

Genotipos de bananos (*Musa* spp.) bajo estrés salino: tolerancia y sensibilidad

E. Waked Ferreira Gomes,
L. Willadino*, L.S. Semen Martins,
T. Rangel Camara y
S. de Oliveira e Silva

El cultivo de bananos presenta limitaciones de producción en áreas con problemas de salinidad o sodicidad del suelo. Estos problemas, causados por la aplicación de un agua de riego salina y por un inadecuado manejo del suelo, se está agravando en las regiones áridas y semi-áridas de todo el mundo.

La salinidad del suelo reduce el crecimiento y la productividad de los cultivos debido a la disminución de la presión osmótica de la solución del suelo y al aumento de la concentración de iones específicos a niveles tóxicos para las plantas. Esos factores interfieren en procesos fisiológicos como la transpiración, la fotosíntesis, la translocación

y la respiración, además de causar desequilibrio hídrico y/o iónico en la planta (Richards 1992, Bohra *et al.* 1993).

Las técnicas de recuperación de suelos salinizados son, en general, lentas y onerosas. Así, la utilización de cultivares de bananos tolerantes al estrés salino se presenta como una solución más viable desde el punto de vista técnico-económico. La selección de genotipos de bananos en suelos naturalmente salinos es dificultada por la gran variación temporal y espacial en la concentración iónica de la solución del suelo. Para evitar esa variabilidad natural, una primera etapa de selección se puede hacer en solución nutritiva salinizada (Rawson *et al.* 1998) donde es posible mantener el control del nivel de la concentración iónica.

Este trabajo tuvo por objetivo evaluar la tolerancia a la salinidad de cinco genotipos de bananos cultivados en invernadero; estudiar el efecto del estrés salino sobre paráme-

tros fisiológicos y caracterizar genéticamente los cinco genotipos, mediante marcadores isoenzimáticos, evaluando la diversidad genética entre ellos.

Material y métodos

El experimento se realizó en invernadero en la Universidade Federal Rural de Pernambuco, en Recife, Brasil. Los genotipos de bananos evaluados fueron: 'Calcutta 4' (AA), 'Pacovan' (AAB, subgrupo Prata), mutante de la Prata común (Pome); 'Nanicão' (AAA, subgrupo Cavendish); 'Caipira', ('Yangambi km 5', AAA) y 'FHIA-18' (AAAB).

Se utilizaron plantas micropropagadas con aproximadamente 15 cm de largo. El cultivo se hizo en bolsas de plástico (polietileno) negro (55 cm de largo y 33 cm de diámetro) con 10 kg de arena. La superficie del sustrato se cubrió con una capa de 3 cm de gravas, para reducir la evaporación y favore-

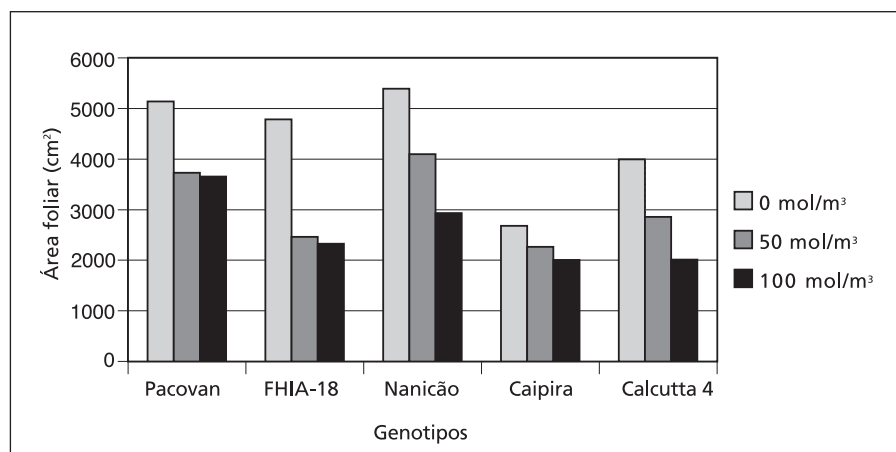


Figura 1. Área foliar (cm²) de 5 genotipos de bananos sometidos a 21 días de tratamiento salino.

