicales están muy meteorizados y tienen complejos coloidales conformados por óxidos e hidróxidos de hierro y aluminio con un alto poder de fijación de P. Por tanto, el P disponible para las plantas es escaso (Fassbender 1982, Szott y Kass 1993). La variabilidad genética (inter e intra-específica),

de las plantas en cuanto a la capacidad para obtener, distribuir, acumular y utilizar nutrimentos minerales, permite desarrollar plantas mejor adaptadas a estos suelos ácidos y de baja fertilidad (Rao 1995).

Arachis pintoii tiene una capacidad poco común de absorber P de suelos con bajo contenido de este elemento,

¹ Basado en Perla HP. 2000. Variabilidad de *Arachis pintoii* Productividad y capacidad de reciclar fósforo en asocio con *Acacia mangium* Tesis M.Sc., CATIE, Turrialba, Costa Rica 60p. ² M.Sc. Agroforestería Tropical, Investigador, Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria (CENIA) EMail: hperla@usa.net ³ Profesores investigadores, CATIE. Tel 558-2592 EMail: dkass@catie.ac.cr (autor para correspondencia), mibrahim@catie.ac.cr, fjimenez@catie.ac.cr

relacionado con el intenso desarrollo de raíces finas en suelos de textura fina y con una gran actividad de micorrizas vesículo arbusculares (MVA) en suelos de textura gruesa (Rao y Kerridge 1995). Los objetivos de esta investigación, que fue llevada a cabo dentro de un sistema silvopastoril que incluyó el árbol maderable *Acacia mangium* (plantado a 9x3 m; tres años de edad), fueron: 1) evaluar el potencial de accesiones de *A. pintoii* para captar y reciclar P; 2) estudiar asociaciones simbióticas y morfológicas que podrían explicar las diferencias entre accesiones en la obtención de P; 3) evaluar el contenido de nutrientes en diferentes accesiones de *A. pintoii*; y 4) comparar las accesiones de *A. pintoii* en términos de la producción de biomasa aérea (forrajera) y extensión de raíces.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en Guápiles, en la Zona Atlántica de Costa Rica (10° 09' N; 83° 38' O; 125 msnm; 24.6 °C de temperatura media, 87% de humedad relativa; 4560 mm de precipitación media anual). El clima fue clasificado como Bosque Tropical Lluvioso; entre 13 y 17 MJ m² día⁻¹ de radiación solar global promedio (Zelada 1996) y suelos clasificados como Typic Dystrudept.

Los árboles de *A. mangium* se plantaron en setiembre de 1997, mientras que el *A. pintoii* fue sembrado en enero de 1999. Los tratamientos evaluados fueron *A. mangium* sin asocio o *A. mangium* con una de las siguientes accesiones de CIAT: 22155, 22157, 22159, 22148, 22150, 17434, 18744.

Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar con arreglo de parcelas subsubdividas, con tres repeticiones. Las parcelas principales estuvieron constituidas por el asocio entre cuatro árboles de *A. mangium* y una accesión de *A. pintoii*, con excepción del testigo (sin *A. pintoii*). Las subparcelas fueron las fajas de *A. pintoii* (distanciadas de los árboles a 1.5, 3 y 4.5 m) y las sub-subparcelas consistieron en mediciones en tiempo (4, 5 y 6 meses después de la siembra del *A. pintoii*).

Las variables estudiadas fueron:

P total (Pt). Se hicieron dos mediciones: 1) a la siembra del *A. pintoii*, se tomaron muestras de suelo (0-15 cm de profundidad) en las parcelas testigo de cada bloque; y 2) a los seis meses se tomaron nuevas muestras en todas las parcelas.

Fraccionamiento de P. Se realizaron muestreos de suelo (0-15 cm de profundidad), al inicio y a los seis meses del



Las accesiones de *Arachis pintoii* no influyeron significativamente en los contenidos P total, ni en las fracciones del suelo; pero algunas fueron mejores en la absorción de Mg, P y Zn (Foto: H. Perla)

estudio, en todas las parcelas de cada bloque. Los análisis de fraccionamiento de P fueron parciales. Se determinaron las fracciones orgánicas (Po) e inorgánicas (Pi) extraídas con resinas y bicarbonato de sodio (NaHCO₃). Se utilizó el procedimiento descrito por Hedley *et al.* (1982), modificando el tamaño de membrana a 2.5 x 2.5 para la primera extracción del Pi-resina y terminando en la segunda fracción.

