

ALAGAMENTO DO SOLO: EFEITO NO CRESCIMENTO INICIAL DA AVEIA BRANCA (*Avena sativa* L.)

Thais D'Avila Rosa¹; Tiago Pedó^{2*}; Emanuela Garbin Martinazzo³; Vânia Marques Gehling⁴; Geison Rodrigo Aisenberg⁴; Tiago Zanatta Aumonde⁵; Francisco Amaral Villela⁵

SAP 10101 Data envio: 28/05/2014 Data do aceite: 17/11/2014

Scientia Agraria Paranaensis – SAP; ISSN: 1983-1471

Marechal Cândido Rondon, v. 14, n. 2, abr./jun., p. 127-131, 2015

RESUMO - O alagamento do solo reduz o teor de oxigênio próximo às raízes, afetando o metabolismo energético e absorção de água e nutrientes. Desse modo, o objetivo do trabalho foi avaliar o efeito de diferentes períodos de alagamento do solo em características fisiológicas de crescimento inicial em plantas de aveia branca. Os tratamentos foram compostos por capacidade de campo e alagamento do solo por 72 e 120 horas, com seis repetições. Para avaliação do crescimento inicial foram analisados o número de folhas, área foliar, razão de área foliar e de massa foliar, área foliar específica, matéria seca de folha, caule e raízes, comprimento de parte aérea e raiz primária. O aumento do período de alagamento reduziu o acúmulo de matéria seca de raiz, a razão de área foliar e a área foliar específica. No entanto, o comprimento de parte aérea e de raiz não foram alterados pelos períodos de alagamento do solo. Os períodos de alagamento utilizados afetam negativamente atributos fisiológicos de crescimento inicial em plantas de aveia branca.

Palavras-chave: área foliar, *Avena sativa* L., estresse hídrico, matéria seca.

Soil waterlogging: effect on the initial growth of oat (Avena sativa L.)

ABSTRACT - The soil waterlogging reduces oxygen content near the roots, affecting energy metabolism and absorption of water and nutrients. Thus, the objective of this study was to evaluate the effect of different periods of soil waterlogging on physiological characteristics of initial growth in oat plants. The treatments consisted of soil in field capacity and soil flooding for 72 and 120 hours, with six replications. To analyze the initial growth were observed the number of leaves, leaf area, leaf area ratio and leaf weight, specific leaf area, dry weight of leaf, stem and roots, length of shoot and primary root. The increasing of the period of flooding reduced the accumulation of root dry matter, the leaf area and the specific leaf area. However, the length of shoot and root were not affected by periods of soil flooding. The flooding periods negatively affect physiological attributes of initial growth in oat plants.

Key words: dry matter, *Avena sativa* L., hydric stress, leaf area.

¹Mestranda do PPG em Fitossanidade, Bolsista CNPq, FAEM/UFPeL. E-mail: thais.d.rosa@hotmail.com

²Dr., Pós Doutorando em Ciência e Tecnologia de Sementes, Bolsista PNPD Capes-Embrapa, FAEM/UFPeL, Departamento de Fitotecnia, Caixa Postal 354, CEP 96010-900, Pelotas, RS. E-mail: tiago.pedo@gmail.com. *Autor para correspondência

³Drª. Pós Doutoranda em Fisiologia Vegetal, Bolsista PNPD-CAPES, IB/UFPeL. E-mail: emartinazzo@gmail.com

⁴Mestrandos em PPG Ciência e Tecnologia de Sementes, Bolsistas CAPES, FAEM/UFPeL. E-mail: vaniagehling@hotmail.com; geisonaisenberg@hotmail.com

⁵Professores, Dr., Departamento de Fitotecnia. PPGC&T de Sementes, FAEM/UFPeL. E-mail: tiago.aumonde@gmail.com; francisco.villela@ufpel.edu.br

INTRODUÇÃO

A aveia branca pertence à família Poaceae, se destaca entre as culturas de inverno como alternativa na exploração agrícola, sendo cultivada em várias regiões e apresentando alta adaptabilidade a diferentes condições ambientais (CASTRO et al., 2012). Entre as várias formas de utilização da espécie, ressalta-se o emprego na rotação de culturas (TERRA-LOPES et al., 2009), tendo sido cultivados na safra 2012/13 mais de 169 mil hectares de aveia branca, com produção superior a 358 mil toneladas (CONAB, 2013).

