

SÍLCIO COMO INDUTOR DE TOLERÂNCIA AO DÉFICIT HÍDRICO NAS FASES DE GERMINAÇÃO E CRESCIMENTO INICIAL DO GENÓTIPO GURGUÉIA DE FEIJÃO-CAUPI

Autá Paulina da Silva Oliveira¹ ; Maria do Socorro Rocha²;

Universidade Estadual da Paraíba, autapaulina@outlook.com¹

Universidade Estadual da Paraíba (professor(a) substituto), marialirium@hotmail.com²

Resumo: O feijoeiro cultivado são um dos principais produtos da agricultura familiar brasileira, sendo produzido geralmente em cultivos de sequeiro, os quais propiciam a ocorrência de deficiência hídrica em algum estágio do desenvolvimento. Tal fato torna-se potencialmente significativo na região Nordeste onde é cultivada a safra da seca. Todavia, pela necessidade de se identificar genótipos mais adaptados ao déficit hídrico, bem como conhecer a ação de substâncias promotoras de tolerância a fatores de estresse, foi realizado este trabalho objetivando-se avaliar a germinação, índice de velocidade de germinação- IVG e Altura de planta, fitomassa seca total, atividades enzimáticas superóxido dismutase, catalase, ascorbato peroxidase e o aminoácido prolina de genótipo BR 17 Gurgueia sob silício como indutor de tolerância ao déficit hídrico nas fases de germinação e crescimento inicial de feijão caupi. Foram testados cinco potenciais osmóticos (-0,8; -0,6; -0,4 e 0 MPa- água purificada) e três tratamentos de sementes (pré-embebição em água destilada; pré-embebição em silício e sem pré-embebição) para se avaliar a germinação e o metabolismo bioquímico das plântulas. Foi adotado o delineamento inteiramente casualizado, fatorial de 3 x 5 com quatro repetições e 50 sementes por repetição. Os dados obtidos das avaliações nas plântulas foram submetidos à análise de variância (teste F até 5%) e nos casos de significância foi realizada análise de regressão para fator de natureza quantitativa. O déficit hídrico induzido por PEG 6000 causa decréscimo no crescimento mais uma aumento nas enzimas e prolina do genótipo de feijão caupi. A embebição das sementes em solução de silício (1,0 mM) pode ser utilizada na indução de tolerância ao déficit hídrico durante a germinação e crescimento inicial da cultivar BR 17 Gurgueia. A germinação e o vigor das sementes de feijão caupi são ampliados com a embebição em silício durante 8 horas, ocorreu um aumento nas enzimas antioxidativas, superóxido dismutase, catalase e ascorbato peroxidase e no aminoácido a prolina estuda utilizando o potencial osmótico de -0,8 MPa na cultivar BR 17 Gurgueia.

Palavras-chave: *Vigna unguiculata* L; déficit hídrico; potencial osmótico.

Introdução

As respostas dos vegetais à deficiência hídrica incluem muitas vezes alterações bioquímicas em nível de expressão gênica na célula (FLOSS, 2004). Assim, um conjunto de respostas bioquímicas e expressão gênica ocorre em vegetais sob condições de deficiência hídrica, em que as plantas desenvolvem mecanismos de adaptação em resposta ao ambiente de acordo com a intensidade, duração, interação com outros tipos de estresse, com o estágio de desenvolvimento e com o genótipo (MENESES et al., 2006 e NEPOMUCENO *et al.*, 2001). Este mecanismo, denominado ajustamento osmótico, tem sido verificado em várias espécies, sendo considerado um dos mais eficazes para manutenção da turgescência celular, permitindo principalmente a manutenção da abertura estomática e fotossíntese sob condição de baixo potencial hídrico no solo.

O déficit hídrico nas plantas a redução do turgor, da área foliar, diminuição da transpiração, limitação do número de folhas, abscisão foliar, entre outros (TAIZ e ZEIGER, 2013). Alguns pesquisadores (APEL e HIRT, 2004; MØLLER *et al.*, 2007) reportam que a falta de água leva à restrição da atividade fotossintética e ao aumento na respiração das plantas, ocasionando produção excessiva de espécies reativas de oxigênio, as quais são produzidas nas mitocôndrias, cloroplastos e peroxissomos são capazes de causar danos oxidativos aos lipídios e proteínas.