Micorrizas (MVA). Los muestreos de suelo y raíces (para contar el número de esporas de micorrizas) fueron tomados en todas las parcelas a 20 cm de profundidad al inicio y a los seis meses de siembra del *A. pintoii*.

Concentraciones de nutrientes foliares. Se tomaron muestras foliares de *A. pintoii* al final del estudio para determinar las proporciones de macro y micro nutrientes (Ca, Mg, K, P, N, Cu, Mn, Fe y Zn).

Biomasa aérea de *A. pintoii*. Se muestreo cada ocho semanas (Villareal y Zuniga 1996) a partir del cuarto mes de establecido (tres mediciones). Las muestras foliares, que se tomaron de toda la planta (hojas+tallo) a tres distancias de los árboles de *A. mangium* (1.5, 3.0 y 4.5 m), considerando un área de 0.0625 m² por cada submuestra (se tomaron tres sub-muestras en cada parcela y fecha, utilizando un aro metálico de 0.25 x 0.25 m) fueron secadas en horno a 65 °C por un período de 72 horas para obtener el peso seco.

Longitud específica de raíz (LER) de *A. pintoii*. Se tomaron datos a los seis meses del inicio del estudio, mediante muestreos con barreno "Göttingen", a tres distancias de *A. mangium* (1.5, 3 y 4.5 m) a 0-15, 15-30 y 30-60 cm de profundidad en cada parcela.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

P total (Pt)

Al final del estudio, el suelo bajo CIAT 17434 tuvo el valor más alto de Pt (1436 mg kg⁻¹), mientras que el suelo bajo CIAT 22150 tuvo el nivel más bajo (1319 mg kg⁻¹), pero las diferencias no fueron significativas ($p < 0.05$).

Fraccionamiento de P

No hubieron diferencias ($p < 0.05$) entre tratamientos

para las fracciones de P (Cuadro 1). El P inorgánico (Pi) extraído con resinas (Pi/membrana) disminuyó durante el estudio, mientras que las proporciones de las fracciones de Pi extraídos con bicarbonato de sodio (Pi/NaHCO₃) incrementaron. Todos los tratamientos presentaron una tendencia a disminuir las concentraciones de la fracción de P orgánico (Po) extraída con bicarbonato de sodio (Po/NaHCO₃).

Micorrizas

Al final del estudio, los promedios por tratamiento oscilaron entre 273 y 715 esporas por 100 g de suelo para las accesiones CIAT 18744 y 22159, respectivamente, pero no hubo diferencias estadísticas ($p < 0.05$). Las poblaciones de esporas formadoras de MVA, encontradas en las muestras de suelo, correspondieron al género *Glomus*. Tampoco se mostraron diferencias significativas ($p < 0.05$) en el porcentaje de colonización; todas las accesiones presentaron porcentajes de colonización de raíces arriba del 80%, aunque el desarrollo del micelio dentro de las raíces (espacios intercelulares) fue relativamente pobre.

Concentraciones de nutrientes foliares

Solamente se encontraron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ($p < 0.05$) para Mg y P. La accesión CIAT 18744 tuvo la concentración más alta de Mg (8866 mg kg⁻¹), mientras que la accesión CIAT 22157 obtuvo el resultado más bajo para este elemento (5533 mg kg⁻¹). Las accesiones CIAT 18744 y 22150 tuvieron las concentraciones de P foliar (2400 mg kg⁻¹) más altas (Figura 1). Las accesiones CIAT 18744 y 22150 también presentaron porcentajes de colonización de raíces por MVA mayores que los demás accesiones. No se encontraron diferencias estadísticas en Cu, Mn y Fe, pero si en el Zn ($p < 0.01$). La accesión CIAT 22150 tuvo la concentración foliar más alta de Zn (53.58 mg kg⁻¹)

Biomasa aérea de *A. pinto*

No se encontraron diferencias estadísticas ($p > 0.05$) entre tratamientos, pero, si entre distancias y mediciones en tiempo. La producción de materia seca a 3 y 4.5 m de distancia del árbol fue estadísticamente similar, pero superior ($p < 0.05$) a la obtenida a 1.5 m. Todas las accesiones de *A. pinto* mostraron una tendencia a incrementar

