

Diplóides (AA) de bananeira submetidos ao estresse salino

Eline Waked Ferreira Gomes⁽¹⁾, Lilia Willadino⁽¹⁾, Luiza Suely Semen Martins⁽¹⁾, Sebastião de Oliveira e Silva⁽²⁾, Terezinha Rangel Camara⁽³⁾ e Isabelle Maria Jaqueline Meunier⁽⁴⁾

⁽¹⁾Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Dep. de Biologia, Rua D. Manoel de Medeiros s/nº, Dois Irmãos, CEP 52171-900 Recife, PE. E-mail: lilia@truenet.com.br, luizasemen@hotmail.com ⁽²⁾Embrapa Mandioca e Fruticultura, Caixa Postal 007, CEP 44380-000 Cruz das Almas, BA. E-mail: sslva@cnpf.embrapa.br ⁽³⁾UFRPE, Dep. de Química. E-mail: tcamara@novaera.com.br ⁽⁴⁾UFRPE, Dep. de Ciência Florestal. E-mail: meunier@hotlink.com.br

Resumo – No Nordeste do Brasil a salinização dos solos é um dos fatores limitantes na produção de bananeira. Estudos quanto à tolerância à salinidade em diplóides de bananeira são importantes para programas de melhoramento genético. Esse trabalho objetivou avaliar os efeitos da salinidade utilizando variáveis químicas e de crescimento, e quantificar, mediante padrões isoenzimáticos, a diversidade genética entre seis genótipos diplóides (AA), associando-os à tolerância à salinidade. As plantas foram tratadas durante 21 dias com 0, 50 e 100 mM de NaCl, num delineamento experimental inteiramente casualizado. Os diplóides Lidi e Calcuttá apresentaram maiores reduções na área foliar e fortes sintomas de toxidez associados aos maiores acúmulos de Na⁺ e Cl⁻ no limbo. Os genótipos Borneo e SN^{9/2} apresentaram discretos sintomas de toxidez e, como o genótipo M-53, demonstraram habilidade de evitar a translocação excessiva de Na⁺ e Cl⁻ para as folhas preservando o aparelho fotossintético. Nos diplóides SN^{9/2} e M-53 foi detectada uma banda específica (Po-6) do sistema peroxidase, sob condições de estresse salino. Associando as características isoenzimáticas com as de crescimento, sintomatologia, análise mineral e grau de similaridade genética entre os genótipos, os dendrogramas construídos separam os genótipos mais tolerantes (SN^{9/2} e M-53) dos mais sensíveis (Lidi e Calcuttá).

Termos para indexação: *Musa*, salinidade, isoenzimas.

Banana diploids (AA) submitted to salt stress

Abstract – In the Northeast Region of Brazil, salinization in soils is one of the limiting factors for banana production. Studies regarding tolerance and salt sensitivity in banana diploids are important for genetic breeding programs. This work aimed to evaluate salt stress effects measuring growth and chemical parameters and to quantify the genetic diversity among six diploids (AA) genotypes using isozymic standards relating to salt tolerance. The plants were treated during 21 days under 0, 50 and 100 mM of NaCl in a completely randomized design. The diploids Lidi and Calcuttá presented the greatest leaf area reduction and severe toxicity associated to greater Na⁺ and Cl⁻ accumulation in leaf blades. The genotypes Borneo and SN^{9/2} presented discrete symptoms of toxicity and like M-53 genotype, demonstrated the capacity of avoiding excessive translocation of Na⁺ and Cl⁻ to the leaves preserving the photosynthetic apparatus. Only the diploid SN^{9/2} and M-53 showed a specific peroxidase band (Po-6), under salt stress. The relationship between the isoenzymatic and the growth and mineral analysis of vegetal tissue created dendrograms separating the most tolerant genotypes (SN^{9/2} and M-53) from the most sensitive ones (Lidi and Calcuttá).

Index terms: *Musa*, salinity, isoenzymes.

Introdução

A bananeira é cultivada em todos os estados brasileiros. Sua importância está associada tanto a fatores sociais como econômicos, já que seu consumo é grande e o seu cultivo contribui para a fixação do homem no campo e para geração de divisas no país (Rosa Júnior, 2000). A cultura é muito explorada nos perímetros irrigados do Nordeste. Essas áreas, entretanto, apresentam tendências no acúmulo de sais, pois, além das condições

ambientais que favorecem a evapotranspiração, a água usada na irrigação não é de boa qualidade, sua aplicação, muitas vezes, é feita inadequadamente, além do sistema de drenagem ser, freqüentemente, deficiente (Rosa Júnior, 2000).

