

EFEITOS DE CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS EM DIFERENTES ESPÉCIES VEGETAIS SUBMETIDAS AO ESTRESSE HÍDRICO E ANÓXICO

Érika Maciel, Gabriela Ribeiro, Luana Bernardes, Juliana Mangolin, Andreza Siqueira, Samara Maftoum, Fernanda Rocha, Erick Emanuel, Pamela Pimentel, Liliana Pasin

Centro de Estudos da Natureza (CEN), Faculdade de Educação e Artes, Universidade do Vale do Paraíba – UNIVAP. Av. Shishima Hifumi, 2911. cep: 12.211-300. São José dos Campos – SP – Brasil.

Resumo- Desde os antigos povos sumérios analisa-se os aspectos positivos ou negativos que a água pode oferecer aos vegetais. O estresse hídrico desenvolve-se na planta quando a taxa de transpiração excede a taxa de absorção e o transporte de água na planta. As plantas desenvolvem mecanismos de adaptação à seca como: fechamento estomático, redução da área foliar e aumento na densidade e profundidade de raízes, comprometendo o crescimento e fotossíntese. Quanto ao estresse anóxico, as raízes em geral obtêm oxigênio suficiente para a respiração aeróbica diretamente do espaço gasoso no solo, sua redução causa distúrbios funcionais, afetando a absorção de água e de nutrientes pelas raízes e toxidez às plantas pelo excesso de Fe e Mn e acúmulo de substâncias fitotóxicas. Neste estudo foram utilizadas três plantas xerófitas: alecrim, boldo miúdo e fortuna, o objetivo deste estudo foi verificar a característica morfológica mais efetiva para conferir resistência ao estresse hídrico e ao estresse anóxico. As plantas foram submetidas a três de tratamentos: estresse hídrico (T1), estresse anóxico (T2), e controle (T3), com 10 repetições cada, foram avaliados os parâmetros, avaliação de sintomas apresentados em resposta ao estresse, peso de matéria seca da parte aérea e raiz e altura. Observou-se que o alecrim é uma espécie sensível ao estresse anóxico e hídrico, apresentando queda foliar acentuada e morte. Conclui-se que a característica morfológica mais eficiente contra o estresse hídrico e anóxico é a presença de cera e tricomas, observado na fortuna e boldo respectivamente.

Palavras-chave: Estresse Hídrico, Estresse Anóxico, *Rosmarinus officinalis*, *Peumus boldus*, *Kalanchoe calycinum*.

Área do Conhecimento: Ciências Biológicas

Introdução

Desde os antigos povos sumérios, o homem tem procurado uma alternativa mais efetiva para o aproveitamento da água pelas plantas, analisando os aspectos positivos ou negativos que a mesma pode oferecer aos vegetais. Os solos nos quais as plantas estão inseridas podem variar em textura, composição, volume e aderência a água, geralmente solos argilosos com textura mais fina retêm água em maior quantidade que os solos de textura arenosa, devido à maior área superficial e a poros menores entre partículas (Taiz & Zeiger, 1991); o volume de solo explorado e o contato íntimo entre a superfície das raízes e o solo também são essenciais para a absorção efetiva da água pelas raízes das plantas onde com o estudo de Ball et al. (1994) demonstrou-se que o maior desenvolvimento das raízes ocorre nas camadas de solo, cuja disponibilidade de água foi maior sendo esse contato maximizado pela emissão dos pêlos radiculares, com conseqüente aumento na

área superficial e na capacidade de absorção de água.

O estresse hídrico desenvolve-se na planta quando a taxa de transpiração excede a taxa de absorção e o transporte de água na planta (Berkowitz, 1998). Acredita-se que as raízes atuam como sensor do déficit de água no solo, que é detectado pelas células guarda dos estômatos, mesmo antes de qualquer déficit hídrico ser observado nas folhas (Zhang & Davies, 1990; Salah & Tadiou, 1997), por meio de sinais (ácido abscísico) enviados à parte aérea da planta. A baixa disponibilidade de água no solo acarreta desidratação, redução do crescimento e aceleração da senescência dos tecidos na planta, comprometendo o crescimento por reduzir as taxas de expansão foliar e fotossíntese (Ludlow & Ng, 1976). As plantas desenvolvem mecanismos de adaptação à seca como: fechamento estomático (Ng et al., 1975; Chaves, 1991), ajustamento osmótico (Thomas, 1986; Barker et al., 1993), ajustamento da parede celular

(Neumann, 1995), redução da área foliar (Rosenthal *et al.*, 1987; Chaves, 1991) e aumento na densidade e profundidade de raízes (Doss *et al.*, 1960; Kano *et al.*, 1999). No entanto, o fechamento dos estômatos e a redução da área foliar são mecanismos que limitam a produtividade, uma vez que provocam queda na absorção de CO₂ e na interceptação de luz, respectivamente.