Entre os fatores que podem interferir no crescimento e na produtividade da cultura destaca-se o estresse hídrico provocado pelo alagamento do solo, sendo comum em áreas de várzea (IPCC, 2007). Sob condições de hipóxia, efeito do alagamento do solo, ocorre a diminuição da difusão do oxigênio, reduzindo as trocas gasosas entre o sistema radicular e o espaço poroso do solo (ZABALZA et al., 2008) e afetando o metabolismo energético, com reflexo na redução da síntese de ATP e no crescimento e desenvolvimento vegetal (HORCHANI et al., 2008).

O alagamento do solo pode induzir a produção de compostos tóxicos (BANACH et al., 2009) que causam efeito negativo na fisiologia do vegetal, causando redução da área foliar, a perda da turgescência celular e em casos mais severos necrose na parte aérea das plantas (BECKER; ASCH, 2005) e afetar a biossíntese e a partição de carbono entre os diferentes órgãos da planta. Neste sentido, a capacidade da planta de desenvolver respostas fisiológicas e bioquímicas quando sob efeito do alagamento é dependente da tolerância dos genótipos ao estresse (COLMER; VOESENEK, 2009).

Um dos mecanismos da tolerância ao alagamento é a capacidade da planta regular o transporte de íons por meio das membranas celulares (PANG; SHABALA, 2010), utilizar menores taxas de respiração radicular, culminando na alteração do metabolismo aeróbico para o anaeróbico com menor produção de energia (BAILEY-SERRES; VOESENEK, 2008), desenvolver respostas morfofisiológicas visando à superação do estresse provocado pela falta de oxigênio radicular, como formação de raízes adventícias (FABBRI et al., 2005; SURALTA; YAMAUCHI, 2008; YIN et al., 2010). Desse modo, a avaliação de diferentes atributos fisiológicos de crescimento auxilia na compreensão da resposta diferencial de plantas a diferentes condições de meio ambiente.

Nesse contexto, o objetivo do trabalho foi avaliar o efeito de diferentes períodos de alagamento do solo em características fisiológicas de crescimento inicial em plantas de aveia branca.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em casa de vegetação, modelo capela, disposta no sentido norte-sul,

situada na latitude 31° 48' 15" S e longitude 52° 24' 55" W. O clima dessa região é temperado com chuvas bem distribuídas e verão quente, sendo do tipo Cfa pela classificação de Köppen.

A semeadura de aveia branca (*A. sativa*), cultivar Barbarasul, foi realizada em bandejas de polietileno, contendo solo peneirado e coletado do horizonte A1 de um Planossolo Háplico Eutrófico solódico, pertencente à unidade de mapeamento Pelotas (STRECK et al., 2008). A adubação e a calagem foram realizadas de acordo com análise prévia do solo e conforme recomendação da Comissão de Química e Fertilidade do Solo – RS/SC (CQFS, 2004).

Os tratamentos foram compostos por: solo mantido na capacidade de campo e alagamento do solo, as coletas foram realizadas nos períodos de 72 e 120 h, estabelecidos após os 21 dias após a semeadura (DAS), quando as plantas apresentavam quatro folhas formadas.

