



INTERFERÊNCIA DA OXIGENAÇÃO NA ABSORÇÃO DE ÁGUA E ÍONS EM PLANTAS DE ARROZ SOB SALINIDADE¹

L. S. Lopes², D. G. Coelho³, P. A. F. Freitas², E. Gomes-Filho⁴

RESUMO: A salinidade provoca danos aos vegetais. Conferir tolerância à salinidade não significa apenas um ganho econômico, mas um ganho social pela possibilidade de onde os produtores não têm solos ou fontes hídricas com ótima qualidade e nem mesmo capacidade de grandes investimentos, assim como no nordeste brasileiro. Como a formação de barreiras contra a perda radial de oxigênio (ROL) pode dificultar o a excessiva entrada de íons comum em solos salinos, a pesquisa tem por objetivo avaliar a influência da oxigenação em torno das raízes de arroz na absorção de água e íons em ambientes salinos e não salinos. Para tanto, foi desenvolvido dois experimentos em esquema fatorial, sendo um fator a salinidade (0, 40 e 80 mM) e o outro a oxigenação (<3,5; ±5,5; ±7,5 ppm de oxigênio dissolvido) em volta das raízes, para avaliar a formação das barreiras à ROL e respostas fisiológicas com a ação da oxigenação em torno das raízes de arroz, bem como a sua interação com a salinidade. Quanto maior a oxigenação em volta das raízes maior foi o crescimento longitudinal delas. As barreiras à ROL não reduziram a entrada de água e nem mesmo de íons Na⁺, Cl⁻, Ca²⁺ e K⁺. Entretanto, a baixa oxigenação contribuiu para uma redução da entrada de Ca²⁺ e K⁺.

PALAVRA-CHAVE: hipóxia, barreiras à ROL, *Oryza sativa* L.

INTERFERENCE OF OXYGENATION IN THE ABSORPTION OF WATER AND IONS IN RICE PLANTS UNDER SALINITY

ABSTRACT: Salinity causes damage to plants. Conferencing tolerance to salinity does not only mean an economic gain, but a social gain from the possibility of where the producers do not have soils or water sources with great quality and not even large investment capacity, as well as in the Brazilian northeast. As the formation of barriers against radial oxygen loss (ROL) can hinder the excessive entrance of common ions in saline soils, the research aims to evaluate

¹ Trabalho extraído de tese

² Doutorando, Departamento de Bioquímica e Biologia Molecular, UFC, Fortaleza - CE.

² Mestrando, Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, UFC, CEP 60455-760, Fortaleza, CE. Email: danielcoelho.ea@gmail.com.

³ Professor Doutor, DBBM, UFC, Fortaleza, CE.

the influence of oxygenation around rice roots in the absorption of water and ions in environments Saline and non-saline. In this, two experiments were developed in a factorial design, with one factor being salinity (0, 40 and 80 mM) and the other oxygenation (<3.5, \pm 5.5, \pm 7.5 ppm dissolved oxygen) around the roots, to evaluate the formation of the ROL barriers and the physiological responses with the action of oxygenation around rice roots, as well as their interaction with salinity. The higher the oxygenation around the roots, the longer the longitudinal growth. The ROL barriers did not reduce the inflow of water, and Na⁺, Cl⁻, Ca²⁺ and K⁺ ions. However, low oxygenation contributed to a reduction in Ca²⁺ and K⁺ input.

KEY WORDS: Hypoxia, ROL Barriers, *Oryza sativa* L.

INTRODUÇÃO

A salinidade é o principal problema para a qualidade da água de irrigação. Assim, a melhoria da tolerância das plantas de arroz à água de baixa qualidade pode significar uma ampliação da disponibilidade hídrica e de novas terras para plantio, acarretando ganhos produtivos, econômicos e sociais (Kashenge-Killenga et al., 2014).

O arroz é um exemplo de planta adaptada a solos alagados. Uma das adaptações das plantas de arroz para evitar a respiração anaeróbica sob condição estagnada de oxigênio é a formação de aerênquimas lisígenos, que permitem uma manutenção dos teores de oxigênio nas raízes e a redução da perda do oxigênio vindo pelos aerênquimas lisígenos das raízes por meio de barreiras à ROL formadas por suberização e lignificação das raízes (Ranathunge et al., 2011). Entretanto, apesar destas alterações adaptativas, o transporte de oxigênio pode não ser muito efetivo devido ao custo metabólico para manter os estômatos abertos e ao aumento geral da demanda de oxigênio para o processo de respiração sob hipóxia (Lambers et al. 2008). Além disso, a salinidade do solo pode aumentar a demanda de oxigênio.

