

RESPOSTA DE CULTIVARES DE ARROZ IRRIGADO SOB ESTRESSE POR HIPOXIA

Vivian Ebeling Viana¹; Naciele Marini²; Carlos Busanello³; Ariano Martins de Magalhes Junior⁴; Luciano Carlos da Maia⁵; Antonio Costa de Oliveira⁶;

Palavras-chave: submersão, adaptações, morfologia.

INTRODUÇÃO

O crescimento das plantas é fortemente afetado por estresses bióticos ou abióticos causados por variações ambientais (ICHIMURA et al., 2000). Os estresses abióticos podem ser divididos em estresses nutricionais e ambientais, no segundo caso pode-se agrupar os estresses causados por condições climáticas adversas, como seca, altas ou baixas temperaturas, encharcamento do solo e salinidade que são responsáveis por danos as culturas agrícolas (BRESOLIN, 2010). Nos últimos anos o painel de mudanças climáticas (IPCC) afirma que uma das principais mudanças climáticas no planeta será o aumento na magnitude das precipitações, bem como a atividade de ciclones tropicais (STRIKER, 2012).

Os solos de várzea do Rio Grande do Sul, apesar das grandes variações, apresentam uma característica comum, que é a sua formação sob condições de hidromorfismo. Estes solos abrangem cerca de sete milhões de hectares, correspondendo a 25% da área total do Estado, com relevo plano a suavemente ondulado (GOMES et al., 1992). Ainda, apresentam camadas impermeáveis no subsolo são destinados quase que exclusivamente para o cultivo do arroz (PINTO et al., 1999). Espécies de plantas que normalmente crescem em habitats inundados são comumente expostas a hipóxia, déficit parcial de oxigênio no ambiente (D'ABUNDO, 2003). A falta de oxigênio devido à condições como a submersão é um dos maiores estresses abióticos dentre os quais as plantas são submetidas. Tal aeração deficiente costuma reduzir a produtividade das culturas. Em plantas, a deficiência de oxigênio reduz a eficiência da produção de ATP influenciando nos processos de desenvolvimento vegetal (FUKAO e BAILEY-SERRES, 2004).

O arroz é uma das poucas espécies que pode germinar e crescer em solos permanentemente encharcados (PERATA e ALPI, 1993). De qualquer forma, quando completamente submersas a maioria das cultivares de arroz morrem dentro de uma semana (XU et al., 2006). Nestas condições surgem adaptações morfológicas e o alongamento das raízes através de solos com déficit de oxigênio facilita a aquisição de oxigênio pelas plantas e estabelece uma resposta a mudança de ambiente (D'ABUNDO, 2003). Tendo em vista estas adaptações morfológicas frente o estresse por hipóxia o objetivo deste trabalho foi avaliar genótipos de arroz (*Oryza sativa* L.) quanto à tolerância a hipóxia.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no laboratório do Centro de Genômica e Fitomelhoramento na UFPEL/FAEM. Sementes de arroz irrigado das cultivares Nipponbare, BR IRGA 409 e Epagri 108 foram germinadas em B.O.D. a 25°C, fotoperíodo de 12 horas e umidade relativa de 100% por 7 dias. Posteriormente as plântulas foram transferidas para recipientes com capacidade para 2L contendo areia e regadas 2 vezes ao dia com água e solução nutritiva (YOSHIDA, 1976) permanecendo nestas condições por 7 dias. Aos 14 dias foram submetidas a hipóxia ficando completamente submersas durante 0h, 6h, 12h, 24h e 48h. Logo após foram coletadas 12 plantas de cada repetição de cada tratamento e avaliados os

¹ Bióloga, Mestranda em Fitomelhoramento, Universidade Federal de Pelotas, vivianebelingviana@hotmail.com.

² Doutora em Fitomelhoramento, Universidade Federal de Pelotas.

³ Mestre em Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria.

⁴ Doutor em Fitomelhoramento, Embrapa Clima Temperado.

⁵ Prof. adjunto II, Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Pelotas.

⁶ Prof. associado IV, Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Pelotas.

caracteres: comprimento de parte aérea (CPA), comprimento de raiz (CR), número de raízes (NR), número de folhas (NF), comprimento de coleóptilo (CC), massa fresca da parte aérea e raiz (MFPA e MFR) e massa seca da parte aérea e raiz (MSPA e MSR). O delineamento experimental utilizado foi completamente casualizado com 3 repetições. Os dados foram submetidos a análise de variância e teste de comparação de médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro (SAS 9.3 Statistical Analysis System). Para os efeitos foram gerados gráficos de distribuição de médias.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Através dos resultados do resumo da análise de variância (Tabela 1) pode-se observar que houve interação entre os fatores de genótipo e tratamento para os caracteres MFR e MSR, isto indica que estes se comportaram de forma distinta. Sendo assim pode-se dizer que o efeito do tempo de exposição à hipóxia foi responsivo para estes caracteres já que estes apresentaram diferenças significativas.

