

EFEITO DO ÁCIDO BUTÍRICO NO ESTABELECIMENTO INICIAL DE ARROZ

Maurício Marini Köpp¹, Viviane Köpp da Luz², Rogerio Oliveira de Sousa³, Antonio Costa de Oliveira²

Palavras-chave: *Oryza sativa*, estresse abiótico, ácidos orgânicos.

INTRODUÇÃO

A cultura do arroz irrigado tem como característica principal a manutenção de uma lâmina de água sobre o solo durante a maior parte do seu desenvolvimento, estabelecendo um ambiente anaeróbio que favorece a fermentação da matéria orgânica presente no solo. Durante a fermentação anaeróbia, se formam produtos intermediários fitotóxicos, entre os quais se destacam os ácidos orgânicos de baixo peso molecular, como o ácido acético, o propiônico e o butírico, que geralmente ocorrem em concentração de 0,1 a 14 mM e relação de 6:3:1 respectivamente (Bohnen et al., 2005).

Os sistemas de semeadura direta e cultivo mínimo de arroz irrigado prevêm a manutenção de resíduos vegetais sob a superfície do solo, ocorrendo maior produção destes ácidos (Johnson et al. 2006). A toxidez por ácidos orgânicos se manifesta, nas fases iniciais de desenvolvimento principalmente antes da inundação da lavoura ocasionando menores germinação, crescimento radicular, peso e altura de plântulas (Köpp et al., 2007a). Em casos de toxidez mais severa, os prejuízos ao crescimento se refletem em outras fases, ocorrendo menor perfilhamento, menor absorção de nutrientes e menor rendimento de grãos (Camargo et al., 2001). O ácido butírico é um dos principais ácidos relacionados à fitotoxidez total, pois, apesar de estar em menor concentração na solução do solo, apresenta maior nível de fitotoxidez, pois, quanto maior o tamanho da cadeia de carbonos maior é sua fitotoxidez (Köpp et al., 2007a).

A incorporação de genes responsáveis pela tolerância aos ácidos orgânicos em cultivares de alta produtividade através da identificação e caracterização da variabilidade genética e cruzamentos com cultivares elite poderá contribuir para o incremento da área cultivada no sistema de semeadura direta de arroz irrigado, e conseqüentemente, aumentar a produtividade e reduzir os impactos ambientais do cultivo convencional e custos de produção da cultura. A falta de variabilidade genética para caracteres relacionados ao sistema de raízes e a sua difícil identificação são fatores que dificultam os trabalhos relacionados ao estresse abiótico sob o sistema de raízes das plantas (Waisel et al., 2002). Neste sentido, a utilização de sistemas de hidroponia surge como alternativa para estudos de variabilidade genética e avaliações das raízes, apresentando correlações significativas com ensaios realizados em campo.

Os objetivos deste trabalho foram avaliar a ação fitotóxica do ácido butírico sobre o desenvolvimento inicial de plântulas de arroz, determinar a variável mais responsiva à fitotoxidez nas plântulas e identificar variabilidade genética para o caráter tolerância ao ácido butírico em arroz.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados 25 genótipos de arroz os quais foram submetidos a quatro doses de ácido butírico. Os genótipos utilizados pertencem à coleção de trabalho do Banco de Germoplasma de Arroz do CGF/UFPel. Foram utilizadas cultivares das subespécies indica e japonica, e dos sistemas de cultivo irrigado e sequeiro e de diversas origens de lançamento (Tabela 2). Estes genótipos foram escolhidos de maneira a melhor representar a variabilidade genética a fim de aumentar a possibilidade seleção de plantas tolerantes neste ensaio preliminar.

Para constituição das parcelas experimentais, 160 sementes de cada cultivar foram desinfestadas com hipoclorito de sódio 10 % e postas para germinação a 25 ± 1 °C por 72 horas em papel filtro embebido em água, das quais foram selecionadas 120 com comprimento de raiz de 5 mm e uniformes para constituir

¹ Pesquisador da Embrapa Gado de Leite – CNPGL, Rua Eugênio do Nascimento, 610, cep: 36038-330, Juiz de Fora, MG. e-mail: kopp@cnpgl.embrapa.br

² Universidade Federal de Pelotas, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Centro de Genômica e Fitomelhoramento.