Para possibilitar a realização dos tratamentos, as bandejas de polietileno foram perfuradas na parte inferior, facilitando a drenagem do excesso de água e a manutenção da capacidade de campo do solo, que foi determinada a partir da metodologia da mesa de tensão (EMBRAPA, 1997). Pela definição da capacidade de campo foi estabelecido o volume de água necessário para a manutenção da capacidade de campo no tratamento não alagado e para o estabelecimento dos períodos de alagamento o solo foi encharcado, sendo mantida uma lâmina de 20 mm de água sobre a superfície através do encaixe de uma segunda bandeja de polietileno sem perfurações sobre as bandejas contendo o solo, visando evitar trocas gasosas. Para a drenagem do solo encharcado, procedeu-se a retirada da bandeja sem perfurações, permitindo a drenagem da água até a capacidade de campo. A irrigação das plantas mantidas na capacidade de campo foi por meio de rega manual.

Após os períodos de alagamento, foram coletadas seis subamostras de 10 plantas e levadas ao Laboratório de Sementes do Departamento de Fitotecnia, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel da Universidade Federal de Pelotas, onde foram separadas em órgãos (raízes, caule e folhas). As raízes foram lavadas sobre peneira de malha fina com água corrente, sendo o comprimento da raiz primária (C_r) determinado do nível da base até a extremidade apical da raiz e o comprimento da parte aérea (C_{PA}) foi aferido do nível do solo até a extremidade superior da folha mais longa, com auxílio de régua graduada. O número de folhas (N_f) foi obtido por contagem direta e a área foliar (A_f) determinada com o medidor de área marca Licor, modelo LI-3100, sendo expressa em metro quadrado.

Após a avaliação de crescimento primária, as plântulas foram acondicionadas em envelopes de papel pardo e levadas a estufa de ventilação forçada à temperatura de 70 ± 2 °C, até massa constante. A matéria seca de folha (W_f), caule (W_c) e raiz (W_r) foi aferida em balança de precisão e expressa em gramas. A razão de área foliar (F_a), de massa foliar (F_w) e a área foliar específica

(S_a) foram estimadas por meio das equações: $F_a = A_f/W_t$; $F_w = W_f/W_t$ e $S_a = A_f/W_f$, conforme recomendações de Radford (1967). Onde A_f corresponde à área foliar, W_t indica matéria seca total da plântula; W_f indica matéria seca alocada nas raízes e W_r reporta-se a matéria seca total de folhas.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, totalizando quatro tratamentos com seis repetições. Os dados foram submetidos à análise de variância e quando significativos pelo teste F, às médias

comparadas pelo teste de Tukey ao nível de probabilidade de 5%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O efeito do período de alagamento sobre o número folhas (N_f), área foliar (A_f), razão de área foliar (F_a), razão massa foliar (F_w), área foliar específica (S_a) de plântulas de aveia é apresentado na Tabela 1. O número de folhas não apresentou efeito significativo entre plantas dos diferentes períodos de alagamento do solo e plantas mantidas na capacidade de campo.

TABELA 1. Número folhas (N_f), área foliar (A_f), razão de área foliar (F_a), razão massa foliar (F_w), área foliar específica (S_a) de plantas de aveia branca (*A. sativa*) submetidas a períodos de alagamento do solo e mantidas na capacidade de campo. Pelotas, UFPel, 2014.

Tempo (h)	N_f		A_f		F_a		F_w		S_a	
	Alagado	CC	Alagado	CC	Alagado	CC	Alagado	CC	Alagado	CC
72	4,9Aa ¹	4,7Aa	0,06Ba	0,08Aa	0,10Ba	0,16Aa	0,60Aa	0,52Bb	0,10Ba	0,16Aa
120	5,2Aa	4,8Aa	0,06Ba	0,08Aa	0,11Ba	0,14Aa	0,57Ab	0,55Aa	0,11Ba	0,14Aa
CV (%)	6,24		10,37		10,20		2,44		10,20	

¹Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($\leq 5\%$). Sendo: CC = capacidade de campo.