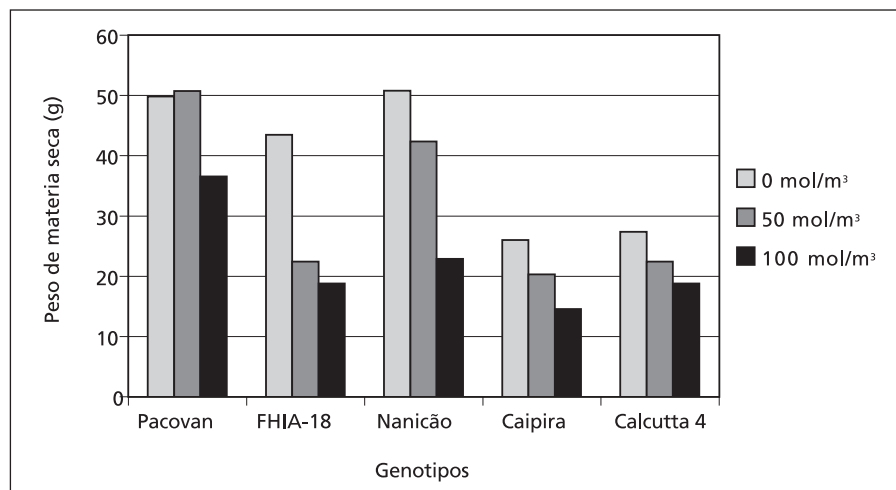


Figura 2. Producción de materia seca (g) de 5 genotipos de bananos sometidos a 21 días de tratamiento salino.

cer el control de la salinidad. Se utilizó un sistema de irrigación por goteo, con un riego diario de 15 minutos, lo cual garantizaba un suministro de 0.6 L planta⁻¹ día⁻¹. La solución de irrigación contenía 742.86 mg L⁻¹ de fertilizante soluble (Kristalon®), con la siguiente composición: 3% de N, 11% de P₂O₅, 38% de K₂O, 4% de MgO, 11% de S, y micronutrientes. Se suministró también 840 mg L⁻¹ de nitrato de calcio (Barco Viking®), con una composición correspondiente al 15.5% de N y 19% de Ca. Se establecieron tres tratamientos, mediante la adición de NaCl a la solución nutritiva, resultando en las siguientes concentraciones: 0, 50 y 100 mol/m³ de NaCl. La conductividad eléctrica de las soluciones fueron, respectivamente: 1.3, 6.5 y 11.7 dS m⁻¹. El nivel de la conductividad eléctrica fue medido cada dos días y ajustado cuando fue necesario.

El experimento obedeció a un diseño completamente al azar, en parcela subdividida clásica, con tres niveles de sal y cinco cultivos (2 x 3 x 5), con un total de 30 subparcelas. Cada subparcela contenía 4 plantas de cada genotipo, totalizando 120 plantas. Los datos fueron analizados estadísticamente mediante análisis de varianza y la comparación de medias se hizo por el test de Tukey, al nivel de 5% de probabilidad. Los

parámetros evaluados fueron: área foliar, producción de materia seca y concentración de sodio (Na⁺), potasio (K⁺), calcio (Ca²⁺) y cloruro (Cl⁻) en el tejido vegetal. Se analizaron, además, cinco sistemas isoenzimáticos: Peroxidasa (PO), Deshidrogenasa Shiquímica (SKDH), Malato Deshidrogenasa (MDH), Glutamato Oxaloacetato Transaminasa (GOT) y Fosfatasa ácida (ACP).

Al final del experimento, a los 21 días del inicio de los tratamientos, se estimó el área foliar multiplicándose el producto del ancho y del largo de la hoja (cm), por el factor 0.7 (adaptado de Moreira 1987). Las plantas fueron seccionadas en tres partes: limbo, pseudotallo y raíz + rizoma. La producción de materia seca se determinó después del secado en estufa a 65°C, hasta obtener peso constante. En cada una de las partes de la planta se hizo análisis de las concentraciones de Na⁺, K⁺, Ca⁺ y Cl⁻.

Después de seco, el material vegetal fue triturado y parte de ello se sometió a la digestión nitroperclórica para el análisis de sodio, potasio y calcio. Las concentraciones de Na⁺ y de K⁺ se determinaron mediante espectrofotometría de llama, y la de calcio se midió por espectrofotometría de absorción atómica (Malavolta *et al.* 1989). El cloruro se analizó por titulación con nitrato de

plata, previa extracción en solución acuosa (Malavolta *et al.* 1989).

Para el análisis de isoenzimas, se utilizó 350 mg de materia fresca del limbo de la tercera hoja de cada planta. Las muestras se pulverizaron en mortero, preenfriado, con 1 mL de buffer Scandalios (1969), 300 mg de sacarosa y 300 mg de polivinilpirrolidona (PVP). Los homogenados se centrifugaron a 14 000 rpm a 4°C, durante 10 min. A continuación, se tomaron alíquotas de 10 mL del sobrenadante y se aplicaron en los geles. La migración se realizó a una temperatura de 4°C a un potencial de 9.0 v/cm, hasta la línea de frente alcanzar a los 9 cm en dirección al polo positivo. Seguidamente se tiñeron y fotografiaron los geles. Para los sistemas ACP, MDH y SKDH los geles se confeccionaron utilizando 8 mL del buffer borato de litio 0.2 M, pH 8.3 y 72 mL de buffer citrato 0.2 M, pH 8.3. En las cubas se utilizó buffer borato de litio 0.2 M, pH 8.3. Los geles del sistema GOT se confeccionaron con buffer acetato de sodio 0.2 M, pH 5.0, y los del sistema PO con el buffer Poulik para gel, pH 8.0 (9.2g de Tris, 0.96g de ácido cítrico y agua destilada hasta completar 1000 mL). En las cubas, se utilizó, tanto para el sistema GOT como para el PO, buffer Poulik para cubas (18.54g de ácido bórico y 2g de hidróxido de sodio y agua destilada hasta completar 1000 mL). Todos los geles se confeccionaron a una concentración del 7% (0.28g de bis-acrilamida, 5.32g de acrilamida, 0.08mL de temed, 0.8 mL de persulfato de amonio 10% y buffer específico 80 mL). La fijación de los geles se hizo en solución AYALA (alcohol metílico, ácido acético glacial y agua destilada en la proporción 1:1:1 v/v), durante 20 min.