A hipóxia tem sido capaz reduzir a disponibilidade de água para as plantas pela redução da g_s devido a uma acumulação de ácido abscísico (ABA) nas folhas (Aroca et al., 2012) e uma redução da condutância hidráulica na raiz (L_p) (Tournaire-Roux et al., 2003). Mas, outra possibilidade é que a deposição de suberina na endoderme que auxilia a restrição à ROL possa diminuir os valores de L_p (Ranathunge et al., 2003). Entretanto, um estudo mais recente demonstrou que a formação inicial de barreiras apoplásticas na endoderme e exoderme de raízes de arroz em solo inundado não afeta significativamente a condutividade hidráulica, apesar de reduzir o fluxo de Na⁺ (Ranathunge et al. 2011).

O objetivo geral deste trabalho foi analisar se há interferência do mecanismo adaptativo à ambientes alagados, formação de barreiras à ROL, no influxo de água para as folhas e de íons como Na^+ , Cl^- , K^+ e Ca^{2+} , além caracterizar subseqüentes interações com a salinidade.

MATERIAIS E MÉTODOS

A planta em estudo foi uma cultivar de arroz, a SCSBRS 113, que tem sido cultivada no sul do estado do Ceará e desenvolvida pela Epagri. A pesquisa foi desenvolvida em parte em câmara de germinação tipo B.O.D. à temperatura de 30°C , umidade relativa maior que 90% e fotoperíodo de 12 h de luz e 12 h de escuro, e outra parte subseqüente em casa de vegetação, onde as temperaturas diurnas foram próximas de 35°C e o mesmo fotoperíodo.

O arroz foi semeado em substrato de papel “germitest” umedecido com água destilada e colocado para germinar em B.O.D. até que o coleótilo atingisse o tamanho de aproximadamente 5 cm (± 10 dias). Logo depois, as plântulas foram transferidas para um suporte de isopor dispostas sobre baldes contendo apenas solução nutritiva. As plantas de arroz foram cultivadas em sistema hidropônico com solução nutritiva de Clark (1975), contendo o dobro de ferro da solução original.

Para as análises de comprimento da raiz e teores de Na^+ , Cl^- , K^+ e Ca^{2+} , as raízes das plântulas ficaram completamente submersas em solução nutritiva por 20 dias para crescerem sob as condições experimentais de casa de vegetação. No trigésimo dia, os tratamentos de oxigenação radicular e de salinidade foram aplicados durante 10 dias. Este experimento foi arranjado em esquema fatorial 3 x 3, com delineamento inteiramente casualizado. O primeiro fator constou de três condições diferentes de oxigenação radicular, que foram: $\text{OD} < 3,5$ ppm, $\text{OD} = \pm 5$ ppm (condição controle) e $\text{OD} = \pm 7,5$ ppm, e o segundo fator de três doses de NaCl, que foram: 0, 40 e 80 mM de NaCl. Cada tratamento teve quatro repetições, compostas de três plantas. Enquanto que para a análise de conteúdo de água das folhas, as raízes das plântulas ficaram apenas 2 dias para crescerem sob as condições experimentais de casa de vegetação antes da aplicação dos tratamentos. Assim, no décimo segundo dia após a semeadura, os tratamentos de oxigenação radicular e de salinidade foram aplicados durante 10 dias. Este experimento foi arranjado em esquema fatorial 3 x 2, com delineamento inteiramente casualizado. O primeiro fator foi as três condições de oxigenação radicular descritas acima e o segundo fator foi duas doses de NaCl (0 e 80 mM de NaCl) aplicadas na solução nutritiva. Cada tratamento teve quatro repetições composta de três plantas.

Em condição ambiente a solução apresentava cerca de 5,5 ppm de OD. Para tratamento \pm 7,5 ppm de OD, foi realizada uma aeração com bombas de aquário. E para tratamento OD < 3,5 ppm, foram adicionados 0,4 mL de metabissulfito de sódio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$) a 1 M por cada litro da solução nutritiva todos os dias. Foi realizado uma aplicação prévia de dois dias de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ a 1 M em todos os tratamentos para homogeneizar efeitos residuais.