A maior área foliar foi observada em plantas mantidas na capacidade de campo, não diferindo entre os períodos de alagamento (Tabela 1). Quando submetidas ao excesso hídrico, algumas espécies da família Poaceae podem apresentar redução da área foliar (COSTA, 2004) e, no caso da aveia branca, a duração e a intensidade das condições ambientais adversas determina a sensibilidade da espécie frente ao estresse (CASTRO et al., 2012).

A razão de área foliar apresentou similaridade aos resultados de área foliar (Tabela 1). O aumento da razão área foliar, em solo na capacidade de campo, pode ser devido ao fato do eficiente investimento de assimilados na formação de folhas para maior captação de radiação solar (URCHEI et al., 2000), tendo em vista que o comportamento oposto, quando sob condições de alagamento, pode ser devido a elevada demanda por sacarose em detrimento a respiração fermentativa que acaba por consumir rapidamente o carboidrato disponível (COSTA, 2004).

Quanto à razão de massa foliar, menores valores desta variável foram encontrados nas plantas submetidas à capacidade de campo, quando comparadas aquelas que receberam 72 h de alagamento (Tabela 1). Em relação aos períodos de alagamento, condições de 120 horas deste estresse, conduziram a diminuição de F_w , diferentemente do observado para as plantas mantidas em capacidade de campo. Maior alocação de matéria seca nas folhas no início do crescimento, pode decorrer do fato das folhas constituírem o principal dreno metabólico no início do desenvolvimento (LOPES; MAESTRI, 1973), isto, pode

decorrer da tentativa de superação do estresse causado pelo alagamento do solo.

A área foliar específica das plantas mantidas em ambos os períodos de alagamento foram menores quando comparadas àquelas em capacidade de campo (Tabela 1), não sendo observada redução na área foliar específica com o aumento do período de alagamento. Tal comportamento na área foliar específica demonstra que o alagamento do solo resultou em plantas com folhas de menores áreas de limbo, porém mais espessas.

A matéria seca de raiz das plantas foi inferior naquelas submetidas aos dois períodos de alagamento quando comparadas àquelas mantidas na capacidade de campo (Tabela 2). A exposição das plantas a 120 h alagamento ocasionou redução na matéria seca das raízes, em relação a plantas do tempo de 72 h. Esse efeito pode ser explicado em virtude do processo de hipoxia, o qual é resultado do deslocamento dos gases do solo e do excesso de água na região radicular (CAPON et al., 2009), afetando a formação, ramificação e crescimento das raízes que por sua vez, difere de acordo com a tolerância da espécie frente ao alagamento (JACKSON; DREW, 1984). Ainda, as consequências geradas pelo baixo nível de oxigênio ocasionam redução das reservas de carboidratos nas raízes, decorrente das mudanças do metabolismo aeróbico que se torna menos eficiente (BAILEY-SERRES; VOESENEK, 2008), podendo ocorrer acúmulo de vários metabólicos secundários, que por sua vez danificam ou prejudicam o desenvolvimento da planta (GREENWAY et al., 2006; SETTER et al., 2008).

Em relação à matéria seca de caule, plantas mantidas na capacidade de campo, apresentam menores valores desta variável quando comparadas àquelas mantidas sob efeito do alagamento por 120 h. Já, a exposição das plantas ao alagamento pelo período de 120 horas aumentou em 36% a matéria seca de caule, em relação ao alagamento realizado por 72 h. Nas condições de alagamento, os períodos testados demonstraram efeito no incremento da matéria seca de folhas, em comparação as plantas conduzidas na capacidade de campo. O aumento do período de alagamento também aumenta a matéria seca de folhas em comparação ao tempo de 72 h.

Várias espécies, quando submetidas a níveis elevados de água no solo, tendem a elevar a concentração de amido nas folhas (IRFAN et al., 2010), esse processo se deve ao fato de que a taxa respiratória ocorre em proporções menores que a fotossíntese, ocasionando aumento no conteúdo de carboidratos nas folhas (LIAO et al., 2001).