Os efeitos imediatos da salinidade sobre as plantas são: seca fisiológica provocada pela redução do potencial osmótico da solução do solo; desequilíbrio nutricional por causa da elevada concentração iônica e da inibição na absorção de outros cátions pelo sódio; e efeito tóxico

dos íons Na^+ e Cl^- (Munns et al., 2002). Além dos distúrbios fisiológicos, ocorrem variações nos padrões dos sistemas isoenzimáticos, sobretudo das peroxidases, em plantas submetidas ao estresse salino. A expressão de bandas específicas de peroxidase em genótipos tolerantes à salinidade foi constatada por Sreenivasulu et al. (1999) em *Setaria italica*, e por Ulisses et al. (2002) em somaclones de bananeira.

A salinização dos solos é, sem dúvida, um dos fatores limitantes da produção (Santos & Gheyi, 1994), e a utilização de cultivares de bananeira tolerantes a solos salinos desponta como uma solução viável para esse problema, pois as práticas de recuperação de solos salinizados são geralmente dispendiosas e demoradas.

O objetivo do melhoramento de bananeira com germoplasma AA é concentrar, em um mesmo genótipo, um bom número de pencas, frutos compridos, cachos bem formados, resistência a pragas e doenças, além de tolerância a estresses, incluindo-se o salino. Esses caracteres seriam, posteriormente, transferidos aos tetraplóides. Assim, a identificação de genótipos AA tolerantes à salinidade é muito importante para que possam ser utilizados em cruzamentos que resultem na obtenção de variedades com características que permitam a adaptação a solos salinos (Silva et al., 1999). Dados de tolerância e sensibilidade de diplóides de bananeira à salinidade ainda não são encontrados na literatura.

O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos da salinidade utilizando variáveis de crescimento, químicas e moleculares e quantificar, mediante padrões isoenzimáticos, a diversidade genética entre seis genótipos diplóides (AA) de bananeira, associando-os com a tolerância à salinidade.

Material e Métodos

O experimento foi realizado em casa de vegetação da Universidade Federal Rural de Pernambuco, PE. Foram avaliados os diplóides (AA): Calcuttá, Borneo, Lidi, SN^o/2, Microcarpa e M-53, introduzidos pela Embrapa Mandioca e Fruticultura, em Cruz das Almas, BA (Tabela 1).

Mudas provenientes de cultura de tecidos, 30 dias após a aclimação, foram plantadas em sacos de polietileno preto (55 cm de altura por 33 cm de diâmetro) contendo 10 kg de areia lavada coberta por uma camada de 3 cm de cascalho fino, a fim de reduzir a evaporação e favorecer o controle da salinidade no substrato. Utilizou-se irrigação por gotejamento

(0,6 L/planta/dia). A condutividade elétrica da solução nutritiva dos três tratamentos foi mantida a, aproximadamente, 1,7, 6,8 e 11,3 dS m^{-1} , correspondendo às concentrações de 0, 50 e 100 mM de NaCl, caracterizando três níveis de salinidade. Todos os tratamentos continham 742,86 mg L^{-1} de fertilizante solúvel com a seguinte composição: 3% de N, 11% de P_2O_5 , 38% de K_2O , 4% de MgO, 11% de S e micronutrientes. O Ca e o N foram fornecidos na forma de nitrato de cálcio na dose de 840 mg L^{-1} do produto composto de 15,5% de N e 19% de Ca. Utilizou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado com quatro repetições.

Por ocasião da coleta do experimento, 21 dias a partir da diferenciação dos tratamentos, a área foliar foi estimada multiplicando-se o produto do comprimento e largura da folha por 0,7 (modificado de Moreira, 1987). Foram coletados, separadamente, o limbo foliar, o pseudocaule e as raízes com o rizoma (raízes+rizoma). Nas análises dos elementos minerais, a matéria seca das diferentes partes da planta foi triturada em moinho de facas e submetida à digestão nitroperclórica. O extrato vegetal foi dissolvido e diluído em água deionizada para determinação dos teores de Na^+ , K^+ e Ca^{2+} . Os teores de Na^+ e K^+ foram determinados por meio de fotometria de chama, os de Ca^{2+} por espectrofotometria de absorção atômica e os de Cl^- por titulometria do nitrato de prata (Malavolta et al., 1997). Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Na realização das análises isoenzimáticas, foram coletados 350 mg de matéria fresca da terceira folha de cada planta do tratamento controle (0 mM de NaCl) e do tratamento com 100 mM de NaCl. A amostra vegetal foi triturada em almofariz, mantido em banho de gelo, com 1,0 mL de tampão Scandalios, 300 mg de sacarose e 300 mg de polivinilpirrolidona (PVP).

Tabela 1. Genótipos diplóides (AA), provenientes do Banco Ativo de Germoplasma (BAG) de bananeira da Embrapa Mandioca e Fruticultura, país de origem e características.