Para a determinação dos teores dos íons inorgânicos a extração foi realizada conforme Sarruge & Haag (1974). Os teores de Na^+ e K^+ foram determinados segundo Malavolta et al. (1997). O teor de Cl^- foi determinado segundo método colorimétrico de Gaines et al. (1984) com auxílio de um espectrômetro ajustado à 460 nm. A extração e determinação do teor de Ca^{2+} foi realizada segundo Malavolta et al. (1997), com o auxílio de um fotômetro de chama [Micronal, modelo B462 (São Paulo/SP, Brasil)]. Os comprimentos de parte aérea e das raízes foram medidos com fita métrica.

O conteúdo de água das folhas (CAF) foi mensurado aos 5 e 10 dias de tratamento. Durante as coletas, as folhas de cada repetição foram pesadas, congeladas a -80°C e liofilizadas. Após estarem completamente secas, foram novamente pesadas. A partir da diferença massa fresca e massa seca da totalidade das folhas de cada planta pôde-se calcular o conteúdo de água na folha.

Todos os dados coletados foram submetidos a um teste de normalidade (teste de Shapiro-Wilk) antes de serem submetidos à análise de variância (ANOVA). O teste de Tukey foi aplicado para as variáveis com teste F significativo a 5%. O software utilizado para a análise estatística foi o Sisvar (Ferreira, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A oxigenação não alterou o acúmulo de Na^+ e Cl^- , porém houve um grande acúmulo de Na^+ e Cl^- acompanhando os níveis de salinidade a que foram submetidas (Figura 1). Malik et al. (2008) observou o mesmo comportamento em 17 variedades de *Hordeum marium* e em trigo. A salinidade de 40 mM e 80 mM de NaCl, sob a oxigenação controle, provocaram acréscimos de 519% de Na^+ e 438% de Cl^- , e 779% de Na^+ e 656% de Cl^- nas raízes, respectivamente (Figura 1A, C).

Nas folhas, a salinidade de 80 mM de NaCl contribuiu para um aumento de 116% e de 65% nos teores de Na^+ e Cl^- , respectivamente, em relação à condição controle (Figura 1B, D). Entretanto, a exposição à 40 mM de NaCl e baixa oxigenação elevou os teores de Na^+ em 173%, e de Cl^- em 78%. Por outro lado, sob salinidade de 80 mM de NaCl apenas a alta oxigenação

provocou aumento no teor de Na^+ de 92%, e tanto a baixa como a alta oxigenação provocaram aumento nos teores de Cl^- nas folhas de 41%, em relação ao tratamento de oxigenação controle na mesma salinidade (Figura 1B, D).

A redução na oxigenação reduziu o teor de K^+ nas raízes em 32% e este efeito foi igualmente agravado pela salinidade de 40 e 80 mM de NaCl (Figura 2A). A baixa oxigenação aumentou o teor de K^+ nas folhas em 103% sob salinidade de 80 mM de NaCl em relação ao controle de oxigenação nesta mesma salinidade sem conferir tolerância (Figura 2B, 4A). Enquanto que, a combinação de estresses reduziu em 40% o teor de potássio nas folhas das mesmas plantas estudadas por Malik et al. (2008).

A tolerância das plantas a salinidade tem sido relacionada com a capacidade de impedir o transporte de Na^+ para a parte aérea e a manutenção do nível de K^+ nas raízes (Cuin et al., 2008). No entanto, não foi observada nenhuma resistência induzida pela oxigenação ao transporte de Na^+ para as folhas quando as plantas foram expostas salinidade, e, apesar de uma pequena redução no teor K^+ nas raízes, o teor de K^+ nas folhas foi mantido sem conferir satisfatória tolerância (Figuras 1A, 1B e 2B). Isto pode estar relacionado o fato de a tolerância da planta está mais ligado com a tolerância em si do tecido foliar do que com o acúmulo de Na^+ , a exemplo do observado em plantas de grão-de-bico (Kotula et al., 2015).

Nas raízes, qualquer alteração na oxigenação controle provocou uma redução de 29% do teor de Ca^{2+} , na ausência de salinidade (Figura 3A). Enquanto que a salinidade provocou gradativa redução no teor de Ca^{2+} , de modo que a salinidade de 40 e 80 mM de NaCl provocaram reduções no teor de Ca^{2+} de 35% e 54%, respectivamente (Figura 3A). Nas folhas, a oxigenação não afetou o teor de Ca^{2+} , mas a salinidade com 40 ou 80 mM de NaCl provocou uma redução de 23% (Figura 3B). Este mesmo comportamento ocorreu também em plântulas de arroz, mesmo com maior disponibilidade Ca^{2+} (Rahman et al., 2016).

