

CORRELAÇÃO ENTRE CARACTERES PARA A DISCRIMINAÇÃO DA TOLERÂNCIA AO FERRO EM GENÓTIPOS DE ARROZ IRRIGADO AVALIADOS EM HIDROPONIA

Maraisa Crestani¹, José Antonio G. da Silva², Irineu Hartwig¹, Henrique de S. Luche¹, Rafael Nornberg¹, Gustavo da Silveira¹, Luciano Compagnoni¹, Fernando Irajá Félix de Carvalho¹. Centro de Genômica e Fitomelhoramento FAEM/UFPe¹, Faculdade Unijuí/ Ijuí-RS² maraisacrestani@yahoo.com.br

Palavras chave: Arroz irrigado, toxidez por ferro, hidroponia, caracteres de plântula.

Os solos de várzea ou solos hidromórficos do sul do Brasil representam uma área aproximada de 6.100.000 ha, e são destinados quase que exclusivamente para o cultivo de arroz (PESKE et al., 2004). O alagamento que ocorre nessas áreas é altamente benéfico para a cultura, porém, sob determinadas condições, podem ocorrer efeitos adversos às plantas, como a toxidez por ferro (Fe^{2+}), pelo aumento da disponibilidade deste elemento em solo inundado. As raízes são escassas, grossas e, frequentemente, de coloração bruno-escura, podendo os sintomas aparecer em qualquer estágio de desenvolvimento, porém, mais comum por ocasião do máximo perfilhamento e no início da floração (FAGERIA et al., 1981). As plantas ficam atrofiadas, afilham pouco e produzem panículas pequenas e com alta proporção de espiguetas estéreis, levando a baixos rendimentos. A toxidez indireta ao Fe^{2+} se caracteriza pelas folhas apresentarem uma coloração alaranjada, que evolui do ápice para a base, em virtude da deposição de precipitados sobre as raízes em consequência dos altos teores desse elemento na solução do solo, formando uma crosta de óxido férrico, que reduz a absorção, transporte e/ou utilização de outros nutrientes pela planta, como P, K, Ca e Mg (MEURER, 2000). Já a toxidez direta é verificada nas folhas apresentando pontuações castanho-escuras, e decorre da absorção e utilização excessiva do ferro, causando a morte das células onde ele é depositado (VAHL, 1991). A reação das plantas ao Fe^{2+} pode ser detectada e medida por meio de diferentes caracteres em testes de laboratório, de modo que aferições em nível de plântula podem estabelecer diferenças, possibilitando separar fenotipicamente os cultivares considerados tolerantes e sensíveis. Os caracteres comprimento de raiz (CR) e comprimento de parte aérea (CPA) são citados na literatura como caracteres utilizados na separação de constituições genéticas em sensíveis e tolerantes (FAGERIA et al., 1981; FERREIRA, 1997). Porém, outros caracteres em nível de plântula também podem viabilizar a seleção indireta de genótipos tolerantes, principalmente em caracteres de alta herdabilidade. Neste sentido, o objetivo do presente trabalho foi estimar a correlação entre caracteres mensurados em plântula de arroz quando submetidas a diferentes doses de ferro em condições de hidroponia, segundo Carvalho et al., 2001.