Nestes aspectos, o feijão caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp.), comumente chamado e feijão de corda ou feijão macassar pertencente a família Fabaceae, é um alimento básico para as populações de baixa renda do Nordeste brasileiro. Dentre os diferentes produtos agrícolas encontrados nas regiões tropicais, o caupi se destaca pelo alto valor nutritivo, além do baixo custo de produção. É amplamente cultivado pelos pequenos produtores, constituindo um dos principais componentes da dieta alimentar, especialmente na zona rural (EMBRAPA MEIO NORTE, 2013). Ressalte-se que dentre os meios de avaliação da tolerância ao estresse hídrico em diversas culturas, tem se destacado a observação das características bioquímicas.

A semelhança aos efeitos adversos dos estresses abióticos às plantas, recentemente, tem sido estudada a aplicação nitrato de silício em espécies vegetais visando avaliar a atuação deste composto como atenuador de tais efeitos (VIEIRA, 2011). Adverte-se que o silício é um composto indicador, osmoregulador considerado componente de uma nova classe de substâncias de crescimento em plantas, além de atuar como importante regulador de diversos processos fisiológicos na planta, incluindo a fotossíntese.

Nesse contexto, em função do expressivo potencial do feijoeiro no Brasil, em especial na região Nordeste onde é frequente a ocorrência de períodos de seca, torna-se relevante a

investigação de genótipos mais adaptados a essas condições, assim como é necessário buscar alternativas para minimizar os danos causados às culturas. Além de serem inexistentes trabalhos envolvendo a aplicação de silício no feijoeiro, associado as condições de estressantes, evidenciase a relevância do conhecimento das relações entre mecanismos de germinação e IVG, altura de plantas a capacidade antioxidativa das enzimas superóxido dismutase, catalase e ascorbato peroxidase indicador osmorregulador e o aminoácido a prolina que estão envolvidos na adaptação desta espécie sob condições estressantes.

Este trabalho objetivou avaliar a aplicação do silício como indutor de tolerância ao déficit hídrico nas fases de germinação e crescimento inicial de feijão-caupi, assim como, determinar a atividade de enzimas antioxidantes (superóxido dismutase, catalase e ascorbato peroxidase) e os níveis de prolina livre da cultivar Gurguéia, com estresse induzido pelo polietinoglicol (peg 6000) com atenuação induzida por aplicação de silício na pré-semeadura.

Metodologia

A pesquisa foi conduzida durante os meses de fevereiro a maio de 2017, no Laboratório de Ecofisiologia de Plantas Cultivadas (ECOLAB), localizado no Complexo Integrado de Pesquisa Três Marias, pertencente à Universidade Estadual da Paraíba, Campus- I, Campina Grande. O estudo foi realizado em esquema fatorial 3 x 5, composto por três condições na pré-semeadura (SE = sem embebição; ES= embebição com silício (1,0 mM) e EAD = embebição em água destilada), ambos os tratamentos com embebição ocorreram durante o período de oito horas e cinco potenciais hídricos, induzidos por polietilenoglicol 6000, durante a germinação e o crescimento inicial (-0,8; -0,6; -0,4 e 0 MPa- água purificada), que fatorialmente combinados resultaram em 45 tratamentos.

Inicialmente foi realizada uma triagem das sementes, na sequência foi aplicado fungicida para evitar o aparecimento de patógenos. As sementes foram divididas em três lotes, sendo dois deles envolvidos em papel toalha na forma de rolos (BRASIL, 2009) para posterior embebição em solução de silício (1,0 mM) e embebida água destilada (EAD) por um período de 8 horas. O terceiro lote foi mantido em garrafa, tipo pet, lacrada pelo mesmo período, para evitar qualquer alteração na umidade das sementes. Após o período de embebição, todas as sementes foram distribuídas em caixas de acrílico (Gerbox®), 20 sementes por caixa, contendo quatro folhas de papel Germitest®, previamente umedecidas com água purificada e soluções osmóticas de polietilenoglicol 6000 (-0,8; -0,6; -0,4 e 0 MPa- água purificada) na proporção de 2,5 g g⁻¹ de papel.