Genótipo	Origem	Características ⁽¹⁾
Calcuttá	Jamaica	DS S
Borneo	Jamaica	DS S
Lidi	Honduras	DS P
SN ^o /2	Nova Guiné	DS P
Microcarpa	Tailândia	DS P
M-53	Jamaica	DMP

⁽¹⁾DS: diplóide simples; DM: diplóide melhorado; S: produz semente; P: partenocárpico.

Os homogeneizados foram centrifugados a 14.000 rpm, durante 10 minutos, a 4°C. Do sobrenadante foram, imediatamente, retirados 10 µL e aplicados nos poços dos géis de poliacrilamida. Na análise eletroforética foi empregado o sistema de eletroforese horizontal (Alfenas, 1998), sob refrigeração, à temperatura de 4°C e ao potencial elétrico de 9,0 V cm⁻¹. Após a corrida eletroforética, os géis foram revelados e corados em soluções apropriadas (Alfenas, 1998), para os seguintes sistemas isoenzimáticos: álcool desidrogenase (ADH), esterase (EST), malato desidrogenase (MDH), peroxidase (PO), glutamato oxaloacetato transaminase (GOT) e fosfatase ácida (ACP). Os sistemas isoenzimáticos foram selecionados em função de apresentarem atividades em trabalhos realizados com bananeira (Bhat et al., 1992; Gomes et al., 2002; Ulisses et al., 2002). O polimorfismo foi analisado segundo a presença ou ausência de bandas e também segundo a intensidade de bandas.

Mediante a interpretação dos zimogramas, os dados foram tabulados conforme a presença (1) ou ausência (0) de bandas nos géis, para serem usados no estudo de diversidade genética. As similaridades genéticas entre os genótipos foram estimadas usando-se o coeficiente de Dice (equivalente ao Nei & Li, 1979), no programa NTSYS-pc (Numerical Taxonomy and Multivariate Analysis System, versão 1.70, Exeter software, NY, USA). O dendrograma foi construído no programa NTSYS-pc, usando a opção UPGMA (Unweighted Pair-Group Method Arithmetic Average).

Resultados e Discussão

Nos genótipos Lidi e Calcuttá, o elevado teor de Na⁺ e Cl⁻ no limbo foliar coincidiu com uma significativa redução de área foliar a partir dos 50 mM de NaCl (Tabela 2). Os efeitos deletérios da salinidade sobre a área foliar também foram relatados em bananeira cultivada em solo salinizado artificialmente (Araújo Filho et al., 1995) ou irrigada com água salina (Gomes et al., 2002).

A salinidade inibe o crescimento foliar por causa da redução na taxa de assimilação líquida de CO₂, provocada pelo fechamento dos estômatos em resposta ao baixo potencial da água do solo (Binzel et al., 1985), além da inibição da expansão celular provocada pelo sal (Orcutt & Nilsen, 2000).

Os genótipos Lidi e Calcuttá apresentaram os maiores teores de Na⁺ no limbo foliar, com incrementos de aproximadamente 254,7% (50 mM) e 638,1% (100 mM) em relação à testemunha (Tabela 3). Foram observados sintomas de toxidez do NaCl em ambos os genótipos, caracterizados como pequenas manchas ao longo do limbo foliar inicialmente nas folhas velhas, evoluindo para um amarelecimento, queima das bordas e do ápice foliar.

Resultados similares já haviam sido constatados em relação ao genótipo Calcuttá (Gomes et al., 2002). Os genótipos Borneo, SN⁹/2 e M-53 não apresentaram acúmulo significativo de Na⁺ no limbo foliar (Tabela 3), reduzindo os efeitos deletérios que seriam causados em processos como a fotossíntese, metabolismo do N, respiração, entre outros processos vitais. Não foram observadas diferenças entre os genótipos em relação aos teores de Na⁺ nas raízes e rizoma, entretanto, em todos os genótipos houve acúmulo de Na⁺ no material submetido a 100 mM de NaCl (Tabela 3). O excesso de Na⁺ na solução do solo provoca acúmulo passivo desse cátion na raiz (Botella et al., 1997). Esse órgão, entretanto, apresenta uma capacidade limitada como reservatório (Garcia-Sanchez et al., 2002). Aparentemente, o mecanismo de translocação do Na⁺ para as folhas é regulado, separadamente, do mecanismo de absorção pela raiz. Distúrbios fisiológicos e bioquímicos em plantas sensíveis ocorrem pela falta de habilidade em regular a concentração de Na⁺ em tecidos metabolicamente ativos como os das folhas (Boursier & Läuchli, 1990).

O aumento do nível de NaCl na solução aumentou também a concentração de Cl⁻ em todas as partes da planta, de todos os genótipos. Nos diplóides Lidi e Calcuttá o teor de Cl⁻ no limbo foliar, no tratamento com 100 mM, superou os demais genótipos apresentando, em

Tabela 2. Área foliar (cm²) de seis genótipos diplóides de bananeira submetidos a três níveis de NaCl⁽¹⁾.