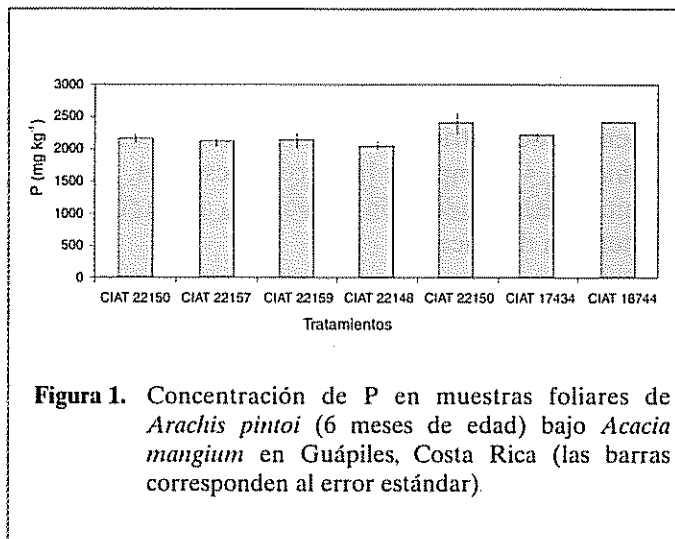


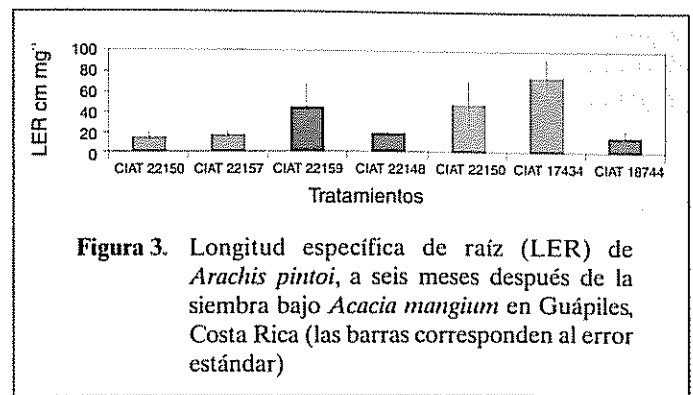
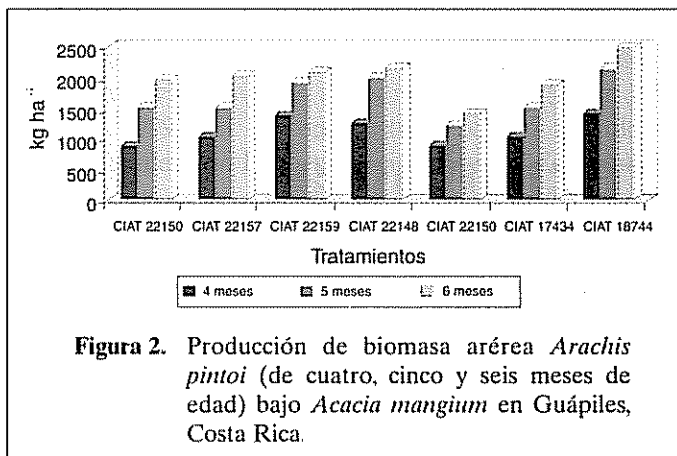
Figura 1. Concentración de P en muestras foliares de *Arachis pinto* (6 meses de edad) bajo *Acacia mangium* en Guápiles, Costa Rica (las barras corresponden al error estándar).

la producción de MS a medida que se alejaba de los árboles; esta diferencia fue mayor entre las distancias 1.5 y 3 m, pero se redujo entre las mediciones de 3 a 4.5 m. Las accesiones CIAT 22157 y 18744 tuvieron una respuesta lineal, conforme se alejaban del árbol, indicando que tienen una mayor demanda de luz. La accesión CIAT 17434 mostró una respuesta cuadrática a las distancias de los árboles en la producción de MS; mientras que las accesiones CIAT 22155 y 17434 producen mejor a niveles de sombra intermedia (63%). Hubo una tendencia a incrementar la producción de MS en el tiempo (Figura 2; $p < 0.05$).

Cuadro 1. Fracciones de P y P total en el suelo antes y a los seis meses después de la siembra de diferentes accesiones de *Arachis pinto*, asociado con *Acacia mangium* en Guápiles, Costa Rica.

