

Morfoanatomia radicular de dois híbridos de milho contrastantes quanto à tolerância a seca

Paulo César Magalhães⁽¹⁾, Thiago Corrêa de Souza⁽²⁾, Carlos César Gomes Júnior⁽³⁾

⁽¹⁾Embrapa Milho e Sorgo pcesar@cnpms.embrapa.br, ⁽²⁾ Universidade Federal de Lavras thiagonepre@hotmail.com e ⁽³⁾Graduando Universidade Federal de São João del-Rey e bolsista Funarbe juninhoiam@yahoo.com.br

RESUMO - Um grande número de trabalhos vem sendo conduzido para avaliar o efeito das mudanças climáticas sobre a agricultura. A alteração da disponibilidade hídrica é um dos principais fatores das mudanças climáticas. Dentro deste contexto o objetivo deste trabalho foi caracterizar as modificações morfoanatômicas radiculares em dois híbridos de milho contrastantes à seca em condições de campo. O experimento foi conduzido no ano de 2010 e a deficiência hídrica foi imposta suspendendo a irrigação por 22 dias no pré-florescimento. As avaliações anatômicas foram realizadas no final do período de estresse e para melhor interpretação da tolerância dos híbridos nas características avaliadas, um índice foi utilizado (valor relativo de tolerância, RVT). O DKB 390 resultou em maior quantidade de aerênquima no córtex, um aumento da espessura da exoderme, metaxilemas numerosos e com menor diâmetro. Conclui-se que ocorreram significativas modificações morfoanatômicas radiculares relacionadas à tolerância à seca no DKB 390 que podem facilitar sua sobrevivência no campo.

Palavras-chave: *Zea mays* L., estresse hídrico, anatomia radicular, aerênquima

Introdução

Identificações das modificações morfoanatômicas na raiz tem também contribuído bastante na seleção de genótipos e no entendimento dos mecanismos de tolerância em milho sob condições de seca (Zhu et al., 2010). Na região Norte do Estado de Minas, na cidade de Janaúba, a falta de chuva limita a produção vegetal sendo o cultivo em certas épocas possível apenas com irrigação. Por isso essa região tem sido bastante importante para o entendimento dos mecanismos da deficiência hídrica e a busca por genótipos tolerantes pode favorecer a produção de milho nesses locais. Vale ressaltar também que as respostas das plantas ao estresse hídrico observado em condições de campo são geralmente muito mais complexas do que as medidas sob condições ambientais controladas (Lopes et al., 2011).

Dentro deste contexto os objetivos deste trabalho foram caracterizar as modificações morfoanatômicas radiculares em dois híbridos de milho contrastantes ao estresse de seca em condições de campo em Janaúba-MG.

Material e Métodos

Foram utilizados dois híbridos contrastantes ao estresse de seca: DKB 390 (tolerante) e BRS 1030 (sensível), esse último oriundo do Programa de Melhoramento da Embrapa. O ensaio foi conduzido no ano de 2010 em condições de campo na estação experimental de Janaúba, Minas Gerais, localizada a 15°47' de latitude S, longitude 43°18' W e 516 m de altitude. A precipitação pluviométrica foi praticamente zero com exceções dos meses de setembro (0.5 mm) e outubro (19.7 mm) (dados não mostrados).

As plantas foram irrigadas regularmente mantendo uma ótima umidade do solo até a imposição do estresse. O teor de água no solo foi monitorado diariamente nos períodos da manhã e da tarde (9 e 15 horas), com o auxílio de um sensor de umidade *watermark* (tensiômetro) modelo 200SS – 5'' (IRROMETER, Califórnia – USA), instalado no centro das parcelas de cada repetição, na profundidade de 20 cm.

No pré-florescimento, foram impostos dois tratamentos hídricos: irrigado e estressado. No primeiro, a reposição hídrica foi realizada diariamente até o solo atingir a umidade próxima a CC, enquanto no segundo tratamento não houve reposição hídrica. Esse estresse foi mantido por 22 dias. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados com quatro tratamentos (DKB 390 irrigado e estressado, BRS 1030 irrigado e estressado) e cinco repetições. As dimensões da parcela experimental foram de 6m x 5,4m; com 6 fileiras de plantio, espaçadas de 0,90m, perfazendo uma área total de 32,4 m². As duas fileiras externas foram utilizadas como bordadura, enquanto as duas centrais, para a coleta do material para anatomia.