Los datos obtenidos a partir del análisis isoenzimático y de la coloración de las bandas se tabularon según presencia (1) o ausencia (0) de bandas. Las similitudes genéticas entre los genotipos fueron estimadas según el coeficiente de Dice (equivalente al índice de Nei y Li 1979), en el programa NTSYS – pc (*Numerical Taxonomy and Multivariate Analysis System, versión 1.70, Exeter software, NY, USA*). Los dendrogramas se construyeron por el método UPGMA (*Unweighted Pair-Group Method Arithmetic Average*) en el programa NTSYS – pc.

Resultados y discusión

Efectos de la salinidad sobre el crecimiento

El incremento de los niveles de NaCl en la solución nutritiva provocó una reducción del área foliar (Figura 1) y de la producción de materia seca (Figura 2), para la mayoría de los genotipos. Ese efecto, frecuente en glófitas, fue anteriormente registrado en distintos genotipos de bananos por otros investi-

gadores (Borges y Cintra 1988, Araújo Filho *et al.* 1995). El descenso en el crecimiento de las hojas resulta, en parte, de la disminución en la tasa de asimilación neta de CO₂ (Akita y Cabuslay 1990) provocada por el cierre de los estomas en respuesta al bajo potencial del agua del suelo o sustrato, consecuencia, a su vez, de la elevada concentración salina. Paralelo a la adaptación a la salinidad existe un coste metabólico, que es consecuencia del desvío de parte de la energía metabólica para la compartimentación de iones y para la síntesis de solutos orgánicos (Binzel *et al.* 1985). En el tratamiento con 100 mol/m³ de NaCl, la mayor reducción en el área foliar ocurrió en 'FHIA-18' (51.34%), seguido por 'Calcutta 4' (49.64%) y 'Nanicão' (45.70%), en contraste con 'Caipira' y 'Pacovan', que redujeron el área foliar en solo un 25.14% y un 28.91%, respectivamente (Figura 1). En el caso de 'Caipira', la reducción coincide con una ya pequeña área foliar en las plantas del tratamiento control (sin NaCl).

Síntomas del estrés tales como clorosis y necrosis marginales en el limbo foliar se manifestaron con más severidad en el diploide 'Calcutta 4', hasta la muerte de las hojas. Esos síntomas reducen el área fotosintéticamente activa y promueven una acentuada reducción en el crecimiento.

Bajo condiciones no salinas, 'Nanicão' y 'Pacovan' presentaron una producción más alta de materia seca (50.76g planta⁻¹ y 49.80g planta⁻¹, respectivamente), como se puede ver en la Figura 2. Además, en nivel de salinidad más alto (100 mol/m³ de NaCl), 'Pacovan' se destacó por presentar la más baja reducción en la producción de materia seca (40.01%), mientras que 'Nanicão' y 'Calcutta 4' redujeron unos 58.95% y 69.32%, respectivamente. 'Pacovan' mantuvo una alta producción de biomasa en el nivel más alto de NaCl (100 mol/m³), una característica importante para la selección de genotipos tolerantes al estrés. En este genotipo, la manutención del 60% de la producción de biomasa coincidió con una baja reducción del área foliar, respecto a los demás.

Acumulación de iones

No se registraron diferencias significativas entre los genotipos en cuanto a la concentración de sodio en raíz + rizoma (Tabla 1). Sin embargo, 'Pacovan' y 'FHIA-18' acumularon menos sodio en el pseudotallo que los demás genotipos estudiados cuando fueron sometidos a 100 mol/m³ (Tabla 1). Estos dos cultivos se destacaron también por presentar, junto con 'Caipira', las concentraciones más bajas de sodio en el limbo foliar cuando fueron cultivadas en el nivel salino más elevado

(Tabla 1). 'Calcutta 4', por otra parte, acumuló más sodio en el limbo foliar que las demás variedades, presentando una concentración hasta ocho veces superior al tratamiento control. Esos resultados muestran la diferencia genotípica en la capacidad de excluir el sodio de la parte aérea, evitando el aumento de la concentración de este catión en las hojas y minimizando su efecto tóxico sobre el metabolismo foliar, sobre todo en el proceso fotosintético (Boursier *et al.* 1987). Considerando que el exceso de sodio en el medio provoca una acumulación pasiva de este ión en la raíz y que, por otra parte, la raíz posee una capacidad finita de actuar como sitio de acumulación, es probable que exista un mecanismo de exclusión del sodio que opere a nivel radicular y que evite la translocación de este catión hacia la parte aérea. Así, el mecanismo de translocación del sodio para las hojas y el mecanismo de absorción a nivel de raíz parecen regularse por separado. La falta de habilidad en mantener un control de la concentración de sodio en los tejidos metabólicamente activos, como las hojas, provoca perturbaciones fisiológicas y bioquímicas graves (Boursier y Lauchli 1990, Botella *et al.* 1997).

