

Morfologia e a arquitetura radicular em variedades de arroz sob baixa disponibilidade de N-amônio⁽¹⁾.

Rafael Passos Rangel⁽²⁾; Sara Yumi Sassamoto Kurokawa⁽³⁾; Leilson Novaes Arruda⁽⁴⁾; Flávia Caldeira do Nascimento⁽⁵⁾; Sonia Regina Souza⁽⁶⁾ & Manlio Silvestre Fernandes⁽⁷⁾

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos do Curso de Pós-Graduação em Agronomia-Ciência do Solo (CPGA-CS), Faperj e CNPq. ⁽²⁾ Mestrando do Curso de Pós-Graduação em Agronomia-Ciência do Solo – Bolsista Capes – UFRRJ, Seropédica, RJ, CEP: 23890-000, passos@ufrj.br; ⁽³⁾ Graduanda do Curso de Engenharia Agrônoma, Instituto de Agronomia, Bolsista FAPERJ da UFRuralRJ, Seropédica, RJ, CEP: 23890-000; ⁽⁴⁾ Mestrando do Curso de Pós-Graduação em Agronomia-Ciência do Solo – Bolsista Capes – UFRRJ, Seropédica, RJ, CEP: 23890-000; ⁽⁵⁾ Mestranda do Curso de Pós-Graduação em Agronomia-Ciência do Solo – Bolsista Capes – UFRRJ, Seropédica, RJ, CEP: 23890-000; ⁽⁶⁾ Professora Associada IV do Departamento de Química da UFRuralRJ Seropédica, RJ, CEP: 23890-000; ⁽⁷⁾ Professor Emérito do CPGA-CS da UFRuralRJ, Seropédica, RJ, CEP: 23890-000.

RESUMO: A baixa disponibilidade de nutrientes é comum nos solos e restringe o crescimento e o desenvolvimento das plantas. Algumas variedades desenvolveram mecanismos para conviver com este tipo de estresse, que incluem alterações na arquitetura e morfologia do sistema radicular. As alterações nas raízes modificam a capacidade de exploração do solo e, portanto, o potencial para extração dos nutrientes. Essas modificações relacionam-se não apenas à disponibilidade, mas também à mobilidade limitante do nutriente no solo. Para este fim foram utilizadas três variedades, sendo duas locais, oriundas do estado do Maranhão a partir de cultivos de subsistência em solos de baixa fertilidade natural, Piauí, Manteiga e uma variedade melhorada IAC-47, para condições de alto input de fertilizantes, principalmente os nitrogenados visando avaliar possíveis alterações no sistema radicular, como o maior desenvolvimento de raízes secundárias e sua contribuição para a maior eficiência do uso do nitrogênio (EUN), sobre baixa disponibilidade de N-amônio. Os resultados obtidos mostram que as variedades locais apresentaram maior volume radicular, quando comparado com a melhorada proporcionando uma maior superfície de contato, favorecendo a maior absorção amônio em condições de baixa disponibilidade de nitrogênio (N), que se refletiu em maior teor de N na parte aérea e raiz.

Termos de indexação: *Oryza sativa*, Eficiência de uso de N, Variedades locais, Raízes

INTRODUÇÃO

O arroz é o cereal mais importante na dieta de mais da metade da população mundial, representando mais de 50 % da ingestão diária de calorias de asiáticos, africanos e latino-americanos (YOSHIDA, 1981; COUNCE ETAL., 2000). A produção mundial de arroz duplicou de 257 milhões de toneladas, em 1965, para 520 milhões, em 1990, devido principalmente à adoção de cultivares semi-anãs (modernas) (KHUSH, 1995), com alto potencial de rendimento. No entanto,

nos últimos anos os ganhos de rendimento na cultura diminuíram e a população mundial está aumentando em proporção maior do que os incrementos na produção do arroz, especialmente nos países consumidores do grão. Como a área cultivada com arroz tem se mantido estável mundialmente desde 1980 e há poucas perspectivas de sua expansão, o aumento da produção de arroz é necessário para atender a crescente demanda.