(mM)	SN ⁹ /2	Borneo	Calcuttá	Microcarpa	M 53	Lidi
0	6.233,7aA	5.029,3aAB	6.280,2aA	5.100,5aAB	3.520,0aB	5.013,5aAB
50	5.135,5aA	4.020,1aABC	4.404,4bAB	3.800,9aABC	2.303,8aC	3.217,0bBC
100	2.924,8bA	2.634,3abAB	2.405,3cA	2.507,8abAB	1.377,1abB	1.889,8bAB

⁽¹⁾Médias seguidas pelas mesmas letras, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

média, um incremento de 492,3% em relação à testemunha. Esses resultados corroboram os de Ferreira et al. (2001) e Gomes et al. (2002). A sobrevivência de plantas glicófitas em ambientes salinos pode resultar de processos adaptativos envolvendo absorção, transporte e distribuição de íons nos vários órgãos da planta, bem como a sua compartimentalização celular (Munns et al., 2002). Os genótipos Calcuttá e Lidi não foram eficientes em evitar o acúmulo dos íons tóxicos (Na^+ e Cl^-) na parte aérea.

A acumulação de Na^+ no pseudocaule coincidiu com uma redução porcentual média de 35,8% no teor de K^+ , no tratamento com 100 mM NaCl. No limbo foliar, o teor de K^+ caiu em 51,9% e 53,7% nos genótipos

Calcuttá e M-53, respectivamente. Nos demais genótipos registrou-se apenas uma tendência de queda da concentração desse cátion (Tabela 3). O aumento da concentração de Na^+ nos tecidos de espécies glicófitas geralmente está associado à diminuição na concentração de K^+ (Greenway & Munns, 1980). Os genótipos Lidi e Calcuttá apresentaram elevados valores de relação Na^+/K^+ no limbo foliar, superando os demais genótipos tanto no tratamento com 50 mM (0,52) como no tratamento com 100 mM de NaCl (1,24 e 1,73, respectivamente). A alta relação Na^+/K^+ desses genótipos resultou mais do acúmulo de Na^+ do que da restrição à absorção ou translocação do K^+ . No que se refere ao controle do transporte do Na^+ , existem, conforme Munns et al. (2002),

Tabela 3. Teores de íons no limbo foliar, pseudocaule e raízes+rizoma, em seis genótipos diplóides de bananeira, em estágio inicial de desenvolvimento, aos 21 dias de tratamento com NaCl⁽¹⁾.

Genótipos	NaCl (mM)								
	0			50			100		
	-----Limbo foliar-----			-----Pseudocaule-----			-----Raízes+rizoma-----		
	Na ⁺ (g kg ⁻¹)								
Lidi	3,0aC	11,8aB	23,2aA	1,9aC	10,1aB	18,4aA	4,0aB	6,2aB	13,2aA
Microcarpa	3,8aB	7,0aAB	10,2bA	1,6aC	5,0bB	10,7bA	4,0aB	7,5aAB	10,0aA
Calcuttá	3,7aC	11,7aB	26,0aA	1,6aC	10,3aB	18,6aA	3,4aB	8,7aA	11,3aA
Borneo	3,5aA	5,0aA	7,8bA	1,3aC	8,1abB	11,5bA	4,3aB	6,2aB	11,3aA
SN ⁹ /2	3,0aA	5,0aA	6,4bA	1,6aC	8,2abB	12,5bB	4,0aB	8,8aA	10,8aA
M-53	3,4aA	5,6aA	7,8bA	1,3aC	8,4abB	12,3bA	3,4aB	7,9aA	11,5aA
	Cl (g kg ⁻¹)								
Lidi	10,6aC	35,0aB	51,5aA	9,5aB	36,6aA	47,1aA	12,4aB	33,5aA	36,6aA
Microcarpa	11,0aB	31,6aA	32,5bA	7,4aB	36,0aA	41,9aA	5,6aB	29,1aA	27,9aA
Calcuttá	8,0aC	34,3aB	55,9aA	6,8aB	36,3aA	47,3aA	3,9aB	44,7aA	45,9aA
Borneo	10,3aB	22,9aAB	29,2bA	7,9aB	34,8aA	43,4aA	9,9aB	32,8aA	32,9aA
SN ⁹ /2	6,7aB	19,8aAB	30,9bA	6,5aB	25,4aAB	41,0aA	4,4aB	35,3aA	43,4aA
M-53	9,2aB	21,0aAB	24,8bA	8,0aB	24,6aAB	32,9aA	9,9aB	41,6aA	42,8aA
	K ⁺ (g kg ⁻¹)								
Lidi	28,7aA	22,5aA	18,7bA	87,3abA	96,3abA	54,4aB	45,0aA	45,0aA	40,0aA
Microcarpa	31,2aA	30,0aA	22,5abA	74,7abA	67,0cA	44,6aB	41,2aA	38,7aA	37,5aA
Calcuttá	31,2aA	22,5aAB	15,0bB	91,4aA	105,5aA	61,0aB	46,3aA	43,7aA	40,0aA
Borneo	27,5aA	25,0aA	32,5aA	75,9abA	67,0cA	50,8aB	42,5aA	42,0aA	38,7aA
SN ⁹ /2	28,7aA	27,5aA	26,2abA	73,1bA	79,1bcA	48,7aB	47,5aA	38,7aA	42,5aA
M-53	35,0aA	27,5aA	16,2bB	83,3abA	75,1cA	52,8aB	46,2aA	33,7aB	31,2aB
	Ca ²⁺ (g kg ⁻¹)								
Lidi	10,6aA	8,2aAB	5,6aB	8,8aA	7,6bA	10,3bA	6,6bA	5,3cA	4,6bA
Microcarpa	9,6aA	8,6aA	7,0aA	8,9aA	7,7bA	7,4bcA	10,7aA	6,6abB	5,3abC
Calcuttá	11,3aA	8,7aAB	6,5aB	10,3aB	12,3aAB	15,7aA	11,9aA	7,7abB	7,5aB
Borneo	12,4aA	9,7aAB	7,0aB	10,4aA	7,0bA	6,7bcA	10,2aA	7,9aB	5,7abC
SN ⁹ /2	9,3aA	8,5aA	7,0aA	8,2aA	6,6bA	6,4bcA	10,0aA	7,6abB	5,5abC
M-53	10,5aA	9,1aA	6,8aB	8,6aA	6,0bAB	4,9cB	6,6bA	5,2cA	3,5bB