Em seguida, as caixas foram vedadas com filme plástico, pesadas em balança analítica, obtendo a massa do conjunto caixa + papel + sementes + filme plástico, a qual foi utilizada como base para a reposição hídrica diária. Por fim, as caixas foram alocadas em câmara de germinação, tipo B.O.D, regulada a 27°C e fotoperíodo de 12 horas (BRASIL, 2009). As caixas permaneceram na câmara de germinação durante 14 dias. O consumo hídrico foi monitorado diariamente por meio da pesagem das caixas contendo as sementes, e a reposição de água foi efetuada até atingir a massa inicial do conjunto caixa + papel + sementes + filme plástico.

A determinação da quantidade de polietilenoglicol (PEG 6000) necessária para cada solução osmótica foi realizada utilizando-se da equação proposta por Michel e Kaufmann (1973). Durante 13 dias, no mesmo horário, foram realizadas as contagens de germinação, considerando como germinadas as sementes que emitissem a radícula com extensão mínima de 2 mm (REHMAN et al., 1996). Para a extração enzimática, 200 mg de material fresco (folha) foram triturados, separadamente, em 2 mL de tampão fosfato de potássio (concentração final 50 mM e pH final 7) acrescido de ácido ascórbico (0,1 mM), EDTA (0,1 mM) e polivinilpirrolidona (5%). Em seguida os extratos foram centrifugados a 20000 g e temperatura de - 4 °C durante 15 minutos. O sobrenadante foi aspirado, alocados em tubos tipo eppendorf e mantidos em refrigerador até o momento das análises.

A atividade de CAT foi medida seguindo a oxidação de H₂O₂ a 240 nm. A reação enzimática do extrato foi determinada na presença de tampão fosfato de potássio 50 mM (pH 7,0) contendo 20 mM de H₂O₂. A reação foi monitorada a cada 15 s, à absorvância de 240 nm, durante 90 s (Sudhakar et al., 2001). A atividade da CAT foi expressa em $\mu\text{mol de H}_2\text{O}_2 \cdot \text{MF}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$. A concentração de prolina foi determinada segundo metodologia descrita por Bates (1973), onde a prolina foi determinada com base em curva padrão de L-Prolina, com seus resultados expressos em $\mu\text{mol g}^{-1}$ de massa fresca e a leitura realizada em espectrofotômetro a 520 nm de absorvância.

A atividade da dismutase do superóxido (SOD) foi determinada pela inibição da foto-redução do cloreto trotetrazólio azul (NBT). Alíquotas de 0,1 mL do extrato protéico. foram transferidas para tubos de ensio contendo meio de reação composto por tampão fosfato de potássio 50 mM (pH 7,8), EDTA 0,1 mM, L-metionina 13mM e NBT 75 μM . A reação foi iniciada pela adição de riboflavina 2 μM , seguido da iluminação do meio de reação com lâmpadas fluorescências

de 30W em caixa fechada. Após 5 min, a reação foi interrompida pelo desligamento das luzes e as leituras foram realizadas a 560 nm. Uma unidade de atividade de SOD foi expressa em $UA\ g^{-1} MS\ min^{-1}$.

Para a mensurar a atividade da peroxidase de ascorbato (APX), o consumo de ascorbato foi detectado pelo decréscimo da absorbância a 290 nm, alíquotas de 0,1 mL do extrato foram transferidas para tubos de ensaio contendo 2,7 mL de tampão fosfato de potássio 50 mM (pH 6,0) e L-ascorbato 0,8 mM. A reação foi iniciada pela adição de H_2O_2 mM e a atividade enzimática foi expressa em $\mu mol\ ascorbato\ g^{-1}\ MS\ min^{-1}$. A quantificação da prolina livre nos tecidos foi realizada pelo método colorimétrico proposto por Bates et al. (1973) e modificado por Bezerra Neto e Barreto (2011).

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado com 3 repetições, sendo a parcela experimental composta por 25 sementes (BRASIL, 2009). Os dados das variáveis respostas foram submetidos à análise de variância pelo teste F ($\alpha \leq 0,05$) os modelos de regressão, para o fator quantitativo, foram ajustados de acordo com o coeficiente de determinação até 5% de significância. Para as análises e confecção dos gráficos utilizou-se os softwares Assistat Excel e Table Curve 2D.

