

# ADEQUAÇÃO DE DOSES DE FERRO PARA DISCRIMINAR CULTIVARES DE ARROZ SENSÍVEIS E TOLERANTES, EM HIDROPONIA

Solange Ferreira da Silveira Silveira<sup>1</sup>; Danyela de Cássia da Silva Oliveira<sup>1</sup>; Daiana Döring Wolter<sup>2</sup>; Rafael Valladão Fagundes<sup>3</sup>; Mariana Madruga Kruger<sup>1</sup>; Viviane Kopp da Luz<sup>4</sup>; Rogério Oliveira de Sousa<sup>5</sup>; Luciano Carlos da Maia<sup>6</sup>; Antônio Costa de Oliveira<sup>6</sup>

Palavras-chave: *Oryza sativa*, melhoramento genético, toxicidade.

## INTRODUÇÃO

O arroz (*Oryza sativa* L.) é a cultura com maior potencial de expansão da produção, responsável pelo aporte de 20% das calorias consumidas pela população humana mundial (SOSBAI, 2012). No Brasil o consumo per capita de arroz está estimado em 66 Kg/habitante/ano (OKADA et al., 2007).

Dentre inúmeros fatores que podem comprometer a produtividade do arroz, cabe salientar a fitotoxicidade de metais pesados. Entre esses metais destaca-se o ferro (Fe), o qual embora seja essencial para o desenvolvimento das plantas, quando disponível em altas concentrações no solo, poderá acarretar redução da produtividade da cultura.

A maior disponibilidade de Fe para a cultura ocorre em ambientes com sistema de cultivo irrigado, onde o ferro presente no solo passa da forma  $Fe^{3+}$  para  $Fe^{2+}$ , forma prontamente solúvel e que muitas vezes atinge níveis tóxicos às plantas de arroz. Este sistema de cultivo é predominante na região sul do Brasil, sendo o Rio Grande do Sul o estado maior produtor (MAPA, 2013).

Programas de melhoramento deste cereal exploram a variabilidade genética existente em busca de cultivares, melhor adaptadas e tolerantes a estresses abióticos, dentre estes à toxidez por Fe. Neste sentido seleções feitas com adoção de soluções nutritivas auxiliam o trabalho de melhoristas. O cultivo em ambiente modificado permite a avaliação não destrutiva de um grande número de genótipos em reduzido período de tempo, em estágio de plântula e com um mínimo de investimento em espaço e equipamentos, além de favorecer a eficiência no controle das condições experimentais (CANÇADO et al., 1999). No entanto é necessário padronizar caracteres a serem avaliados, épocas de avaliação e doses de Fe utilizadas para promover o estresse, os quais permitam a classificação de cultivares em sensíveis e tolerantes, ainda em fases iniciais do desenvolvimento.

Frente ao exposto, este trabalho tem como objetivo propor uma dose de Fe adequada para promover o estresse, viabilizando a discriminação de cultivares de arroz em sensíveis e tolerantes com base no agrupamento de Tocher.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em tanque hidropônico pertencente ao Centro de Genômica e Fitomelhoramento, FAEM/UFPEL. Foram avaliadas seis cultivares de arroz irrigado, previamente caracterizadas quanto a toxidez por ferro em condições de campo, sendo sensíveis (BR-IRGA 409, BR-IRGA 410, IRGA 417), medianamente sensível (BRS

<sup>1</sup> Eng<sup>a</sup>. Agrônoma, Estudante de pós graduação, FAEM-UFPEL, CEP: 96010-900, Capão do Leão, RS. email: solange.agro@gmail.com

<sup>2</sup> Graduanda em Agronomia, FAEM-UFPEL

<sup>3</sup> Graduando em Meteorologia – UFPEL

<sup>4</sup> Eng<sup>a</sup>. Agrônoma, Pós doutoranda – FAEM-UFPEL,

<sup>5</sup> Eng<sup>o</sup> Agrônomo, professor dep. de Solos - FAEM – UFPEL

<sup>6</sup> Eng<sup>o</sup> Agrônomo, PhD., Prof. do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, PPGA/FAEM/UFPEL

Atalanta) e tolerantes (EPAGRI 107, BRS Querência) (SOSBAI 2012). O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados com três repetições, sendo a unidade experimental composta por cinco plântulas.