Quando se objetiva alcançar rendimentos de grãos mais altos em lavouras de arroz, um dos aspectos a ser procurado é o aumento da absorção de nutrientes. Também é necessário que se busque o aumento da eficiência na utilização de nutrientes pelas plantas (ABICHEQUER, A. D. 2004). O uso de altas densidades de semeadura também pode causar esgotamento de nutrientes pela competição entre raízes adjacentes, podendo ser vantajosa uma maior exploração de solo pelas raízes, atingindo camadas mais profundas. Plantas de arroz mais eficientes na absorção de nutrientes podem também reduzir perdas de nutrientes por percolação, volatilização (no caso do N) ou com a água de drenagem, ao absorvê-los em maior quantidade e mais rapidamente. Como consequência, há uma redução da contaminação da água e melhor aproveitamento da adubação, refletindo-se em redução dos custos (ABICHEQUER, A. D. 2004).

Segundo (ROBINSON 1991) a diversidade de funções do sistema radicular encontra-se associado à capacidade de absorção de água e nitrato, onde 10% e 30% do comprimento total do sistema radicular, está envolvido na absorção de nitrato e de água, respectivamente. Isso levanta a questão de que partes do sistema radicular são ativos e que esse valor varia de acordo com a disponibilidade de nutrientes. Esta diversidade anatômica, fisiológica e morfológica é chamada de "heterorhizy" (NOELLE 1910; WAISEL E ESHEL 1992; HISHI 2007). As variações na morfologia ou função podem ocorrer entre as raízes de origem diferente (ontogênese) ou ao longo da raiz (diferenciação).

Deste modo o objetivo deste trabalho foi avaliar o a

morfologia e arquitetura de raízes de diferentes variedades de arroz em cultivo em solução nutritiva utilizando amônio como fonte nitrogenada.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em câmara de crescimento na Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRuralRJ), sendo utilizadas três variedades de arroz, sendo uma melhorada, IAC-47 e duas variedades locais do estado do Maranhão: Piauí e Manteiga, originárias de cultivos com baixa disponibilidade de nutrientes.

As plantas foram cultivadas em solução de HOAGLAND & ARNON 1950 a meia força iônica, sendo que um grupo em uma solução contendo 0,2 mM $N-NH_4^+$ até o 10º dia após a germinação (DAG) em copos de 0,7 litros. Após esse período, metade das plantas descritas anteriormente foi submetida a um período sem N e as demais plantas permaneceram com a mesma concentração de amônio até o final do experimento. As plantas que se encontravam em solução sem nitrogênio, até 17º DAG, foram resupridas com 0,2 mM $N-NH_4^+$, permanecendo nesta condição até a terceira coleta 25ª (DAG).

Foram feitas coletas de material vegetal no 10º, 17º e 25º DAG para avaliar a morfologia e arquitetura do sistema radicular morfologia com suprimento diferencial de N-amônio.

Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos à verificação de homogeneidade das variâncias dos erros (Bartlett) e normalidade dos mesmos (Lilliefors). Em seguida, foi feita a análise de variância com aplicação do teste F e as médias comparadas entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando o programa estatístico SAEG 9.1.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na (tabela 1) são apresentados os dados referentes a massa fresca de folha, bainha, raiz e volume do sistema radicular nas três variedades de arroz utilizadas no experimento. Nota-se, que as variedades Manteiga e Piauí apresentaram menor massa de folha, bainha e raiz ao longo da segunda e terceira coleta no tratamento constante, com diferença significativa a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. Estes resultados estão de acordo com os observados em trabalhos anteriores, em que no início do período vegetativo (primeiros 30 dias), a variedade Piauí apresentou menor massa quando comparada à variedade IAC-47 (SANTOS et al., 2007). No entanto, trabalhos realizados com essas variedades mostram que com o avanço no desenvolvimento dessas plantas a variedade Piauí passa a apresentar maior massa e maior teor de N, devido ao maior desenvolvimento da parte aérea

(plantas mais altas), comparada a variedade IAC-47 (SANTOS et al., 2009a; SOUZA et al. 1998).

Contrapondo os resultados de massa radicular, onde as variedades IAC-47, Piauí e Manteiga apresentaram um acréscimo de 112.16, 64.78, e 75.26% na massa de raiz, respectivamente, entre a segunda e terceira coleta. O maior volume radicular, foi observado na variedade local do estado do Maranhão, Manteiga na terceira coleta, tanto no tratamento constante como no resuprido quando comparada com a variedade melhorada IAC-47, com diferença significativa a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey (Tabela1).

Os resultados podem ser relacionados a um aumento da relação Raiz/Parte aérea (dados não publicados) quando plantas submetidas a condições de baixa disponibilidade de nitrogênio, tendem a redução no crescimento da parte aérea, aliado a um maior desenvolvimento de raízes secundárias, aumentando a superfície específica do sistema radicular, e favorecendo assim a uma maior captação de água e nutrientes.