TABELA 2. Matéria seca raiz (W_R), de caule (W_C), e de folha (W_F), comprimento parte aérea (C_{PA}), de raiz (C_R) de plantas de aveia branca (*A. sativa*) submetidas a períodos de alagamento do solo e mantidas na capacidade de campo. Pelotas, UFPel, 2014.

Tempo (h)	W_R		W_C		W_F		C_{PA}		C_R	
	Alagado	CC	Alagado	CC	Alagado	CC	Alagado	CC	Alagado	CC
72	56,4Bb ¹	77,7Ab	81,8Ab	80,4Ab	211,7Ab	189,8Ba	445,3Ab	437,5Aa	124,8Aa	85,3Ba
120	41,9Ba	88,9Aa	128,6Aa	98,4Ba	255,6Aa	193,4Ba	500,6Aa	423,1Ba	110,1Ab	87,1Ba
CV (%)	7,83		7,97		3,47		4,11		3,91	

¹Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($\leq 5\%$). Sendo: CC = capacidade de campo.

O comprimento da parte aérea de plantas mantidas na capacidade de campo, apresentou menores valores em relação àquelas mantidas sob alagamento do solo por 120 h. O comprimento de parte aérea de plantas mantidas sob 72 h de alagamento do solo não apresentaram diferenças em relação às plantas mantidas na capacidade de campo (Tabela 2). Quanto ao tempo de alagamento, plantas submetidas a 120 h de alagamento do solo, apresentaram maiores valores de comprimento da parte aérea. Menor comprimento de raiz foi obtido em plantas mantidas na capacidade de campo e, em relação aos períodos de alagamento, menores valores desta variável foram atingidos por plantas mantidas por 120 h ao alagamento do solo, representando uma redução superior a 20% no comprimento de raízes, em relação às plantas da capacidade de campo.

O menor comprimento das plantas na capacidade de campo em relação às plantas sob efeito do alagamento do solo podem ser decorrência do fato das Poaceae quando submetidas ao excesso de água no solo, possuírem a capacidade de prolongar o colmo e formar raízes adventícias, sendo considerado um mecanismo de tolerância da planta ao estresse ocasionado pelo alagamento do solo (KIBBLER; BAHNISCH, 1999).

Por sua vez, a relativa tolerância deste genótipo de aveia branca pode ser devido a sua alta adaptabilidade as mais variadas condições de ambiente (CASTRO et al., 2012). De maneira geral, o impacto gerado pelo estresse por alagamento é observado diretamente nas raízes e

consequentemente na parte aérea, culminando em sintomas como murchamento e queda da concentração de nutrientes nas folhas (VISSER et al., 2003). Outro fato deve-se as raízes reduzirem a absorção de água quando a planta esta submetida ao excesso de água no ambiente radicular (JACKSON; DREW, 1984), que por sua vez, está relacionado à interferência da aeração das raízes, ocasionando redução no crescimento (CASTRO et al., 2012), na taxa fotossintética (ALAOUI-SOSSÉ et al., 2005) e na translocação de fotoassimilados (PARENT et al., 2008).

CONCLUSÕES

A área foliar e a matéria seca de raízes de aveia branca são reduzidas com o aumento do período de alagamento do solo, enquanto, a matéria seca de folhas é incrementada com o aumento.

O período de alagamento do solo de 120 h, afeta de forma marcante o crescimento das plantas, comparativamente àquelas mantidas na capacidade de campo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALAOUI-SOSSÉ, B.; GÉRARD, B.; TOUSSAINT, M.; BADOT, P. Influence of flooding on growth, nitrogen availability in soil, and nitrate reduction of young oak seedlings (*Quercus robur* L.). *Annals of Forest Science*, Paris, v.62, n.6, p.593-600, 2005.