Tabela 1. Resumo da análise de variância para os caracteres: massa fresca de raiz (MFR) e massa seca de raiz (MSR) de plântulas de arroz submetidas a hipóxia. UFPEL/FAEM/CGF. Pelotas-RS, 2013.

FV	GL	Quadrado médio	
		MFR	MSR
Genótipo	2	0.52941556*	0.01932667*
Tratamento	4	0.05894667*	0.00344111*
Int GxT	8	0.040285*	0.00115444*
Resíduo	30	0.01075	0.000362
Média		0.5498	0.0887
CV (%)		18	21

* Significativamente diferente a 5% de probabilidade de erro, pelo teste Tukey.

Para os caracteres de comprimento de parte aérea (CPA), comprimento de raiz (CR), número de raízes (NR), número de folhas (NF) e comprimento de coleóptilo não foi observado interação entre os fatores de variação. Na tabela da análise de comparação de médias (Tabela 2) pode-se observar que o CPA, NF e CC não apresentaram diferença significativa entre os genótipos demonstrando que os genótipos se comportaram de forma similar independentemente do tempo de exposição à hipóxia. Estudos anteriores demonstraram que em plantas de trigo (*T. aestivum*) sob condições de hipóxia até a maturação fisiológica o CPA foi um dos fatores de maior destaque já que as plantas tiveram um crescimento exponencial. Isto sugere novos estudos com as cultivares de arroz ampliando o tempo de exposição ao estresse até a maturação fisiológica (CALHEIROS, 2000).

Tabela 2. Teste de comparação de médias dos genótipos para as características fenotípicas analisadas. UFPEL/FAEM/CGF Pelotas-RS, 2013.

	CPA	CR	NR	NF	CC	MFPA	MSPA
Nipponbare	10.686 A	4.624 A	7.128 A	3.249 A	0.546 A	0.687 A	0.097 A
BR IRGA 409	11.010 A	3.73 B	6.722 A	3.322 A	0.681 A	0.562 B	0.087 AB
EPAGRI 108	9.232 A	4.557A	4.372B	3.022 A	0.656 A	0.525 B	0.074 B

*Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entres si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O genótipo BR IRGA 409 diferiu dos demais quando analisado o CR. Este fator se destaca como um aspecto relevante da relação deste genótipo ao estresse por hipóxia assim como o caráter NR para a cultivar EPAGRI 108 que apresentou um comportamento distinto das demais cultivares. Para MFPA a cultivar Nipponbare diferiu das demais assim como diferiu da cultivar EPAGRI 108 quando analisado MSPA demonstrando uma maior media voltando a atenção para sua relação com este caráter.

Para demonstrar as diferenças para os caracteres de MFR e MSR, foram obtidos perfis de comportamento destes caracteres para os genótipos estudados. Em relação a MFR

(Figura 1) podemos verificar que para a cultivar Nipponbare os resultados apresentam uma distribuição normal onde há um aumento progressivo na MFR até o tempo de 24 horas a partir daí diminui a MFR mostrando assim um forte efeito decrescente sob as raízes desta cultivar. Quando levamos em consideração a cultivar EPAGRI 108 verificamos um comportamento distinto ao observado para a cultivar Nipponbare onde demonstra uma queda brusca de MFR logo nas primeiras horas de submissão a hipóxia e quando é submetida a hipóxia por 24 horas o teor de MFR aumenta exponencialmente até que sofre uma nova queda quando submetida a submersão por 48 horas. Estes dados demonstram que há um tempo máximo de submersão para este genótipo onde o teor de MFR se mantém alto. A cultivar BR IRGA 409 não foi afetada pelos tratamentos se mantendo uniforme independentemente das horas de submersão.

Em relação à MSR (Figura 2), pode-se observar que as cultivares Nipponbare e BR IRGA 409 apresentaram o mesmo comportamento em relação à submersão. Ambos genótipos obtiveram uma distribuição normal onde nota-se um aumento progressivo no teor de MSR pelo tempo máximo de submersão de 24 horas, no espaço de tempo entre submersão de 24 horas e 48 horas ocorreu um decréscimo no teor de MSR, porém ainda manteve-se maior no tratamento de 48 horas sob hipóxia, quando comparado ao teor de MSR nas horas iniciais de hipóxia. Ainda, a cultivar Nipponbare apresentou um alto teor de MSR, até mesmo sob o tempo máximo de exposição ao estresse quando comparado a cultivar BR IRGA 409. Não houve efeito de tratamento sobre a cultivar EPAGRI 108, demonstrando que para MSR não teve seu comportamento afetado quando submetida a 48 horas de submersão se mantendo estável ao longo do tratamento.