Sementes desinfestadas foram semeadas em *gerbox*, sobre faixas de papel filtro umedecido e levadas à BOD (câmara de germinação) com temperatura de 25°C e fotoperíodo de 12h. Posteriormente plantas uniformes quanto ao desenvolvimento da raiz e parte aérea foram transferidas para recipiente (5L) contendo solução nutritiva com a seguinte concentração em:  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  4732,30  $\mu\text{M}$ ;  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  1640  $\mu\text{M}$ ;  $\text{KNO}_3$  1050,70  $\mu\text{M}$ ;  $(\text{NH}_4)_2 \text{SO}_4$  168,65  $\mu\text{M}$ ;  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  351,35  $\mu\text{M}$ ;  $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  9  $\mu\text{M}$ ;  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  0,15  $\mu\text{M}$ ;  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  0,15  $\mu\text{M}$ ;  $\text{NaCl}$  15  $\mu\text{M}$ ;  $\text{Na}_2 \text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  0,077  $\mu\text{M}$ ;  $\text{H}_3\text{BO}_3$  18  $\mu\text{M}$ . Esta solução é uma adaptação da utilizada por Ferreira et al. (1997). As plantas foram cultivadas em tanque de hidropônico com temperatura de 25°C, pH ajustado diariamente para  $4 \pm 0,3$  e iluminação artificial simulando o fotoperíodo de 12h.

As cultivares permaneceram nesta condição por 14 dias, sendo feita a troca de solução a cada sete dias. No décimo quinto dia as plantas foram submetidas a quatro diferentes tratamentos, sendo Dose 1 (solução nutritiva), Dose 2 (solução nutritiva + 400  $\text{mg L}^{-1}$   $\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$ ), Dose 3 (solução nutritiva + 800  $\text{mg L}^{-1}$   $\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$ ) e Dose 4 (solução nutritiva + 1200  $\text{mg L}^{-1}$   $\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$ ). Os baldes foram mantidos na condição de estresse por sete dias. Os caracteres avaliados foram comprimento de raiz (CR), comprimento da parte aérea (CPA), número de raízes (NR), comprimento da primeira folha (CPF), comprimento da segunda folha (CSF), inserção da primeira folha (IPF) inserção da segunda folha (ISF), diferença de inserção entre a primeira e segunda folha (DIPSF).

Com os dados obtidos procedeu-se uma análise de variância para cada dose a fim de confirmar a existência de variabilidade entre cultivares. Posteriormente, foi realizada análise multivariada para a separação das cultivares, utilizando a análise de agrupamento pelo método de Tocher (RAO, 1952), baseando-se na distância generalizada  $D^2$  de Mahalanobis. Para a dose que discriminou as cultivares sensíveis das tolerantes foi realizada a identificação da importância relativa de cada caráter na formação dos respectivos agrupamentos segundo Singh (1981). As análises estatísticas foram realizadas com auxílio do programa Genes (CRUZ, 2001).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância (Tabela 1) detectou diferenças significativas entre as cultivares estudadas, para todas as variáveis analisadas e em todas as doses testadas.

Conforme Tabela 2 o agrupamento das cultivares pelo método de Tocher, na dose zero, apresentou a formação de três grupos. O primeiro grupo reuniu as cultivares BR-IRGA 409, BRS Atalanta e EPAGRI 107. O segundo grupo constituiu-se unicamente pela cultivar BRS Querência. O terceiro grupo incluiu as cultivares BR-IRGA 410 e IRGA 417. Observou-se que sem o estresse com ferro, o agrupamento com base nos caracteres avaliados, não separa as cultivares tolerantes das sensíveis. Quando considerada a dose de 400  $\text{mg L}^{-1}$   $\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$ , foi observada a formação de apenas dois grupos, onde a cultivar BRS Querência manteve-se isolada e as demais constituíram um único grupo. Este comportamento também foi observado na dose de 800  $\text{mg L}^{-1}$   $\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$ . Verificou-se que as doses de 400 e 800  $\text{mg L}^{-1}$   $\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$  alteraram a respostas das cultivares para as variáveis avaliadas, contudo não permitiram a separação de cultivares em sensíveis e tolerantes.

A dose de 1200  $\text{mg L}^{-1}$   $\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$ , a mais alta, adotada nesse experimento, permitiu a formação de dois grupos, sendo o grupo um formado pelas cultivares EPAGRI 107 e BRS Querência e o grupo dois constituído pelas cultivares BRS Atalanta, BR-IRGA 409, BR-IRGA 410 e IRGA 417. Os agrupamentos gerados com a dose de 1200  $\text{mg L}^{-1}$   $\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$  não distinguiram a cultivar medianamente sensível das sensíveis, mas isolaram as tolerantes das demais. A dose de 20  $\text{mg}$  de Fe foi previamente sugerida como

ideal para estudos genéticos em arroz (FERREIRA et al., 1997). No presente trabalho a dose de 1200 mg L<sup>-1</sup> FeSO<sub>4</sub>.7 H<sub>2</sub>O, que corresponde a 241,05 mg de Fe, foi a única dose capaz de separar cultivares sensíveis de tolerantes, doses inferiores apenas refletiram a existência de variabilidade.