- BAILEY-SERRES, J.; VOESENEK, L.A.C.J. Flooding stress: acclimations and genetic diversity. **Annual Review of Plant Biology**, Palo Alto, v.59, p.313-339, 2008.
- BANACH, K.; BANACH, A.M.; LAMERS, L.P.M.; DE KROON, H.; BENNICELLI, R.P.; SMITS, A.J.M.; VISSER, E.J.W. Differences in flooding tolerance between species from two wetland habitats with contrasting hydrology: implications for vegetation development in future floodwater retention areas. **Annals of Botany**, Oxford, v.103, n.2, p.341-351, 2009.
- BECKER, M.; ASCH, F. Iron toxicity in rice-conditions and management concepts. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, Weinheim, v.168, n.4, p.558-573, 2005.
- CAPON, S.J.; JAMESB, C.S.; WILLIAMS, L.; QUINN, G.P. Responses to flooding and drying in seedlings of a common Australian desert floodplain shrub: *Muehlenbeckia florulenta* Meisn. **Environmental and Experimental Botany**, Amsterdam, v.66, n.2, p.178-185, 2009.
- CASTRO, G.S.A.; COSTA, C.H.M.; NETO, J.F. Ecofisiologia da aveia branca. **Scientia Agraria Paranaensis**, Marechal Cândido Rondon, v.11, n.3, p.1-15, 2012.
- COLMER, T.D.; VOESENEK, L.A.C.J. Flooding tolerance: suites of plant traits in variable environments. **Functional Plant Biology**, Canberra, v.36, n.8, p.665-681, 2009.
- CQFS-RS/SC. **Manual de adubação e de calagem para o Estado do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. Porto Alegre, SBRS/Núcleo Regional Sul, UFRGS, 2004. 400p.
- COSTA, M.N.X. **Desempenho de duas gramíneas forrageiras tropicais tolerantes ao estresse hídrico por alagamento em dois solos glei húmicos**. 89 f. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.
- CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>> Acesso em: mar. 2014.
- EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. 2 ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPQ, 1997. 212p.
- FABBRI, L.T.; RUA, G.H.; BARTOLONI, N. Different patterns of aerenchyma formation in two hygrophytic species of *Paspalum* (Poaceae) as response to flooding. **Flora - Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants**, Freiberg, v.200, n.4, p.354-360, 2005.
- GREENWAY, H.; ARMSTRONG, W.; COLMER, T.D. Conditions leading to high CO₂ (> 5 kPa) in waterlogged-flooded soils and possible effects on root growth and metabolism. **Annals of Botany**, Oxford, v.98, n.1, p.9-32, 2006.
- HORCHANI, F.; GALLUSCI, P.; BALDET, P. Prolonged root hypoxia induces ammonium accumulation and decreases the nutritional quality of tomato fruits. **Journal of plant physiology**. **Journal of Plant Physiology**, Irvine, v.165, n.13, p.1352-1359, 2008.
- IPCC. **Climate Change 2007: The Physical Science Basis: Summary for Policymakers**. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change Cambridge: Cambridge University Press, 2007. Disponível em: <http://bit.ly/2X3F>. Acesso em: jan. 2014.
- IRFAN, M.; HAYAT, S.; HAYAT, Q.; AFROZ, S.; AHMAD, A.; Physiological and biochemical changes in plants under water logging. **Protoplasma**, v.241, n.1/4, p.3-17, 2010.
- JACKSON, M.; DREW, M. **Effects of flooding on growth and metabolism of herbaceous plants**. In: KOZLOWSKI, T. (Ed.). Flooding and plant growth, 1984. p.47-128.
