

DOI: 10.5433/1679-0359.2015v36n5p2987

Germinação e crescimento de plântulas de genótipos de aveia branca submetidas ao estresse salino¹

Germination and growth of white oat genotypes seedlings submitted to salt stress¹

Fabiana Carrett Timm²; Juliana Magalhães Bandeira^{3*}; Mariana Larrondo Bicca⁴;
Juliana de Souza Dode⁵; Dario Munt de Moraes⁶

Resumo

A aveia branca é uma cultura de inverno utilizada em sucessão ao cultivo do arroz irrigado, estando sujeita ao estresse salino, devido ao acúmulo de sais no solo, principalmente na região sul do Rio Grande do Sul. O objetivo deste trabalho foi avaliar a germinação de sementes, o crescimento inicial das plântulas de nove genótipos de aveia branca, bem como identificar os genótipos contrastantes para o caráter tolerância à salinidade. Para isso, os genótipos foram submetidos a diferentes concentrações salinas (0, 25, 50, 75 e 100 mM de NaCl por litro de água), sendo analisadas as seguintes variáveis: porcentagem de germinação, primeira contagem de germinação, índice de velocidade de germinação, comprimento e massa seca da parte aérea e raízes das plântulas. As variáveis analisadas foram afetadas negativamente com o aumento da concentração de NaCl. O comprimento de raiz e o comprimento de parte aérea constitui em variáveis promissoras na separação dos genótipos em relação às diferentes concentrações salinas, permitindo selecionar dois genótipos contrastantes à salinidade, o URS 22 caracterizado como tolerante e o UPF 16 como sensível.

Palavras-chave: *Avena sativa*, cloreto de sódio, semente

Abstract

The white oat is a winter crop used in succession to rice cultivation, subject to salt stress due to the accumulation of salts in the soil, especially in the southern Rio Grande do Sul. The objective of this work was to evaluate the seed germination, initial growth of the nine genotypes seedling of white oat and to identify contrasting genotypes, well as to identify the genotypes contrasting to character for salt tolerance character. For this, the genotypes were submitted to different salt concentrations (0, 25, 50, 75 and 100 mM de NaCl per liter of water), being analyzed the following variables: percentage of germination, first counting germination, index germination speed, length, shoots and roots dry mass of seedlings. The results may imply that seed germination that the percentage of germination was slightly decreased compared to the shoot growth and roots that have been greatly reduced with increasing salt concentrations. The root length and shoot length is in promising variables in the separation of genotypes in relation to different salt concentrations, allowing you to select two contrasting genotypes to salinity, the (URS 22) characterized as tolerant and (UPF 16) as sensitive.

Key words: *Avena sativa* L., sodium chloride, seed

¹ Parte da tese de Doutorado do primeiro autor apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Fisiologia Vegetal, PPFV, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS.

² Bióloga, Dr^a do Programa em Pós-Graduação em Fisiologia Vegetal, UFPEL, Pelotas, RS. E-mail: fabixtimm@gmail.com

³ Bióloga, Dr^a do Programa em Pós-Graduação em Agronomia, UFPEL, Pelotas, RS. E-mail: bandeira_jm@hotmail.com

⁴ Eng^a Agr^a, Discente de Mestrado em Agronomia, UFPEL, Pelotas, RS. E-mail: mary.bicca@hotmail.com

⁵ Bióloga, Dr^a em Ciência e Tecnologia de Sementes, UFPEL, Pelotas, RS. E-mail: ju_dode@hotmail.com

⁶ Prof. Dr. do Programa em Pós- Graduação em Fisiologia Vegetal, UFPEL, Pelotas, RS. E-mail: moraesdm@ufpel.tche.br

* Autor para correspondência

Introdução

A aveia branca (*Avena sativa* L.) é uma gramínea anual de cultivo isolado ou consorciado, pertencente à família Poaceae, subfamília Poideae, tribo Aveneae (THOMAS, 1992). Devido ao elevado teor de proteínas e fibras solúveis ela é aproveitada tanto na alimentação humana, como na produção de ração animal, sendo também empregada na forma de forragem verde, feno e utilizada para silagem (HARTWIG et al., 2007).

Como cultura de inverno, a aveia branca é comumente cultivada em sucessão ao cultivo do arroz irrigado (KOPP et al., 2009), estando sujeita ao estresse salino, devido ao acúmulo de sais no solo, na região sul do Rio Grande do Sul (RG). A água utilizada para irrigação é proveniente da Laguna dos Patos que, por ter ligação com Oceano Atlântico, sofre a sua influência, em épocas de baixa precipitação pluvial, elevada evaporação atmosférica e demanda, tanto atmosférica quanto das lavouras de arroz do seu entorno (CARMONA, 2011).

Em acompanhamento efetuado em diversos pontos de captação de água da Laguna dos Patos para irrigação da cultura do arroz, entre os anos de 2005 e 2007, Fraga et al. (2007) observaram grande amplitude de valores de condutividade elétrica, com mínimas de 0,5 dSm⁻¹ ou 5,0 mM e máximas acima de 6,0 dSm⁻¹ ou 60 mM, valor este muito acima do tolerável para a cultura, que é de 2,0 dSm⁻¹ ou 20 mM (SOSBAI, 2010).

Pesquisas recentes analisando o estresse salino na germinação e crescimento de plântulas de aveia branca, comprovaram que o aumento das concentrações salinas (0, 25, 50, 75 e 100 mM de NaCl L⁻¹) no substrato para germinação, reduziu a porcentagem da germinação bem como crescimento inicial das plântulas, sendo que a última concentração (100 mM) quase inviabilizou a germinação de sementes (BRUNES, et al., 2013).

Nessas condições, é provável que ocorra redução da absorção de água pelas plantas devido ao excesso

de sais solúveis, capazes de reduzir o potencial hídrico do solo, que associada aos efeitos tóxicos dos sais no protoplasma da semente prejudicam a germinação (BARROSO; FRANKE; BARROSO, 2010), a velocidade da germinação, resultando na formação de plântulas com crescimento reduzido, caracterizado pela diminuição no comprimento da plântula e menor acúmulo de biomassa (SILVA et al., 2007; YOKOI, BRESSAN; HASEGAWA, 2002).