³ Universidade Federal de Pelotas, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Departamento de Solos.

o experimento. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com três repetições num esquema fatorial 25 (cultivares) x 4 (doses) sendo que a unidade experimental consistiu de dez sementes para cada repetição.

O sistema hidropônico utilizado foi composto de potes com capacidade de 5,5 L com solução nutritiva de "Clark" que permaneceram em tanque tipo "banho-maria" com temperatura de 25 ± 1 °C, aeração da solução nutritiva para suprimento de oxigênio, permitindo o desenvolvimento do sistema radicular e iluminação artificial controlada. Os tratamentos foram constituídos por quatro concentrações de ácido butírico: 0 (controle); 2; 4 e 6 mM, e o pH foi ajustado para 4,7 (valor no qual o ácido butírico se encontra 50% em sua forma não dissociada) com HCl 1N ou NaOH 1N, monitorados diariamente e corrigidos quando necessário.

As plântulas permaneceram em solução nutritiva adicionada aos tratamentos por 14 dias. Após esse período elas foram coletadas e avaliadas quanto as seguintes caracteres: comprimento de raiz (CR) e parte aérea (CPA) em cm; número de raízes (NR); matéria seca de raízes (MSR) e de parte aérea (MSPA) em mg pesadas após secagem até peso constante em estufa com circulação de ar a 60 °C. Os dados foram submetidos à análise de variância em um esquema fatorial considerando genótipos e doses como fatores fixos e análise de regressão linear simples da variável mais responsiva.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 são apresentadas a análise de variância e as reduções relativas das variáveis CR, CPA, NR, MSR e MSPA, para cada dose. O efeito das doses e genótipos em todas as variáveis e as interações (doses x genótipos) apenas para as variáveis CR e MSR apresentaram variação significativa. A maior redução relativa foi observada para a variável CR, demonstrando ser a mais sensível ao estresse. Armstrong & Armstrong (2001) e Köpp et al. (2007a) também constataram que o comprimento de raiz é a variável mais sensível ao estresse por ácidos orgânicos. A matéria seca de raiz (MSR) também apresentou elevada redução nos valores com aumento das concentrações do ácido butírico. Armstrong & Armstrong (2001) relataram que os ácidos orgânicos causam degradação da parede celular, inibição das funções respiratórias e diminuição da divisão celular do sistema radicular que está em contato direto com o elemento tóxico, indicando assim, a razão principal para o menor crescimento e acúmulo de matéria seca na raiz.

Tabela 1. Resumo da análise de variância e desempenho relativo (%) das variáveis comprimento de raiz (CR) e parte aérea (CPA), número de raízes (NR) e matéria seca de raiz (MSR) e parte aérea (MSPA), de 25 genótipos de arroz submetidos a quatro níveis de ácido butírico. Pelotas-RS, 2007.

Variáveis	Genótipo	Quadrados Médios			Média	C.V.	Desempenho relativo (%) **		
		Dose	Interação	Resíduo			2 mM	4 mM	6 mM
	G.L.	24	3	72	198				
CR	2,97 *	884,17 *	1,37 *	0,23	7,86	6,08	78.9	55.9	32.4
CPA	2,94 *	805,14 *	0,53	0,75	13,83	6,28	84.6	73.0	56.0
NR	12,02 *	7,79 *	0,059	0,32	3,64	15,43	99.1	103.1	119.0
MSR	0,26 *	86,29 *	0,18 *	0,045	3,59	5,92	90.2	70.4	47.9
MSPA	4,05 *	402,91 *	0,30	0,35	9,65	6,12	89.0	74.0	56.2

G.L. = Graus de liberdade, C.V. = Coeficiente de variação

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro pelo teste F.

