

Desarrollo y distribución de raíces en tres clones de musáceas y su relación con las propiedades de un suelo lacustrino de la Cuenca del Lago de Valencia

Roots development and distribution in three Musaceae clones and their relationship with the soil lacustrine properties of Lake Valencia basin

G. Rodríguez¹ y D. Lobo²

¹Departamento de Agronomía. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. (UCV). Av. Universidad. El Limón. Maracay, Estado Aragua.

²UCV. Facultad de Agronomía. Departamento de Edafología. Av. Universidad. El Limón. Maracay, estado Aragua

Resumen

Las musáceas comestibles (plátano y cambur) se ubican en el lugar de mayor importancia dentro del sector frutícola del país, constituyendo frutos de gran preferencia por el consumidor. Con el propósito de evaluar el desarrollo y la distribución de raíces de tres clones de musáceas y su relación con las propiedades del suelo, se llevó a cabo una investigación en un suelo Mollic Ustifluvents de la Depresión de la Cuenca del Lago de Valencia. Las evaluaciones en el suelo y en las plantas fueron realizadas en tres fechas durante el ciclo del cultivo (3, 6 y 9 meses después de la siembra). Se evaluaron variables de raíces tales como peso fresco, longitud y tasa de crecimiento radical. Además, se evaluaron algunas propiedades físicas y químicas del suelo. Los clones empleados fueron 'Brasilero' (*Musa* AAA), 'Pelipita' (*Musa* ABB) y 'Harton' (*Musa* AAB). El comportamiento del patrón de raíces en los tres clones fue tendente a concentrar mayor cantidad de estas en la primera capa aluvial del suelo, que en las capas inferiores lacustrinas, observándose características contrastantes entre ellas. La profundidad efectiva máxima alcanzada fue 37 cm, lo cual indica un efecto

Recibido el 6-7-2004 • Aceptado el 15-9-2004

Autores para correspondencia correo electrónico: rodriguezg@agr.ucv.ve; lobod@agr.ucv.ve

restrictivo para el desarrollo de raíces y un menor anclaje para las plantas.

Palabras clave: clon, musáceas, raíces, propiedades físicas, propiedades químicas.

Abstract

Edible Musaceae (plantain and banana) are the most important fruit crops in the country and are of great preference for the consumer. In order to evaluate roots development and distribution in three Musaceae this research was carried out in a soil classified as Mollic Ustifluvents, located in the basin of Valencia's lake. Soil and plants were evaluated in three dates during the crop cycle (3, 6 and 9 months after being sowed). The variables analyzed in plant were: root length, fresh weight and growth rate. Some physical and chemicals properties were evaluated in the soil. 'Brazilian' (*Musa* AAA), 'Pelipita' (*Musa* ABB) and 'Harton' (*Musa* AAB) were the clones used. The roots of the three genotypes tended to be more concentrated in the first alluvial layer of soil, than in the inferior lacustrine layers, observing contrasting characteristics among soil layers. Maximum effective depth was 37 cm; which indicates a restrictive effect for roots development and a low ability for roots to be fixed firmly in the soil.

Key words: Clone, musaceae, roots, physical and chemical properties.

Introducción

En el cultivo de musáceas son importantes las condiciones edáficas para su óptimo desarrollo. En este sentido, se consideran como suelos ideales aquellos de texturas medias, con buena estructura y gran porosidad, lo cual permite a su vez una buena aireación (7, 9). Por otra parte, las raíces de banano necesitan de suelos con una profundidad mínima o profundidad efectiva de 60 a 80 cm, siendo otro factor importante el nivel freático en la zona radical, donde esta debe estar a más de 80 cm de profundidad para garantizar el crecimiento y aireación de las raíces (3).

Soto (14) indica que entre el 60 a 70% de las raíces en banano se encuentran comprendidas en los primeros 30 cm de profundidad del suelo.

En cuanto a la extensión lateral, destaca que el 90% de las raíces se ubican en los primeros 60 cm de distancia de la base de la planta. El mismo autor señala como factor a considerar, que la emisión de raíces nuevas en la planta madre se detiene antes de la floración y los nutrimentos que se trasladan al racimo son absorbidos en parte por las raíces de los retoños.

Debido a que el sistema radical cumple con las funciones básicas de sostén, absorción de agua y nutrimentos en la planta, además que las propiedades o condiciones edáficas afectan en mayor o menor grado su desarrollo, se plantea entonces como objetivo general del trabajo, evaluar el patrón de desarrollo y distribución de raíces en 3 clones de musáceas, desde

la siembra hasta floración, en un suelo lacustrino de la Depresión del Lago

de Valencia y su relación con las condiciones físicas y químicas del suelo.