El cloruro fue el ión que más se acumuló en los tejidos vegetales. 'Calcutta 4' presentó la concentración más alta de cloruro en el

Tabla 1. Contenidos de sodio, cloruro, potasio y calcio en el pseudotallo y en las raíces + rizoma y en el limbo foliar en 5 genotipos de bananos sometidos a 21 días de tratamiento con NaCl¹.

Genotipos	Pseudotallo			Raíz + rizoma			Limbo foliar		
	NaCl (mol/m ³)			NaCl (mol/m ³)			NaCl (mol/m ³)		
	0	50	100	0	50	100	0	50	100
	Na ⁺ (g/kg)			Na ⁺ (g/kg)			Na ⁺ (g/kg)		
Caipira	1.6bA	10.4abA	15.4aA	2.9aA	8.8aA	12.9aA	3.5aB	5.1bAB	6.5cA
Pacovan	2.1aB	9.2abA	10.8bA	4.6aA	10.0aA	15.4aA	3.2aB	5.3bA	6.3cA
Calcutta 4	1.6aC	7.9bB	13.8aA	2.9aB	9.2aAB	15.4aA	3.8aC	18.1aB	28.0aA
FHIA-18	0.8aB	6.7bA	7.9bA	2.9aA	8.8aA	11.7aA	3.4aB	5.5bA	5.8cA
Nanicão	1.7aB	12.1aA	12.5aA	4.7aB	13.3aAB	16.7aA	3.5aC	5.8bB	14.9bA
	Cl ⁻ (g/kg)			Cl ⁻ (g/kg)			Cl ⁻ (g/kg)		
Caipira	4.0aB	53.4abA	62.1aA	3.5aB	41.4aA	49.7aA	3.3aB	40.6aA	42.2bcA
Pacovan	4.8aB	37.6bA	42.6aA	5.7aB	41.8aA	45.9aA	3.9aB	31.4aA	34.3cA
Calcutta 4	3.1aB	44.3abA	49.3aA	5.3aB	45.1aA	50.5aA	4.9aC	35.2aB	66.2aA
FHIA-18	3.5aB	48.0abA	46.8aA	4.0aB	38.5aA	43.4aA	5.6aB	29.9aAB	38.1cA
Nanicão	6.1aB	62.9aA	57.9aA	3.1aB	46.7aA	45.1aA	4.3aB	37.7aA	58.8abA
	K ⁺ (g/kg)			K ⁺ (g/kg)			K ⁺ (g/kg)		
Caipira	117.1aAB	138.8abA	97.9abB	54.2aA	64.2aA	55.5aA	25.8abA	27.5aA	30.0abA
Pacovan	90.4aB	145.4aA	117.9aAB	57.9aA	52.9aA	61.3aA	20.8bA	26.3aA	25.8bA
Calcutta 4	99.2aB	113.3abA	73.8bB	54.2aA	54.2aA	52.5aA	28.8aA	16.3bB	11.7cB
FHIA-18	95.0aA	104.2bA	106.3abA	41.3aB	62.9aA	60.8aA	25.8abB	30.4aAB	32.5aA
Nanicão	100.8aB	131.3abA	107.5abB	54.6aA	58.3aA	66.7aA	24.2abA	27.1aA	22.9bA
	Ca ²⁺ (g/kg)			Ca ²⁺ (g/kg)			Ca ²⁺ (g/kg)		
Caipira	4.6aA	5.7bA	6.7bA	5.3bA	4.7bA	6.6abA	10.6abA	8.3aB	6.7abB
Pacovan	4.2aA	5.0bA	3.7cA	8.0abA	6.2bA	6.1abA	7.6cA	5.5bcB	4.4bB
Calcutta 4	6.4aB	11.5aA	13.2aA	8.2abA	9.9aA	8.7aA	11.7aA	4.3cB	4.7bB
FHIA-18	6.8aA	6.1bA	5.9bcA	7.5abA	5.5bA	4.8bA	9.3bcA	6.2bB	4.9bB
Nanicão	6.6aA	5.9bA	7.2bA	8.8aA	5.8bB	7.3abAB	9.7bA	7.4abB	8.4aAB

¹ Los valores de la misma columna seguidos de la misma letra minúscula en cada variable, o en la misma fila seguidos de la misma letra mayúscula, no presentan diferencia significativa por la prueba de Tukey a nivel de 5% de probabilidad.