** Reduções relativas tomando como referencial o valor absoluto no tratamento testemunha (dose 0 mM).

O comprimento de raiz (CR) foi a variável utilizada como dependente (y) para ajustar equações de regressão, pois apresentou efeito significativo da interação entre os fatores testados e foi a mais responsiva ao estresse. Os resultados do ajuste de regressão (Tabela 2) demonstram que as equações representam de maneira confiável o real o comportamento dos genótipos em relação aos tratamentos utilizados pois os valores de R² foram relativamente altos. O bom ajuste de equações lineares aos dados observados em geral indica que as doses selecionadas se encontram em um intervalo de resposta da cultura frente ao efeito do ácido. A dose de 6 mM foi a que classificou os genótipos em um maior número de grupos promovendo

reduções de crescimento radicular entre valores de 47,77% e 75,97% devendo ser utilizada como dose eficiente em explorar variabilidade genética em arroz submetido ao estresse pelo ácido butírico.

Pode ser observado na Tabela 2, que os coeficientes de regressão (b) apresentaram valores com variação entre -0,87 (Toride 1) a -1,56 (IAC-47). Esta amplitude de variação no decréscimo do valor de CR para os genótipos avaliados quando submetidos às doses com ácido butírico foi considerada significativa através do teste F da interação genótipos x doses da análise de variância. No entanto, não existe descrição de níveis de redução para considerar um genótipo tolerante, nem genótipos já classificados como tolerantes ou sensíveis para serem utilizados como testemunha. Então para avaliação da tolerância, foi efetuado um teste t do valor do coeficiente de regressão (b) de cada genótipo, onde os valores de coeficientes não significativos (b=0) foram relacionados às famílias tolerantes.

Tabela 2. Parâmetros das equações de regressão linear: interceptação no eixo y (a), coeficiente de regressão (b) e coeficiente de determinação (R^2) dos 25 genótipos de arroz estudados em solução nutritiva com 4 concentrações do ácido butírico para a variável comprimento de raiz (CR). Pelotas-RS, 2007.

Nº	Genótipo / Subespécie / Sistema cultivo	Parâmetros de regressão			Desempenho relativo **		
		a	b	R^2	2 mM	4 mM	6 mM
1	Tokiwa Nishiki Japonica Sequeiro	12,22	-1,41	0,98	73,65	53,68	31,04
2	Supremo Indica Irrigado	11,97	-1,40	0,87	72,35	52,16	31,29
3	Gohykuman Goku Japonica Sequeiro	12,01	-1,38	0,88	74,13	52,79	31,61
4	Nippombari Japonica Irrigado	11,63	-1,24*	0,91	84,07	57,08	36,39
5	Texmont Indica Irrigado	12,34	-1,54	0,85	73,34	50,49	24,97
6	Toride 1 Japonica Irrigado	11,47	-0,87*	0,90	97,81	79,15	52,23
7	Firmeza Indica Irrigado	11,96	-1,49	0,83	76,13	48,87	25,84
8	Pelota Indica Irrigado	12,48	-1,43	0,91	76,02	52,84	31,94
9	Caloro Indica Sequeiro	12,32	-1,52	0,83	72,60	51,66	25,71
10	CICA 8 Indica Irrigado	11,56	-1,31*	0,84	83,82	57,60	30,97
11	Daw Dam Japonica Irrigado	11,77	-0,98*	0,90	88,77	75,30	46,90
12	Taquari Indica Irrigado	11,94	-1,41	0,89	80,30	52,96	28,99
13	Rusip Japonica Irrigado	12,04	-1,07*	0,92	80,11	72,32	42,92
14	IAS 12-9 Formoza Indica Sequeiro	12,20	-1,49	0,98	80,75	49,25	27,69
15	Yamada Nishiki Japonica Sequeiro	11,76	-1,45	0,87	79,73	48,17	41,02
16	Delmont Indica Irrigado	11,59	-1,40*	0,84	90,26	50,61	28,14
17	IAC - 47 Indica Sequeiro	12,10	-1,56	0,95	66,18	45,23	24,03
18	Oryzica Indica Sequeiro	11,36	-1,36*	0,88	89,56	50,50	29,06
19	Diamante Japonica Sequeiro	11,81	-1,36	0,91	77,26	54,94	30,33
20	Taipei Japonica Irrigado	11,65	-0,91*	0,96	96,31	78,39	50,52
21	IPSL - 462 Indica Sequeiro	11,53	-1,42	0,82	73,03	57,91	30,67
22	Jaguari - 19 Indica Sequeiro	11,63	-1,42	0,88	74,27	49,94	27,11
23	Bonança Indica Sequeiro	11,56	-1,35*	0,91	78,68	57,16	28,26
24	Awini Japonica Irrigado	11,18	-1,39	0,87	79,98	50,95	32,55
25	Taim Indica Irrigado	12,21	-1,51	0,98	62,41	51,92	24,72