Materiales y métodos

Ubicación

La presente investigación se realizó en la Estación Experimental "Samán Mocho", de la Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela, localizada en el Municipio Carlos Arvelo del estado Carabobo, siendo sus coordenadas 10°05'58" LN y 67°51'40" LO, a 425 msnm.

Características edáficas

El suelo sobre el cual se realizó la investigación está clasificado como Mollic Ustifluvents francosa gruesa mixta (calcárea) isohipertérmica, el cual posee un material parental proveniente de depósitos lacustrinos calcáreos, paisaje de planicie lacustrina y relieve con menos del 2% de pendiente. Presenta en el horizonte superficial una capa de suelo aluvial y debajo de esta, capas de suelo de origen lacustrino (13).

Clones a Evaluar

En este trabajo se estudiaron los clones 'Brasileño' (*Musa* AAA subgrupo Cavendish), 'Pelipita' (*Musa* ABB subgrupo Bluggoe) y 'Harton' (*Musa* AAB subgrupo Plátanos). Sin embargo, en la investigación principal se evaluaron diez clones, destacando en este trabajo solo los resultados de estos tres clones mencionados anteriormente.

Diseño del Experimento y Análisis Estadístico

En cuanto al área de terreno destinado para la evaluación del pa-

trón de desarrollo y distribución de raíces fue estudiado como un arreglo factorial 3 x 10 (3 fechas de muestreo y 10 clones) en un diseño de bloques al azar con dos repeticiones. El análisis estadístico mediante análisis de varianza aproximado sin ajustes. Nuevamente se señala que para efectos de este trabajo se utilizará solo la información generada de los tres clones antes mencionados.

Evaluación de la condición física del suelo:

La evaluación de las características físicas de suelo se realizó en las trincheras u hoyos abiertos para la valoración del sistema radical, siguiendo el método de Böhm (2). Las calicatas se abrieron hasta 80 cm de profundidad.

Las características físicas del suelo evaluadas fueron:

- **Distribución de tamaño de partículas:** por el método de Day (5), descrito en Pla (12).

- **Resistencia a la penetración:** Nacci y Pla (10).

Determinaciones físicas en muestras no alteradas, tomadas en cada una de las capas de suelo, siguiendo los procedimientos descritos en Pla (12):

- **Densidad aparente**
- **Porosidad total y distribución de tamaños de poros**
- **Conductividad hidráulica saturada**
- **Determinaciones de hu-**

medad: por el método gravimétrico

En cuanto a las propiedades químicas, se realizaron las siguientes determinaciones de acuerdo a la metodología empleada por el Laboratorio General de Suelos de la Facultad de Agronomía-UCV:

- **pH y Conductividad Eléctrica** (en relación suelo: agua 1:2)

- **Disponibilidad de macro y micronutrientes** (N total, P, K, Ca, Mg, Na, Zn, Cu, Fe, Mn, extraídos con Mehlich 1)

- **Contenido de Materia Orgánica** (por el Método de Walkley y Black)

- **Capacidad de Intercambio Catiónico** (usando Acetato de Amonio)

Evaluación del patrón de dis-

tribución y desarrollo de raíces

Se usaron los métodos Perfil de Pared (2) y Cilindro Modificado (10). En el primer caso, para obtener información cualitativa del patrón de distribución de raíces en el perfil del suelo, mientras que en el segundo, mediante toma de cilindros de suelo de volumen conocido, se pudieron realizar determinaciones cuantitativas del crecimiento y desarrollo de las raíces en las distintas etapas de desarrollo de las plantas.

Estas variables cuantitativas fueron:

- Peso fresco de raíces
- Densidad de longitud de raíces (17)
- Tasa absoluta de crecimiento de raíces (8)

Resultados y discusión

La caracterización física del suelo (cuadro1) revela la presencia de valores muy bajos de densidad aparente (entre 0,4 y 0,6 mg.m⁻³), valores muy altos de conductividad hidráulica saturada (> 10 cm.h⁻¹), y altos valores de espacio poroso total (>70%) y porosidad de aireación (>12%). En cuanto al módulo de ruptura no alcanzaron a registrarse valores por su baja

cohesión en seco. Se infiere de ello que el suelo presenta una buena aireación, alta retención de humedad y condiciones estructurales aparentemente no limitantes para desarrollo de las raíces de musáceas. Sin embargo, al observar los valores de resistencia a la penetración, se nota que existe un incremento de los valores en la segunda y tercera capa de suelo, pasando

Cuadro 1. Propiedades físicas del suelo bajo estudio.