**Tabela 1.** Resumo da análise de variância para os caracteres comprimento de raiz (CR), comprimento da parte aérea (CPA), número de raiz (NR), comprimento da primeira folha (CPF), comprimento da segunda folha (CSF), inserção da primeira folha (IPF) inserção da segunda folha (ISF), diferença de inserção entre a primeira e segunda folha (DIPSF), em cultivares de arroz, submetidas a quatro níveis de estresse por ferro, em solução nutritiva. CGF-FAEM/UFPEL, 2013.

FV		GL	CR	CPA	NR	Quadrado médio					
						CPF	CSF	CC	IPF	ISF	DIPSF
Dose 1	Cultivar	5	6,48*	58,17*	5,15*	0,52*	10,82*	0,06*	0,44*	0,92*	0,93*
	Resíduo	12	0,03	0,28	0,76	0,04	0,08	0,04	0,04	0,09	0,10
	Médias	-	5,05	30,43	14,36	1,76	9,69	1,37	3,71	6,90	3,20
FV		GL	CR	CPA	NR	Quadrado médio					
						CPF	CSF	CC	IPF	ISF	DIPSF
Dose 2	Cultivar	5	2,34*	21,03*	3,63*	0,59*	15,28*	0,10*	0,34*	0,34*	0,77*
	Resíduo	12	0,01	0,17	1,55	0,03	0,04	0,03	0,05	0,07	0,09
	Médias	-	4,13	29,43	13,48	1,92	9,32	1,47	3,69	7,06	3,37
FV		GL	CR	CPA	NR	Quadrado médio					
						CPF	CSF	CC	IPF	ISF	DIPSF
Dose 3	Cultivar	5	2,06*	38,05*	8,32*	0,97*	21,48*	0,18*	0,39*	1,20*	1,98*
	Resíduo	12	0,01	4,34	4,65	0,03	0,07	0,03	0,10	0,06	0,10
	Médias	-	3,96	29,39	14,13	1,84	9,43	1,48	3,63	7,17	3,54
FV		GL	CR	CPA	NR	Quadrado médio					
						CPF	CSF	CC	IPF	ISF	DIPSF
Dose 4	Cultivar	5	3,03*	32,99*	6,21*	0,76*	31,60*	0,19*	0,81*	1,12*	0,82*
	Resíduo	12	0,03	5,67	2,81	0,03	0,03	0,05	0,07	0,49	0,36
	Médias	-	3,69	28,94	13,92	1,75	8,87	1,42	3,78	7,21	3,44

Dose 1 (solução nutritiva), Dose 2 (solução nutritiva + 400 mg L<sup>-1</sup> FeSO<sub>4</sub>.7 H<sub>2</sub>O), Dose 3 (solução nutritiva + 800 mg L<sup>-1</sup> FeSO<sub>4</sub>.7 H<sub>2</sub>O) e Dose 4 (solução nutritiva + 1200 mg L<sup>-1</sup> FeSO<sub>4</sub>.7 H<sub>2</sub>O). \* significativo a 5% de probabilidade de erro.

**Tabela 2.** Agrupamento de cultivares de arroz, pelo método de Tocher, com base na distância generalizada de Mahalanobis, submetidas a quatro níveis de estresse por ferro, em solução nutritiva. CGF-FAEM/UFPEL, 2013.

Grupo	Cultivares	
	Dose 1	Dose 2
1	BR-IRGA 409, BRS Atalanta, EPAGRI 107	BRS Atalanta, EPAGRI 107, BR-IRGA 409, IRGA 417, BR-IRGA 410
2	BR-IRGA 410, IRGA 417	BRS Querência
3	BRS Querência	
Grupo	Cultivares	
	Dose 3	Dose 4
1	BR-IRGA 409, BR-IRGA 410, IRGA 417, EPAGRI 107, BRS Atalanta	BR-IRGA 410, IRGA 417, BR-IRGA 409, BRS Atalanta
2	BRS Querência	EPAGRI 107, BRS Querência

Dose 1 (solução nutritiva), Dose 2 (solução nutritiva + 400 mg L<sup>-1</sup> FeSO<sub>4</sub>.7 H<sub>2</sub>O), Dose 3 (solução nutritiva + 800 mg L<sup>-1</sup> FeSO<sub>4</sub>.7 H<sub>2</sub>O) e Dose 4 (solução nutritiva + 1200 mg L<sup>-1</sup> FeSO<sub>4</sub>.7 H<sub>2</sub>O).