O princípio dos danos provocados pela salinidade parece que está mais ligado ao grande acúmulo de Na^+ e Cl^- nas raízes e a redução dos teores de K^+ nas raízes e Ca^{2+} nas folhas e raízes (Figuras 1A, C; 2; 3). A redução de potássio e cálcio em plantas sob estresse salino tem sido observado em diversos trabalhos (Kaya et al., 2010; Akram et al., 2010).

Segundo Ranathunge et al. (2011), a baixa concentração de oxigênio em volta das raízes, que induz a formação de barreiras à ROL em arroz, não altera a permeabilidade de água, mas reduz a permeabilidade de Na^+ e Cl^- , e o efluxo de O_2 , assim como em outras espécies (Soukup et al., 2007). Em arroz, a redução ou aumento de oxigenação em raízes submersas provocou intensificação de barreiras à ROL (dados não apresentados). No entanto, as alterações na

oxigenação da solução nutritiva não alteraram os teores de Na^+ , Cl^- , K^+ e Ca^{2+} nas folhas e nem o de Na^+ e Cl^- nas raízes das plantas de arroz (Figuras 1, 2, 3).

A baixa oxigenação e a salinidade de 80 mM de NaCl provocaram reduções de 22% e 24% no comprimento longitudinal da parte aérea, e quando combinados a redução chega a 29% (Figura 4A). Por outro lado, a alta oxigenação responsável por uma pequena redução no comprimento da parte aérea quando combinado com a salinidade de 80 mM de NaCl foi capaz de reduzi-lo em 25% (Figura 4A). A interferência no crescimento pelo estresse combinado de baixa oxigenação e salinidade também foi observada também por Malik et al. (2008) em 17 variedades de *Hordeum marium* e uma variedade de trigo tolerante ao alagamento.

O aumento da oxigenação da solução nutritiva contribuiu apenas para um aumento médio de 25% do comprimento radicular (Figura 4B). Em contrapartida, apesar das adaptações a ambientes com pouca oxigenação, as plantas de arroz sob uma hipóxia mais intensa ($\text{OD} < 3,5$ ppm) apresentaram uma redução de 22% no comprimento das raízes, além de um o maior número de raízes adventícias (Figura 4B). Outras espécies adaptadas a áreas alagadas como: *Hoderum vulgare*, *Critesion marinum*, *Echinochloa crus-galli* L., também apresentaram perdas na massa seca das raízes, além de um encurtamento radicular quando se compara o seu cultivo em solo drenado e solo alagado (com restrição de oxigênio) (McDonald et al., 2001).

A baixa oxigenação impactou negativamente no conteúdo de água das folhas (CAF) durante o crescimento das plantas de arroz, entretanto a salinidade reduziu muito mais o conteúdo de água das folhas aos 5 e 10 dias após aplicação dos tratamentos (DAT) (Figura 5A, B). Aos 10 DAT, observou-se uma melhoria no CAF das plantas de arroz sob alta oxigenação (Figura 5B). Assim, não é possível atribuir a redução do CAF à formação de barreiras à ROL já raízes com estas barreiras apresentaram comportamento antagônico, além disso, apesar de alguns autores acreditarem que existe relação da redução de L_p com formação das barreiras à ROL, outros autores como Ranathunge & Schreiber (2011) constataram que o L_p não é alterado pela formação de barreiras à ROL e atribuíram isso a existência de poros nestas barreiras apoplásticas. Assim, os resultados obtidos com esta cultivar de arroz harmonizaram-se com as ideias apresentadas no trabalho dos autores Ranathunge & Schreiber (2011).

CONCLUSÕES

Quanto maior a oxigenação em volta das raízes maior foi o crescimento longitudinal das raízes. As barreiras a ROL não reduziram a entrada de água e nem mesmo de íons Na^+ , Cl^- , Ca^{2+}

e K⁺. Entretanto, a baixa oxigenação contribuiu para uma redução da entrada de Ca²⁺ e K⁺, do CAF e grande encurtamento radicular.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AKRAM, M.; ASHRAF, M.Y.; AHMAD, R.; RAFIQ, M.; AHMAD, I.; IQBAL, J. Allometry and yield components of maize (*Zea mays* L.) hybrids to various potassium levels under saline conditions. Archives of Biological Sciences, V.62, n.4, p. 1053-1061, 2010.

AROCA, R.; PORCEL, R.; RUIZ-LOZANO J.M. Regulation of root water uptake under abiotic stress conditions. Journal of Experimental Botany, V.63, n.1, p. 43–57, 2012.

CLARK, R. B. Characterization of phosphates in intactmaize roots. Journal of Agricultural and FoodChemistry, Washington, v. 23, p. 458-460, 1975.