limbo foliar, cuando fue sometido al tratamiento con 100 mol/m³ de NaCl. En ese mismo tratamiento, ‘Pacovan’ y ‘FHIA-18’ mantuvieron los niveles más bajos de cloruro en el limbo (Tabla 1). La compartimentación iónica a nivel de órgano es un mecanismo de tolerancia al estrés salino, aunque su base fisiológica no esté, todavía, completamente aclarada (Shanon y Noble 1995). Los iones se pueden acumular en las hojas como consecuencia de la cantidad de agua transpirada. Sin embargo, cuando la concentración iónica en las hojas excede la tolerancia de la planta, se producen daños con síntomas característicos, como necrosis y quema en las hojas. Los síntomas del estrés salino en el limbo foliar se presentaron con más severidad en ‘Calcutta 4’ que en los demás genotipos estudiados y coincidieron, además, con las concentraciones más altas de Na⁺ y Cl⁻ en el mismo.

Respecto a los contenidos de K⁺, ‘Calcutta 4’ presentó una reducción significativa de este catión en la parte aérea (limbo foliar y pseudotallo) con el aumento de la salinidad (Tabla 1). Esos decensos fueron concomitantes al aumento del Na⁺ en el tejido. La tolerancia al estrés salino está asociada a la exclusión de iones tóxicos y a la selectividad de la membrana, principalmente en la discriminación entre el Na⁺ y el K⁺ (Botella *et al.* 1997), mecanismo ausente en el genotipo ‘Calcutta 4’. En cuanto a la distribución del K⁺ en las diferentes partes de la planta (limbo, pseudotallo y raíces + rizoma) los más altos contenidos se encontraron siempre en el pseudotallo, en todos los genotipos estudiados (Tabla 1).

El aumento de la salinidad coincidió con una disminución en el contenido de Ca²⁺ en el limbo foliar de todos los genotipos estudiados, a excepción del diploide ‘Calcutta 4’ que presentó una acumulación de este catión en el pseudotallo, en ambos tratamientos salinos (Tabla 1).

Los resultados contrastantes entre los genotipos estudiados se relacionan a la capacidad de adaptación y crecimiento en medio salino, la cual, a su vez, está controlada por factores genéticos. No obstante el cultivar ‘Nanicão’, aún habiendo presentado un vigor inicial similar al cultivar ‘Pacovan’, este último se mostró más productivo y tolerante bajo las condiciones de estrés salino impuestas. La producción elevada de biomasa de ‘Pacovan’ se puede atribuir a la habilidad en restringir el movimiento de los iones Na⁺ y Cl⁻ hacia las hojas, asegurando una baja ocurrencia de síntomas y daños en el limbo foliar. Mientras tanto, cuando fue sometido al estrés salino, el diploide ‘Calcutta 4’ presentó los contenidos más altos de Na⁺ y de Cl⁻ en el limbo foliar, asociados a los síntomas más acentuados de toxicidad a esos iones y a la producción más baja de biomasa.

Isoenzimas

El sistema esterasa (EST) no presentó bandas consistentes en ninguno de los tratamientos o genotipos estudiados. Por otra parte, Reyes *et al.* (1998) detectaron un total de 14 bandas distribuidas en 5 zonas de actividad enzimática, al analizar hojas de 15 clones del género *Musa* provenientes de cultivo *in vitro*, lo que indica que esas bandas pueden ser activadas o en otras fases de desarrollo de la planta.

El más alto grado de polimorfismo ocurrió en el sistema Peroxidasa (PO), con un total de 15 bandas (Figura 3). De estas, tres (Po-10, Po-11 y Po-15) se revelaron en todos los individuos analizados, independientemente del tratamiento a que se habían sometido las plantas. Solamente en el tratamiento sin sal fueron reveladas las siguientes bandas: Po-4 y Po-7 en ‘Pacovan’; Po-6 y Po-7 en ‘Nanicão’ y Po-14 en ‘Calcutta 4’. La presencia de la sal probablemente inactivó la acción de estas enzimas. Por otro lado, la concentración de 100 mol/m³ de NaCl activó las bandas Po-2,

Po-8, Po-13 y Po-14 en ‘FHIA 18’ y la banda Po-5, en ‘Pacovan’. A pesar del elevado grado de polimorfismo presentado en este sistema, no fueron detectadas bandas simultáneamente en ambos tratamientos salinos. Otros investigadores (Jarret y Litz 1986, Bhat *et al.* 1992a) trabajando con otros genotipos registraron varias zonas de actividad muy polimórficas en banano.

