



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CAMPUS I
CENTRO CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA
CURSO DE LICENCIATURA EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**

RENATO CARDOSO JALES FILHO

**USO DE NITRATO DE POTÁSSIO COMO ATENUADOR DO DÉFICIT HÍDRICO
EM FEIJÃO-CAUPI**

**CAMPINA GRANDE-PB
OUTUBRO DE 2016**

RENATO CARDOSO JALES FILHO

**USO DE NITRATO DE POTÁSSIO COMO ATENUADOR DO DÉFICIT HÍDRICO
EM FEIJÃO-CAUPI**

Artigo apresentado ao Programa de Graduação em Ciências Biológicas da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de Licenciado em Ciências Biológicas.

Orientador: Prof. Dr. Alberto Soares de Melo

Coorientadora: Dra. Maria do Socorro Rocha

CAMPINA GRANDE

OUTUBRO DE 2016

É expressamente proibida a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano da dissertação.

J26u Jales Filho, Renato Cardoso.
Uso de nitrato de potássio como atenuador do déficit hídrico em feijão-caupi [manuscrito] / Renato Cardoso Jales Filho. - 2016. 21 p. : il.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, 2016.

"Orientação: Prof. Dr. Alberto Soares de Melo, Departamento de Ciências Biológicas".

"Co-Orientação: Profa. Dra. Maria do Socorro Rocha, Departamento de Ciências Agrárias".

1. *Vigna unguiculata* (L.) Walp. 2. Feijão-caupi. 3. Atividade enzimática. 4. Clorofila. I. Título.

21. ed. CDD 635.652


RENATO CARDOSO JALES FILHO

USO DE NITRATO DE POTÁSSIO COMO ATENUADOR DO DÉFICIT HÍDRICO EM
FEIJÃO-CAUPI

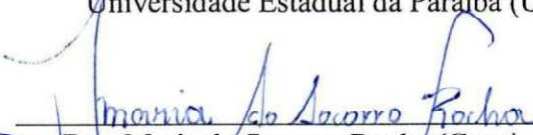
Artigo apresentado ao Programa de Graduação em Ciências Biológicas da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de Licenciado em Ciências Biológicas.

Aprovada em: 13/10/2016.


BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Alberto Soares de Melo (Orientador)
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Dra. Maria do Socorro Rocha (Coorientadora)
Universidade Estadual da Paraíba
Programa de Pós-graduação em Ciências Agrárias



Lic. Edilene Daniel de Araújo
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)
Programa de Pós-graduação em Ciências Agrárias



Profa. Dra. Valéria Veras Ribeiro
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

Aos meus pais, pela dedicação, companheirismo e amizade, DEDICO.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Renato Cardoso Jales e Maria Vilma Dantas Jales, por todo apoio e confiança nesses quatro anos de graduação.

A minha irmã Taiza, pelo apoio nos momentos de dificuldade.

Aos meus orientadores Dr. Alberto Melo e Dra. Maria Rocha pela oportunidade de ingressar na pesquisa e por toda dedicação em minha orientação.

A minhas estimadas colegas de turma, Cinthya, D'Ávilla, Iara, Larysse e Thauane que me deram total apoio e funcionaram como uma segunda família durante minha graduação.

Aos amigos Lucas Lócio, Lucas Almeida, Leandro e Rogério pela amizade e convivência durante a graduação e minha estadia em Campina Grande.

Aos amigos que adquiri durante a estadia no Ecolab: Rosa, Kamila, Edilene, Wellerson, Durval e Auta por toda ajuda no desenvolvimento da minha pesquisa e pelos momentos de descontração.

Aos professores do Curso de Graduação em Ciências Biológicas da UEPB, pelas aulas e por toda a dedicação durante a formação dos alunos.

Aos amigos que mesmo distantes se mantiveram presentes por meio de redes sociais ou por ligações em especial, a Lucas Alves, Maria Aparecida e Ravena Maia.

Aos amigos que adquiri ao longo destes anos de graduação em especial a Gabriel, Monalisa, Anderson, Rubenice, David, Bella, Ana Laysla e Swuami.