Resultados e discussão

A observação da capacidade germinativa das sementes em condições de estresse é uma das metodologias mais difundidas para se determinar o nível de tolerância das plantas, pois corresponde a uma das fases mais críticas do ciclo de vida dos vegetais (TAIZ e ZEIGER, 2013). A partir desta afirmação na (Figura 1 A e B) estão apresentados os dados referentes ao desdobramento da interação tripla entre genótipos de feijoeiro, embebição de sementes e potenciais osmóticos para a variável percentual de germinação (%) e índice de velocidade de germinação (IVG).

O índice de velocidade de germinação (IVG) da cultivar de feijão- caupi BR 17Gurguéia (Figura 1A) foi mais sensível à redução do potencial hídrico do que a porcentagem final de germinação em todas as condições avaliadas. Os maiores valores de IVG foram verificados no maior potencial hídrico (0 MPa) com destaque para as sementes submetidas à embebição com silício, que tiveram este índice significativamente superior ao obtido nas sementes com e sem embebição (Figura 1). Houve diferença significativa entre os tipos de embebição avaliados (SE, EAD e ES)

(Figuras 1 B). Contudo a aplicação de ES aumentou o IVG das cultivares BR 17 Gurguéia no potencial de -0,6 MPa em comparação com a sem embebição e com embebição em água. Houve uma resposta das plantas ao déficit hídrico é a redução do crescimento provocado pela diminuição do turgor com consequente limitação da expansão celular.

No presente trabalho, a diminuição dos potenciais hídricos influenciou negativamente altura plântulas (AP) e fitomassa seca total (FST) das cultivares de feijão-caupi, especialmente, aquelas não submetidas à embebição durante a pré-semeadura (Figura 2A).

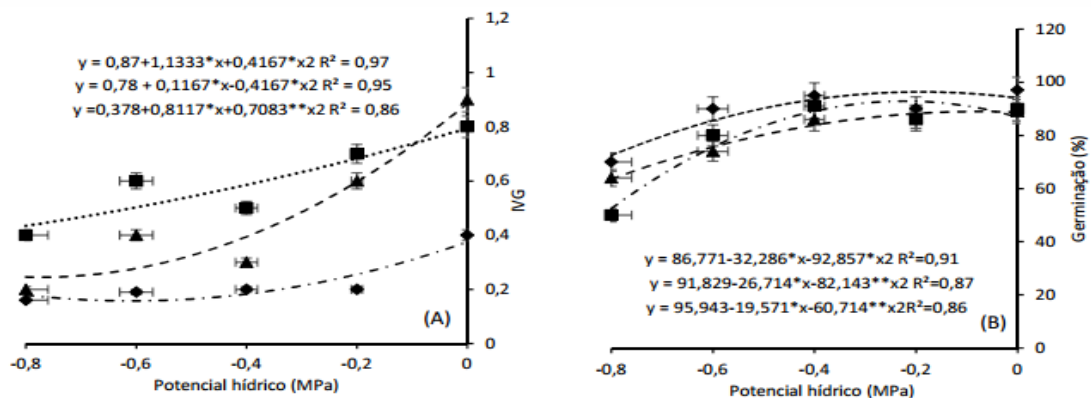


Figura 1. Índice de velocidade de germinação IVG-(A), Germinação G-(B) das cultivares de feijão-caupi: BR 17 Gurguéia, acondicionadas durante a pré-semeadura e submetidas a diferentes potenciais hídricos induzidos por PEG 6000. Campina Grande, PB, 2017. SE – sem embebição; EAD – embebição em água destilada e ES – embebição em silício.

