

## AVALIAÇÃO MORFOFISIOLÓGICA DE GENÓTIPOS DE ARROZ QUANTO A TOLERÂNCIA AO ESTRESSE POR EXCESSO DE FERRO

Emília Malone<sup>1</sup>, Carlos H. Stopato<sup>2</sup>, Livia S. dos Santos<sup>1</sup>, Camilo E. Vital<sup>2</sup>, Eduardo G. Pereira<sup>2</sup>, Antonio C. de Oliveira<sup>1</sup>, Marco Oliva<sup>2</sup>, Andréa M. de Almeida<sup>2</sup>. <sup>1</sup>CGF/FAEM/UFPel emimalone@hotmail.com. <sup>2</sup>Departamento de Biologia Vegetal, UFV–MG. amalmeida@ufv.br

A maior parte do arroz produzido no Brasil provém de cultivos em regiões alagadas, apresentando como principal característica a drenagem natural deficiente (PINTO *et al.*, 1999). Durante o alagamento, a redução de compostos como óxidos de ferro ( $\text{Fe}^{3+}$  à  $\text{Fe}^{2+}$ ), aumenta a disponibilidade de ferro em níveis que podem ser tóxicos para as plantas (SILVA E RANNO, 2005). O excesso de ferro leva a potencialização de estresse oxidativo, com aumento na produção de espécies reativas de oxigênio (ROS), como peróxido de hidrogênio ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ), superóxido ( $\text{O}_2^-$ ) e radical hidroxila (OH) (EATON e QIAN, 2002). A caracterização das respostas morfofisiológicas ao estresse causado pelo excesso de ferro em cultivos alagados visa à obtenção de cultivares de arroz tolerante ao ferro e poderá contribuir para o aumento da produção em áreas irrigadas por inundação.

Com essa justificativa, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a variabilidade intra-específica de 50 cultivares de arroz proveniente de três estados brasileiros quanto aos teores de ferro que acumulam quando submetidos ao estresse por excesso de ferro e caracterizar suas respostas fisiológicas.

Os cultivares utilizados são oriundos do Programa de Melhoramento de Arroz de Várzeas da EPAMIG (MG), da EPAGRI (SC) e da EMBRAPA (RS) (tabela 1). As sementes foram esterilizadas em solução de NaCl 10% por 10 minutos e posteriormente lavadas com água destilada. A seguir foram colocadas em telas de nylon adaptadas à tampa de um recipiente com capacidade para 3,8 L, com água destilada para a germinação sendo mantidas em câmara germinadora (BOD) a 26°C, fotoperíodo de 12 horas e umidade relativa de 100% por 72 horas. Após o tempo de germinação, a água foi substituída por solução nutritiva segundo descrita por CAMARGO *et al.* (1981). As plântulas se desenvolveram nessas condições por 14 dias e após este período, foram transferidas para recipientes contendo solução nutritiva e sulfato ferroso ( $\text{FeSO}_4$ ) na concentração de 9 mM, permanecendo nestas condições por 72 horas com pH de 4,0 controlado diariamente. Para evitar a precipitação do ferro foi utilizado EDTA como agente quelante (SILLANPÄÄ, 1996), foi mantida paralelamente uma linha controle sem ferro. Após o período de estresse foram avaliadas variáveis fisiológicas tais como: taxa de fotossíntese, fluorescência e transpiração; e como variáveis morfológicas: número de raízes, comprimento da raiz principal, comprimento da parte aérea e área foliar. Ao final do experimento o material da parte aérea foi secado em estufa a 72°C a fim de avaliar o teor de ferro acumulado.

Na análise do teor de ferro acumulado dos genótipos na dose controle observou-se teores muito baixos, raramente superando 0,8 mg/g de matéria seca. Já nos genótipos tratados os valores foram muito variáveis e quando comparados aos valores do controle sempre resultaram em um acúmulo maior (de 0,3 para 179 mg/g  $\text{MS}^{-1}$  para o genótipo 15) (Figura 1). Podendo assim ser diferenciados dois grandes grupos: os “não acumuladores” e os “acumuladores” de ferro. O primeiro grupo é composto pelos cultivares que provavelmente possuem mecanismos de exclusão do ferro absorvido em excesso ou de impedimento da entrada do ferro (43,17 e 48,5 mg/g  $\text{MS}^{-1}$  para os genótipos 3 e 5 respectivamente). Fazem parte deste grupo genótipos provenientes do sistema de várzeas do sul do Brasil devido provavelmente a etapas sucessivas de melhoramento para produção em ambientes alagados, favorecendo a presença de transportadores de ferro com baixa afinidade, dentre eles podem existir genótipos tolerantes ou susceptíveis à toxidez. O segundo grupo é composto por cultivares que acumulam altos teores ferro em seus tecidos (452 e 552 mg/g  $\text{MS}^{-1}$  para os genótipos 51 e 53 respectivamente). Fazem parte deste grupo genótipos provenientes de terras altas onde existe escassez de ferro