A tabela 3 apresenta a contribuição relativa de cada característica para a dissimilaridade genética entre as cultivares, na dose de 1200 mg L<sup>-1</sup> FeSO<sub>4</sub>.7 H<sub>2</sub>O, com base no critério proposto por Singh (1981).

Verificou-se que a variável que mais contribuiu para a formação dos grupos foi o CSF (63%), seguido por IPF (13%), ISF (9%) e todos os demais caracteres contribuíram juntamente com apenas 15%. É possível que o CSF seja um caráter eficiente na

diferenciação de cultivares de arroz quanto à toxidez por ferro. Em cultivares de aveia, submetidas ao estresse por alumínio foi observado que o CSF correlaciona-se ao caráter recrescimento da raiz, o qual é comprovadamente um caráter capaz de discriminar cultivares de aveia quanto a tolerância ao estresse por este elemento tóxico (SILVEIRA, et al., 2010).

**Tabela 3.** Contribuição relativa dos caracteres morfológicos para a dissimilaridade entre genótipos de arroz irrigado na dose 1200 (mgL<sup>-1</sup> FeSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O). CGF-FAEM/UFPEL, 2013.

Variáveis	Contribuição Relativa	
	S.j	VALOR (%)
Comprimento de raiz	18213,44	4,86
Comprimento da parte aérea	14634,37	3,90
Número de raiz	885,54	0,24
Comprimento da primeira folha	6773,10	1,81
Comprimento da segunda folha	237272,30	63,29
Comprimento de coleóptilo	962,65	0,26
Inserção da 1ª folha	49155,01	13,11
Inserção da 2ª folha	31264,04	8,34
Diferença de inserção entre 1ª e 2ª folha	15733,73	4,20

## CONCLUSÃO

A dose de 1200 mg L<sup>-1</sup> FeSO<sub>4</sub>.7 H<sub>2</sub>O viabiliza a discriminação de cultivares de arroz em sensíveis e tolerantes com base no agrupamento de Tocher. A variável comprimento da segunda folha apresenta maior participação na contribuição relativa para a dissimilaridade genética entre as cultivares de arroz estudadas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CANÇADO, G. M. A.; LOPES, M. A.; PAIVA, E. Genética e bioquímica da tolerância de plantas ao alumínio. In: SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA, F. M. S.; LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G.; FAQUIN, V.; FURTINI NETO, A. E.; CARVALHO, J. G. Interrelação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas. Lavras: UFLA/DCS, 1999. p. 363-388.
- CRUZ, C. D. **Programa genes**: aplicativo computacional em genética e estatística. Viçosa: UFV, 2001. 648p.
- FERREIRA, R.F. et al. Tolerância de genótipos de arroz ao ferro em solução nutritiva. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.32, n.10, p.1177-1182, 1997.
- MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/arroz/saiba-mais>>. Acesso em 21 mai. 2013.
- OKADA, I. et al. Validação e aplicação de metodologia analítica na determinação de nutrientes inorgânicos em arroz polido. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.27, n.3, p. 492-497, 2007.
- RAO, R. C. **Advanced statistical methods in biometric research**. New York: J. Wiley and Sons, 1952, 390p.
- SILVEIRA, S.F.S. et al. Correlação entre caracteres avaliados em genótipos de aveia branca submetidos ao estresse por Al<sup>3+</sup> sob diferentes doses e protocolos. In: XXX REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE AVEIA – RCBPA, 30, 2010, São Carlos. **Anais da XXX Reunião da Comissão Brasileira de Pesquisa de Aveia**. São Carlos: EMBRAPA Pecuária Sudeste, 2010. CD-ROM.
- SINGH, D. The relative importance of characters affecting genetic divergence. **The Indian Journal of Genetic Plant Breeding**, New York, v. 41, n. 2, p. 237-245, 1981.
- SOSBAI – Sociedade Sul-Brasileira de Arroz Irrigado Arroz irrigado: Recomendações Técnicas da Pesquisa para o Sul do Brasil. Itajaí: SOSBAI, 2012, 179p.