Os resultados para MSR concordam com Alves (2002), onde em estudos relacionados à hipóxia em milho (*Zea mays* L.) cultivar Saracura, verificou também um decréscimo no teor de MSR de acordo com o aumento do tempo de exposição ao estresse e afirma ainda que este pequeno decréscimo no teor de MSR é um indicativo de tolerância ao déficit de oxigênio.

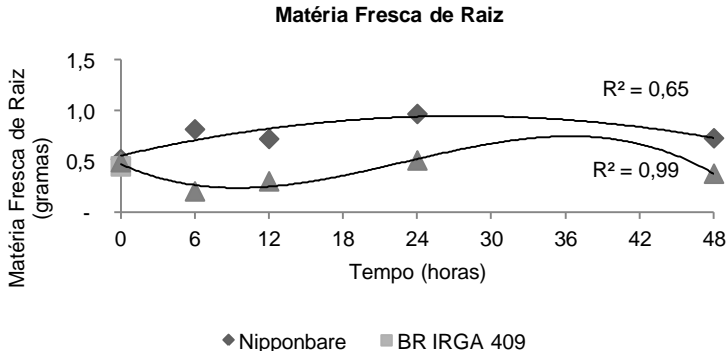


Figura 1. Gráfico da distribuição de médias para o caráter de matéria fresca de raiz para os genótipos estudados. UFPel/FAEM/CGF Pelotas-RS, 2013.

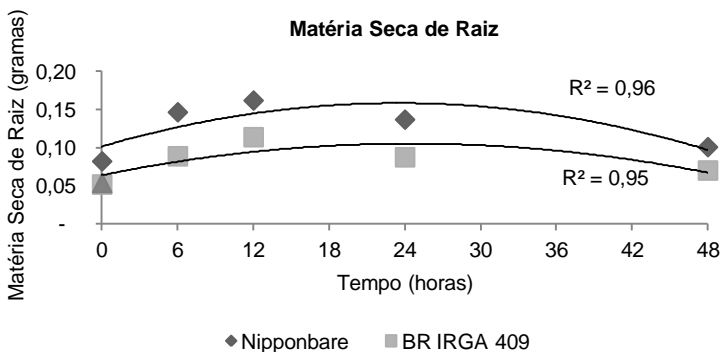


Figura 2. Gráfico da distribuição de médias para o caráter de matéria fresca de raiz para os genótipos estudados. UFPel/FAEM/CGF Pelotas-RS, 2013.

CONCLUSÃO

O sistema radicular dos genótipos de arroz estudados sofrem com o efeito do tempo de hipóxia demonstrando que o sistema radicular tem uma maior sensibilidade a rápida exposição a deficiência de oxigênio quando comparado a parte aérea.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, J. D. et al. Mecanismos de tolerância da variedade de milho “saracura” (BRS 4154) ao alagamento. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v.1, n.1, p.41-52, 2002.
- BRESOLIN, A. P.; **Caracterização morfológica e análise da expressão gênica em arroz (*Oryza sativa* L.) sob estresse por ferro**. 2010. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.
- CALHEIROS, R. O. et al. Efeito do manejo do lençol freático na adaptação fisiomorfológica de duas espécies de trigo ao encharcamento. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.4, n.2, p.194-202, 2000.
- D'ABUNDO D. M.; **Effects of submergence and hypoxia on the growth and anatomy of rice (*Oryza sativa* L.) seedlings**. 2003. Dissertation (Doctor of Philosophy) - Graduate Faculty of the Louisiana State University and Agricultural and Mechanical College.
- FUKAO, T.; BAILEY-SERRES, J. Plant responses to hypoxia – is survival a balancing act?. *Trends in Plant Science*, v.9, n.9, 2004.
- GOMES, A. S. et al. Solos de várzea: uso e manejo. In: MARCÂNTONIO, G. (Coord.). Solos e irrigação. Porto Alegre: Ed. da UFRGS/FEDERACITE, 1992. p. 64-79.
- ICHIMURA K. et al. Various abiotic stresses rapidly activate Arabidopsis MAP kinases ATMPK4 and ATMPK6. *The Plant Journal*, v.24, n.5, p.655-665, 2000.
- STRIKER G. G. Flooding Stress on Plants: Anatomical, Morphological and Physiological Responses. Botany. Buenos Aires: IFEVA-CONICET, Faculty of Agronomy, University of Buenos Aires, 2012. p. 3-28.
- PERATA, P.; ALPI, A.; Plant responses to anaerobiosis. *Plant Science*, v. 93, p. 1–17, 1993.
- PINTO, L. F. S.; PAULETTO, E. A.; GOMES, A. da S.; SOUZA, R. O. 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.
- XU, K. et al. Sub1A is an ethylene-response-factor-like gene that confers submergence tolerance to rice. *Nature*, v. 442, p. 705–708, 2006.
- YOSHIDA, S. et al. Laboratory manual for physiological studies of rice. Los Banos: IRRI, 1976.