*Não significativo pelo teste t ao nível de 5 % de probabilidade de erro para o modelo de regressão em 4 níveis de tratamento.

** Desempenho relativo tomando como referencial o valor absoluto no tratamento testemunha (dose 0 mM).

Segundo os resultados apresentados na Tabela 2, pode-se constatar que os genótipos 4; 6; 10; 11; 13; 16; 18; 20 e 23 foram os que apresentaram coeficientes de regressão não significativos para a variável comprimento de raiz quando submetidos a quatro níveis de ácido butírico, totalizando 36% de genótipos tolerantes ao ácido dentro do conjunto de genótipos utilizados neste estudo. Estes resultados preliminares associados a futuros estudos poderão identificar se os genótipos atualmente recomendados para cultivo no Brasil são eficientes em tolerar o estresse. Caso contrário, estes genótipos poderão ser utilizado como fonte de recursos genéticos pelos programas de melhoramento no desenvolvimento de cultivares com maior germinação e estabelecimento inicial de plântulas na lavoura de arroz sob estresse por ácidos orgânicos.

Contrastando os dois genótipos mais divergentes quanto a resposta ao estresse (IAC-47 sensível e Toride 1 tolerante) pode ser constatado que apesar do genótipo IAC-47 apresentar um crescimento médio de raízes superior (12,10 cm) na ausência do ácido (dose 0), o acréscimo na concentração do ácido ocasionou um maior efeito sob a plântula, diminuindo consideravelmente seu desenvolvimento de raiz. No caso do genótipo Toride 1, foi observado 11,47 cm de raiz na ausência do ácido (dose 0), e seu crescimento não foi tão reduzido pelo aumento da concentração do ácido, resultando em um maior comprimento radicular na dose 6 mM em relação ao genótipo IAC-47, inicialmente superior em crescimento de raiz.

Pode ser constatado que cinco dos nove genótipos que apresentaram tolerância ao ácido butírico pertencem à subespécie japônica. Este fato pode ser explicado devido aos genótipos da subespécie japônica utilizados neste trabalho apresentarem uma maior rusticidade em relação aos genótipos indica. Em geral os genótipos de maior rusticidade são tolerantes a muitos tipos de estresse bióticos e abióticos, assim, os genótipos da subespécie japônica podem ser utilizados pelos programas de melhoramento na forma de cruzamentos com cultivares de elevada produtividade e valor comercial. No entanto, o cruzamento entre estes dois grupos geralmente acarreta em recombinações insatisfatórias ao ideótipo focado nos programas de melhoramento de arroz no Brasil, principalmente no que diz respeito à qualidade de grãos, dificultando a sua utilização em cruzamentos a curto prazo. Outro fato que pode ser comprovado é que apenas um dos genótipos tolerantes não pertence ao sistema de cultivo de irrigação por inundação. Provavelmente o processo de melhoramento de genótipos sob sistema de inundação propiciou um ambiente com maiores concentrações de ácidos orgânicos, e assim, uma seleção indireta para o caráter pode ter sido decisiva para que um maior número de genótipos tolerantes fosse evidenciado dentro deste grupo de cultivares.