Com a embebição das sementes em ES foi averiguado uma melhora significativa nos parâmetros de crescimento (AP e FST) das cultivares de feijão-caupi (Figura 2B), reforçando a hipótese de que o ES atua como um eficiente regulador de crescimento e modulador de inúmeras respostas em plantas. O efeito de diferentes potenciais hídricos sobre a fisiologia e morfologia de várias espécies, como feijão, vem sendo intensamente estudado, com o objetivo de elucidar os efeitos da deficiência hídrica nas plantas, bem como os mecanismos de resposta ao estresse. Os autores avaliando o efeito de diferentes potenciais hídricos durante as fases de germinação e crescimento inicial, verificaram um decréscimo no crescimento com o aumento da restrição hídrica, os resultados científicos na pesquisa em questão, comportamento esse explicado pela diminuição do alongamento celular com consequente aumento da síntese de parede secundária sob déficit hídrico. Foi possível observar, nas plântulas de feijão-caupi BR 17 Gurguéia submetidas ao potencial mais negativo (-8,0 MPa), que a redução do crescimento da altura plântulas (AP) e fitomassa seca total (FST) é dependente da interação do condicionamento x cultivar, sendo, em

geral, superior a 50%. Girotto et al. (2012), avaliando o comportamento de genótipos de trigo em diferentes potenciais hídricos induzidos por PEG 6000 e Manitol, verificaram que sob o potencial de $-0,4$ MPa, ou mais negativo, as plântulas tiveram seu crescimento reduzido em pelo menos 50%, variando, no entanto entre os genótipos. No presente estudo, as maiores e menores reduções de crescimento foram encontradas na cultivar BR 17 Gurguéia sob limitação hídrica, com valores incremento de 50% no AT e 57,14% no FST, respectivamente.

O acréscimo da restrição hídrica influenciou negativamente o acúmulo de fitomassa seca total (FST), na Figura 3B, onde os valores de FST obtidos nas sementes embebidas em ES ajustaram-se ao modelo quadrático, com o máximo estimado de $0,56$ g/planta encontrado no potencial referente a $-0,273$ MPa, valor esse significativamente superior ao máximo estimado ($0,56$ g/planta) encontrado com a embebição em ES no potencial de $-0,2$ MPa. Esse comportamento contribuiu diretamente com as menores reduções de FST observada entre as cultivares. Por outro lado, a cultivar mais sensível ao aumento da restrição hídrica foi a BR 17 Gurguéia, sendo constatados decréscimos na FST de 83,74% nas plântulas oriundas de sementes sem embebição (Figura 3B). Em relação às cultivares, o maior incremento de FST foi verificado também na BR 17 Gurguéia ($0,56$ g/planta), o menor valor ($0,20$ g/planta) encontrado na BR 17 Gurguéia (Figura 2B). Ainda nessas cultivares, a embebição em ES melhorou a FST das plântulas nos potenciais $-0,4$ MPa (Figura 2B).

O déficit hídrico juntamente com condicionamento das sementes na pré- semeadura alterou a atividade da superóxido dismutase nas folhas cotiledonares (SOD FC) do feijão-caupi, (Figura 3A). De maneira geral, a embebição das sementes influenciou positivamente a atividade da SOD nos cotilédones (Figura 3A). Com a embebição com silício (ES), por exemplo, observou-se um acréscimo significativo da atividade da SOD FC nesta cultivar (Figura 3A), quando expostas ao potencial hídrico referente à $-0,6$ MPa. Destaque-se, que o maior valor de SOD FC ($476,75$ U Ag^{-1} $mfmm^{-1}$) com a embebição em NP, foi obtido na BR 17 Gurguéia quando cultivada no potencial de $0,6$ MPa, da SOD FC entre os potenciais $-0,4$ MPa (Figura 3A), a qual foi superior a todas as atividades registradas nas outras cultivares. O déficit hídrico juntamente com condicionamento das sementes na pré- semeadura alterou a atividade da superóxido dismutase nas folhas cotiledonares (SOD FC) do feijão-caupi, (Figura 3A). De maneira geral, a embebição das sementes influenciou positivamente a atividade da SOD nos cotilédones (Figura 3A).