Cuatro bandas se revelaron en el sistema Deshidrogenasa Shikímica (SKDH). Las bandas Skdh-3 y Skdh-4 presentaron actividad en todos los individuos analizados (Figura 3). La actividad de este sistema fue también relatada en otros trabajos con distintos genotipos de banano (Jarret y Litz 1986, Horry 1989, Espino y Pimentel, 1990, Bhat *et al.* 1992b, Reyes *et al.* 1998). La banda Skdh-1 fue revelada únicamente en el genotipo ‘Calcutta 4’ cuando fue sometido a la sal. En los genotipos ‘FHIA-18’ y ‘Calcutta 4’, la presencia de la sal activó las bandas Skdh-2 y Skdh-1, respectivamente, lo que indica que la activación de estas enzimas, en estos genotipos, puede estar relacionada con el estrés salino.

El sistema Malato Deshidrogenasa (MDH) presentó, en todos los individuos, tres bandas de actividad (Mdh-1, Mdh-2 y Mdh-3) revelando un sistema monomórfico (Figura 4).

Dos regiones de bandas fueron observadas en el sistema Glutamato Oxaloacetato Transaminasa (GOT). La banda Got-2 se reveló en todos los individuos (Figura 4). La banda Got-1 no mostró actividad en ‘FHIA-18’ en el tratamiento sin NaCl y, tampoco en ‘FHIA-18’ y ‘Calcutta 4’ sometidos a 100 mol/m³ de NaCl. El bajo grado de polimorfismo presentado en este sistema no permite inferir respecto a la relación del mismo con el estrés salino.

El sistema Fosfatasa ácida (ACP) presentó cinco bandas, la más anódica, Acp-5, se reveló en todos los individuos analizados (Figura 4). Las bandas Acp-4 y Acp-3 fueron reveladas únicamente en ‘Pacovan’ no some-

Figura 3. Zimograma de la variación isoenzimática de PO y SKDH para los genotipos estudiados (migración anódica). Columna 1: tratamiento sin sal, columna 2: tratamiento con 50 mol/m³ de NaCl y columna 3: tratamiento con 100 mol/m³ de NaCl.

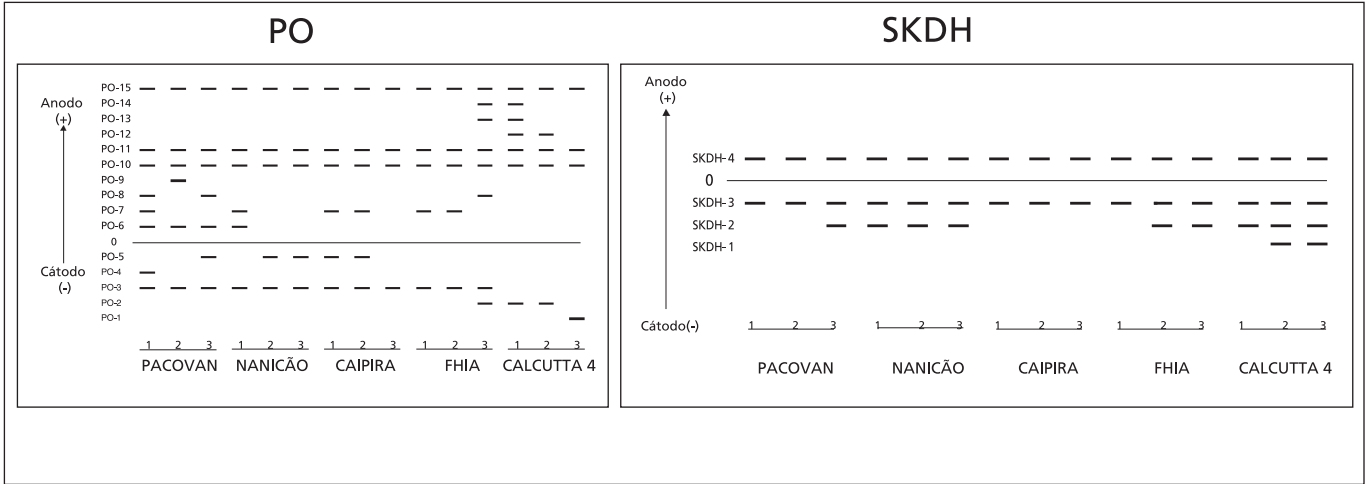
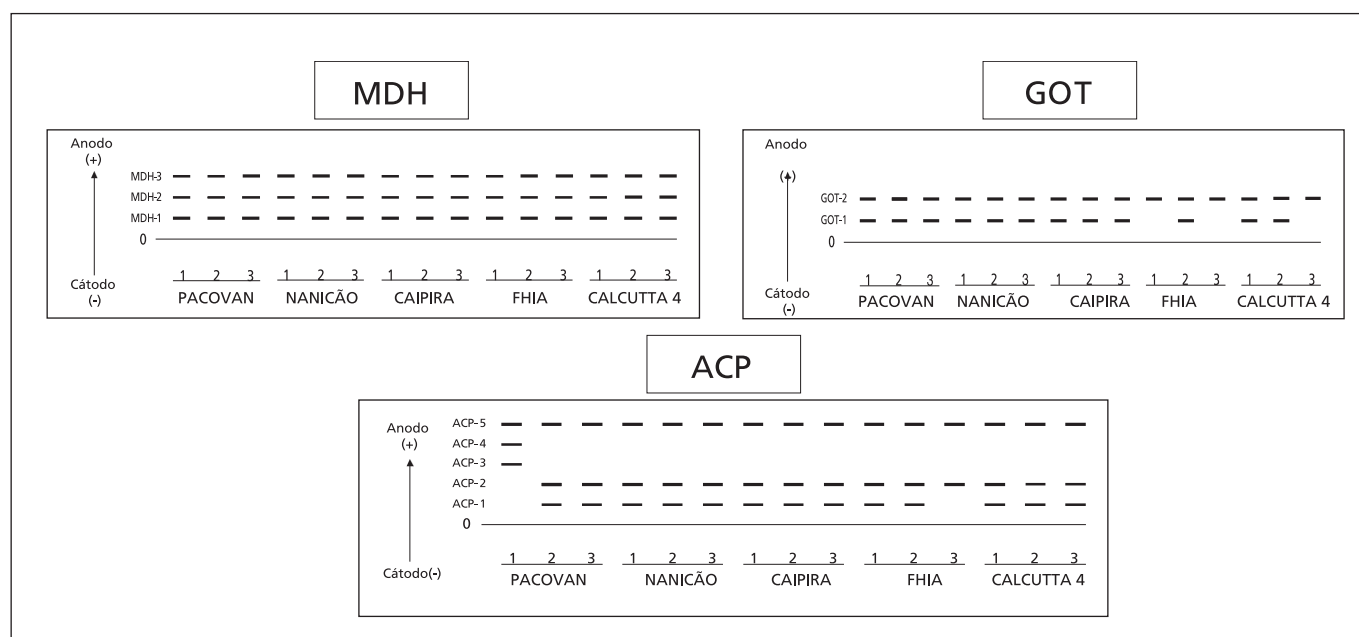