Um dos métodos mais defendidos para se determinar o limite de tolerância das plantas aos sais é a observação da porcentagem de germinação das sementes (LARCHER, 2000), assim como, parâmetros de crescimento sob condições salinas, para estimar o potencial das sementes no campo (FARIAS et al., 2009). Diante disso, o objetivo deste trabalho foi avaliar a germinação de sementes e o crescimento inicial de plântulas de nove genótipos de aveia branca e identificar genótipos contrastantes para o caráter tolerância à salinidade.

Material e Métodos

A pesquisa foi desenvolvida no Laboratório de Sementes do Departamento de Botânica da Universidade Federal de Pelotas (UFPel), *Campus Capão do Leão/RS* durante os anos de 2009/2010. Foram utilizadas sementes da safra 2008 de nove genótipos de aveia branca (BARBARASUL, FAPA 4, UFRGS 14, UFRGS 19, UPF 15, UPF 16, UPF 18, URS 21 e URS 22), provenientes da coleção de trabalho do Banco de Germoplasma de Aveia do Centro de Genômica e Fitomelhoramento da UFPel. As avaliações fisiológicas nas sementes e plântulas dos genótipos de aveia submetidas a diferentes concentrações salinas (0,0; 25; 50; 75 e 100 mM de NaCl L⁻¹) foram realizados por meio dos seguintes testes:

Germinação (G%): o teste foi realizado conforme especificado pelas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009) sendo utilizadas 400 sementes (quatro subamostras de 100 sementes

por tratamento), distribuídas entre três folhas de papel toalha tipo Germitest®, umedecidas, na proporção de 2,5 vezes a massa do substrato com as diferentes concentrações de NaCl, em seguida foram confeccionados rolos de papel, colocados na posição vertical dentro de sacos plásticos, de maneira a manter a base dos rolos umedecida até o final do experimento. Os sacos foram mantidos dentro de germinador a temperatura regulada de 20 °C e fotoperíodo de oito e 16 horas de luz e de escuro. A avaliação foi efetuada aos 10 dias após a semeadura (DAS) sendo considerada germinadas as sementes que apresentaram protrusão da raiz primária com 2 mm de comprimento.

Primeira contagem da germinação (PCG%): conduzida juntamente com o teste de germinação, sendo realizada aos cinco dias da semeadura (BRASIL, 2009), e os resultados foram expressos em porcentagem de sementes germinadas.

Índice de velocidade de germinação (IVG): realizado em conjunto com o teste de germinação computando-se as plântulas germinadas a cada dia até estabilização do estande. O IVG, para cada repetição foi calculado segundo a expressão de Maguire (1962) utilizando a seguinte fórmula: $IVG = G_1/N_1 + G_2/N_2 + \dots + G_n/N_n$, onde G_1 , G_2 e G_n representam o número de sementes que emitiram raiz primária, computadas na primeira, segunda e última contagem; N_1 , N_2 e N_n representam o dia de avaliação após a semeadura.

Comprimento da parte aérea e de raízes (CPA e CR): determinados ao final do teste de germinação, em 40 plântulas de cada tratamento, tomadas ao acaso, medidas com régua milimetrada, com os resultados expressos em mm por plântula.

Massas secas da parte aérea e de raízes (MSPA e MSR): foram utilizadas as mesmas plântulas utilizadas para avaliar o CPA e CR, as quais foram secas em estufa a 70 ± 2 °C para determinação gravimétrica, até atingirem massa constante, tendo os resultados expressos em mg por plântula.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 9X5. Os dados foram analisados quanto à sua homocedasticidade e submetidos à análise de variância (ANOVA) pelo software estatístico GENES (CRUZ, 2001). Havendo significância, realizou-se teste de agrupamento de média Scott Knott (1974) a 5% de probabilidade para o fator genótipo e os níveis de concentração salina foram analisados por regressão.

Resultado

Houve interação entre os tratamentos para germinação (G), primeira contagem de germinação (PCG), índice de velocidade de germinação (IVG), comprimento da parte aérea (CPA), comprimento de raiz (CR), massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca da raiz (MSR). Nas Tabelas 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7 são apresentados os resultados de comparação de médias entre os genótipos BARBARASUL, FAPA 4, UFRGS 14, UFRGS 19, UPF 15, UPF 16, URS 18, URS 21 e URS 22, dentro de cada nível de concentração salina.

As maiores porcentagens de germinação (Tabela 1) foram constatadas nos genótipos BARBARASUL (95%), FAPA 4 (93%), URS 22 (93%) no tratamento controle, mantendo-se com 87; 93; 92% na maior concentração salina (100 mM de NaCl L⁻¹). Os genótipos UFRGS 19, UPF 18 e URS 21 apresentaram as menores porcentagens de germinação, com 84, 82 e 86% no tratamento controle, reduzindo para 84, 79 e 81% na concentração de 100 mM de NaCl L⁻¹, respectivamente. Os genótipos UFRGS 19, UPF 15 e URS 22 atingiram ponto de mínima porcentagem de germinação nas concentrações de 57,45; 37,70 e 50,90 de NaCl L⁻¹. Em contrapartida, o UPF 18 teve o ponto de máxima germinação na concentração de 22,50 de NaCl L⁻¹, respectivamente (Figura 1A). Esses resultados revelam que as sementes dos genótipos UFRGS 19, URS 22 e UPF 15 apresentam maior tolerância ao aumento das concentrações

salinas, quando comparada com as sementes do UPF 18, que mostram maior sensibilidade com o incremento das concentrações salinas, pois tiveram a porcentagem de germinação afetada a partir da concentração de 25 mM de NaCl L⁻¹.

A presença do sal também afetou a primeira contagem de germinação (Tabela 2), os genótipos FAPA 4, UFRGS 14, UFRGS 19, UPF 15, UPF 18 e URS 21 foram os que exibiram os maiores decréscimos nas concentrações de zero e 100 mM

de NaCl L⁻¹. Resultado oposto ao dos genótipos URS 22, UPF 16 que mantiveram as porcentagens de germinação constante, conforme o aumento das concentrações salinas. Os genótipos UFRGS 19, UPF 16 e URS 22 apresentaram ponto de mínima da PCG nas concentrações de 62,50; 24,25 e 77,25 de NaCl L⁻¹, respectivamente (Figura 1B). Embora os genótipos apresentem as menores porcentagens nesses pontos, é possível verificar na figura que são diferenças tênues entre as concentrações.

Tabela 1. Porcentagem de germinação de sementes (%) de nove genótipos de aveia branca expostas às concentrações de 0,0; 25; 50; 75 e 100 mM de NaCl L⁻¹.