prevalecendo assim, genótipos com maior afinidade e facilidade de transporte do ferro. Estes cultivares podem ser de grande importância, pois se também acumulam grandes quantidades de ferro em suas sementes, poderiam ser utilizados em programas de erradicação de anemia ferropriva. Dentre este grupo também se diferenciaram genótipos tolerantes e sensíveis.

Foi observado que na maioria dos genótipos tratados houve uma baixa taxa de fluorescência (Fig.2) indicando assim um dano nos fotossistemas e sistemas transportadores de elétrons da membrana. Também foi observado que genótipos tais como 3 e 4 apresentaram alta taxa de fluorescência, enquanto apresentam baixa fotossíntese (Fig.3) indicando assim um dano no sistema de enzimas da reação bioquímica da fotossíntese desclassificando os genótipos por não serem eficientes na acumulação de biomassa.

Quanto às avaliações morfológicas, como era de esperar, os genótipos tratados apresentaram menor número e crescimento de raízes devido a que, a precipitação do ferro impede a absorção de água e nutrientes. Nenhum genótipo obteve inibição menor ao 20%. Quanto ao comprimento da parte aérea, genótipos tais como 66, 74, 78 e 82 que não apresentaram inibição significativa quando comparada ao controle apesar de terem acumulado grandes quantidades de ferro.

Com base nas análises detalhadas de cada uma das variáveis analisadas foi possível classificar os genótipos em tolerantes e sensíveis sendo que, para ser tolerantes deviam sê-lo em quatro das sete variáveis sendo pelo menos uma do aspecto fisiológico. Com base nesses resultados e sua genealogia, foram formados 5 casais de genótipos "acumuladores" e "não-acumuladores" compostos por um genótipo tolerante e um sensível na reação ao ferro para análises posteriores de estudos de expressão diferencial evitando assim grande parte da expressão dos genes não relacionados ao estresse por ferro.

PALAVRAS CHAVES: toxidez por ferro, sistema de hidroponia, variabilidade genética.

AGRADECIMENTOS: CAPES/PROCAD pelo apoio financeiro.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CAMARGO CE, OLIVEIRA OF. Tolerância de cultivares de trigo a diferentes níveis de alumínio em solução nutritiva e no solo. **Bragantia**, Campinas, v.40, p.21-31, 1981.
- EATON JW, QIAN M. Molecular bases of cellular iron toxicity. **Free Radical Biology & Medicine**, v.32, p.833-840, 2002.
- PINTO, LFS. et al. Caracterização de solos de várzea. In: GOMES, A.S.; PAULETTO, E.A. (Eds). Manejo do solo e da água em áreas de várzea. Pelotas : Embrapa Clima Temperado, 1999. Cap.1, p.11-36.
- SILLANPÄÄ M, OIKARI A. Assessing the impact of complexation by EDTA and DTPA on heavy metal toxicity using microtox bioassay. **Chemosphere**, v.32, p.1485-1497, 1996.
- SILVA LS, RANNO SK. Calagem em solos de várzea e a disponibilidade de nutrientes na solução do solo após o alagamento. **Ciência Rural**, V.35, p.1054-1061, 2005.

Tabela1. Genótipos utilizados na análise e suas respectivas origens. UCP/UFV, Viçosa, 2007