Quanto ao estresse anóxico, as raízes em geral obtêm oxigênio (O₂) suficiente para a respiração aeróbica diretamente do espaço gasoso no solo (Taiz, 2004). Segundo Glinski & Stepniewskia (1986) a redução de O₂ no solo causa distúrbios funcionais em toda a planta, afetando principalmente a absorção de água e de nutrientes pelas raízes. A deficiência de O₂ nos solos inundados pode ocasionar toxidez às plantas, principalmente pelo excesso de Fe e Mn e pelo acúmulo de substâncias fitotóxicas como dióxido de carbono e etileno, cuja irreversibilidade vai depender do genótipo, da duração, da severidade e do estágio de desenvolvimento da planta. (Souza Reis, 2007).

As espécies mais adaptadas geralmente evitam a hipoxia, desenvolvendo um eficiente transporte de O₂ da parte aérea até as raízes submersas e apresentam geralmente modificações anatômicas e morfológicas como desenvolvimento de aerênquima, raízes adventícias, hipertrofia do caule e produção de lenticelas (Kawase, 1981; Hook, 1984; Kozłowski, 1984; Schaffer *et al.*, 1992).

Nas últimas décadas, muitos estudos foram conduzidos para avaliar o comportamento morfofisiológico das plantas em relação ao déficit hídrico e estresse anóxico. Mas ainda há poucas informações sobre o assunto, desta forma, o objetivo deste estudo foi verificar a característica morfológica mais efetiva para conferir resistência ao estresse hídrico, e analisar o desenvolvimento das diferentes espécies vegetais xerófitas submetidas ao estresse anóxico.

Metodologia

Foram utilizadas três espécies de características morfológicas diferentes: superfície foliar reduzida, *Rosmarinus officinalis* (alecrim) (S1); superfície foliar cerosa, *Kalanchoe calycinum* (fortuna) (S2); superfície foliar apresentando tricomas, *Peumus boldus* (boldo miúdo) (S3).

Os exemplares submetidos a três tipos de tratamentos: estresse hídrico (T1), plantas mantidas sob déficit hídrico; estresse anóxico (T2), plantas imersas em água; e controle (T3), plantas mantidas em condições de capacidade de campo.

Utilizou-se o delineamento experimental em bloco casualizados (DBC), com 10 repetições por tratamento, totalizando noventa plantas.

As espécies foram selecionadas foram acondicionadas em substrato contendo solo, areia húmus na proporção de 3:2:1, posteriormente forma mantidas em estufa localizada no Centro de Estudos da Natureza (CEN).

As plantas acondicionadas ao T1 foram irrigadas a cada quinze dias com 50 mL de água, utilizando-se um becker; em T2 a água foi trocada a cada dois dias; e em T3 foram irrigadas de acordo com a sua necessidade.

Avaliou-se a altura das plantas, peso seco de raiz e parte aérea e sintomas em resposta ao estresse. Para avaliação da altura foram realizadas medições das plantas no início e no fim do experimento.

As variáveis relacionadas aos sintomas apresentados pelas plantas em resposta ao estresse foram analisadas quinzenalmente, conforme os critérios a seguir:

Tabela 1 - Escala de notas atribuídas em função de alterações morfológicas.

Nota	Sintoma
1 -	Ausência de sintomas
2 -	Sintomas de murcha leve
3 -	Sintomas de murcha severa
4 -	Alterações morfológicas(folha encarquilhada,presença de raízes ou clorose)
5 -	Queda foliar acentuada e necrose
6 -	Morte

Ao final do experimento, as plantas foram removidas do solo, lavado em água corrente e separado em parte aéreo e raiz, em envelopes de papel. Cada exemplar foi mantido em estufa a 60 °C por aproximadamente 48 horas. Posteriormente, foram pesadas em balança de precisão, obtendo assim seu peso seco da raiz e parte aérea

Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância, pelo sistema estatístico INSTAT e as médias foram comparadas pelo teste Tukey (p≤0,05).

Resultados

Verificou-se que o menor valor de altura para a espécie *Kalanchoe calycinum* foi observado nos exemplares submetidos ao estresse hídrico (figura 1).