Segundo (LOPEZ-BUCIO, J et al 2003) nitrogênio, fósforo, ferro e enxofre foram relatados como os nutrientes que mais alteram o desenvolvimento pós-embrionário das raízes, portanto, a arquitetura do sistema radicular. CELIS-ARAMBURO et al. (2011) observaram em plantas de pimenta *Capsicum chinense* um aumento no crescimento de raízes laterais quando submetidas a baixas concentrações de NH_4^+ . Estando de acordo com a (Figura 1), onde plantas de arroz submetidas a condições de baixa disponibilidade de NH_4^+ apresentaram maior desenvolvimento de raízes laterais.

Diferente do que ocorre quando em deficiência de fósforo, as plantas não apresentam grandes variações no comprimento da raiz principal sob deficiência de N e, alterações na densidade de raízes laterais que variam com a espécie em estudo (LINKOHR et al., 2002; ZHANG et al., 1999; ZHANG e FORDE, 1998). Por outro lado, há grande variação no comprimento das raízes laterais. Zhang e Forde (1998) observaram aumento de 300 % no crescimento das raízes laterais de *Arabidopsis* quando reduziram a concentração de NO_3^- de 1 para 0,01mmol L⁻¹. O aumento do alongamento e do número de raízes laterais e da densidade de pelos radiculares sob deficiência de N pode incrementar significativamente o peso seco de raízes (tabela 1), como observado por (A.ANANDACOOMARASWAMY ET AL. 2002) em plantas de chá (*Camellia sinenses*). No entanto, o maior aumento em número e comprimento de raízes laterais e pelos radiculares ocorre quando a raiz que está sob limitação de N, encontra regiões do solo ricas nesse nutriente, efeito este causado diretamente pelo íon nitrato.

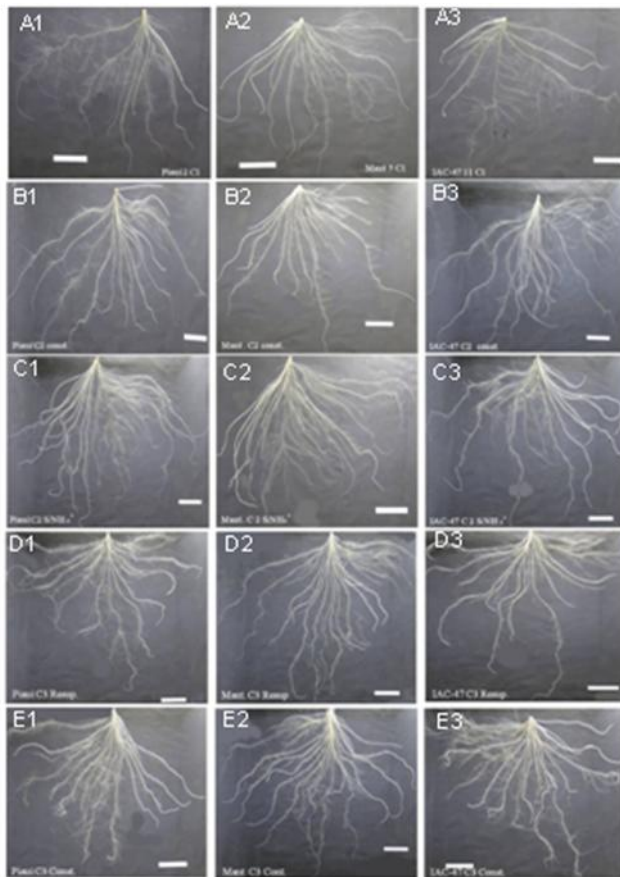


Figura 1. Imagens do sistema radicular das três variedades de arroz: **1** Piauí, **2** Manteiga e **3** IAC-47. A letra **A** refere-se a 1ª coleta 10(DAG); **B** e **C** a 2ª coleta 17(DAG), onde **B** são as plantas no tratamento constante de N e **C** plantas sem amônio; **D** e **E** correspondem a 3ª coleta 25 (DAG), onde **D** são plantas ressupridas e **E** as que permaneceram com N constante.

Pode se observar que em relação ao teor de nitrogênio total as variedades locais do estado do Maranhão apresentaram maior percentual na folha, ao longo das três coletas. Mostrando que as variedades Piauí e Manteiga foram mais eficientes na absorção e assimilação sob condição de baixa disponibilidade de amônio (**Figura 2**).