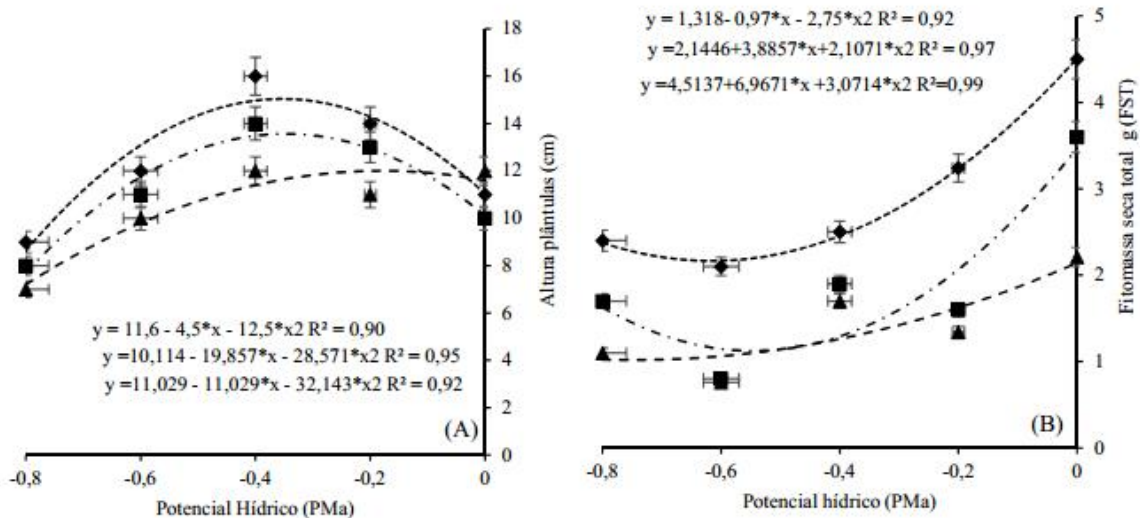


Figura 2. Altura de plântulas AP- (A), Fitomassa seca total FST- (B) da cultivar de feijão-caupi: BR 17 Gurguéia, acondicionadas durante a pré-semeadura e submetidas a diferentes potenciais hídricos induzidos por PEG 6000. Campina Grande, PB, 2017. SE – sem embebição; EAD – embebição em água destiladas e ES– embebição em silício.

Com a embebição com silício (ES), por exemplo, observou-se um acréscimo significativo da atividade da SOD FC nesta cultivar (Figura 3A), quando expostas ao potencial hídrico referente à -0,6 MPa. Destaque-se, que o maior valor de SOD FC ($476,75 \text{ U Ag}^{-1} \text{ mfmim}^{-1}$) com a embebição em NP, foi obtido na BR 17 Gurguéia quando cultivada no potencial de 0,6 MPa, da SOD FC entre os potenciais -0,4 MPa (Figura 3A), a qual foi superior a todas as atividades registradas nas outras cultivares.

A atividade da catalase nas folhas cotilédones (CAT FC) foi reduzida com o aumento da restrição hídrica em todas as cultivares de feijão-caupi (Figura 3B), independente do condicionamento, exceto a BR 17 Gurguéia onde a diminuição do potencial incrementou a atividade desta enzima (Figura 3B). A embebição em ES aumentou significativamente a atividade da CAT FC (Figura 3B), quando comparado a SE e EAD. Destaque-se, que a embebição das sementes em EAD resultou em menor atividade da CAT FC, diferindo estatisticamente da atividade obtida em SE (Figura 3B). Os maiores valores de CAT FC foram encontrados na cultivar BR 17 Gurguéia, onde foi verificado que o ES incrementou em 315,21% a atividade da CAT nas folhas cotilédones, em relação ao tratamento SE e EAD, respectivamente (Figura 3B).