Para anatomia radicular foi coletado em três plantas/tratamento/repetição uma amostra de raiz (com todas as regiões). As secções transversais foram realizadas de acordo com Souza et al. (2009) e foram fotografadas em microscópio óptico de luz Olympus BX-60 acoplado a uma câmara digital. Os seguintes parâmetros foram analisados na raiz: proporção ocupada pelo aerênquima no córtex (PA), diâmetro (DM) e número das células do metaxilema (NM), espessura da camada de células suberizadas presentes na região da hipoderme (exoderme) (SC), espessura da endoderme (EW) e espessura da epiderme (EPW). A proporção da área ocupada pelo aerênquima no córtex (PA) foi calculada pela divisão da área total de aerênquima formado pela área total do córtex.

Todas estas medições foram feitas pelo programa de análise de imagens UTHSCSA ImageTool (University of Texas, San Antonio, USA) utilizando-se

calibrações feitas com régua microscópica fotografada nos mesmos aumentos das fotomicrografias. Foram realizadas na raiz quatro medições de cada característica anatômica (em cada repetição). Para todos os parâmetros analisados foram calculadas as médias e o \pm erro padrão (SE). Para análise estatística dos resultados, utilizou-se a análise de variância (ANAVA) e o teste de comparação de médias Skott-Knott, a 0,05% de significância ($P < 0.05$), no programa Sisvar versão 4.3. Para expressar a tolerância de cada híbrido foi criado um índice: valor relativo de tolerância (RVT), em que os valores de cada característica avaliada na condição estressada foram divididos pelos valores da condição irrigada (Souza et al., 2011).

Resultados e discussão

Na análise da anatomia radicular foi observado que a proporção de aerênquima no córtex (PA) aumentou significativamente nos dois híbridos com o estresse hídrico, sendo mais pronunciado no DKB 390 estressado (Fig. 1a).

Nos dois híbridos uma maior proporção de aerênquima (PA) foi encontrada nos tratamentos estressados em relação aos irrigados, mas o DKB 390 apresentou o maior aumento. Aerênquimas são definidos em geral como um tecido especializado caracterizado por espaços celulares constituídos de gases e sua formação em milho envolve lise e morte celular programada (Lenochová et al., 2009). A formação de aerênquima em milho pode estar envolvida com outros tipos de tolerância de estresse, como alagamento (Souza et al., 2009) e deficiência de nutrientes (Postma e Lynch, 2011). Em arroz também foi encontrada expressiva formação de aerênquima sob deficiência hídrica (Gowda et al., 2011). Uma maior quantidade de aerênquima no DKB 390 pode permitir maior exploração do solo e aquisição de água, pois estas estruturas decrescem o consumo metabólico de raízes em crescimento devido à diminuição da presença de células em respiração (Zhu et al., 2010). Poucos trabalhos envolvendo tolerância à seca em milho e formação de aerênquimas são encontrados na literatura. Zhu et al. (2010) observaram em trabalhos de campo com milho sob seca que aqueles genótipos com maior quantidade de aerênquima em suas raízes apresentaram melhor desempenho (maior crescimento radicular e biomassa da parte aérea).

O número de células do metaxilema (NM) foi maior no DKB 390 irrigado e estressado, quando comparado com o BRS 1030 sendo que não houve diferenças entre os valores relativos de tolerância (RVT) (Fig. 1B). Já no diâmetro das células do

metaxilema (DM) ocorreu uma significativa diminuição no DKB 390 estressado e o RVT neste mesmo híbrido foi menor (Fig. 1C).

O DKB 390 apresentou um maior número de metaxilemas e uma diminuição no diâmetro dessas células. Essas características do DKB 390 podem indicar uma maior condutividade hidráulica aumentando a capacidade de transporte de água (Li et al., 2009). Um menor diâmetro dos vasos está relacionado com a diminuição do risco do embolismo e aumento da resistência do fluxo de água. Já o maior número de vasos pode permitir aumento na probabilidade de a água chegar ao seu destino ou de o fluxo ocorrer (Souza et al., 2009). Modificações semelhantes nos vasos de xilema foram observadas em genótipos de milho tolerantes à seca por Peña-Valdivia et al., 2005 e Li et al., 2009.