CUIN, T.A.; BETTS, S.A.; CALAMANDER, R.; SHABALA, S. A root's ability to retain K⁺ correlates with salt tolerance in wheat. Journal of Experimental Botany, V.59, n.10, p. 2697-2706, 2008.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. Ciência e Agrotecnologia, V.35, n.6, p.1039-1042, 2011.

GAINES, T.P.; PARKER, M.B.; GASCHO, G.J. Automated determination of chorides in soil and plant tissue by sodium nitrate. Agronomy Journal, V.76, n.3, p. 371-374, 1984.

GHOSH, N.; ADAK, M.K.; GHOSH, P.D.; GUPTA, S.; SEN GUPTA, D.N.; MANDAL, C. Differential responses of two rice varieties to salt stress. Plant Biotechnology Reports, V.5, n.1, p. 89-103, 2011.

KASHENGE-KILLENGA, S.; TONGOONA, P.; DERERA, J.; KANYEKA, Z. Farmers perception of salt affected soils and rice varieties preferences in the north-eastern Tanzania and their implications in breeding. International Journal of Development and Sustainability, V.3, n.6, p. 1257-1271, 2014.

KAYA, C.; TUNA, A.L.; OKANT, A.M. Effect of foliar applied kinetin and indole acetic acid on maize plants grown under saline conditions. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, V.34, n.6, p. 529-538, 2010.

KHAN, H. A.; SIDDIQUE, K. H. M.; MUNIR, R.; COLMER, T. D. Salt sensitivity in chickpea: Growth, photosynthesis, seed yield components and tissue ion regulation in contrasting genotypes. *Journal of Plant Physiology*, V.182, n.1, p. 1-12, 2015.

KOTULA, L.; KHAN, H. A.; QUEALY, J.; TURNER, N. C.; VADEZ, V.; SIDDIQUE K. H. M.; CLODE, P.L.; COLMER, T.D. Salt sensitivity in chickpea (*Cicer arietinum* L.): ions in reproductive tissues and yield components in contrasting genotypes. *Plant, Cell and Environment*, V.38, n.8, p. 1565–1577, 2015.

LAMBERS, H.; CHAPIN III, F. S.; PONS, T. L. *Plant Physiological Ecology*. 2 ed. New York: Springer, 2008. 604 p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. de. *Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações*. 2 ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319p.

MALIK, A. I.; ENGLISH, J. P.; COLMER, T. D. Tolerance of *Hordeum marinum* accessions to O₂ deficiency, salinity and these stresses combined. *Annals of Botany*, V.103, n.2, p. 237-248, 2008.

MCDONALD, M.P.; GALWEY, N.W.; COLMER, T.D. Waterlogging tolerance in the tribe Triticeae: the adventitious roots of *Critesion marinum* have a relatively high porosity and a barrier to radial oxygen loss. *Plant, Cell and Environment*, V.24, n.6, p. 585–596, 2001.

RAHMAN, A.; NAHAR, K.; HASANUZZAMAN, M.; FUJITA, M. Calcium supplementation improves Na⁺/K⁺ ratio, antioxidant defense and glyoxalase systems in salt stressed rice seedlings. *Frontiers in Plant Science*, V.7, n.609, 2016.

RANATHUNGE, K.; LIN, J.; STEUDLE, E.; SCHREIBER, L. Stagnant deoxygenated growth enhances root suberization and lignifications, but differentially affects water and NaCl permeabilities in rice (*Oryza sativa* L.) roots. *Plant, Cell and Environment*, V.34, n.8, p. 1223-1240, 2011.

RANATHUNGE, K.; SCHREIBER, L. Water and solute permeabilities of Arabidopsis roots in relation to the amount and composition of aliphatic suberin. *Journal of Experimental Botany*, V.62, n.6, p. 1961–1974, 2011.

RANATHUNGE, K.; STEUDLE, E.; LAFITTE, R. Control of water uptake by rice (*Oryza sativa* L.): role of the outer part of the root. *Planta*, V.217, n.2, p. 193–205, 2003.

SARRUGE, J.R. & HAAG, H.P. *Análises químicas em plantas*. Piracicaba, ESALQ, Departamento de Química, 1974. 56p

SOUKUP, A.; ARMSTRONG, W.; SCHREIBER, L.; FRANKE, R.; VOTRUBOVA, O. Apoplastic barriers to radial oxygen loss and solute penetration: a chemical and functional comparison of the exodermis of two wetland species, *Phragmites australis* and *Glyceria maxima*. *New Phytologist*, V.173, n.2, p. 264-278, 2007.