Fracciones de P	Testigo	CIAT	CIAT	CIAT	CIAT	CIAT	CIAT	CIAT	
	(sin <i>A. pinto</i>)	22155	22157	22159	22148	22150	17434	18744	
	Inicio								
	mg kg⁻¹								
Pi/membrana	0,75	0,68	0,75	1,19	0,63	0,63	0,80	0,75	
Pi/NaHCO ₃	16,10	15,00	18,37	14,87	15,89	12,67	16,15	15,99	
Po/NaHCO ₃	48,40	51,33	54,84	47,73	54,47	47,07	51,88	50,91	
P/total	1251*								
	6 meses								
Pi/membrana	0,74	0,68	0,43	0,68	0,37	0,37	0,74	0,37	
Pi/NaHCO ₃	21,38	17,31	15,35	17,05	19,09	14,44	19,61	15,85	
Po/NaHCO ₃	44,23	45,12	47,86	45,9	47,63	44,43	49,16	40,5	
P/total	1322	1357	1392	1414	1369	1319	1436	1330	

* Inicio del ensayo.



Longitud específica de raíz (LER) de *A. pintoï*

Las distancias de muestreo de las raíces de *A. pintoï*, con relación a los árboles de *A. mangium*, no influyeron significativamente ($p > 0.05$) en el comportamiento de la LER. Se encontraron diferencias estadísticas ($p < 0.05$) entre accesiones y en la interacción accesión*distancia. La accesión CIAT 17434 tuvo un LER de 74.13 cm mg⁻¹, mientras que la CIAT 18744 tuvo solamente 14.25 cm mg⁻¹ (Figura 3); es decir, que CIAT 17434 invirtió más esfuerzos en producir raíces que la CIAT 18744. Sin embargo, este último fue más eficiente en la absorción de nutrientes por unidad de LER (véase datos de concentración de P y producción de biomasa).

CONCLUSIONES

La selección de una accesión de *A. pintoï* no influyó significativamente en el P total, ni en las fracciones de P en el suelo. Por otro lado, si hubo diferencias significativas entre accesiones de *A. pintoï* con respecto a las

concentraciones de algunos macro y micro elementos, siendo las accesiones CIAT 18744 y 22150 las que obtuvieron los mejores resultados en la absorción de Mg, P y Zn. La producción de materia seca no difirió significativamente entre accesiones de *A. pintoï*; sin embargo, hubo un efecto negativo de los árboles (distancias de muestreo) y un aumento en el tiempo (a 4, 5 y 6 meses de la siembra del *A. pintoï*). La longitud específica de raíz, no explicó las diferencias entre las accesiones de *A. pintoï* en cuanto a la absorción de P, aunque se notó una tendencia positiva entre la colonización de raíces por MVA y la absorción de Mg, P y Zn. Hubo diferencias significativas entre accesiones de *A. pintoï*, en la longitud específica de raíz; las accesiones CIAT 17434, 22150 y 22159 presentando la mayor extensión. La accesión CIAT 18744 mostró el mayor potencial para acumular P en asocio con *A. mangium* (datos de concentración foliar multiplicado por biomasa), a pesar de tener el LER más bajo, sugiriendo que esta accesión de *A. pintoï* utiliza un mecanismo diferente para captar este elemento.

LITERATURA CITADA

- Fassbender, H.W. 1982 Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina 3ª edición IICA San José, Costa Rica 398 p
- Hedley, M.; Stewart, J.; Chauhan, B. 1982 Changes in inorganic and organic soil phosphorus fractions induced by cultivation practices and by laboratory incubations. Soil Sci. Soc. Am. J. 64: 970-976
- Rao, IM 1995 Atributos de adaptación de plantas forrajeras a suelos infértiles. In: CIAT eds Informe bianual 1994-1995 Programa de forrajes tropicales. Documento de trabajo No 153. 1995 Cali, Colombia p. 7-17.
- Rao IM; Kerridge, P.C. 1995. Nutrición mineral de *Arachis* forrajero. In: Kerridge, P.C. eds. Biología y Agronomía de Especies Forrajeras de *Arachis*. CIAT Cali Colombia p 76-89
- Szott, L.T.; Kass, D. 1993 Fertilizers in agroforestry systems. Agroforestry Systems 23: 157-176
- Villareal, M.; Zúñiga, R. 1996 Frecuencia de corte y productividad de accesiones de *Arachis pintoï*. In: Argel, P.; Ramirez, P.A. eds. Experiencias regionales con *Arachis pintoï* y planes futuros de investigación y promoción de la especie en México, Centro América y el Caribe. Centro Internacional de Agricultura Tropical CIAT, Cali, Colombia p 45-49.
- Zelada, E. 1996. Tolerancia a sombra de especies forrajeras herbáceas en la zona atlántica de Costa Rica. Tesis M Sc CATIE Turrialba, Costa Rica 88p.