Genótipo	Porcentagem de Germinação (G%)				
	Concentrações de NaCl (mM)				
	0,0	25	50	75	100
BARBARASUL	95 A	92 A	89 A	92 A	87 B
FAPA 4	93 A	91 A	93 A	95 A	93 A
UFRGS 14	90 B	87 A	82 B	89 A	85 B
UFRGS 19	84 C	84 A	81 B	81 B	84 B
UPF 15	89 B	89 A	88 A	89 A	90 A
UPF 16	90 B	89 A	90 A	94 A	94 A
UPF 18	82 C	84 A	83 B	79 B	79 C
URS 21	86 C	84 A	88 A	81 B	81 C
URS 22	93 A	91 A	91 A	92 A	92 A

Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas, na coluna (genótipo), não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade de erro, pelo teste de Scott-Knott (1974).

Fonte: Elaboração dos autores.

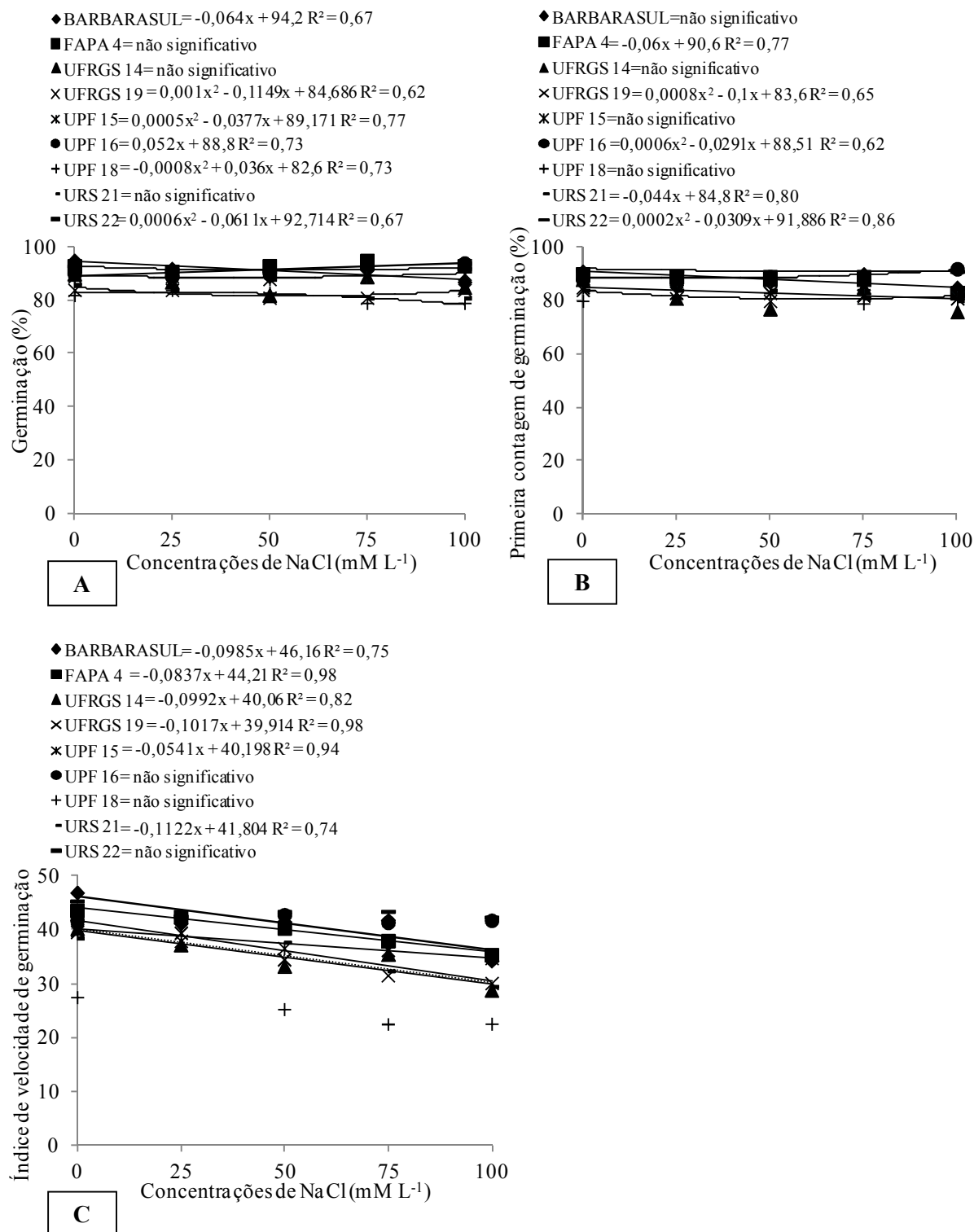
Tabela 2. Primeira contagem de germinação de sementes (%) de nove genótipos de aveia branca expostas às concentrações de 0,0; 25; 50; 75 e 100 mM de NaCl L⁻¹.

Genótipo	Primeira contagem de germinação (PCG%)				
	Concentrações de NaCl (mM)				
	0,0	25	50	75	100
BARBARASUL	91 A	86 A	87 A	90 A	85 B
FAPA 4	90 A	89 A	88 A	88 A	83 B
UFRGS 14	88 A	81 B	77 C	85 B	76 C
UFRGS 19	84 B	84 B	80 C	82 B	81 C
UPF 15	85 B	83 B	83 B	82 B	81 C
UPF 16	88 A	89 A	89 A	88 A	92 A
UPF 18	80 B	81 B	83 B	79 B	81 C
URS 21	84 B	84 B	84 B	81 B	80 C
URS 22	92 A	91 A	91 A	91 A	91 A

Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas, na coluna (genótipo), não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade de erro, pelo teste de Scott-Knott (1974).

Fonte: Elaboração dos autores.

Figura 1. Germinação e primeira contagem de germinação de nove genótipos de aveia crescidos na presença de diferentes concentrações de cloreto de sódio (0,0; 25; 50; 75 e 100 mM de NaCl L⁻¹).



Fonte: Elaboração dos autores.