O experimento foi realizado no Laboratório de Duplo-haplóides e Hidroponia, do Centro de Genômica e Fitomelhoramento da FAEM/UFPe. Foram avaliadas seis cultivares comerciais de arroz irrigado, caracterizadas quanto a tolerância a toxidez por ferro quando cultivadas a campo: sensíveis (BR IRGA 409, IRGA 410 e IRGA 417) e tolerantes (BR IRGA 414, IRGA 419 e BRS AGRISUL) (SOSBAI, 2005). O delineamento experimental foi o completamente casualizado com três repetições, sendo a unidade experimental constituída por 10 plântulas distribuídas num esquema fatorial (dose x genótipo - 5x6). Sementes uniformes pré-germinadas, com aproximadamente 5 mm de raiz, foram transferidas para telas acondicionadas sobre recipientes contendo 1,5 litros de solução nutritiva, com a seguinte concentração dos produtos em μM : $Ca(NO_3)_2$ 4732,30; $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ 1640; KNO_3 1050,7; $(NH_4)_2SO_4$ 168,65; KH_2PO_4 351,35; $MnSO_4 \cdot H_2O$ 9; $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ 0,15; $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ 0,15; NaCl 15; $Na_2MoO_4 \cdot 2H_2O$ 0,1; H_3BO_3 18. O ferro nos tratamentos foi suprido como Fe EDTA, na quantidade requerida para atingir as concentrações (doses) de 0, 80, 160, 320 e 640 $mg \cdot L^{-1}$ de Fe^{2+} . O pH da solução nutritiva foi corrigido diariamente para 4,0, com adição de HCl ou NaOH 1 M, permanecendo arejadas e em fotoperíodo permanente (1.700 lx), com os recipientes mantidos em "banho-maria" ($27 \pm 1^\circ C$) em tanque de hidroponia. Ao completar

nove dias (216hs) de estabelecimento do experimento, foi realizada a avaliação das plântulas, efetuando a mensuração dos caracteres comprimento de raiz (CR), comprimento de parte aérea (CPA), número de raízes (NR), comprimento da primeira folha (CPF), comprimento da segunda folha (CSF), comprimento de coleóptilo (CC), inserção da primeira folha (IPF), diferença de inserção de primeira e segunda folha (DIPSF) e matéria seca de raiz (MSR) e da parte aérea (MSPA) após secagem do material em estufa a 60 °C até atingir massa constante. Os dados foram submetidos à análise de variância e estimado os coeficientes de correlação fenotípica, para verificar a relação entre os caracteres comprimento de raiz (CR) e comprimento de parte aérea (CP) e os demais caracteres (NR, CPF, IPF, CC, DIPSF, CSF, MSR e MSPA) em nível de plântula.

A análise de variância possibilitou identificar a existência de diferenças significativas para os fatores principais genótipo (G) e dose (D) empregados no experimento para todos os caracteres avaliados, com exceção do caráter matéria seca de raiz (MSR), que não apresentou significância para o fator principal genótipo (Tabela 1).

Tabela 1. Resumo da análise de variância para os caracteres de plântula (CR, CPA, NR, CPF, IPF, CC, DIPSF, CSF, MSR e MSPA) de genótipos de arroz irrigado submetidos ao estresse por diferentes doses de ferro. CGF-FAEM/UFPEL, 2007.

Fonte de Variação	GL	QM									
		CR	CPA	NR	CPF	IPF	CC	DIPSF	CSF	MSR	MSPA
Genótipo(G)	5	2,39	11,15	3,31	0,50	0,60	0,16	4,31	4,36	5583 ^{ns}	35824
Dose(D)	5	294,55	723,16	68,53	14,47	46,70	2,78	13,56	283,11	99077	921059
G x D	25	0,85	5,23	0,77	0,46	0,26	0,06	0,88	2,17	4431 ^{ns}	16273
Erro	72	0,33	1,20	3,25	0,19	0,15	0,04	0,06	0,49	3312	55,69
Média Geral	-	5,25	10,72	3,25	2,11	2,93	1,20	0,96	6,79	102,90	407,92
CV%	-	11,05	10,25	14,48	20,42	13,37	15,68	26,12	10,27	35,93	18,30

GL= Graus de liberdade; QM= quadrado médio; CV= Coeficiente de variação; CR= Comprimento de raiz (cm); CPA= Comprimento de parte aérea (cm); NR= Número de raízes (unidade); CPF= Comprimento de primeira folha(cm); IPF= Inserção de primeira folha (cm); CC= Comprimento de coleóptilo (cm); DIPSF= Diferença de inserção da primeira e da segunda folha(cm); CSF= Comprimento de segunda folha (cm); MSR= Matéria seca de raiz (mg); MSPA= Matéria seca de parte aérea (mg); *Significativo a 5% de probabilidade; ns= não significativo.