Prof(cm)	Da (mg.m ⁻³)	K sat (cm.h ⁻¹)	EP Total (%)	EP > 15 μm (%)	Resistencia. Penetración (kPa)
0-17	0,53	11,75	74,90	12,35	300
17-35	0,42	12,82	75,84	11,75	900
>35	0,41	10,93	71,47	11,67	650

de 250 kPa a 750 kPa. A pesar de ser estos valores reportados como no limitantes para el desarrollo de las raíces en monocotiledóneas (6), el contraste entre una capa de suelo y la capa subyacente puede constituir una limitante para la penetración de estas raíces en las condiciones particulares de estos suelos, lo que puede atribuirse a un cambio en la geometría de los poros, lo cual no se manifiesta con los cambios en la densidad aparente (11)

Con relación a las características químicas y fisicoquímicas del suelo (cuadro 2), algunas de estas representan limitantes para el desarrollo de las raíces en los clones evaluados, tales como: alta concentración de carbonato de calcio (18% CaCO_3), lo cual se considera restrictivo para el desarrollo de las raíces en musáceas (16). Aumento progresivo con la profundidad de la conductividad eléctrica, alcanzando en las capas inferiores valores reportados por Chirinos *et al.* (4) como limitantes para el normal desarrollo de las raíces de musáceas (>1 dS.m⁻¹). En la primera capa de suelo se presentan una serie de características químicas más favorables para el desarrollo de las raíces dado por la mayor fertilidad, mayor contenido de materia orgánica y pH menos alcalino. Por lo tanto, es de esperarse que las raíces tiendan a concentrarse mayormente en esta capa de suelo con mejores cualidades o condiciones para su desarrollo.

En cuanto al crecimiento y distribución de raíces (cuadro 3) se tiene que, en las mediciones realizadas a los tres clones bajo estudio a lo largo de

Cuadro 2. Propiedades químicas del suelo bajo estudio.

Prof. (cm)	pH	CE (dS.m ⁻¹)	MO (gr.kg ⁻¹)	P (gr.kg ⁻¹)	K (gr.kg ⁻¹)	Ca (gr.Kg ⁻¹)	Mg (gr.kg ⁻¹)	Na (gr.kg ⁻¹)	CIC (cmol.kg ⁻¹)	CaCO ₃ (%)
0-7	7,6	0,76	84,8	47	144	7986	388	75	27	17,80
17-35	8,1	1,20	70,3	23	18	9808	238	23	20,59	17,20
> 35	8,2	1,56	56,4	12	4	9646	187	18	12,40	18,20

su ciclo (tres fechas de muestreo), se observaron comportamientos diferenciales de las variables peso y longitud de raíces, dado por los procesos fisiológicos y fenológicos concernientes a la floración. Observándose que al ocurrir este proceso en la planta, cesa el crecimiento de nuevas raíces en la misma, afectando la tasa de crecimiento y la densidad de longitud de raíces, sobre todo en la última fecha de evaluación, siendo esto más evidente en los clones de floración temprana ('Brasilero' y 'Hartón') que ocurre a los 6 y 7 meses respectivamente, que para el clon 'Pelipita' donde ocurre floración a los 11 meses.

Como observación más resaltante del comportamiento de las raíces en el perfil del suelo se destaca el hecho de que la máxima profundidad alcanzada por estas fue de 37 cm (en el clon 'Pelipita'), siendo un factor común para todos los clones evalua-

dos indistintamente de su porte y condición genómica. Se observó, además una mayor proporción de raíces en la capa aluvial que en las capas lacustrinas. Esto indica, que estas últimas producen un efecto limitante sobre el desarrollo de las raíces, lo cual puede afectar su capacidad de exploración en el suelo y el anclaje, aspectos relevantes en lo que a nutrición y sostén de la planta se refiere. Igualmente, la extensión lateral de las raíces se ve afectada en comparación con otros trabajos, donde se reportan raíces laterales hasta más de un metro de longitud (1, 14, 15). En esta investigación la máxima extensión lateral la obtuvo el clon 'Pelipita' a los 9 meses, con una distancia a 80 cm de la base de la planta en la primera capa de suelo. Igualmente para la variable tasa decrecimiento de raíces, se obtuvieron valores similares a los reportados por Soto (14) donde señala que

Cuadro 3. Propiedades del crecimiento y desarrollo radical en los tres clones evaluados.

Clon	Fecha	DLR (cm.cm ⁻³)	Peso fresco (gr.cm ⁻³)	Tasa de crecimiento (cm.día ⁻¹)	Profundidad máxima de raíces (cm)	Extensión lateral máxima de raíces (cm)
Brasilero	3 meses	80	2,70	1,24	12	20
	6 meses	150	4,00	2,22	26	40
	9 meses	95	2,10	1,33	35	60
Pelipita	3 meses	75	0,58	1,16	16	15
	6 meses	160	7,90	2,79	30	60
	9 meses	190	4,05	2,81	37	80
Hartón	3 meses	90	1,60	1,41	13	15
	6 meses	175	5,80	2,59	22	40
	9 meses	170	3,20	2,14	31	60

DLR: Densidad de longitud radical

en líneas generales se pueden presentar valores de crecimiento diario comprendidos entre 2 y 3 cm, sin embar-

go, el clon 'Pelipita' presentó las tasas de crecimiento mayores.