TOURNAIRE-ROUX, C.; SUTKA, M.; JAVOT, H.; GOUT, E.; GERBEAU, P.; LUU, D.T.; BLIGNY, R.; MAUREL C. Cytosolic pH regulates root water transport during anoxic stress through gating of aquaporins. *Nature*, V.425, n.6956, p. 393-397, 2003.

FIGURAS

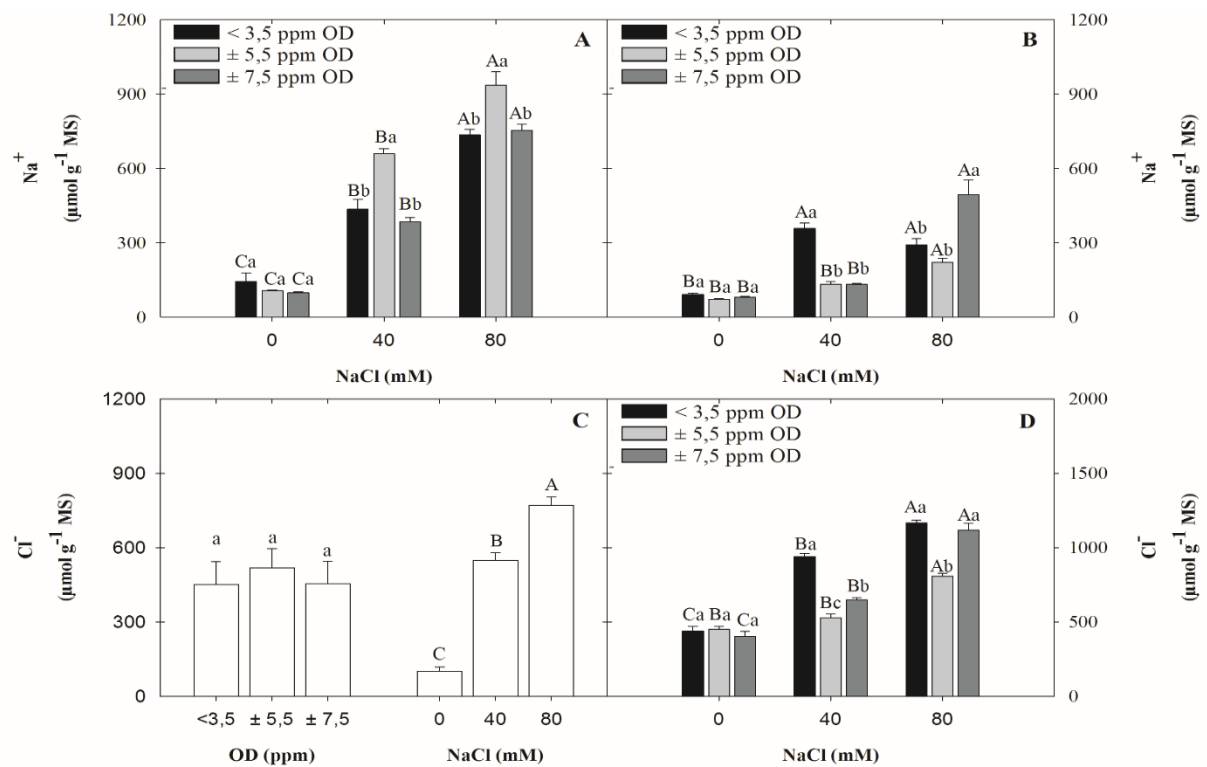


Figura 1. Teor de Na⁺ nas raízes (A) e nas folhas (B), e teor de Cl⁻ nas raízes (C) e nas folhas (D) de plantas de arroz, cv. SCSBRS 113, submetidas aos tratamentos de oxigenação [<3,5, $\pm 5,5$ e $\pm 7,5$ ppm de oxigênio dissolvido (OD)] e salinidade (0, 40 e 80 mM de NaCl). Para os gráficos das variáveis sem interação dos tratamentos significativa a 5%, as letras minúsculas comparam os tratamentos de oxigenação e as letras maiúsculas os tratamentos de salinidade. Para os gráficos das variáveis com interação dos tratamentos significativa a 5%, as letras minúsculas comparam os tratamentos de oxigenação dentro de cada tratamento de salinidade e as letras maiúsculas os tratamentos de salinidade dentro de cada tratamento de oxigenação.