Em relação as interações entre o fator genótipo (G) e dose (D), novamente foram significativas para todos os caracteres avaliados, exceto o caráter MSR (Tabela 1). O coeficiente de variação (CV) revelou valores de intermediária a elevada magnitude, variando de 10,25% para CPA à 35,93% para MSR, que possivelmente explica a não significância verificada para este caráter. Isto evidencia a necessidade de aumento da população de plantas amostradas para análise, em busca da redução dos coeficientes de variação verificados principalmente para caracteres como DIPSF e MSR. Analisando a correlação entre os caracteres CR e CPA, nas diferentes doses (Tabela 2), se observa que, de forma geral, as correlações se apresentam positivas e significativas, de média a elevada magnitude, com o aumento das doses de Fe²⁺ utilizadas, demonstrando um comportamento linear destes dois caracteres em relação à toxidez provocada pelo íon ferroso nos genótipos de arroz em análise. As correlações entre os caracteres CPA e CSF, CPA e IPF, CPA e DIPSF, também expressam este comportamento no decorrer do aumento das doses utilizadas o que pode ser justificado pela contribuição destes caracteres na determinação do comprimento final de parte aérea apresentado pelas plântulas avaliadas, exceto para 640 mg.L⁻¹ de Fe²⁺. Este comportamento não pode ser extrapolado para os demais caracteres, com base nas distintas doses, indicando a forte relação da toxidez por ferro com o comprimento do sistema radicular e o da parte aérea vegetal. É possível verificar também que a partir da dose 160 mg.L⁻¹ de Fe²⁺ ocorre uma certa desorganização nas relações entre os caracteres em análise, demonstrada pelas inversões de sinais e alterações de significância das correlações. Este comportamento pode ser observado nas correlações entre CR e NR, CR e IPF, CR e CC, e CR e CSF, bem como nas correlações entre CPA e NR na dose de 640 mg.L⁻¹, CPA e DIPSF, com exceção das correlações entre CPA e MSPA, e entre CPA e CPF, que apresentam tal comportamento a partir da dose 80 mg.L⁻¹, o que

demonstra o efeito nocivo dessas doses em relação aos genótipos trabalhados, causando uma desestruturação fisiológica e morfológica vegetal, de difícil quantificação. Destaque pode ser dado às correlações entre os caracteres CR e NR, que se evidenciam positivas e de alta magnitude até a dose de 80 mg.L⁻¹ de Fe²⁺, e que a partir da dose 160 mg.L⁻¹ expressam ausência de significância ou significativas negativas, visivelmente expressa pela drástica diminuição do número e do comprimento das raízes observados nestas doses.

Tabela 2. Estimativa de correlação entre os caracteres de plântula comprimento de raiz (CR) e comprimento de parte aérea (CPA) com os demais caracteres avaliados (NR, CPF, IPF, CC, DIPSF, CSF, MSR e MSPA) em genótipos de arroz irrigado submetidos ao estresse por diferentes doses de ferro. CGF-FAEM/UFPEL, 2007.