A todos que contribuíram de forma direta ou indireta na minha formação acadêmica e pessoal durante os anos de graduação.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	07
2	MATERIAIS E MÉTODOS.....	08
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	10
4	CONCLUSÕES.....	17
	REFERÊNCIAS.....	19

USO DE NITRATO DE POTÁSSIO COMO ATENUADOR DO ESTRESSE HÍDRICO EM FEIJÃO-CAUPI

Renato Cardoso Jales Filho*

RESUMO

O feijão-caupi é uma das leguminosas mais importantes, pois possui alto valor nutritivo, além de gerar emprego e renda, principalmente na região Nordeste, no entanto nesta região a escassez de água é um problema comum o que reduz a produtividade desta cultura. Nesse sentido, o uso de eliciadores como o nitrato de potássio pode mitigar o efeito deletério na fase inicial de desenvolvimento das plantas em situação de deficiência hídrica no solo. Objetivou-se com este trabalho, avaliar germinação, crescimento e a bioquímica do genótipo BRS Potengi submetido a estresse hídrico induzido pelo polietilenoglicol (PEG 6000) e tratadas com nitrato de potássio. A pesquisa constou de um fatorial de 3x5, sendo três tratamentos de sementes (pré-embebição em água destilada; pré-embebição em nitrato de potássio e sem pré-embebição) e cinco potenciais osmóticos no substrato (0,0; -0,2; -0,4; -0,6 e -0,8 MPa) durante 8 horas. Adotou-se o Delineamento Inteiramente Casualizado, com três repetições e 25 sementes por repetição. Os dados obtidos das avaliações nas plântulas foram submetidos à análise de variância e nos casos de significância foi realizada análise de regressão para fator de natureza quantitativa. A cultivar BRS Potengi obteve respostas contrastantes ao nitrato de potássio causadas por potencial hídrico, especialmente durante a germinação das sementes. A deficiência hídrica é melhor tolerada pela cultivar com a embebição em nitrato de potássio, tendo em vista a diferenciação dos níveis de fitomassa seca total (FST), área foliar, extravasamento de eletrólitos e ação da enzima catalase (CAT) que demonstram menores reduções.

Palavras-chave: *Vigna unguiculata* (L.) Walp; Atividade enzimática; Clorofila

* Aluno de Graduação em Ciências Biológicas na Universidade Estadual da Paraíba – Campus I.
Email: renatto_jales@hotmail.com

1 INTRODUÇÃO

O feijão-cuapi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) é uma importante fonte de alimentação e de renda, em especial nas regiões Norte e Nordeste do Brasil (NASCIMENTO et al., 2012). Essa espécie é adaptada a diferentes condições climáticas principalmente, nas áreas tropicais e subtropicais (FREIRE FILHO et al., 2011).

Apesar da produção ser amplamente difundida em áreas semiáridas, a deficiência hídrica é um fator limitante da produtividade do feijão-caupi (FREIRE FILHO et al., 2011) e além disso ocorrem alterações fisiológicas como o aumento tanto na temperatura da folha como na relação temperatura foliar/ambiente e redução do potencial hídrico foliar, condutância estomática e a produtividade de grãos (NASCIMENTO et al., 2011).

Conforme Lobato et al. (2009) A morfologia é afetada pela deficiência hídrica uma vez que nestas condições há uma redução do tamanho da planta, da área foliar e do comprimento radicular em decorrência da baixa disponibilidade de água para o desempenho de enzimas do crescimento e expansão celular.

Muitas são as variáveis bioquímicas afetadas pela deficiência hídrica, em vegetais que se apresentam em condições de estresse há uma elevação dos teores de prolina livre (SANTOS et al., 2010), alterações significativa na atividade enzimática, em destaque para a ação de enzimas como SOD, CAT e APX (MAIA et al., 2012) e depreciação nos níveis de clorofilas *a* e *b* o que prejudica, deste modo, as taxas fotossintéticas e assimilação do CO₂ pela planta (LOBATO et al., 2009).

A aplicação de atenuadores exógenos demonstra efeitos satisfatórios na diminuição dos danos causados pelo estresse hídrico, dentre estes, o nitrato de potássio, é um importante composto atenuador por ter N e K que são responsáveis pelo desenvolvimento radicular e regulação do potencial osmótico (RIBEIRO; TEIXEIRA, 2008) trabalhos com o nitrato de potássio tem demonstrado efeitos satisfatórios no desenvolvimento radicular (SANTOS et al., 2010) e na germinação de sementes (LARA, 2013).

Tendo em vista a influência que este vegetal sofre pela ação de condições hídricas em sua morfofisiologia e bioquímica, principalmente na região nordeste, onde a seca é frequente, é necessário utilizar substâncias que atuam como indutoras da tolerância ao estresse. Objetivou-se avaliar o uso do nitrato de potássio na atenuação do estresse por déficit hídrico em resposta aos pigmentos fotossintéticos, reações enzimáticas, conteúdo relativo de água (CRA), fitomassa seca total (FST), área foliar, índice de velocidade de emergência (IVE) e germinação (G) de sementes.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido durante os meses de fevereiro a março de 2016, 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 – PB.