Quanto à espessura da camada de células suberizadas na região da hipoderme (exoderme) (SC), observou-se que os dois híbridos apresentaram maiores valores no tratamento estressado sendo mais pronunciado no DKB 390 (Fig. 1D). Para SC o DKB 390 também apresentou maior RVT. Não houve diferenças entre os tratamentos e entre os RVT na espessura da endoderme (EW) (Fig. 1E). Tanto a endoderme quanto a exoderme possuem várias funções nas raízes, mas no geral são camadas de células especializadas em selecionar ou impedir a entrada de substâncias tóxicas ou microrganismos. No caso do estresse hídrico, essas duas camadas podem impedir a saída de água dos feixes de xilema para o solo evitando a desidratação (Peña-Valdivia et al., 2005).

Com relação à espessura da epiderme (EPW), o BRS 1030 estressado teve significativamente um maior aumento do que os outros tratamentos. Foi verificado também um maior RVT no BRS 1030 para EPW (Fig. 1F). Uma explicação para esse comportamento poderia ser o aumento do papel da epiderme como barreira por não possuir uma exoderme e endoderme tão espessa (Souza et al., 2009).

Conclui-se que a seca afetou significativamente os híbridos de milho estudados sendo que o DKB 390 apresentou modificações nos caracteres morfoanatômicos, os quais favoreceram sua sobrevivência em ambientes com deficiência hídrica.

Literatura citada

Araus J.L., Sánchez C, Edmeades G.O., 2011. Phenotyping maize for adaptation to drought. In: Monneveux P., Ribaut, J-M., eds. Drought phenotyping in crops: from theory to practice. CGIAR Generation Challenge Programme, Texcoco, México, pp. 263–283.

Gowda, V.R.P., Henry, A., Yamauchi, A., Shashidhar, H.E., Serraj, R., 2011. Root biology and genetic improvement for drought avoidance in rice. *Field Crop Res.* 122, 1–13.

Lenochová, Z., Soukup, A., Votrubová, O., 2009. Aerenchyma formation in maize roots. *Biol. Plant.* 53, 263–270.

Li, Y., Sperry, J.S., Shao, M., 2009. Hydraulic conductance and vulnerability to cavitation in corn (*Zea mays* L.) hybrids of differing drought resistance. *Environ. Exp. Bot.* 66, 341–346.

Lopes, M.S., Araus, J.L., Van Heerden, P.D.R., Foyer, C.H., 2011. Enhancing drought tolerance in C₄ crops. *J. Exp. Bot.* 62, 3135–3153.

Pena-Valdivia, C.B., Sánchez-Urdaneta, A.B., Trejo, C., Aguirre R., R.; Cárdenas S, E., 2005. Root anatomy of drought sensitive and tolerant maize (*Zea mays* L.) seedlings under different water potentials. *Cereal Res. Commun.* 33, 705–712.

Postma, J.A., Lynch, J.P., 2011. Root cortical aerenchyma enhances the growth of maize on soils with suboptimal availability of nitrogen, phosphorus, and potassium. *Plant Physiol.* 156, 1190–1201.

Souza, T.C., Castro, E.M., Pereira, F.J., Parentoni, S.N, Magalhães, P.C., 2009. Morpho-anatomical characterization of root in recurrent selection cycles for flood tolerance of maize (*Zea mays* L.). *Plant Soil Environ.* 55, 504–510.

Souza, T.C., Magalhães, P.C., Pereira, F.J., Castro, E.M., Parentoni, S. N., 2011. Morpho-physiology and maize grain yield under periodic soil flooding in successive selection cycles. *Acta Physiol. Plant.* 33, 1877–1885.

Zhu, J., Brown, K.M., Lynch, J.P., 2010. Root cortical aerenchyma improves the drought tolerance of maize (*Zea mays* L.). *Plant Cell Environ.* 33, 740–749.