CONCLUSÃO

Baixas concentrações de $N-NH_4^+$ estimularam o desenvolvimento de raízes secundárias, proporcionando um maior volume radicular da variedade Manteiga, contribuindo assim para um maior percentual de N na parte aérea quando comparado com a variedade IAC-47.

AGRADECIMENTOS

À CAPES e CPGA-CS pela concessão de bolsa ao primeiro autor e à Faperj e CNPq pelo fomento para o desenvolvimento desse projeto

REFERÊNCIAS

- ABICHEQUER, A.D. Morfologia e distribuição de raízes de arroz irrigado por inundação e sua relação com a absorção de nutrientes e o rendimento de grãos - (Tese) UFRGS. Porto Alegre, 2004, 56 p.
- ANANDACOOMARASWAMY, A. et al. The physiological basis of increased biomass partitioning to roots upon nitrogen deprivation in young clonal tea (*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntz). *Plant and Soil*, Netherlands, v. 238, n.1, p. 1-9, 2002.
- CELIS-ARAMBURO T.D.J., CARRILLO-PECH M., CASTRO-CONCHA L.A.; et al. EXOGENOUS NITRATE INDUCES ROOT BRANCHING AND INHIBITS PRIMARY ROOT GROWTH IN CAPSICUM CHINENSE JACQ. *PLANT PHYSIOLOGY AND BIOCHEMISTRY*.V.49, .1456–1464,2011.
- COUNCE, P.A.; KEISLING, T.C.; MITCHELL, A.J. A uniform, objective, and adaptative system for expressing rice development. *Crop Science*, Madison, v.40, n.2, p.436-443, 2000.
- HISHI, T. Heterogeneity of individual roots within the fine root architecture: causal links between physiological and ecosystem functions. *J For Res* v.12, p.126–133, 2007.
- HOAGLAND, D. R. & ARNON, D. I. **The water-culture method for growing plants without soil.** California Agricultural Experiment Station, Berkeley, California, p. 347, 1950.
- LINKOHR, B.I.; WILLIAMSON, L.C.; FITTER, A.H.; LEYSER, H.M.O. Nitrate and phosphate availability and distribution have different effects on root system architecture of *Arabidopsis*. *Plant J.*, v.29, p.751–760, 2002.
- LÓPEZ-BUCIO, J.; CRUZ-RAMI´REZ, A.; HERRERA-ESTRELLA, L. The role of nutrient availability in regulating root architecture. *Curr. Opin. Plant Biol.*, v.6, p.280–287, 2003.
- NOELLE, W. Studin zur vergleichenden anatomie und morphologie der koniferenwuzeln mit rücksicht auf die systematik. *Botanik. Zeit* 68:169–266, 1910.
- ROBINSON, D. Roots and resource fluxes in plants and communities. In: Atkinson D (ed) *Plant root growth: an ecological perspective*. Special publication of the British ecological society n°10. Blackwell Scientific Pub., Lon-don, p. 103–130, 1991.
- SANTOS, A. M. s; STARK, E. M. L. M.; FERNANDES, M. S.; SOUZA, S. R. Effects of seasonal nitrate flush on nitrogen metabolism and soluble fractions accumulation in two rice varieties. **Journal of Plant Nutrition**, v. 30, p. 1371-1384, 2007.

SANTOS, A.M. dos; BUCHER, C. A.; STARK, E. M. L. M.; FERNANDES, M. S.; SOUZA, S. R. Efeito da disponibilidade de nitrato em solução nutritiva sobre a absorção de nitrogênio e atividade enzimática de duas cultivares de arroz. **Bragantia**, v. 68, p. 215-220, 2009.

SOUZA, S.R.; STARK, E.M.L.M.; FERNANDES, M.S. Nitrogen remobilization during the reproductive period in two Brazilian rice varieties. **Journal of Plant Nutrition**, n. 21, p. 10, p. 2049-2063, 1998.

WASEL, Y.; ESHEL, A. Differences in ion uptake among roots of various types. *J Plant Nutr* v.15, p. 945–958, 1992.

YOSHIDA, S. Fundamentals of rice crop science. Manila: The International Rice Research Institute., 289p, 1981.

ZHANG, H.; FORDE, B.G. An Arabidopsis MADS box gene that controls nutrient-induced changes in root architecture. *Science*, v.279 p.407–409, 1998.

ZHANG, H.; JENNINGS, A.; BARLOW, P.W.; FORDE, B.G. Dual pathways for regulation of root branching by nitrate. *Proc. Natl. Acad. Sci., USA*, v.96, p.6529–6534, 1999.