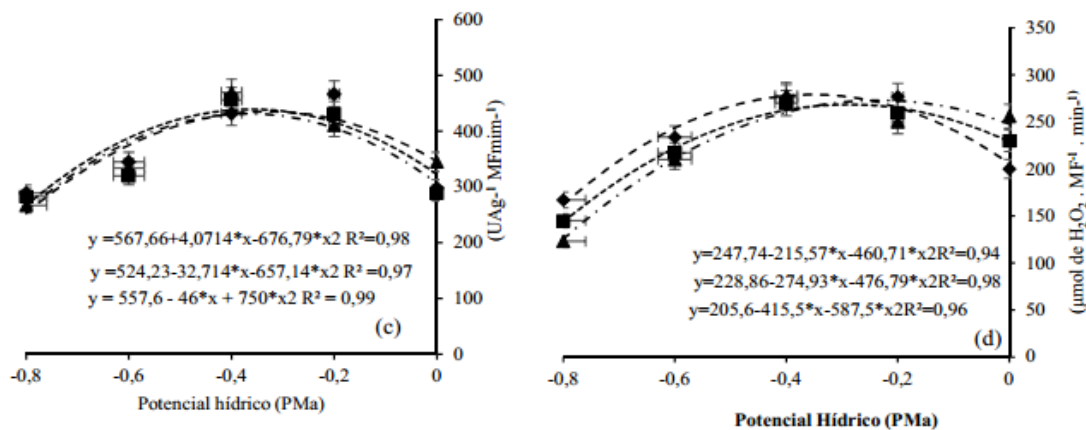


Figura 3. Atividade da superóxido dismutase SOD- (A), Catalase CAT- (B) das cultivares de feijão-caupi: BR 17 Gurguéia, acondicionadas durante a pré-semeadura e submetidas a diferentes potenciais hídricos induzidos por PEG 6000. Campina Grande, PB, 2017. SE – sem embebição; EAD – embebição em água destiladas e ES– embebição em silício.

No presente estudo, a ascorbato peroxidase foi mais expressa folha (APX F) de todas as cultivares avaliadas. Quanto aos condicionamentos, a embebição melhorou, a atividade da APX nas cultivares de feijão- caupi, sendo observado uma superioridade da AD sobre APX F (Figura 4), enquanto que a atividade da APX F foi incrementada significativamente com o ES. Os maiores valores de APX F foram averiguados na cultivar BR 17 Gurguéia quando submetida à embebição durante a pré-semeadura (Figura 4A). Nesta, a embebição em água destilada aumentou significativamente a APX F em todos os potenciais hídricos, com exceção dos mais negativos (-0,8 MPa) onde houve diferença entre a EAD e o ES.

Este aumento na atividade da APX F pode ter permitido um maior controle dos níveis de peróxido de hidrogênio na célula, evitando danos provocados pelo estresse oxidativo, o que induz a adaptabilidade da cultivar ao déficit hídrico, com reflexos significativos sobre o acúmulo de prolina (Figura 4 B). Este comportamento foi justificado pela correlação positiva observada entre a atividade da APX F e a fitomassa seca total (Figura 2B). De maneira semelhante, foi constatado um aumento do ES sobre a atividade da APX F e Prolina na cultivar BR 17 Gurguéia, quando submetidas aos potenciais mais negativos (-0,8 MPa).

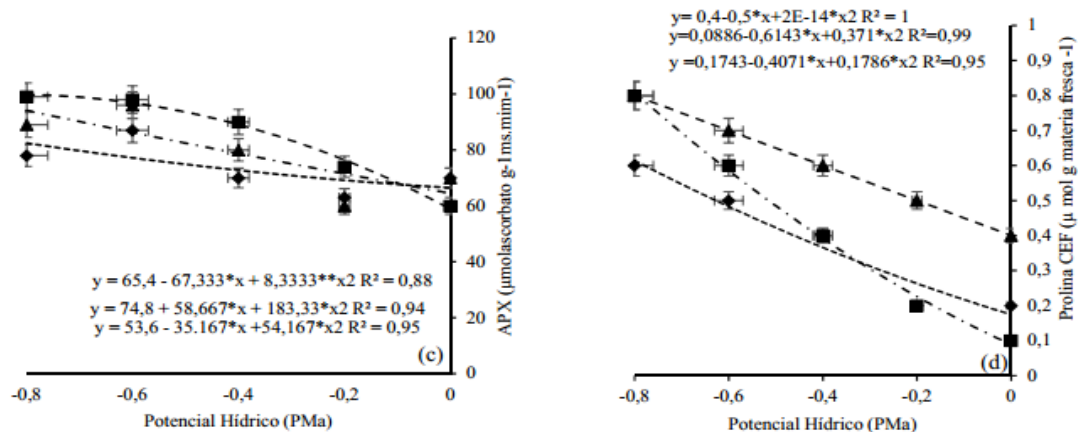


Figura 4. Atividade da enzima ascorbato peroxidase APX (A), Prolina PRO-(B) das cultivares de feijão-caupi: BR 17 Gurguéia, acondicionadas durante a pré-semeadura e submetidas a diferentes potenciais hídricos induzidos por PEG 6000. Campina Grande, PB, 2017. SE – sem embebição; EAD – embebição em água destiladas e ES– embebição em silício.