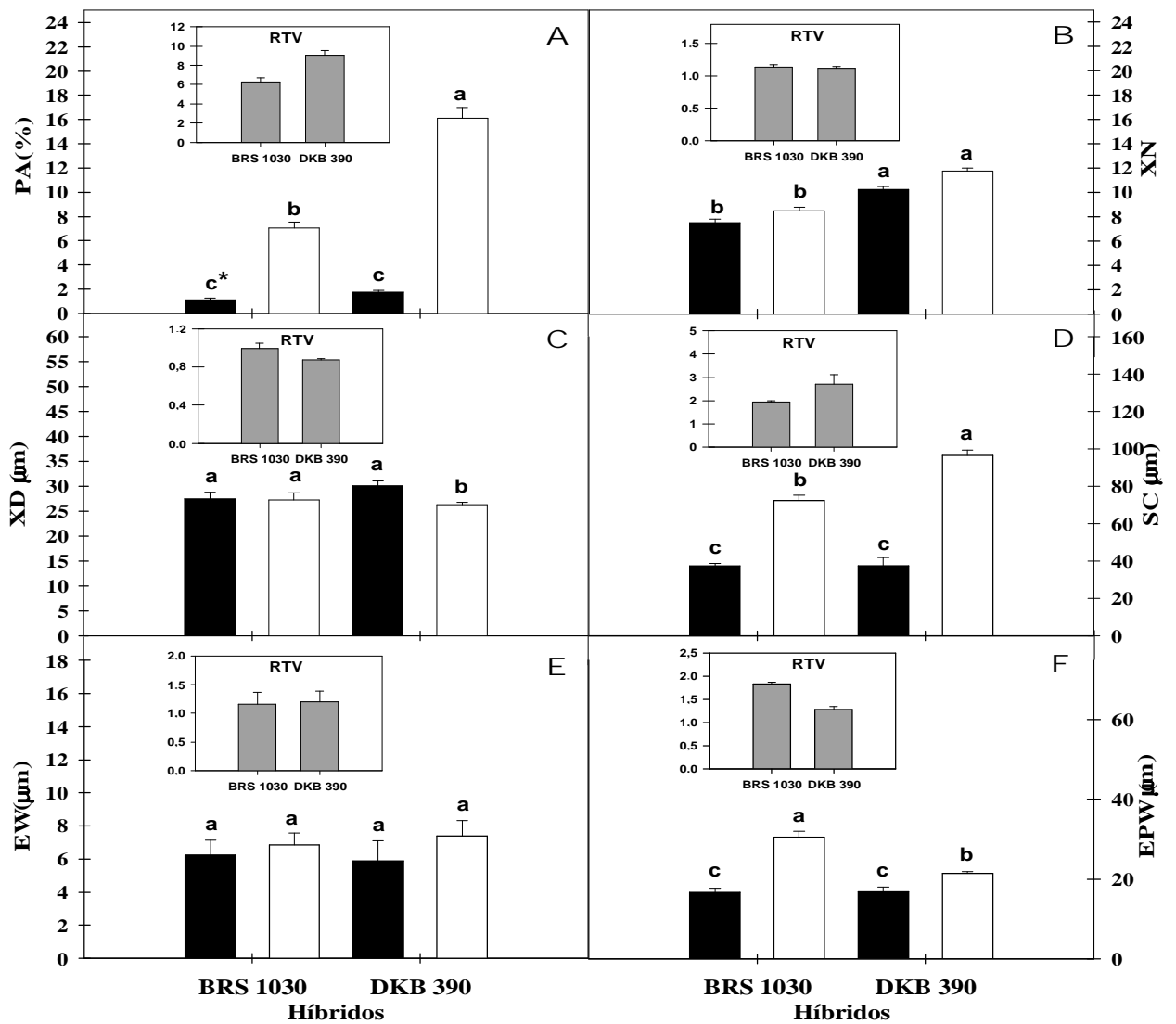


Fig. 1. Características anatômicas radiculares durante a imposição do estresse hídrico em dois híbridos contrastantes a seca no ano de 2010. Cada barra indica a média do tratamento \pm S.E. * Médias seguidas por mesma letra em cada barra não diferem entre si pelo teste Skott-Knott a 5% de probabilidade (P

•0.05). Barra preta representa os tratamentos irrigados; barra branca, os tratamentos estressados e barra cinza, os valores relativos de tolerância (RVT). (A) proporção de aerênquima no córtex (PA), (B) número de células do metaxilema (NM), (C) diâmetro das células do metaxilema (DM), (D) espessura da camada de células suberizadas na região da hipoderme (exoderme) (SC), (E) espessura da endoderme (EW) e (F) espessura da epiderme (EPW).