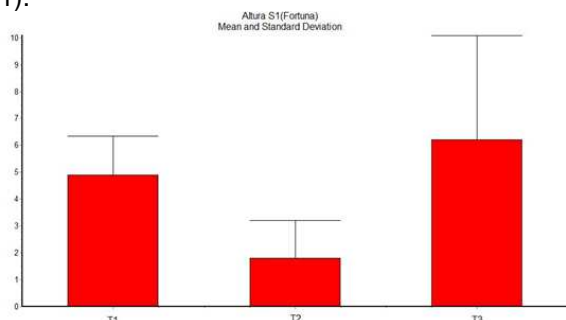


Figura 1 – Valores médios de altura de desvio padrão, para a espécie *Kalanchoe calycinum*

A figura 2, mostra os dados da altura do alecrim. O crescimento em altura do alecrim, diferiu significativamente nas três condições estudadas. Sendo o menor crescimento da espécie observado em condição de estresse hídrico.

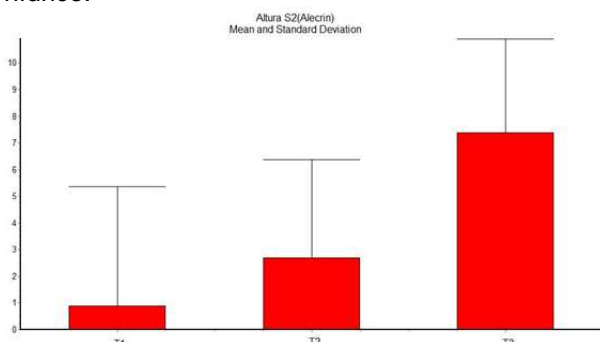


Figura 2 – – Valores médios de altura de desvio padrão, para a espécie *Rosmarinus officinalis*

A figura 3 apresenta os valores da altura do boldo miúdo.

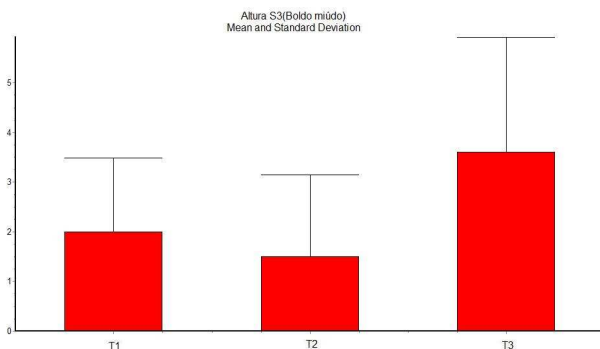


Figura 3 – Valores médios de altura de desvio padrão, para a espécie *Peumus boldus*

Observou-se que em relação a altura, o boldo não diferiu significativamente quando submetidos ao estresse anóxico e hídrico.

Tabela 2 – Valores médios de matéria seca, da parte aérea, das três espécies, submetidas a diferentes condições hídricas

	C	EA	EH
S1	1.123	0.244	0.489
S2	8.942	4.076	6.943
S3	5.284	4.998	4.621

Tabela 3 – Valores médios de matéria seca, da parte aérea, das três espécies, submetidas a diferentes condições hídricas

	C	EA	EH
S1	1.173	0.384	1.036
S2	21.613	7.011	18.402
S3	6.723	5.983	5.301

Tabela 4 – Valores médios das notas atribuídas aos exemplares das espécies em respostas diferentes condições hídricas.

	09/09			24/09			13/09		
	EH	EA	C	EH	EA	C	EH	EA	C
S1	1	4	1	4	4	1	5	5	1
S2	2	3	1	2	3	1	1	3	1
S3	2	3	1	3	3	2	3	3	2

Discussão

Houve diferença significativa nas alturas das três espécies mostrando que, os três tipos de tratamentos influenciaram no crescimento das espécies. Entretanto, houve um crescimento maior no controle, onde as plantas foram mantidas em condição de capacidade de campo.

Com relação a altura dos exemplares, verificou-se que no alecrim e no boldo, houve um desenvolvimento maior da altura no controle. Para a fortuna, que nota-se, um maior crescimento no estresse anóxico, pode-se inferir portanto que esta espécie apresenta grande capacidade de suportar condições adversas, já que as características morfológicas desta planta são totalmente adaptadas a condições de estresse hídrico.

O Alecrim foi a espécie que apresentou pior desempenho quando submetido ao estresse hídrico, não apresentando crescimento e desenvolvimento de raiz adventícia. Este resultado é justificado, pois os processos de aparecimento, alongamento e senescência de folhas, na maioria das espécies, são geralmente afetados pela baixa disponibilidade de água no solo (Mattos, *et al.*, 2005) no entanto tanto a fortuna, quanto o boldo suportaram a condição de estresse hídrico, evidenciando que tanto a presença de tricomas quanto a presença de parênquima aquífero são características morfológicas importantes para conferir maior resistência a este tipo de estresse.