Conclusiones

Los factores limitantes mas resaltantes en cuanto al crecimiento y desarrollo de raíces fueron los altos contenidos de carbonato de calcio, valores altos de conductividad eléctrica en las capas lacustrinas del suelo bajo estudio. Asimismo, pudieron presentarse posibles desbalances nutricionales producto de los altos contenidos de calcio que pudiera inhibir la absorción de los demás cationes básicos. Por otra parte, de las propiedades físicas del suelo se destaca un posible efecto por aumento de la resistencia a la penetración en capas inferiores de suelo, lo cual puede provocar cambios en la geometría de los poros del suelo y por ende afectar la continuidad en el crecimiento de las raíces.

La máxima capacidad de exploración de las raíces en los tres clones evaluados fue de 37 cm de profundidad en el perfil del suelo, lo cual indica un efecto restrictivo en el desarrollo del sistema radical bajo las condiciones particulares del sistema suelo-planta. Del mismo modo, la extensión lateral de las raíces fue afectada por las condiciones edáficas particulares de este suelo.

El clon que presentó mejores cualidades en el desarrollo y distribución de raíces fue 'Pelipita' dado por la mayor profundidad y extensión lateral de su sistema radical y los valores más altos de densidad de longitud radical, peso fresco y tasa de crecimiento de raíces.

Literatura citada

1. Blomme, G. 2000. The interdependence of root and shoot development and the influence of different biophysical factors of this relationship. *Infomusa* 9 (1):14-17
2. Böhm, W. 1979. *Methods of studying root systems. (Ecological studies; V.33).* Springer-Verlag. New York. 188 p.
3. Champion, J. 1968. "El Plátano". Editorial Blumé. Barcelona, España. 247 p.
4. Chirinos, A., I. Lopez y R. Gonzalez. 1975. Aspectos básicos de un programa de suelo con fines de fertilidad. FONAIAP-CNIAP-IIAG. Maracay, Venezuela. 76 p.
5. Day, P. R. 1965. Particle fractionation and particle-size analysis. *Methods of Soil Analysis. En: American Society of Agronomy. N° 9. Part I.* pp 545 – 562.
6. Dexter, A. 1986. Model experiments of behavior of root at interface between a tilled seed-bed and compacted sub-soil. *Plant & Soil* 95:123-133.
7. Gregory, P. J., Lake, J.V y D.A. Rose. 1996. Root development and function. Cambridge University Press. Department of Soil Science. Cambridge, London. pp.103-159.
8. Hunt, R. 1990. Basic growth analysis. *Plant growth analysis for beginners.* Unwin Hyman Ltd. London. 112 p.

9. Jaramillo, R y A. Vasquez. 1980. Sistema de clasificación para determinar la aptitud de tierras para el cultivo de banano. IV Congreso Agronómico Nacional y VII Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo. Memorias. San José, Costa Rica. 106 p.
10. Nacci, S y I. Pla. 1992. Estudios de la resistencia a la penetración de los suelos con equipos de penetrometría desarrollados en el país. *Agronomía Tropical* 42(1-2): 115-132.
11. Pagliai M., B. Pezzarossa, M. Manzzoncini, y E. Bonari. 1989. Effects of tillage on porosity and macroporosity of a loam soil. *Soil Technology* 2:345-358.
12. Pla, I. 1983. Metodología para la caracterización física con fines de diagnóstico de problemas de manejo y conservación de suelos, en condiciones tropicales. *Revista Facultad de Agronomía. Alcance* N° 32. Maracay. U.C.V. 91 p.
13. Ramones, A., R. Borges y M. Roseliano. 1984. Los suelos de la Estación Experimental «Samán Mocho» (Estudio Agrológico Espacial). Trabajo de grado. U.C.V. FAGRO. Maracay. 176 p.
14. Soto, M. 1985. "Bananos, Cultivo y Comercialización". Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. 648p.
15. Swennen, R., R. de Langhe, J. Jhansen y D. Decoene. 1986. Study of the roor deveploment of some Musa cultivars in hydroponics. *Fruits* 41(9):515-524.
16. Sys, I., E. Van Ranst, J. Debaveye y F. Beernaert. 1993. Land evaluation. Part III. Crop requirements. International training Centre for Post-Graduate Soil Scientist. University Ghent. Brussels, Belgium. pp 20-24.
17. Tennant, D. 1975. A test of a modified line intersect method of stimating root length. *Journal Ecology* 63: 995-1001.