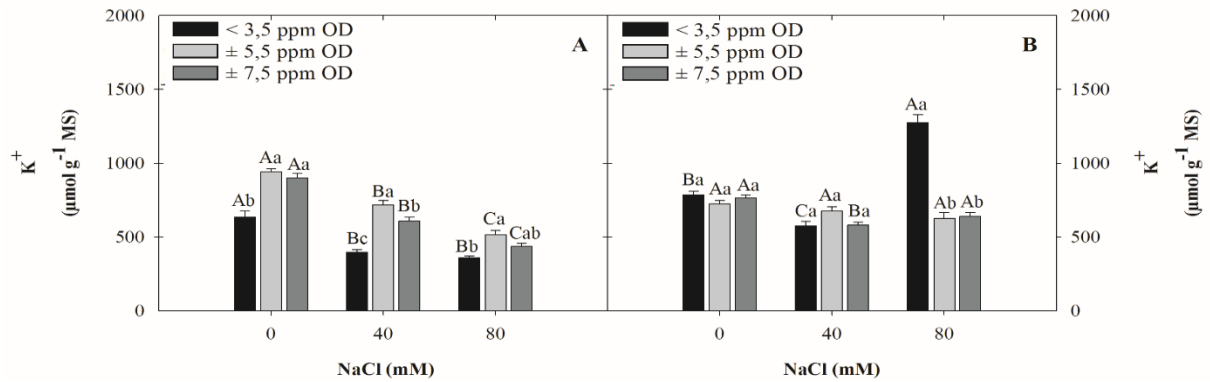


Figura 2. Teor de K^+ nas raízes (A) e nas folhas (B) de plantas de arroz, cv. SCSBRS 113, submetidas aos tratamentos de oxigenação [$\leq 3,5$, $\pm 5,5$ e $\pm 7,5$ ppm de oxigênio dissolvido (OD)] e salinidade (0, 40 e 80 mM de NaCl). As letras minúsculas comparam os tratamentos de oxigenação dentro de cada tratamento de salinidade e as letras maiúsculas os tratamentos de salinidade dentro de cada tratamento de oxigenação.

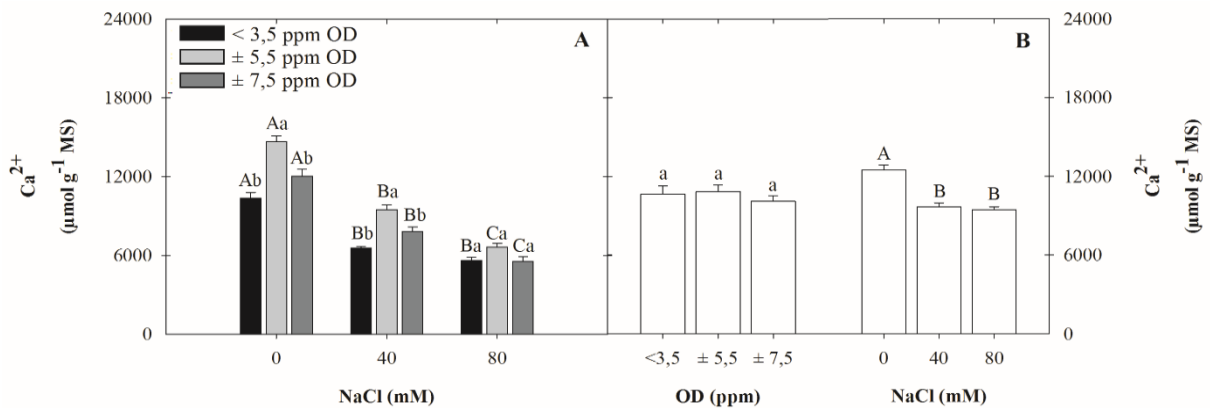


Figura 3. Teor de Ca^{2+} nas raízes (A) e nas folhas (B) de plantas de arroz, cv. SCSBRS 113, submetidas aos tratamentos de oxigenação [$\leq 3,5$, $\pm 5,5$ e $\pm 7,5$ ppm de oxigênio dissolvido (OD)] e salinidade (0, 40 e 80 mM de NaCl). Para os gráficos das variáveis sem interação dos tratamentos significativa a 5%, as letras minúsculas comparam os tratamentos de oxigenação e as letras maiúsculas os tratamentos de salinidade. Para os gráficos das variáveis com interação dos tratamentos significativa a 5%, as letras minúsculas comparam os tratamentos de oxigenação dentro de cada tratamento de salinidade e as letras maiúsculas os tratamentos de salinidade dentro de cada tratamento de oxigenação.