O índice de velocidade de germinação (Tabela 3) revelou diferenças significativas entre os nove genótipos de aveia nas crescentes concentrações salinas, exceto para os genótipos URS 22 e UPF 16 que apresentaram médias de 45,43 e 41,85 no tratamento controle e de 42,41 e 41,83 no tratamento

de 100 mM de NaCl L⁻¹, respectivamente, não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos. Na (Figura 1C) é possível observar decréscimo linear do IVG para grande parte dos genótipos, sendo que a maioria atingiram valor igual ou inferior a 35 na concentração de 100 mM L⁻¹ de NaCl.

Tabela 3. Índice de velocidade de germinação de sementes de nove genótipos de aveia branca expostas às concentrações de 0,0; 25; 50; 75 e 100 mM de NaCl L⁻¹

Genótipo	Índice de velocidade de germinação (IVG)				
	Concentrações de NaCl (mM)				
	0,0	25	50	75	100
BARBARASUL	47,00 A	41,25 A	41,66 A	41,91 A	34,36 B
FAPA 4	43,69 A	42,50 A	40,42 A	38,08 B	35,44 B
UFRGS 14	40,40 B	37,33 B	33,34 C	35,54 B	28,90 C
UFRGS 19	39,68 B	38,06 B	34,59 C	31,63 C	30,18 C
UPF 15	40,02 B	39,54 B	36,71 B	36,33 B	34,86 B
UPF 16	41,85 B	42,61 A	42,88 A	41,48 A	41,83 A
UPF 18	27,57 C	27,68 C	25,39 D	22,60 D	22,66 D
URS 21	38,55 B	38,12 B	37,75 B	32,46 C	29,60 C
URS 22	45,43 A	43,87 A	43,47 A	43,53 A	42,41 A

Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas, na coluna (genótipo), não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade de erro, pelo teste de Scott-knott (1974).

Fonte: Elaboração dos autores.

As variáveis de comprimento e massa seca da parte aérea e raízes dos genótipos testados mostraram maior sensibilidade em função do incremento das concentrações salinas. O melhor desempenho dentre os genótipos para o comprimento da parte aérea (Tabela 4) foi obtido pelo URS 22, o qual atingiu 192,45 mm de comprimento no tratamento de menor concentração de NaCl L⁻¹, não diferindo estatisticamente do FAPA 4 (178,72 mm), os quais

atingiram 143,25 e 110,20 mm no tratamento de 100 mM L⁻¹, apresentando redução de 25,57 e 38,34%, respectivamente, em relação ao tratamento controle. No entanto, a redução mais drástica entre os genótipos ocorreu para o UPF 16, com 156,75 mm de altura no tratamento controle e 66,96 mm no tratamento com 100 mM de NaCl L⁻¹, tendo redução de 57,28%.

Tabela 4. Comprimento da parte aérea (mm por plântula) de plântulas de nove genótipos de aveia branca expostas às concentrações de 0,0; 25; 50; 75 e 100 mM de NaCl L⁻¹

Genótipo	Comprimento da parte aérea (CPA)				
	Concentrações de NaCl (mM)				
	0,0	25	50	75	100
BARBARASUL	158,72 D	167,05 C	151,90 C	145,12 B	92,10 C
FAPA 4	178,72 B	177,02 B	162,82 B	138,75 C	110,20 B
UFRGS 14	157,57 D	155,25 C	143,35 D	112,35 E	95,77 C
UFRGS 19	165,17 C	158,27 C	132,95 E	115,20 D	82,72 D
UPF 15	168,47 C	175,92 B	163,25 B	126,12 E	114,05 B
UPF 16	156,75 D	141,47 D	117,65 F	82,75 F	66,96 F
UPF 18	151,82 D	158,15 C	140,90 D	132,35 D	104,55 B
URS 21	160,50 D	159,92 C	135,20 E	116,55 E	91,92 C
URS 22	192,45 A	197,80 A	176,06 A	158,00 A	143,25 A

Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas, na coluna (genótipo), não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade de erro, pelo teste de Scott-knott (1974).

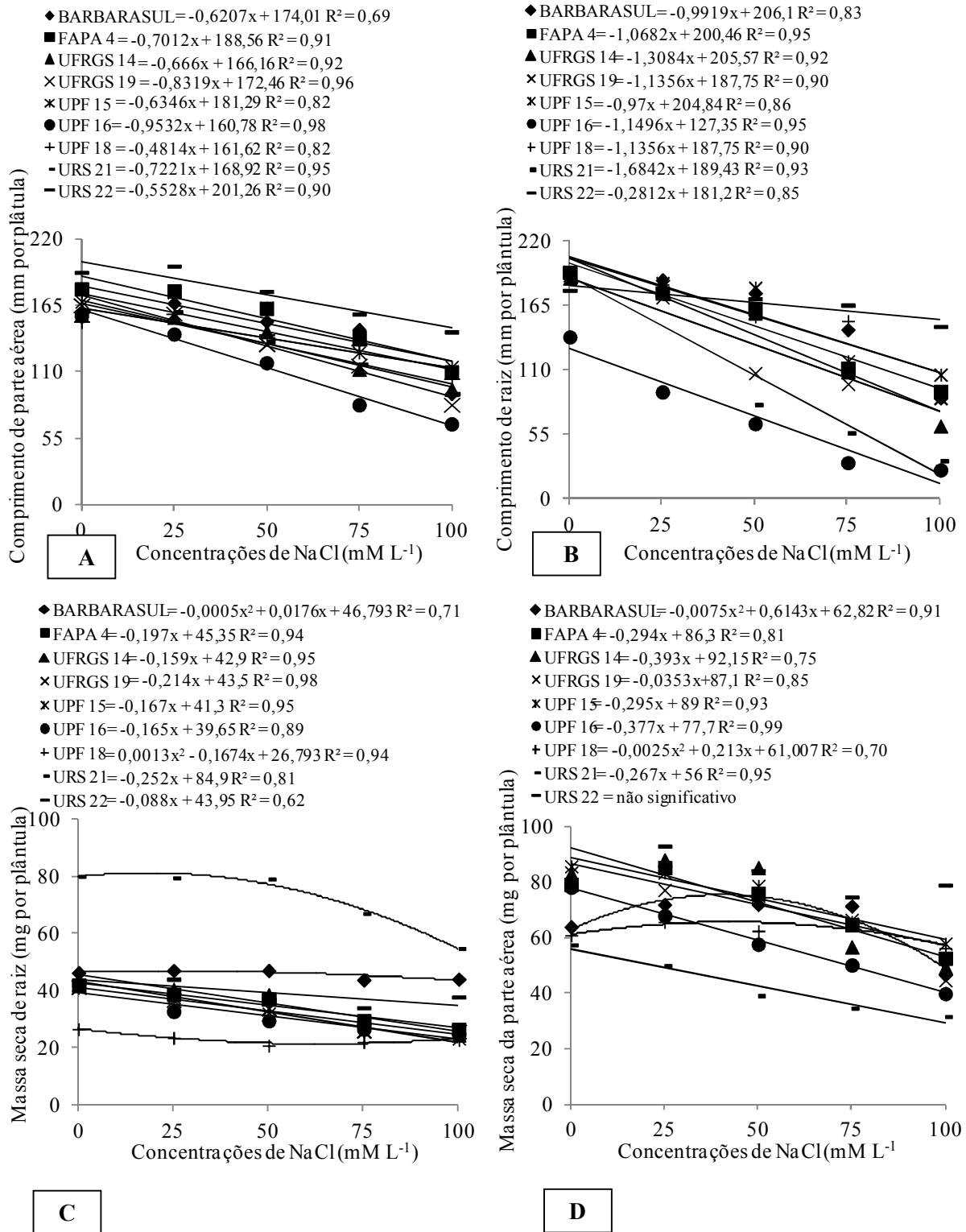
Fonte: Elaboração dos autores.