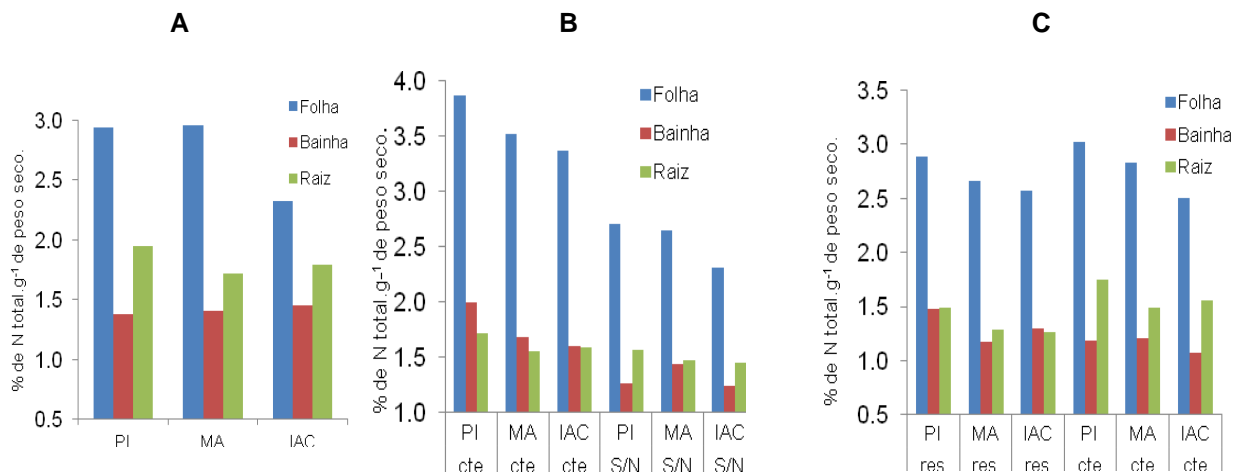


Figura 2. Teor de N (%) na folha, bainha e raiz das variedades locais do estado do Maranhão Piauí (PI) e Manteiga (MA) e da variedade melhorada IAC-47 (IAC), nas três coletas: **A** primeira coleta; **B** segunda coleta e **C** terceira coleta. Plantas submetidas aos tratamentos, constante (cte), sem Amônio (S/N) e resuprimento (res).

Tabela1- Massa fresca (g/ vaso) de folha, bainha, raiz e volume do sistema radicular das variedades IAC-47, Manteiga e Piauí, submetidas a diferentes tratamentos.

Coleta	10 (DAG)			17 (DAG)			25 (DAG)		
Tratamento	IAC-47	Manteiga	Piauí	IAC-47	Manteiga	Piauí	IAC-47	Manteiga	Piauí
Massa de Raiz (g/ vaso)									
Const.	0.58 AB	0.50 B	0.69 A	1.37 Aa	1.08 ABa	0.85 Ba	2.32 Aa	1.81 Ba	.91 ABa
RES							1.57 b	1.49 b	1.17 b
S/N				0.74 b	0.85 b	0.71 b			
Massa de folha (g/ vaso)									
Const.	0.45 A	0.34 B	0.44 A	1.06 Aa	0.87 Ba	0.84 Ba	1.57 Aa	1.19 Ba	1.13 Ba
RES							1.03 Ab	0.91 Ab	0.80 Bb
S/N				0.70 b	0.61 b	0.64 b			
Massa de bainha (g/ vaso)									
Const.	0.67 A	0.49 B	0.56 B	1.53 Aa	1.27 Ba	1.32 Ba	2.64 Aa	1.94 Ba	1.81 Ba
RES							1.67 Ab	1.39 Bb	1.26 Bb
S/N				0.97 b	0.84 b	0.81 b			
Volume Radicular (cm ³)									
Const.	1.25	1.25	1.75	2.25	2.35	2.40	3.40 Ba	4.45 Aa	2.80 Ba
RES							2.28 Bb	3.70 Ab	2.08 Bb
S/N				2.03 B	2.08 B	2.93 A			

Const. = constante com 0,2mM de NH₄⁺; RES.= resupridas com 0,2mM de NH₄⁺ a partir da segunda coleta; S/N = sem NH₄⁺ entre 10^o e 17^o dia após a germinação (DAG). Letras maiúsculas distintas na linha e letras minúsculas distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.