⁽¹⁾Médias seguidas pelas mesmas letras, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a de 5% de probabilidade.

três pontos primordiais: absorção pelas raízes; carregamento do xilema; e remoção do Na^+ do xilema antes de atingir a parte aérea. Nesse último ponto, em muitas espécies, o Na^+ é retido, ou na parte superior do sistema radicular e na porção inferior da parte aérea, pelas células do estelo das raízes, ou na bainha vascular em caules e pecíolos (Munns et al., 2002). Neste trabalho, esse mecanismo parece ter sido ativado nos genótipos Borneo, M-53 e SN⁹/2, nos quais o acúmulo no teor de Na^+ registrou-se apenas no pseudocaule e nas raízes+rizoma.

Houve reduções nos teores de Ca^{2+} no limbo foliar e, principalmente, nas raízes+rizoma dos genótipos, com o

aumento da salinidade (Tabela 3). Numerosos estudos têm demonstrado que a salinidade induz à redução nos teores de Ca^{2+} em várias espécies, tanto no limbo foliar como nas raízes (Ferreira et al., 2001). A diminuição nos teores de Ca^{2+} coincidindo com o aumento da salinidade pode conduzir à maior sensibilidade da planta ao estresse salino, em razão da importância deste cátion na seletividade das membranas, nos processos de absorção, na compartimentação iônica, entre outros processos (Ferreira et al., 2001).

A partir de seis sistemas isoenzimáticos, foram obtidos 35 locos que apresentaram boa resolução (Figura 1). Os zimogramas obtidos revelaram que todos os siste-