Quando submetido ao estresse anóxico, o alecrim foi à espécie em que apresentou maior incidência de mortalidade, queda foliar acentuada e redução da superfície foliar. Segundo Alves *et al.* (2002), com o prolongamento da deficiência de oxigênio no solo, as plântulas se tornam flácidas, formando-se, naquela região, uma forte constricção, responsável pelo tombamento e morte. como foi observado no presente trabalho.

Observou-se também que o alecrim foi a única espécie que não apresentou raízes adventícias, como mecanismo de defesa ao estresse anóxico.

A fortuna apresentou um bom desempenho na altura. No estresse anóxico, apresentou raízes adventícias e no estresse hídrico houve redução na cera foliar e clorose, o que lhe proporcionou maior resistência.

O boldo também apresentou um bom desempenho na altura. Quando submetido ao estresse anóxico, apresentou raízes adventícias e clorose. No estresse hídrico, folhas encarquilhadas, perda de tricomas e aumento de internos, o que lhe proporcionou um mecanismo de defesa contra a transpiração.

As espécies submetidas ao estresse anóxico tiveram desenvolvimento das raízes, isso pode ser devido à falta de oxigênio no solo, assim as plantas submetidas a esse estado desenvolveram raiz adventícias para suportar a escassez de oxigênio no solo.

Para o estresse hídrico também houve um desenvolvimento de raiz. Segundo Ludlow & Muchow (1990), a redução de água no solo causa significativa variação na distribuição e desenvolvimento radicular, e como as espécies utilizadas são xerófitas, essas vão se caracterizar por um sistema vascular longo, para o alcance de água.

No estresse anóxico, foi observado uma taxa de necrose foliar maior do que nos outros dois tratamentos. Já no estresse hídrico houve mudança morfológica das folhas, isso pode ocorrer devido a adaptação da planta aquela situação, diminuindo assim a superfície foliar para evitar uma perda de água maior.

Segundo Chaves (1991), a extensão dos efeitos do déficit hídrico nas espécies vegetais depende da sua intensidade e da duração da capacidade genética das plantas em responder as mudanças do ambiente. Grant (1992) afirma que o desenvolvimento de mecanismos de adaptação das plantas é influenciado pelo nível de CO₂, pela radiação solar, temperatura e umidade relativa do ar.

No controle todas as espécies apresentaram um bom desempenho.

Conclusão

No presente trabalho foi possível concluir, que as espécies *Kalanchoe calycinum* (fortuna), *Peumus boldus* tiveram alterações morfológicas, conseguindo assim suportar ao um longo período submetido ao estresse hídrico e anóxico.

No estresse anóxico, foi observado que as plantas de fortuna e boldo, apresentaram algumas alterações morfológicas em resposta ao estresse, o que evidencia grande capacidade de suportar condições adversas. No entanto verificou-se que o desenvolvimento de todas as espécies estudadas foi comprometido, isto pode estar relacionado aos caracteres morfológicos relacionados a condições de escassez hídrica, tendo assim uma adequação mais efetiva ao estresse hídrico, já que todas as espécies estudadas são xerófitas.

Referências

ALVES, J.D.; MAGALHÃES, M.M.; GOULART, P.F.P.; DANTAS, B.F.; GOUVÊA, J.A.; PURCINO, R.P.; MAGALHÃES, P.C.; FRIES, D.D.; LIVRAMENTO, D.E.; MEYER, L.D.; SEIFFERT, M.; SILVEIRA, T.; 2002. Mecanismo de tolerância da variedade de milho "Saracura" (BRS 4154) ao alagamento. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.1, n.1, p.41-52.

BALL, R.A.; OOSTERHUIS, D.M.; AUROMOUSTAKOS; 1994.A. Growth dynamics of the cotton plant during water-deficit stress. **Agronomy Journal**, Madison, v.86, p. 788-795.

BARKER, D.J.; SULLIVAN, C.Y.; MOSER, L.E.; 1993. Water deficit effects on osmotic potential, cell wall elasticity, and proline in five forage grasses. **Crop Science**, v.85, n.2, p.270-275.

BERKOWITZ, G.A. ; 1998. Water and salt stress. In: RAGHAVENDRA, A.S. (Ed.). *Photosynthesis: comprehensive treatise*. **Cambridge**: Cambridge University, p.226-237.

CHAVES, M.M.; 1991. Effects of water deficits on carbon assimilation. **Journal of Experimental Botany**, v.42, n.234, p.1-16.