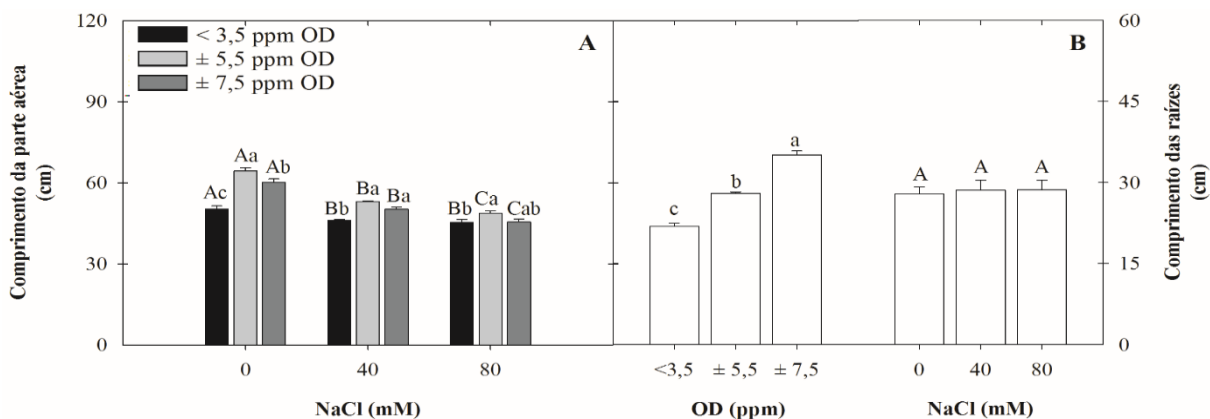


Figura 4. Comprimento da parte aérea (A) e das raízes (B) das plantas de arroz, cv. SCSBRS 113, submetidas aos tratamentos de oxigenação [$\leq 3,5$, $\pm 5,5$ e $\pm 7,5$ ppm de oxigênio dissolvido (OD)] e salinidade (0, 40 e 80 mM de NaCl). As letras minúsculas comparam os tratamentos de oxigenação dentro de cada tratamento de salinidade e as letras maiúsculas os tratamentos de salinidade dentro de cada tratamento de oxigenação.

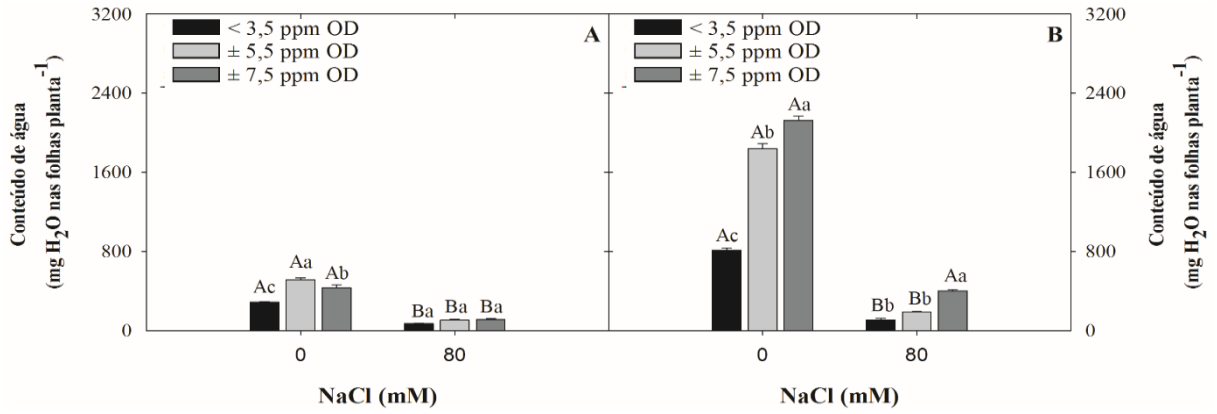


Figura 5. Conteúdo de água das folhas (CAF) aos 5 (A) e 10 (B) dias de aplicação de tratamentos nas plantas de arroz, cv. SCSBRS 113, submetidas aos tratamentos de oxigenação [$<3,5$, $\pm 5,5$ e $\pm 7,5$ ppm de oxigênio dissolvido (OD)] e salinidade (0 e 80 mM de NaCl). As letras minúsculas comparam os tratamentos de oxigenação dentro de cada tratamento de salinidade e as letras maiúsculas os tratamentos de salinidade dentro de cada tratamento de oxigenação.