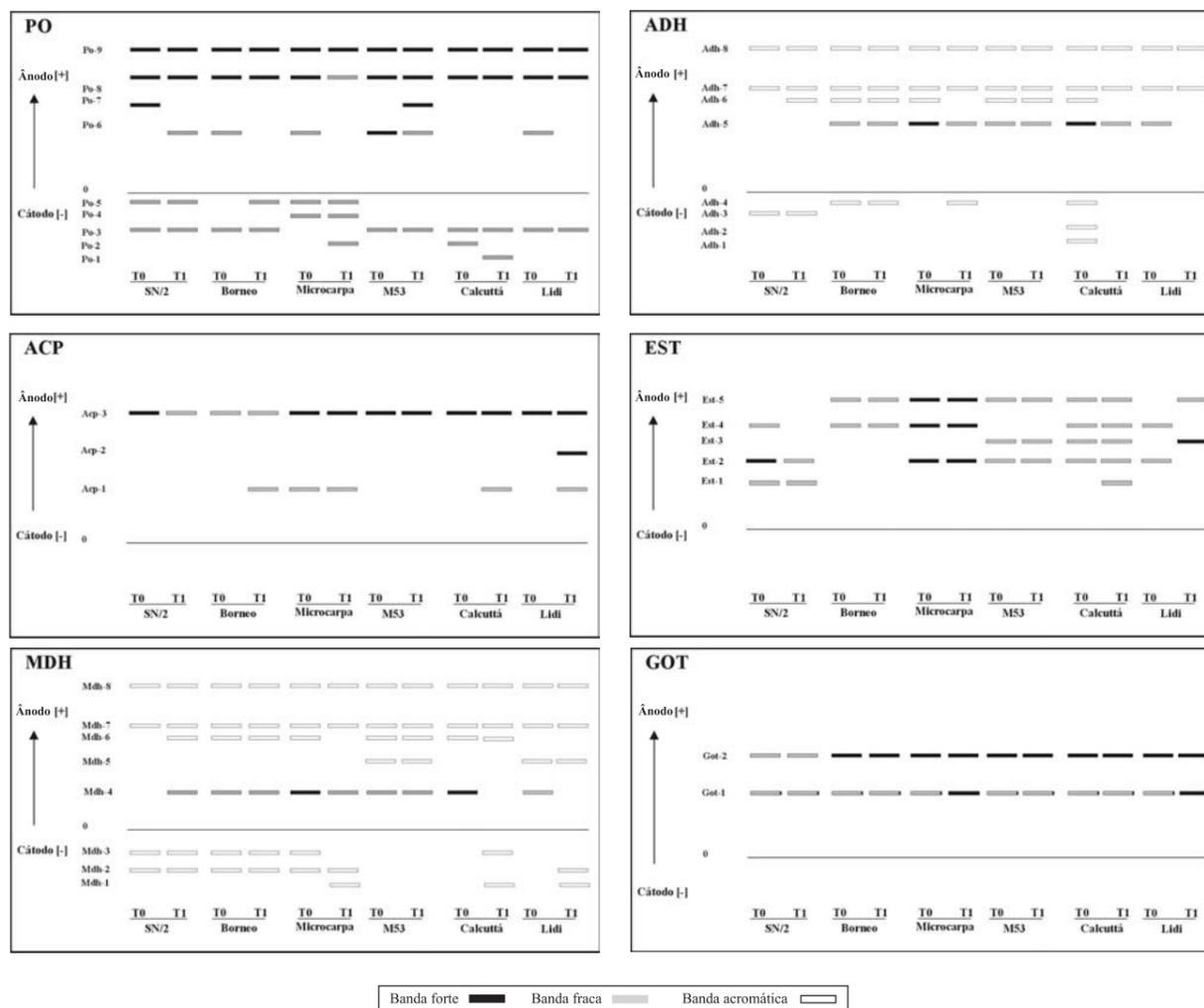


Figura 1. Zimogramas das variações isoenzimáticas de peroxidases (PO), álcool-desidrogenase (ADH), fosfatase ácida (ACP), esterase (EST), malato desidrogenase (MDH) e glutamato oxaloacetato transaminase (GOT) para os genótipos diplóides (AA) de bananeira, submetidos durante 21 dias à salinidade: T0, tratamento sem NaCl e T1, tratamento com 100 mM de NaCl.

mas analisados apresentaram, em alguns acessos, variação na intensidade e no número de bandas em virtude da presença do NaCl. Os diplóides avaliados produziram padrões de bandas mais complexos na maioria dos sistemas revelados por causa da expressão de dois alelos individuais.

Alguns autores têm registrado alterações quanto à presença e à ausência de proteínas em condições de estresse ambiental. Jain et al. (1993) constataram que a presença ou ausência de polipeptídeos de diferentes pesos moleculares ocorre em função do genótipo, do nível de salinidade aplicado e do tecido vegetal analisado. O estresse salino funciona como indutor de síntese de novas proteínas e essa síntese, provavelmente, está associada com o aumento da tolerância ao NaCl (Jain et al., 1993).

A peroxidase apresentou nove regiões de atividades distribuídas em quatro regiões de migração (Figura 1). Os locos catódicos se distribuíram em duas regiões de migração, ambas polimórficas. Sob estresse salino, a banda catódica do loco Po-2 foi revelada em Microcarpa e a Po-1, em Calcuttá. Das duas regiões anódicas, uma mostrou-se monomórfica (Po-9) e a outra, constituída pelos locos Po-6, Po-7 e Po-8, apresentou polimorfismo nos locos Po-6 e Po-7. No tratamento salino, dois dos três genótipos que apresentaram habilidade de evitar o acúmulo excessivo de Na^+ e Cl^- , no limbo foliar, revelaram a banda do loco anódico Po-6. Esses dois genótipos, SN⁹/2 e M53, formaram um grupo à parte, conforme se discute mais adiante, considerando os dendrogramas construídos. O incremento da atividade de peroxidases é fundamental no controle da ação de espécies de oxigênio reativas responsáveis por danos oxidativos frequentes em plantas submetidas ao estresse salino (Sreenivasulu et al., 1999).