Para alguns genótipos ocorreu aumento no crescimento da parte aérea em 25 mM de NaCl L⁻¹, no entanto a partir da concentração de (50mM de NaCl L⁻¹) houve decréscimo acentuado no crescimento (Figura 2A). O efeito do sal no crescimento pode ser esclarecido devido à pequenas concentrações do sódio contribuir no aumento da expansão celular (TAIZ; ZEIGER, 2013), para a produção ou para a resistência a condições desfavoráveis do meio (MALAVOLTA, 2006). Devido à função osmótica, o potássio pode ser parcialmente substituído pelo sódio como soluto osmoticamente ativo (GLASS; SIDDIQI, 1984; TAIZ; ZEIGER, 2013), sendo assim o sódio requerido no crescimento de diversas culturas como cevada, aspargo, cenoura, trigo, ervilha, aveia e alface (SUBBARAO et al., 2003).

A variável mais afetada pelo estresse salino foi o comprimento de raízes (Tabela 5), apresentando diferenças mais expressivas nas concentrações

acima de 50 mM de NaCl. O genótipo URS 22 foi o que apresentou melhor performance, atingindo 178,10 mm de comprimento da raiz principal no tratamento de menor concentração salina e de 147,20 mm no tratamento de maior concentração, com redução de apenas 17,35%, apresentando diferença significativa somente na última concentração, ou seja, em 100 mM de NaCl. Em contrapartida, o genótipo UPF 16 teve maior inibição do crescimento radicular, apresentando 138,25 mm no tratamento controle e 24,72 mm na concentração de 100 mM de NaCl, reduzindo 82,12%, apresentando diferença estatística do controle a partir da concentração de 25 mM de NaCl, sendo observado raízes de tamanho reduzido, mais espessas para esse genótipo no tratamento de 100 mM. Na (Figura 2B) é notável efeito nocivo do incremento dos níveis de NaCl no crescimento radicular principalmente dos genótipo UPF 16 e URS 21 na concentração de 100mM.

Figura 2. Comprimento de raiz, parte aérea, massa seca da parte aérea e da raiz de nove genótipos de aveia crescidos na presença de diferentes concentrações de cloreto de sódio (0,0; 25; 50; 75 e 100 mM de NaCl L⁻¹).



Fonte: Elaboração dos autores.

Tabela 5. Comprimento de raiz (mm por plântula) de plântulas de nove genótipos de aveia branca expostas às concentrações de 0,0; 25; 50; 75 e 100 mM de NaCl L⁻¹.

Genótipo	Comprimento de raiz (CR mm)				
	Concentrações de NaCl (mM L ⁻¹)				
	0,0	25	50	75	100
BARBARASUL	189,10 A	186,85 A	175,80 A	144,47 B	86,30 C
FAPA 4	193,35 A	175,90 B	162,40 B	111,62 C	91,97 C
UFRGS 14	188,65 A	182,65 A	158,82 B	108,45 C	62,20 D
UFRGS 19	191,10 A	172,10 B	107,32 C	98,25 D	86,07 C
UPF 15	193,85 A	184,22 A	180,22 A	117,42 C	106,00 B
UPF 16	138,25 B	91,26 C	64,22 E	30,92 F	24,72 E
UPF 18	191,35 A	183,12 A	155,65 B	151,85 B	89,20 C
URS 21	185,65 A	171,20 B	80,42 D	56,25 E	32,60 E
URS 22	178,10 A	174,00 B	170,92 A	165,50 A	147,20 A

Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas, na coluna (genótipo), não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade de erro, pelo teste de Scott-knott (1974).

Fonte: Elaboração dos autores.

O acúmulo de massa seca da parte aérea (Tabela 6) também apresentou redução significativa conforme o incremento das concentrações salinas para todos os genótipos. O maior incremento foi obtido pelo genótipo URS 22, que acumulou 81 mg de massa seca no tratamento controle e 79 mg no tratamento de 100 mM de NaCl. A maior redução foi de 48,88% no genótipo UPF 16, que teve

massa seca de 78,25 mg no tratamento testemunha e 40 mg no tratamento de maior concentração de NaCl. Na (Figura 2C) é verificado que a maioria dos genótipos apresentou redução na produção de massa seca com o aumento das concentrações salinas. Os genótipos BARBARASUL e UPF 18 apresentaram seu ponto de máxima produção de massa seca nas concentrações salinas de 20,47 e 42,68, respectivamente.

Tabela 6. Massa seca da parte aérea (mg por plântula) de plântulas de nove genótipos de aveia branca expostas às concentrações de 0,0; 25; 50; 75 e 100 mM de (NaCl).

Genótipo	Massa seca da parte aérea (MSPA)				
	Concentrações de NaCl (mM)				
	0,0	25	50	75	100
BARBARASUL	64,00 B	72,00 D	72,00 B	71,75 A	46,75 C
FAPA 4	79,25 A	85,25 B	76,00 B	64,75 B	52,75 B
UFRGS 14	83,00 A	88,00 A	85,25 A	56,75 C	49,50 C
UFRGS 19	83,50 A	77,25 C	75,25 B	66,50 B	44,75 C
UPF 15	85,75 A	83,50 B	78,75 B	65,25 B	58,00 B
UPF 16	78,25 A	68,00 D	57,75 C	50,25 D	40,00 D
UPF 18	61,00 B	65,75 D	62,50 C	65,75 B	56,25 B
URS 21	57,50 B	50,00 E	39,25 D	34,75 E	31,75 E
URS 22	81,00 A	93,00 A	84,25 A	74,75 A	79,00 A

Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas, na coluna (genótipo), não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade de erro, pelo teste de Scott-knott (1974).