O estudo foi realizado em esquema fatorial 3 x 5, composto por três condições na pré-secmeadura (SE = sem embebição; NP= embebição em nitrato de potássio (10^{-5} M) e AD = embebição em água purificada) e 5 potenciais hídricos, induzidos por polietilenoglicol 6000, durante a germinação e o crescimento inicial (-0,8; -0,6; -0,4; -0,2 e 0 MPa- água purificada), que resultaram em 45 parcelas.

Inicialmente foi realizada uma triagem das sementes com o objetivo de eliminar aquelas que continham danos físicos, biológicos e/ou má formação. Após a triagem, as sementes foram pesadas e transferidas para rolo giratório, construído de tubo de PVC, juntamente com fungicida (Captan®) na dosagem de 0,22 g 100 g⁻¹ de sementes, mantendo-o sob rotação durante 5 minutos e, em seguida, as sementes permaneceram em repouso por 24 horas. Após esse período, 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 nitrato de potássio (10^{-5} M) e em água purificada (AD) durante 8 horas.

Após o período de embebição, todas as sementes foram distribuídas em vasos com 20 cm largura por 5 de profundidade , 25 sementes, contendo substrato orgânica (turfas), previamente umedecidas com água purificada e soluções osmóticas de polietilenoglicol 6000 (-0,8; -0,6; -0,4 e -0,2 MPa) na proporção de 50 ml de água deionizada no solo. Em seguida, pesadas em balança analítica, obtendo a massa do conjunto vaso + substrato + sementes, a qual foi utilizada como base para a reposição hídrica diária. Por fim, os vasos foram alocados em câmara de germinação, tipo B.O.D, regulada a 27 ± 2 °C e fotoperíodo de 12 horas (BRASIL, 2009), onde permaneceram durante 14 dias. O consumo hídrico foi monitorado diariamente por meio da pesagem dos vasos contendo as sementes, a reposição de água e a contagem da emergência de sementes foram avaliadas diariamente.

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), com a qual se obteve os seguintes valores: 88,715 g de água para o potencial negativo de -0,8 MPa, 53,505 g ; -0,6 MPa e 35,872 g ; -0,4 MPa, 35,668g e -0,2 MPa, 23,714. A diluição foi realizada em 200 mL de água purificada (25°C) sendo, em seguida, acrescido de

100 mL do mesmo solvente. Por fim, a solução foi mantida em frascos de vidro vedados, temperatura ambiente, com o intuito de minimizar a perda de água e, conseqüentemente, a alteração no potencial, até o momento da utilização.

Durante 13 dias, no mesmo horário, foram realizadas as contagens de germinação, considerando como germinadas as sementes que submergissem no solo (REHMAN et al., 1996). Com posse desses dados, foi realizado o cálculo da porcentagem final de germinação (G) e do índice de velocidade de emergência (IVE) (CARVALHO; CARVALHO, 2009).

Para avaliação do efeito dos tratamentos sobre a germinação das sementes foram obtidas a porcentagem de sementes germinadas (G) (%) e o índice de velocidade de emergência (IVE) (BORGHETTI e FERREIRA, 2004).

Terminada a etapa experimental realizou-se a coleta das plântulas para a mensuração de dados de caracteres morfológicos, a aferição dos comprimentos da área foliar das plântulas com o auxílio de régua milimetrada.

Foram separados 0,2 gramas para a análise enzimática e 0,5 gramas para a análise do conteúdo de prolina livre. A concentração de prolina foi avaliada conforme a quantificação de prolina livre nos tecidos pelo método colorimétrico proposto por Bates et al. (1973) e modificado por Bezerra Neto e Barreto (2011). A atividade da catalase (CAT) foi quantificada conforme Sudhakar et al. (2001).

Os exemplares foram organizadas, separadamente, em sacos de papel devidamente identificados e alocadas em estufa de circulação de ar forçado a uma temperatura de 65 °C durante 48 horas. Ao final, obteve-se, por meio de pesagem em balança analítica, a fitomassa seca total (FST).

O teor relativo de água da folha foi avaliado conforme Smart e Bingham (1974). Por sua vez, a quantificação da integridade da membrana celular foi mensurada conforme a metodologia proposta por Campos e Thi (1997), a qual se baseia no extravasamento de eletrólitos, expresso como a porcentagem de condutividade em relação à condutividade total.

Para a extração das clorofilas *a*, *b* e total e dos carotenóides foi utilizado o solvente dimetilsulfóxido (HISCOX; ISRAELSTAM, 1979), enquanto que a quantificação foi realizada por meio das equações relatadas por Wellburn (1994) e Sofiatti et al. (2009). Os pigmentos fotossintéticos foram expressos em concentração de clorofila *a* (Chl *a* $\mu\text{mol m}^{-2}$), clorofila *b* (Chl *b* $\mu\text{mol m}^{-2}$) e carotenóides (CAR $\mu\text{mol m}^{-2}$).