A isoenzima ADH apresentou três regiões de migração (Figura 1). Na região I, correspondente aos locos Adh-6, Adh-7 e Adh-8, a banda Adh-6 foi ativada no genótipo SN⁹/2 no tratamento salino, sendo esse o único genótipo que apresentou incremento no número de bandas. Os locos Adh-1, Adh-2, Adh-3 e Adh-4, correspondentes à Região III, não foram ativados no genótipo Calcuttá, sob tratamento com NaCl. Esse genótipo apresentou maior redução do número de bandas no tratamento salino.

Quanto ao sistema ACP, foram reveladas bandas em três locos (Figura 1). O loco Acp-3 mostrou-se ativo em todos os indivíduos, variando apenas quanto à intensidade das bandas. No tratamento com sal, o loco Acp-2

revelou banda apenas no genótipo Lidi e a banda do loco Acp-1 foi revelada nos genótipos Borneo, Microcarpa, Calcuttá e Lidi.

O sistema EST apresentou duas regiões de migração, uma formada por Est-3, Est-4 e Est-5, e outra, por Est-1 e Est-2 (Figura 1). Os genótipos Borneo, Microcarpa e M-53 apresentaram o mesmo padrão tanto na ausência quanto na presença do NaCl. Calcuttá e Lidi tiveram as bandas Est-1 e Est-5, respectivamente, reveladas no tratamento com sal. Observou-se maior intensidade das bandas Est-2 e Est-4 no genótipo Lidi quando tratado com NaCl. Essa indução pelo NaCl pode ser decorrência da sensibilidade dessa enzima à interferência de fatores abióticos (Silva et al., 2000).

No sistema MDH foi possível constatar quatro regiões de migração (Figura 1). Apenas a região I, composta pelo loco Mdh-8, teve comportamento monomórfico. Na quarta região, composta pelos locos Mdh-1, Mdh-2 e Mdh-3, o loco Mdh-1 revelou bandas apenas nos genótipos Microcarpa, Calcuttá e Lidi quando submetidos ao estresse salino. O alto grau de polimorfismo observado nesse sistema isoenzimático confirma os resultados obtidos em bananeiras por Bhat et al. (1992).

Os padrões isoenzimáticos da GOT revelaram duas regiões de atividades, presentes em todos os indivíduos (Figura 1). Dos sistemas estudados, este foi o mais monomórfico.

Os dendrogramas construídos de acordo com os graus de similaridade genética nos tratamentos salino e não salino, separadamente, indicam a formação de dois grupos distintos em cada tratamento (Figura 2).

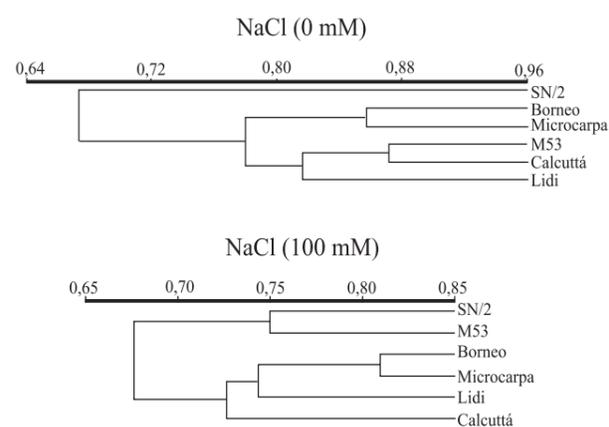


Figura 2. Análises de agrupamentos dos genótipos diplóides de bananeira, obtidas pelo programa NTSYS-pc usando a opção UPGMA (Unweighted Pair-Group Method Arithmetic Average), nos tratamentos T0 (0 mM de NaCl) e T1 (100 mM de NaCl).

No dendrograma do tratamento salino um grupo é constituído pelos indivíduos SN^o/2 e M-53 e outro formado pelos demais genótipos.

Após análise das características de crescimento, dos teores de nutrientes e dos dendrogramas, puderam ser separados os genótipos mais tolerantes (SN^o/2 e M-53) dos mais sensíveis (Lidi e Calcuttá).

Conclusões

1. A acumulação de Na⁺ e Cl⁻ no limbo foliar caracteriza a sensibilidade de genótipos de bananeira ao estresse salino, na fase inicial de crescimento.

2. A análise de similaridade e agrupamento genético de genótipos de bananeira sob condições de salinidade permite identificar materiais tolerantes (SN^o2 e M-53) a partir da associação com características de crescimento e com a expressão de bandas de peroxidase (Po-6).