- KIBBLER, H.; BAHNISCH, L.M. Physiological adaptations of *Hymenachne amplexicaulis* to flooding. **Australian Journal of Agricultural Research**, Sydney, v.39, n.4, p.429-435, 1999.
- LIAO, C.T.; LIN, C.H. Physiological adaptation of crop plants to flooding stress. **Proceedings of the National Science Council**, Taiwan, v.25, n.3, p.148-157, 2001.
- LOPES, N.F.; MAESTRI, M. Análise de crescimento e conversão de energia solar em milho (*Zea mays* L.). **Revista Ceres**, Viçosa, v.20, p.189-201, 1973.
- PARENT, C.; CAPELLI, N.; BERGER, A.; CRÈVECOEUR, M.; DAT, J.F. An overview of plant responses to soil waterlogging. **Plant Stress**, Israel, v.2, p.20-27, 2008.
- PANG, J.; SHABALA, S. **Membrane Transporters and Waterlogging Tolerance**. In: MANCUSO, S.; SHABALA, S.; PANG, J. (Eds.). Waterlogging Signalling and Tolerance in Plants. London: Springer Berlin Heidelberg, 2010. p. 97-219.
- RADFORD, P. Growth analysis formulae: their use and abuse. **Crop Science**, Madison, v.7, n.3, p.171-175, 1967.
- SETTER, T.L.; WATERS, I.; SHARMA, S.K.; SINGH, K.N.; KULSHRESHTHA, N.; YADUVANSHI, N.P.S.; RAM, P.C.; SINGH, B.N.; RANE, J.; MCDONALD, G.; KHABAZ-SABERI, H.; BIDDULPH, T.B.; WILSON, R.; BARCLAY, I.; MCLEAN, R.; CAKIR, M. Review of wheat improvement for waterlogging tolerance in Australia and India: the importance of anaerobiosis and element toxicities associated with different soils. **Annals of Botany**, Oxford, v.103, n.2, p.221-235, 2008.
- STRECK, E.V.; KÄMPF, N.; DALMOLIN, R.S.D.; KLAMT, E.; NASCIMENTO, P.C.; SCHNEIDER, P.; GIASSON, E.; PINTO, L. **F.S. Solos do Rio Grande do Sul**. 2 ed. Porto Alegre: EMATER/RS; UFRGS, 2008. 222p.
- SURALTA, R.R.; YAMAUCHI, A. Root growth, aerenchyma development, and oxygen transport in rice genotypes subjected to drought and water logging. **Environmental and Experimental Botany**, Amsterdam, v.64, n.1, p.75-82, 2008.
- TERRA-LOPES, M.L.; CARVALHO P. C.F.; ANGHINONI I.; SANTOS D.T.; AGUINAGA, A.A.Q.; FLORES J.P.C.; MORAES A. Sistema de integração lavoura-pecuária: efeito do manejo da altura em pastagem de aveia preta e azevém anual sobre o rendimento da cultura da soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, n.39, p.1499-1506, 2009.
- URCHEI, M.A.; RODRIGUES, J.D.; STONE, L.F. Análise de crescimento de duas cultivares de feijoeiro sob irrigação, em plantio direto e preparo convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.3, p.497-506, 2000.
- VISSER, E.J.W.; VOESENEK, L.A.C.J.; VARTAPETIAN, B.B.; JACKSON, M. B. Flooding and Plant Growth. **Annals of Botany**, Oxford, v.91, n.2, p.107-109, 2003.
- YIN, D.; CHEN, S.; CHEN, F.; GUAN, Z.; FANG, W. Morphological and physiological responses of two chrysanthemum cultivars differing in their tolerance to waterlogging. **Environmental and Experimental Botany**, Amsterdam, v.67, n.1, p.87-93, 2009.
- ZABALZA, A.; DONGEN, J.T.V.; FROEHLICH, A.; OLIVER, S.N.; FAIX, B.; GUPTA, K.J.; SCHMÄLZLIN, E.; IGAL, M.; ORCARAY, L.; ROYUELA, M.; GEIGENBERGER, P. Regulation of respiration and fermentation to control the plant internal oxygen concentration. **Plant Physiology**, v.149, p.1087-1098, 2008.