Fonte: Elaboração dos autores.

Em relação à massa seca das raízes (Tabela 7) o genótipo URS 21, seguido de BARBARASUL e URS 22 foram os que apresentaram os maiores acúmulos na produção dessa variável na maior concentração salina. Por outro lado, os menores acúmulos de biomassa da raiz, foram obtidos pelos genótipos FAPA 4, UFRGS 14, UFRGS 19, UPF 15, UPF 16, UPF 18 na maior concentração salina, sendo que o genótipo UFRGS 19 apresentou

maior redução deste parâmetro (46,89%). É possível observar (Figura 2D) que apesar da maior parte dos genótipos ter apresentado reduções com o incremento das concentrações salinas, os genótipos BARBARASUL e UPF 18 praticamente mantiveram o acúmulo de massa seca constante, conforme o incremento das concentrações salinas, atingindo o máximo de acúmulo na concentração de 17 mM e o mínimo na concentração de 64,38 de NaCl L⁻¹, respectivamente.

Tabela 7. Massa seca da raiz (mg plântula) de plântulas de nove genótipos de aveia branca expostas às concentrações de 0,0; 25; 50; 75 e 100 mM de NaCl L⁻¹.

Genótipo	Massa seca da raiz (MSR)				
	Concentrações de NaCl (mM)				
	0,0	25	50	75	100
BARBARASUL	46,50 B	47,25 B	47,25 B	44,00 B	44,25 B
FAPA 4	42,00 B	39,00 C	37,25 C	29,75 D	26,75 D
UFRGS 14	43,75 B	40,75 C	38,75 C	29,50 D	24,75 D
UFRGS 19	44,25 B	38,00 C	32,25 D	26,00 D	23,50 D
UPF 15	41,50 B	37,00 C	34,00 C	26,25 D	26,00 D
UPF 16	42,50 B	33,00 D	29,75 E	26,75 D	25,00 D
UPF 18	26,75 C	23,75 E	21,00 F	22,25 D	23,00 D
URS 21	80,25 B	79,75 A	79,25 A	67,25 A	55,00 A
URS 22	44,00 A	44,25 B	37,25 C	34,25 C	38,00 C

Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas, na coluna (genótipo), não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade de erro, pelo teste de Scott-knott (1974).

Fonte: Elaboração dos autores.

Comparando os resultados dos genótipos de aveia na porcentagem de germinação, primeira contagem de germinação e índice de velocidade de germinação, é notado que as variáveis foram reduzidas com o aumento das concentrações salinas, sendo que as maiores reduções aconteceram na concentração salina de 100 mM L⁻¹ principalmente para variável IVG. Este efeito é esperado devido à velocidade de germinação ser o primeiro parâmetro afetado pela redução da disponibilidade de água, provocando maior tempo para a finalização do processo germinativo (ANDREO-SOUZA et al., 2010), em consequência do incremento das concentrações salinas. O excesso de sal causa redução na absorção de água pelas sementes e

consequentemente pode ter ocorrido à entrada de íons em concentração tóxica no protoplasma das células, devido à redução na eficiência seletiva da membrana durante o processo de germinação de sementes (KAWANO; ITO; SAKAGAMI, 2009; LODHI et al., 2009).

Shereen et al. (2011), testando o potencial germinativo de sete linhagens de arroz, constataram que as reduções da porcentagem de germinação, na maioria das linhagens, ocorreram a partir da concentração de 100 mM de NaCl. Em estudo utilizando genótipos de trigo expostos as concentrações (0, 40, 80 e 160 mM de NaCl⁻¹) as reduções aconteceram a partir da concentração de 150 mM de NaCl (GHALOO et al., 2011).

Estes dados demonstram que a porcentagem de germinação aveia branca possui menor resistência ao incremento das concentrações salinas quando comparada com a cultura do arroz e do trigo.

Os prejuízos do estresse salino foram mais visíveis no crescimento da parte aérea e das raízes dos genótipos, principalmente do UPF 16. A maior concentração interferiu drasticamente no crescimento da parte aérea e na morfologia das plântulas, apresentando folhas de tamanho pequeno, túrgidas e envolvidas pelo coleótilo, raízes espessas e curtas ao final do teste de germinação. Reduções no comprimento de raiz também foram observadas em cultivares de trigo em resposta ao incremento dos níveis de salinidade por Akbarimoghaddam et al. (2011).

A inibição do crescimento da raiz é considerada a principal resposta em plantas submetidas ao estresse salino (MAIA et al., 2010), pois, são os órgãos mais vulneráveis tendo em vista que estão diretamente expostos aos efeitos da salinização (MUNNS; TESTER, 2008). O aumento das concentrações salinas causa redução no potencial hídrico dos tecidos, provocando restrição no crescimento uma vez que as taxas de alongamento e divisão celular dependem diretamente do processo de extensibilidade da parede celular (ASHRAF; HARRIS, 2004), resultando em mudanças na morfologia, inibição do alongamento e no crescimento de raízes laterais (RUBBINIGG et al., 2004).

Analisando a resposta dos nove genótipos de aveia para as variáveis massas seca da parte aérea e das raízes, verifica-se que o genótipo URS 22 mostrou maior incremento de massa seca na parte aérea enquanto que no genótipo URS 21, o acúmulo foi nas raízes. Esses resultados sugerem que o genótipo URS 22 alocou a maior parte dos assimilados na parte aérea e o genótipo URS 21 para a raiz, sendo possível inferir que possuem diferenças nos mecanismos de defesa, de modo a assegurar seu crescimento.