Referências

- ALFENAS, A.C. **Eletroforese de proteínas afins**: fundamentos e aplicações em plantas e microrganismos. Viçosa: UFV, 1998. 57p.
- ARAÚJO FILHO, J.B. de; GHEYI, H.R.; AZEVEDO, N.C.; SANTOS, J.G.R. Tolerância da bananeira à salinidade na fase inicial de desenvolvimento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.30, p.989-997, 1995.
- BHAT, K.V.; BHAT, S.R.; CHANDEL, P.S. Survey of isozyme polymorphism for clonal in *Musa*. II: Peroxidase, superoxide desmutase, shikimate dehidrogenase and malate dehidrogenase. **Journal of Horticultural Science**, v.67, p.737-743, 1992.
- BINZEL, M.L.; HASEGAWA, P.M.; HANDA, A.K.; BRESSAN, R.A. Adaptation of tobacco cells to NaCl. **Plant Physiology**, v.79, p.118-125, 1985.
- BOTELLA, M.A.; PARDINES, J.; CERDÁ, A. Salinity induced potassium deficiency in maize plants. **Journal of Plant Physiology**, v.150, p.200-205, 1997.
- BOURSIER, P.; LÄUCHLI, A. Growth response and mineral nutrient relations of salt-stressed *Sorghum*. **Crop Science**, v.30, p.1226-1233, 1990.
- FERREIRA, R.G.; TÁVORA, F.J.A.; HERNANDEZ, F.F.F. Distribuição da matéria seca e composição química das raízes, caule e folhas de goiabeira submetida a estresse salino. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, p.37-42, 2001.
- GARCIA-SANCHEZ, F.; JIFON, J.L.; CARVAJAL, M.; SYVERTSEN, J.P. Gás exchange, chlorophyll and nutrient contents in relation to Na⁺ and Cl⁻ in Sunburst mandarin grafted on different rootstocks. **Plant Science**, v.162, p.705-712, 2002.
- GOMES, E.W.F.; WILLADINO, L.; MARTINS, L.S.S.; CAMARA, T.R.; SILVA, S.O. Genotypes of banana (*Musa* spp.) under saline stress: tolerance and sensitivity. **InfoMusa**, v.11, p.13-18, 2002.
- GREENWAY, H.; MUNNS, R. Mechanism of tolerance in non-halophytes. **Annual Review of Plant Physiology**, v.31, p.149-190, 1980.
- JAIN, S.; NAINAWATEE, H.S.; JAIN, R.K.; CHOWDHURY, J.B. Salt tolerance in *Brassica juncea*. **Euphytica**, v.65, p.107-112, 1993.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas**: princípios e aplicações. Piracicaba: Potafos, 1997. 319p.
- MOREIRA, R.S. **Banana**: teoria e prática de cultivo. Campinas: Fundação Cargill, 1987. 335p.
- MUNNS, R.; HUSAIN, S.; RIVELLI, A.R.; HARE, R.A. **Progress in plant nutrition**. Dordrecht: Kluwer Academic, 2002. 188p.
- NEI, M.; LI, W.H. Matematical model for studying genetic variation in terms of restriction endonuclease. **National Academy of Sciences of the United States of America**, v.76, p.5269-5273, 1979.
- ORCUTT, D.M.; NILSEN, E.T. **Physiology of plants under stress**: soil and biotic factors. New York: J. Wiley, 2000. 683p.
- ROSA JÚNIOR, C.D.R.M. **Bananeira**: cultivo sob condição irrigada. 2.ed. Recife: Sebrae, 2000. 51p.
- SANTOS, J.G.R.; GHEYI, H.R. Efeito da salinidade da água na composição da folha da bananeira e nas características do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.29, p.247-253, 1994.
- SILVA, E.A.A. da; PINHO, E.V. de R.V.; VIEIRA, M.G.G.C.; CARVALHO, M.L.M. de; MACHADO, J.C. Alterações de isoenzimas em sementes de milho infectadas por fungos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, p.1725-1732, 2000.
- SILVA, S. de O. e; CARVALHO, P.C.L. de; SHEPHERD, K.; ALVES, E.J.; OLIVEIRA, C.A.P. de; CARVALHO, J.A.B.S. **Catálogo de germoplasma de bananeira (*Musa* spp.)**. Cruz das Almas: Embrapa-CNPMP, 1999. 152p. (Documentos, 90).
- SREENIVASULU, N.; RAMANJULU, S.; RAMACHANDRANKINI, K.; PRAKASH, H.S.; SHEKAR-SHETTY, H.; SAVITHRI, H.S.; SUDHAKAR, C. Total peroxidase activity and peroxidase isoforms as modified by salt stress in two cultivars of fox-tail millet with differential salt tolerance. **Plant Science**, v.141, p.1-9, 1999.
- ULISSES, C.; CAMARA, T.R.; WILLADINO, L.; ALBUQUERQUE, C.C. de; MARTINS, L.S.S.; FREITAS, N.S.A. Caracterização isoenzimática de clones de bananeira nãnicão submetidos à salinidade. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.6, p.6-9, 2002.

Recebido em 25 de agosto de 2003 e aprovado em 26 de março de 2004