Figura 4. Zimograma de la variación isoenzimática de MDH, GOT y ACP para los genotipos estudiados (migración anódica). Columna 1: tratamiento sin sal, columna 2: tratamiento con 50 mol/m³ de NaCl y columna 3: tratamiento con 100 mol/m³ de NaCl.



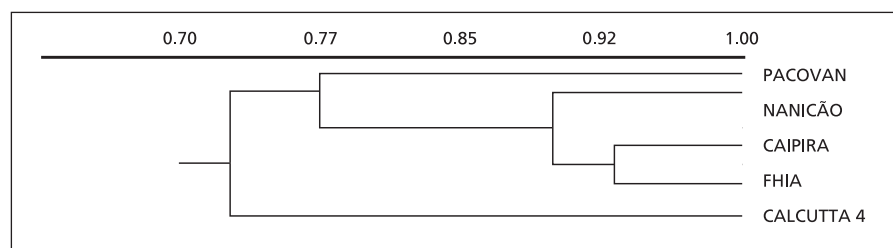
tido al estrés salino. En este tratamiento, 'Pacovan' no presentó la banda Acp-2, que se reveló en todos los demás individuos, y Acp-1 que tampoco se detectó en 'FHIA-18' en el tratamiento con 100 mol/m³ de NaCl. Este sistema isoenzimático puede ser utilizado como marcador molecular para 'Pacovan', ya que en la presencia de sal (50 y 100 mol/m³) dos bandas no presentaron actividad (Acp-3 y Acp-4) y la sal activó la expresión de las bandas Acp-1 y Acp-2. En los genotipos que poseen únicamente el grupo genómico A ('Nanicão', Caipira y 'Calcutta 4') se observó el mismo patrón de bandas independiente de la presencia o ausencia de la sal.

Considerando que se evaluaron genotipos de distintos niveles de ploidía (diploides, triploides y tetraploides), la ausencia de identificación de un marcador de sensibilidad a la sal resulta probablemente de la amplia variabilidad genética, así como del número de genes involucrados en la activación de las enzimas relacionadas con la(s) ruta(s) metabólica(s) activadas en respuesta al estrés salino.

De los cinco sistemas isoenzimáticos que presentaron actividad, cuatro revelaron bandas polimórficas (ACP, GOT, PO y SKDH). Fueron revelados un total de 244 bandas, 150 monomórficas y 94 polimórficas. Según el análisis de diversidad genética, el par de genotipos más próximos fue el 'Nanicão' (AA) y 'FHIA-18' (AAAB), con un grado de similitud de 0.969 (96.9%) y, el par genéticamente más distante fue 'Pacovan' (AAB) y 'Calcutta 4' (AA), con un grado de similitud de 0.606 (60.6%).