Os demais genótipos reduziram sua produção de massa seca em ambas as partes, podendo caracterizá-los por terem maior sensibilidade à salinidade. Resultados semelhantes foram verificados por Lima et al. (2005) em cultivar de arroz tolerante (BRS Bojurú) a qual alocou maior quantidade de assimilados na raízes enquanto que o cultivar sensível (BRS Agrisul) reduziu a matéria seca em ambas as partes. Estas reduções, provavelmente tenham ocorrido devido ao aumento das concentrações salinas que reduzem o crescimento de raízes devido à menor absorção de água, causando redução na velocidade dos processos fisiológicos e bioquímicos da germinação, resultando na formação de plântulas com crescimento reduzido e, conseqüentemente, com menor acúmulo de matéria seca da parte área e raízes (SILVA et al., 2007).

Conclusão

As variáveis analisadas foram afetadas negativamente com aumento da concentração de NaCl. O comprimento de raiz e o comprimento de parte aérea constitui em variáveis promissoras na separação dos genótipos em relação às diferentes concentrações salinas, permitindo selecionar dois genótipos contrastantes à salinidade, o URS 22 caracterizado como tolerante e o UPF 16 como sensível.

Agradecimentos

Os autores agradecem à CAPES pela concessão de bolsa para o primeiro autor, durante o desenvolvimento da tese em Fisiologia Vegetal na Universidade Federal de Pelotas.

Referências

AKBARIMOGHADDAM, H.; GALAVI, M.; GHANBARI, A.; PANJEHKEH, N. Salinity effects on seed germination and seedling growth of bread wheat cultivars. *Trakia Journal of Sciences*, Bulgária, v. 9, n. 1, p. 43-50, 2011. Disponível em: <<http://tru.uni-sz.bg/>>

- tsj/Vol9N1_2011/H.Akbarinoghaddam.pdf>. Acesso em: 05 ago. 2015.
- ANDREO-SOUZA, Y.; FERREIRA, A. L.; SILVA, F. F. S.; RIBEIRO-REIS, R. C.; EVANGELISTA, M. R.V.; CASTRO, R. D.; DANTAS, B. F. Efeito da salinidade na germinação de sementes e no crescimento inicial de mudas de pinhão manso. *Revista Brasileira de Sementes*, Londrina, v. 32, n. 2, p. 83-92, 2010. Disponível em: <<http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/864946/1/Barbara.pdf>>. Acesso em: 15 jul. 2015.
- ASHRAF, M.; HARRIS, P. J. C. Potential biochemical indicators of salinity tolerance in plants. *Plant Science*, Ireland, v. 166, n. 01, p. 3-16, 2004. Disponível em: <http://ac.els-cdn.com/S0168945203004679/1-s2.0-S0168945203004679-main.pdf?_tid=624465fa-d77e-11e2-bc6c-00000aacb35d&acdnat=1371495039_e4655b469b5b1dc54e09e1d1693d662f>. Acesso em: 30 jul. 2015.
- BARROSO, C. M.; FRANKE, L. B.; BARROSO, I. B. Substrato e luz na germinação das sementes de rainhad-abismo. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 28, n. 2, p. 236-240, 2010. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/hb/v28n2/a18v28n2.pdf>>. Acesso em: 10 jul. 2015.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Regras para análise de sementes*. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária, Brasília, DF: Mapa/ACS, 2009. 395 p. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/12261_sementes_web.pdf>. Acesso em: 20 jul. 2014.
- BRUNES, A. P.; FONSECA, D. A. R.; RUFFINO, C. A.; TAVARES, L. C.; TUNES, L. M.; VILLELA, F. A. Crescimento de plântulas de aveia branca submetidas ao estresse salino. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v. 34, n. 6, p. 3455-3462, 2013. Disponível em: <http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias/article/view/12785/pdf_81>. Acesso em: 06 ago. 2015.
- CARMONA, F. C. *Salinidade da água e do solo e sua influência sobre o arroz irrigado*. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul: Porto Alegre, 2011. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/29534/000776595.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 29 jul. 2015.
- CRUZ, C. D. *Programa GENES – Versão Windows. Aplicativo computacional em genética e estatística*. Viçosa: UFV, 2001. 648 p.
- FARIAS, S. G. G.; FREIRE, A. L. O.; SANTOS, D. R. S.; BAKKE, I. A.; SILVA, R. B. Efeitos dos estresses hídrico e salino na germinação de sementes de gliricídia *Gliricidiasepium* (Jacq.) Steud. *Revista Caatinga*, Mossoró, v. 22, n. 4, p. 152-157, 2009. Disponível em: <<http://periodicos.ufersa.edu.br/revistas/index.php/sistema/article/view/1329/754>>. Acesso em: 17 jul. 2015.
- FRAGA, T. I.; MARCOLIN, E.; MACEDO, V. R. M.; GENRO JUNIOR, S. A.; SCHOENFELD, R.; ANGUINONI, I. Salinidade da água da Laguna dos Patos utilizada no arroz irrigado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 5.; REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 27., Pelotas, 2007. *Anais...* Pelotas, 2007. p. 405-407. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=000108&pid...>. Acesso em: 16 jun. 2015.
- GHALOO, S. H.; SOOMRO, Z. A.; KHAN, N. U.; BIBI, Z.; KHAN, I. U.; KAKAR, M. S.; TARAN, S. A.; RAJPER, A. A. Response of wheat genotypes to salinity at early growth stages. *Pakistan Journal of Botany*, Karachi, v. 43, n. 1, p. 617-623, 2011. Disponível em: <[http://www.pakbs.org/pjbot/PDFs/43\(1\)/281/29/PJB43\(1\)/281/29617.pdf](http://www.pakbs.org/pjbot/PDFs/43(1)/281/29/PJB43(1)/281/29617.pdf)>. Acesso em: 10 jun. 2015.
- GLASS, A. D. M.; SIDDIQI, M. Y. The control of nutrient uptake rate in relation to the inorganic composition of plants. In: TINKER, P. B.; LAUCHLI, A. (Ed.). *Advances in plant nutrition*. New York: Praeger, 1984. p. 103-147.
- HARTWIG, I.; SILVA, J. A. G.; CARVALHO, F. I. F.; OLIVEIRA, A. C.; BERTAN, I.; VALÉRIO, I. P.; SILVA, G. O.; RIBEIRO, G.; FINATTO, T.; SILVEIRA, G. Variabilidade fenotípica de caracteres adaptativos da aveia branca (*Avena sativa* L.) em cruzamentos dialélicos. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 37, n. 2, p. 337-345, 2007. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cr/v37n2/a07v37n2.pdf>>. Acesso em: 20 jul. 2015.
- KAWANO, N.; ITO, O.; SAKAGAMI, J. Morphological and physiological responses of rice seedlings to complete submergence (Flash flooding). *Annals of Botany*, Oxford, v. 103, n. 2, p. 161-169, 2009. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2707308/pdf/mcn171.pdf>>. Acesso em: 23 jul. 2015.
- KOPP, M. M.; LUZ, V. K.; MAIA, L. C.; SOUZA, R. O.; CARVALHO, F. I. F.; OLIVEIRA, A. C. Avaliação de genótipos de aveia branca sob estresse de ácidos orgânicos. *Bragantia*, Campinas, v. 68, n. 2, p. 329-338, 2009. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/brag/v68n2/06.pdf>>. Acesso em: 07 abr. 2013.
- LARCHER, W. *Ecofisiologia vegetal*. São Carlos: Rima, 2000. 531 p.
- LIMA, M. G. S.; LOPES, N. F.; MORAES, D. M.; ABREU, C. M. Qualidade fisiológica de sementes de arroz submetidas a estresse salino. *Revista Brasileira de Sementes*, Pelotas, v. 27, n. 1, p. 54-61, 2005. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/%0D/rbs/v27n1/25181.pdf>>. Acesso em: 05 jul. 2015.