N° na análise	Origem	Genótipo	N° na análise	Origem	Genótipo	N° na análise	Origem	Genótipo
1	EMBRAPA	EPAGRI 107	16	EPAGRI	SC 346	53	EPAMIG	BRA 041171
2	EMBRAPA	EPAGRI 108	17	EPAGRI	SABBORE	54	EPAMIG	BRA 041182
3	EMBRAPA	IRGA 414	18	EPAGRI	SC 213	55	EPAMIG	BRA 041255
4	EMBRAPA	BRS-AGRISUL	19	EPAGRI	SC 339	63	EPAMIG	JEQUITIBA
5	EMBRAPA	IRGA 409	20	EPAGRI	IRGA 417	64	EPAMIG	SELETTA
6	EMBRAPA	IRGA 412	21	EPAGRI	SCS 112	65	EPAMIG	OUROMINAS
7	EMBRAPA	BRS ATALANTA	22	EPAGRI	BRSTIO KAKA	66	EPAMIG	RIO GRANDE
8	EMBRAPA	BRS FIRMEZA	24	EPAGRI	SC 378	67	EPAMIG	BRA 02708
9	EMBRAPA	BRS PELOTAS	30	EPAGRI	2	74	EPAMIG	BRA 02697
10	EMBRAPA	BR IRGA 410	40	EPAMIG	BRA 041152	78	EPAMIG	CNAI 8575
12	EPAGRI	SC 430	45	EPAMIG	BRA 041015	82	EPAMIG	CNAI 9091
13	EPAGRI	SC 386	51	EPAMIG	BRA 041099	85	EPAMIG	CNAI 8859
14	EPAGRI	SC 432	52	EPAMIG	BRA 041176	86	EPAMIG	CNAI 9092
15	EPAGRI	SC 194						

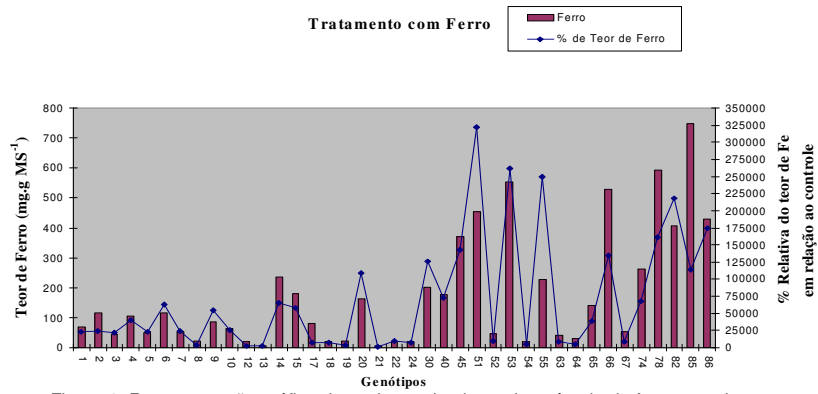


Figura 1. Representação gráfica dos valores absolutos de acúmulo de ferro nas plantas tratadas (barras) e sua acumulação em comparação a eles mesmos na dose controle (linha). UCP/UFV, Viçosa, MG.

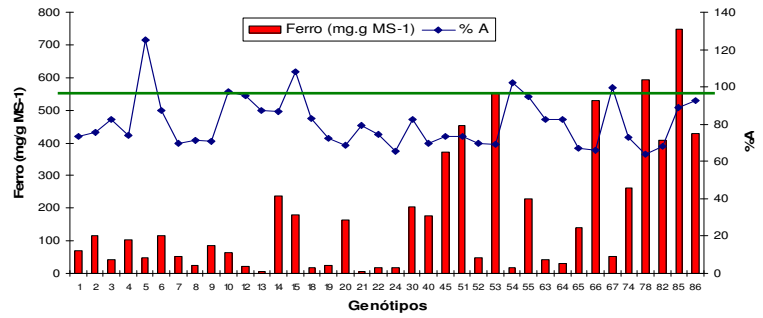


Figura 2. Representação gráfica dos valores absolutos de acúmulo de ferro nas plantas e sua taxa de fotossíntese (%A) no tratamento com ferro, UCP/UFV, Viçosa, 2007.

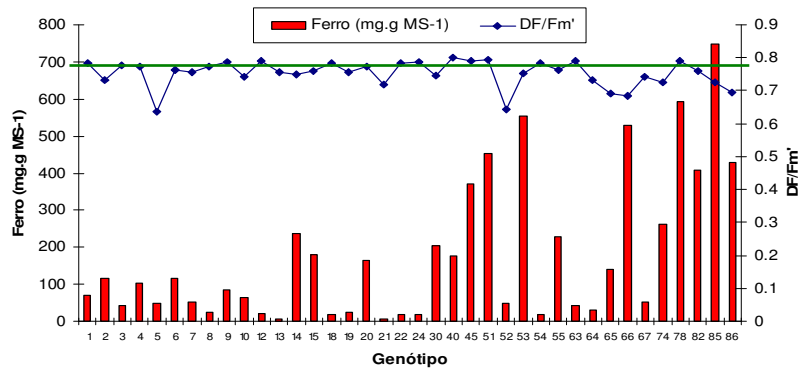


Figura 3. Representação gráfica dos valores absolutos de acúmulo de ferro nas plantas e sua taxa de fluorescência (DF/Fm') no tratamento com ferro, UCP/UFV, Viçosa, 2007.