DOSS, B.D.; ASHLEY, D.A.; BENNETT, O.L.; 1960. Effect of soil moisture regime on root distribution of warm season forage species. **Agronomy Journal**, v.52, n.10, p.569-572.

GRANT, R.F.; 1992. Interaction between carbon dioxide and water deficits affecting canopy photosynthesis: simulation na testing. **Crop Science**, Madison, v.32, p.1322-1328.

GLINSKI, J.S.W.; 1986. Soil aeration and its role for plants. **Florida**, CRC Press Inc. 228p.

HOOK, D. H. 1984. Adaptation to flooding with fresh water. In: KOZLOWSKI, T. T. [Ed.]. **Flooding and Plant Growth**. San Diego, Academic Press. p.265-269.

KANO, T.; UOZUMI, S.; MACEDO, M.C.M.et al.; 1999. Avaliação de quatro espécies de Brachiaria submetidas ao estresse hídrico. In: **Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, 36., Porto Alegre, 1999. Anais...Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Zootecnia, p.79.

KAWASE, M. 1981. Anatomical and morphological adaptation of plants to waterlogging. **HortScience**, 6: 8-12.

KOZLOWSKI T. T. 1984. Responses of woody plants to flooding. In: KOZLOWSKI, T.T. [Ed.] **Flooding and Plant Growth**. San Diego, Academic Press. p.129-163.

LUDLOW, M.M.; NG, T.T. ; 1976.Effect of water deficit on carbon dioxide exchange and leaf elongation rate of Panicum maximum var. trichoglume. **Australian Journal of Plant Physiology**, v.3, n.3, p.401-413.

LUDLOW, M.M. & MUCHOW, R.C.; 1990. A critical evaluation of trits for improving crop yields in water-limited environments. **Advance in Agronomy**, São Diego, v.43, p.107-153.

MATTOS, Jorge Luiz Schirmer de; GOMIDE, José Alberto and MARTINEZ Y HUAMAN, Carlos Alberto. Crescimento de espécies do gênero Brachiaria, sob déficit hídrico, em casa de vegetação. **R. Bras. Zootec.** [online]. 2005, vol.34, n.3, pp. 746-754. ISSN 1516-3598.

NEUMANN, P.M.; 1995. The role of wall adjustment in plant resistance to water deficits. **Crop Science**, v.35, n.5,p.1258-1266.

NG, T.T.; WILSON, J.R.; LUDLOW, M.M.; 1975. Influence of water stress on water relations and growth of a tropical (C4) grass, Panicum maximum var. trichoglume. **Australian Journal of Plant Physiology**, v.2, n.4, p.581-595.

ROSENTHAL, W.D.; ARKIN, G.F.; SHOUSE, P.J.et al. ; 1987.Water deficit effects on transpiration and leaf growth. **Agronomy Journal**, v.79, n.6, p.1019-1026.

SALAH, H.B.H.; TARDIEU, F.; 1997. Control of leaf expansion rate of droughted maize plants under fluctuating evaporative demand.**Plant Physiology**, v.114, n.3, p.893-900.

SCHAFFER, B.; ANDERSEN, P. C. & PLOETZ, R. C. 1992.Responses of fruit crops to flooding. **Horticultural Review**, 13:257-313.

SOUZA REIS, I. N. R., SANTOS, B. G., CASTRO, C. V. B., LIMEIRA, C. N., ROSSATO, V. ; 2007.Trocas Gasosas e Alocação de Biomassa em Plantas Jovens de Curauá (Ananas erectifolius L. B. Smith) Submetidas ao Alagamento. **R. Bras. Biociências**, Porto Alegre, v. 5, supl. 2, p. 507-509.

TAIZ, L.E.; 2004. **Fisiologia Vegetal**. 3a edição. Porte Alegre, Artmed. 719p.

TAIZ,L.;ZEIGER;1991.**Plant Physiology**. California: The Benjamim/ Cummings Publishing Company, Inc., Redwood City.

THOMAS, H. ; 1986.Effect of rate of dehydration on leaf water status and osmotic adjustment in Dactylis glomerata L., Lolium perenne L. e Lolium multiflorum Lam. **Annals of Botany**,v.57, n.2, p.225-235.

VAN LOO, E.N. ; 1992.Tillering, leag expansion and growth of plants of two cultivar s of perennial ryegrass grown using hydroponics at two water potential. **Annals of Botany**, v.70, n.6, p.511- 518.

ZHANG, J.; DAVIES, W.J.; 1990.Changes in concentration of ABA in the xylem sap as a function of changing soil water status can account for changes in leaf conductance and growth. **Plant and Cell Environment**, v.13, n.2, p.271-285.