Los análisis fisiológicos y bioquímicos de los individuos estudiados demostraron que el genotipo 'Calcutta 4' fue el más sensible a la sal, mientras que el 'Pacovan' fue el más

Figura 5. Análisis de agrupación de los individuos de los genotipos 'Pacovan' (1, 2, 3), 'Nanicão' (4, 5, 6), Caipira (7, 8, 9), 'FHIA-18' (10, 11, 12) y 'Calcutta 4' (13, 14, 15), obtenida mediante el programa NTSYS-pc (opción UPGMA).



tolerante. El dendrograma (Figura 5) indica claramente que los genotipos se pueden dividir en dos grupos: uno de ellos está formado por el genotipo 'Calcutta 4', diploide sensible a la sal y, el otro, compuesto por los demás genotipos, triploides (AAA y AAB) y tetraploides (AAAB). ■

Bibliografía

- Akita S. & G.S. Cabuslay. 1990. Physiological basis of differential response to salinity in rice cultivars. *Plant and Soil* 123:277-294.
- Araújo Filho J.B. De, H.R. Gheyi, N.C. Azevedo & J.G.R. Santos. 1995. Tolerância da bananeira à salinidade em fase inicial de desenvolvimento. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 30(7):989-997.
- Bhat K.V., S.R. Bhat & P.S. Chandel. 1992a. Survey of isozyme polymorphism for clonal in *Musa*. I Esterase, acid phosphatase and catalase. *The Journal of Horticultural Science* 67(6):737-743.
- Bhat K.V., S.R. Bhat & P.S. Chandel. 1992b. Survey of isozyme polymorphism for clonal in *Musa*. II Peroxidase, superoxide desmutase, shikimate dehydrogenase and malate dehydrogenase. *The Journal of Horticultural Science* 67(6):737-743.
- Binzel M.L., P.M. Hasegawa, A.K. Handa & R.A. Bressan. 1985. Adaptation of tobacco cells to NaCl. *Plant Physiology* 79:118-125.

- Bohra J.S. & K. Doerffling. 1993. Potassium nutrition of rice (*Oryza sativa* L.) varieties under NaCl salinity. *Plant and Soil* 152:299-303.
- Borges A.L. & F.L.D. Cintra. 1988. Queima das folhas de bananeira no Nordeste do Brasil. *Embrapa/CNPMP. Documentos* 35/91, 16pp.
- Botella M.A., V. Martinez, J. Pardines & A. Cerdá. 1997. Salinity induced potassium deficiency in maize plants. *Journal of Plant Physiology* 150:200-205.
- Boursier P., J. Lynch, A. Lauchli & E. Epstein. 1987. Chloride partitioning in leaves of salt stressed sorghum, maize, wheat and barley. *Australian Journal of Plant Physiology* 14:463-473.
- Boursier P. & A. Lauchli. 1990. Growth response and mineral nutrition relations of salt-stressed sorghum. *Crop Science* 30:1226-1233.
- Espino R. & R. Pimentel. 1990. Electrophoretic analysis of selected isoenzymes in BB cultivars of Philippine bananas. Pp 36-40 in *Identification of genetic diversity in genus Musa* (R.L. Jarret, ed.). INIBAP, Montpellier, Francia.
- Horry J.P. 1989. Chimiotaxonomie et organisation génétique dans le genre *Musa*. *Fruits* 44(9):455-475.
- Jarret R. & R. Litz. 1986. Isozymes and allelic diversity in the genus *Musa*. *Plant Genetic Newsletter*. FAO/IBPGR 70:20-23.
- Malavolta E., G.C. Vitti & S.A. Oliveira. 1989. Avaliação do estado nutricional das plantas. Piracicaba, SP, Potafos.

- Moreira R.S. 1987. *Banana: teoria e prática de cultivo*. Campinas, SP: Fundação Cargill.
- Nei M. & W.H. Li. 1979. Mathematical model for studying genetic variation in terms of restriction endonuclease. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 76:5269-5273.
- Rawson H.M., R.A. Richards & R. Munns. 1998. Na examination of selection criteria for salt tolerance in wheat, barley and triticale genotypes. *Australian Journal of Agricultural Research* 39:759-772.
- Reyes L.M.C, O.M. Martínez, & M. Beltràn. 1998. Quimiovariabilidad en el genero *Musa*: caracterización genética mediante nueve sistemas enzimáticos. *INFOMUSA* 7(1):6-10.
- Richards R.A. 1992. Increasing salinity tolerance of grain crops: is it worthwhile? *Plant and Soil* 146:89-98.
- Scandalios J.G. 1969. Genetic control of multiple molecular forms of enzymes in plants. *Biochemical Genetics* 3:337-379.
- Eline Waked Ferreira Gomes, Lilia Willadino*, Luiza Suely Semen Martins y Terezinha Rangel Camara** trabajan en la *Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Biologia*, Rua Dom Manoel de Medeiros s/n, CEP 52.171-900, Recife PE, Brazil. *e-mail: lilia@truenet.com.br. Sebastião de Oliveira e Silva en el Embrapa Mandioca e Fruticultura, CP 007. CEP 44.380-000 Cruz das Almas-BA, Brasil.