Conclusões

Avaliamos que o déficit hídrico induzido por PEG 6000 causa decréscimo no crescimento mais uma aumento nas enzimas e prolina do genótipo de feijão caupi. Podemos concluir que a embebição das sementes em solução de silício (1,0 mM) pode ser utilizada na indução de tolerância ao déficit hídrico durante a germinação e crescimento inicial da cultivar BR 17 Gurguéia e que germinação e o vigor das sementes de feijão caupi são ampliados com a embebição em silício durante 8 horas, ocorreu um aumento nas enzimas antioxidativas, superóxido dismutase, catalase e ascorbato peroxidase e no aminoácido a prolina estuda utilizando o potencial osmótico de -0,8 MPa na cultivar BR 17 Gurguéia.

Referências

- APEL, K.; HIRT, H. **Reactive oxygen species: metabolism oxidative stress, and signal transduction.** Annual Review of Plant Biology, v.55, n.1, p-373-399, 2004.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes.** Brasília: Mapa/ACS, 2009. 399p.

- BATES, L. S.; WALDREN, R. P.; TEARE, I. D. **Rapid determination of free proline for water-stress studies**. Short communication. Plant and Soil, v.39, n.1, p.205-207, 1973.
- BEZERRA NETO, E.; BARRETO, L. P. **Análises químicas e bioquímicas em plantas**. Recife: UFRPE, 2011. 267 p.
- CARVALHO, R. I. N.; CARVALHO, D. B. **Germinação de sementes de um ecótipo de paspalum da região de Guarapuava**- Pr. Semina: Ciências Agrárias, v. 30, n.4Sup1, p. 1187-1194, 2009.
- FLOSS, E. L. **Fisiologia das plantas cultivadas**. Passo fundo: Editora da UPF, 2004. 536p.
- GIROTTI, L.; ALVES, J. D.; DEUNER, S.; ALBUQUERQUE, A. C. S.; TOMAZONI, A. P. **Tolerância à seca de genótipos de trigo utilizando agentes indutores de estresse no processo de seleção**. Revista Ceres, Viçosa, v. 59, n.2, p. 192-199, 2012.
- MENESES, C. H. S. G.; LIMA, L. H. G. M.; LIMA, M. M. A.; VIDAL, M. S. **Aspectos genéticos e moleculares de plantas submetidas ao déficit hídrico**. Revista de Oleaginosas e Fibrosas, v.10, n.1-2, p.1039-1072, 2006.
- MØLLER, I. M.; JENSEN, P. E.; HANSSON, A. **Oxidative modifications to cellular components in plants**. Annual Review of Plant Biology, v. 58, p. 459-481, 2007.
- NEPOMUCENO, A. L.; NEUMAIER, N.; FARIAS, J. R. B.; OYA, T. **Tolerância à seca em plantas**. Biotecnologia Ciência e Desenvolvimento, ano IV, n.23, p. 12-18, 2001.
- NOREEN, S.; ASHRAF, M.; M HUSSAIN, JAMIL, A. **Exogenous application of salicylic acid enhances antioxidative capacity in salt stressed sunflower (Helianthus annuus L.) plants**. Pakistan Journal of Botany, v. 41, n.1, p. 473- 479, 2009.
- REHMAN, S.; HARRIS, P. J. C.; BOURNE, W. F.; WILKEIN, J. **The effect of sodium chloride on germination and the potassium and calcium contents** of Acacia seeds. Seed Science and Technology, v.25, n.1, p. 45-57, 1996.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5ª Ed. Porto Alegre: Artmed, 2013.
- VIEIRA, J. G.; **Aplicação exógena de ácido salicílico em feijoeiro**. Dissertação (Mestrado em agronomia). Universidade do Oeste Paulista – UNOESTE, Presidente Prudente, SP, 2011.