Cabe lembrar que todos os resultados deste trabalho estão levando em consideração que o ácido butírico está em um meio sob pH 4,7. O efeito fitotóxico dos ácidos orgânicos é dependente do pH da solução em que eles estão diluídos (Köpp et al., 2007b). Neste caso se torna conveniente a utilização de um valor padronizado independente da espécie estudada e do ácido orgânico avaliado. Segundo dados de literatura, a utilização de pH em que o ácido se encontra 50% em sua forma não dissociada (pK) é extremamente utilizada, pois permite a comparação entre a toxicidade relativa para diferentes ácidos em diferentes espécies. Além deste fator, Köpp et al. (2007b) demonstraram que o nível de pH da solução nutritiva influencia a toxicidade dos ácidos orgânicos, porém não a responsividade dos genótipos de arroz ao efeito do estresse, ou seja, não existe efeito de interação entre o nível de pH e os genótipos utilizados em estudo de toxidez por ácidos orgânicos.

CONCLUSÕES

A variável comprimento e matéria seca de raiz, e a dose de pelo menos 6 mM de ácido butírico sob 50% de dissociação, são eficientes para estudo de diversidade genética em arroz frente a fitotoxicidade em solução hidropônica.

Também foi constatada variabilidade genética para o caráter tolerância ao ácido butírico em arroz. As cultivares Nippombare, Toride 1, CICA 8, Daw Dam, Rusip, Delmont, Oryzica, Taipei e Bonança apresentaram desempenho superior de crescimento de raiz quando submetidos a estresse por ácido butírico.

Genótipos oriundos de programas de melhoramento para o do sistema de irrigação por inundação apresentam maior capacidade de desenvolvimento quando submetidos a estresse por ácido butírico sob 50% de dissociação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARMSTRONG, J.; ARMSTRONG, W. Rice and *Phragmites*: effects of organic acids on growth, root permeability, and radial oxygen loss to the rhizosphere. *American Journal of Botany*, v.88, p.1359-1370, 2001.
- BOHNEN, H.; SILVA, L.S.; MACEDO, V.R.M.; MARCOLIN, E. Ácidos orgânicos na solução de um gleissolo sob diferentes sistemas de cultivo com arroz irrigado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.29, p.475-480, 2005.
- CAMARGO, F.A.; ZONTA, E.; SANTOS, G.A.; ROSSIELLO, R.O.P. Aspectos fisiológicos e caracterização de toxidez a ácidos orgânicos voláteis em plantas. *Ciência Rural*, v.31, p.523-529, 2001.
- JOHNSON, S.E.; ANGELES, O.R.; BRAR, D.S.; BURESH, R.J. Faster anaerobic decomposition of a brittle straw rice mutant: implications for residue management. *Soil Biology & Biochemistry*, v.38, p.1880-1892, 2006.
- KÖPP, M.M.; LUZ, V.K.; COIMBRA, J.L.M.; SOUSA, R.O.; CARVALHO, F.I.F.; OLIVEIRA, A.C. Níveis críticos dos ácidos acético, propiônico e butírico para estudos de toxicidade em arroz em solução nutritiva. *Acta Botanica Brasilica*, v.21, p.147-154, 2007a.
- KOPP, M.M.; LUZ, V.K. SOUSA, R.O.; OLIVEIRA, A.C. Efeito do pH da solução nutritiva na fitotoxidez causada por ácidos orgânicos em arroz. *Magistra*, v.19, p.40-46, 2007b.
- WASEL, Y.; ESHEL, A.; KAFKAFI, U. *Plant Roots: The Hidden Half*, New York: Marcel Dekker. 2002. 1120p.

VI CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO

Porto alegre, RS – Brasil
11 a 14 de agosto de 2009-07-20

Estresses e sustentabilidade: desafios para a lavoura arrozeira

ANAIS





**Estresses e sustentabilidade:
desafios para a lavoura arrozeira.**

ANAIIS