Dose (mg.L ⁻¹ Fe ²⁺)	Caracteres									
	CR	CPA	NR	CPF	IPF	CC	DIPSF	CSF	MSPA	
0	CR	-	0,48*	0,79*	-0,01 ^{ns}	0,50*	0,46*	-0,17 ^{ns}	0,74*	0,67*
	CPA	0,48*	-	0,28 ^{ns}	-0,82*	0,70*	0,19 ^{ns}	0,51*	0,76*	-0,18 ^{ns}
40	CR	-	0,54*	0,82*	-0,01 ^{ns}	0,69*	0,66*	-0,17 ^{ns}	0,64*	0,28 ^{ns}
	CPA	0,54*	-	0,82*	-0,56*	0,67*	0,67*	0,66*	0,94*	-0,94*
80	CR	-	0,77*	0,90*	0,23 ^{ns}	0,93*	0,56*	0,28 ^{ns}	0,82*	0,80*
	CPA	0,77*	-	0,70*	-0,04 ^{ns}	0,88*	0,75*	0,77*	0,90*	0,81*
160	CR	-	0,85*	0,31 ^{ns}	0,20 ^{ns}	0,56*	0,70*	0,57*	0,95*	0,37 ^{ns}
	CPA	0,85*	-	0,49*	0,14 ^{ns}	0,68*	0,69*	0,90*	0,88*	0,68*
320	CR	-	0,77*	0,32 ^{ns}	0,59*	0,15 ^{ns}	0,37 ^{ns}	-0,39 ^{ns}	0,69*	-0,01 ^{ns}
	CPA	0,77*	-	0,74*	0,89*	0,49*	0,32 ^{ns}	-0,54*	0,97*	-0,18 ^{ns}
640	CR	-	0,89*	-0,87*	0,22 ^{ns}	0,22 ^{ns}	-0,13 ^{ns}	0,44 ^{ns}	-0,39 ^{ns}	0,18 ^{ns}
	CPA	0,89*	-	-0,81*	-0,28 ^{ns}	0,28 ^{ns}	-0,01 ^{ns}	0,02 ^{ns}	-0,36 ^{ns}	0,15 ^{ns}

CR= Comprimento de raiz; CPA= Comprimento de parte aérea; NR= Número de raízes; CPF= Comprimento de primeira folha; IPF= Inserção de primeira folha; CC= Comprimento de coleótilo; DIPSF= Diferença de inserção da primeira e da segunda folha; CSF= Comprimento de segunda folha; MSR=Matéria seca de raiz; MSPA=Matéria seca de parte aérea; GL= n-2 = 16; *Significativo a 5% de probabilidade; ns=não significativo.

Doses de Fe²⁺ empregadas nas soluções interferem em caracteres de seleção indireta, conseqüentemente, é necessário cuidado intenso sobre as variáveis que serão utilizados neste procedimento. Em geral, doses a partir de 160 mg.L⁻¹ de Fe²⁺ podem ser consideradas severas aos genótipos de arroz empregados nas condições experimentais consideradas, tornando inconstantes as correlações entre os caracteres em nível de plântula, com exceção dos caracteres CR e CPA, que apresentam correlações altas e significativas com o aumento das doses, afirmando que ambas podem ser utilizadas individualmente na seleção indireta de genótipos de arroz em relação a tolerância a toxidez por ferro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CARVALHO, F.I.F. *et al.* Estimativas e implicações da correlação no melhoramento genético. Pelotas: UFPel Ed. Universitária, 2004, 142 p.
- FAGERIA, N. K. *et al.* Influência de ferro no crescimento e na absorção de P, K, Ca e Mg pela planta de arroz em solução nutritiva. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 1981, v.16, n.2, 6 p.
- FERREIRA, R.F. Tolerância de genótipos de arroz ao ferro em solução nutritiva. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 1997, v.32, n.10, 5 p.
- MEURER, E.J. **Fundamentos de química do solo**. Porto Alegre: Gênese, 2000, 174p.
- PESKE, S.T.; SCHUCH, L.O.B.; BARROS, A.C.S.A. **Produção de arroz irrigado**. Pelotas: Ed. Universitária – Universidade Federal de Pelotas, 3ª ed., 2004, 623p.
- PONNAMPERUMA, F.N. The chemistry of submerged soils. **Advances in Agronomy**, New York, v.24, p.29-96, 1972.
- SOSBAI – Sociedade Sul-Brasileira de arroz irrigado. Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil. Anais... Santa Maria: SOSBAI, 2005, 159 p.
- VAHL, L.C. **Toxidez de ferro em genótipos de arroz irrigado por alagamento**. Pelotas, 1991. Dissertação (Doutorado em Ciências do Solo), Universidade Federal de Pelotas, 1991.