- LODHI, A.; SAJJAD, H. M.; MAHMOOD, A.; TAHIR, S.; AZAM, F. Photosynthate partitioning in wheat (*Triticumaestivum*L.) as affected by root zone salinity and form of N. *Pakistan Journal of Botany*, Karachi, v. 41, n. 3, p. 1363-1372, 2009. Disponível em: <[http://www.pakbs.org/pjbot/PDFs/41\(3\)/PJB41\(3\)1363.pdf](http://www.pakbs.org/pjbot/PDFs/41(3)/PJB41(3)1363.pdf)>. Acesso em: 31 jul. 2015.
- MAGUIRE, J. D. Speed of germination aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Science*, Madison, v. 2, n. 2, p. 176-177. 1962. Disponível em: <<http://dl.sciencesocieties.org/publications/cs/pdfs/2/2/CS0020020176>>. Acesso em: 22 jul. 2015.
- MAIA, J. M.; VOIGT, E. L.; MACÊDO, C. E. C.; FERREIRA-SILVA, S. L.; SILVEIRA, J. A. G. Salt-induced changes in antioxidative enzyme activities in root tissues do not account for the differential salt tolerance of two cowpea cultivars. *Brazilian Journal Plant Physiology*, Rio de Janeiro, v. 22, n. 2, p. 113-122, 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1677-04202010000200005&script=sci_arttext>. Acesso em: 21 jul. 2015.
- MALAVOLTA, E. *Manual de nutrição mineral de plantas*. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. 638 p.
- MUNNS, R.; TESTER M. Mechanisms of salinity tolerance. *Annual Review of Plant Biology*, Palo Alto, v. 59, n.1, p. 651-681, 2008. Disponível em: <<http://www.annualreviews.org/doi/pdf/10.1146/annurev.arplant.59.032607.092911>>. Acesso em: 05 ago. 2015.
- RUBBINIGG, M.; WENISCH, J.; ELZENGA, J. T. M.; STULEN, I. NaCl salinity affects lateral root development in *Plantago maritima*. *Functional Plant Biology*, Melbourne, v. 31, n. 8, p. 775-780, 2004. Disponível em: <<http://www.publish.csiro.au/paper/FP03222.htm>>. Acesso em: 06 ago. 2015.
- SCOTT, A.; KNOTT, M. Cluster-analysis method for grouping means in analysis of variance. *Biometrics, International Biometric Society*, Washington, v. 30, n. 3, p. 507-512, 1974. Disponível em: <<http://www.jstor.org/stable/2529204>>. Acesso em: 06 ago. 2015.
- SHEREEN, A.; ANSARI, R.; RAZA, S.; MUMTAZ, S.; KHAN, M. A.; ALI KHAN, M. Salinity induced metabolic changes in rice (*Oryza sativa* L.) seeds during germination. *Pakistan Journal of Botany*, Karachi, v. 43, n. 3, p. 1659-1661, 2011. Disponível em: <[http://www.pakbs.org/pjbot/PDFs/43\(3\)/PJB43\(3\)1659.pdf](http://www.pakbs.org/pjbot/PDFs/43(3)/PJB43(3)1659.pdf)>. Acesso em: 06 ago. 2015.
- SILVA, R. N.; LOPES, N. F.; MORAES, D. M.; PEREIRA, A. L.; DUARTE, G. L. Physiological quality of barley seeds submitted to saline stress. *Revista Brasileira de Sementes*, Londrina, v. 29, n. 1 p. 40-44, 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0101-31222007000100006&script=sci_arttext>. Acesso em: 05 ago. 2015.
- SOCIEDADE SUL-BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO – SOSBAI. Recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil. Porto Alegre, 2010. 188 p. Disponível em: <http://www3.irga.rs.gov.br/uploads/anexos/1288898784Arroz_Irrigado_Recomendacoes_Tecnicas.pdf>. Acesso em: 20 jul. 2015.
- SUBBARAO, G. V.; ITO, O.; BERRY, W. L.; WHEELER, R. M. Sodium – a functional plant nutrient. *Critical Reviews in Plant Sciences*, Apopka, v. 22, n. 5, p. 391-416, 2003. Disponível em: <http://www.researchgate.net/profile/Guntur_Subbarao/publication/225090091_SodiumA_Functional_Plant_Nutrient_%2A/links/0fcfd4fcb4b5422867000000.pdf?disableCoverPage=true>. Acesso em: 20 jul. 2015.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Fisiologia vegetal*. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 954 p.
- THOMAS, H. Cytogenetics of avena. In: MARSHALL, H. G.; SORRELLS, M. E. *Oat science and technology*. Madson: American Society of Agronomy, 1992. p. 473-507. Disponível em: <<http://dl.sciencesocieties.org/publications/books/pdfs/agronomymonogra/oatscienceandte/473>>. Acesso em: 22 jul. 2015.
- YOKOI, S.; BRESSAN, R. A.; HASEGAWA, P. M. Salt stress tolerance of plants. *Jircas Working Report*, Ishigaki, v. 23, n.1, p.25-33, 2002. Disponível em: <http://www.researchgate.net/publication/225040559_Salt_stress_Tolerance_of_plants>. Acesso em: 06 ago. 2015.