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado com três 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 estatísticas e construção dos gráficos utilizou-se os Assistat 7.0 (2009) e Excel.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As sementes da cultivar BRS Potengi demonstraram respostas a embebição com nitrato de potássio causada pelo potencial hídrico durante a germinação em condições controladas. Após 8 h de embebição, a porcentagem de germinação da cultivar BRS Potengi não foi afetada pelos tratamentos osmóticos, mesmo nas concentrações externas de $-0,8\text{MPa}$.

A porcentagem de germinação da cultivar sem embebição foi menor que a com embebição, o índice de velocidade de emergência (IVE) (Figura 1 A) foi mais sensível à redução do potencial hídrico do que a porcentagem final de germinação em todas as condições avaliadas.

Os maiores valores de IVE foram verificados no potencial hídrico $-0,4\text{MPa}$ com destaque para as sementes submetidas à embebição em nitrato de potássio (NP), que tiveram este índice significativamente superior ao obtido nas sementes sem embebição, tais caracteres corroboram com os estudos desenvolvidos por Lara (2013) no qual nota-se uma maior velocidade na emergência de sementes de tomateiro e uma maior formação de plântulas normais quando as sementes são embebidas em nitrato de potássio mesmo em condições hídricas adversas.

Houve diferença significativa entre os tipos de embebição avaliados (AD e NP) (Figura 1), contudo os exemplares acondicionados a embebição em água purificada (AD) sofreram uma redução do IVE das cultivares BRS Potengi no potencial de 0MPa em comparação com a NP e SE. Observou-se, ainda, um aumento do referido parâmetro Germinação submetida ao potencial de $-0,4\text{Mpa}$ (Figura 1 B), o que pode ser um indicativo do efeito positivo do NP em condições de deficiência hídrica.

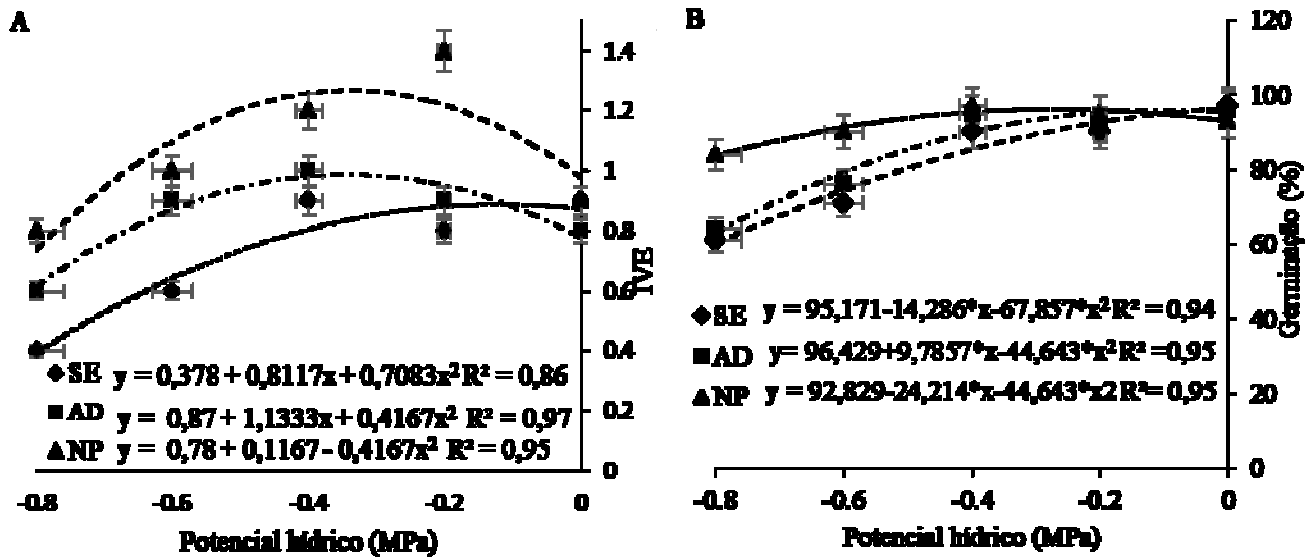


Figura 1. Índice de velocidade de Emergência IVE-(A), Germinação G-(B) das cultivares de feijão-caupi: BRS Potengi, acondicionadas durante a pré-semeadura e submetidas a diferentes potenciais hídricos induzidos por PEG 6000. Campina Grande, PB, 2016. SE – sem embebição; AD – embebição em água purificada e NP – nitrato de potássio.

Uma vez que a planta se encontra em estresse hídrico há prejuízos significativos no turgor celular, o que ocasiona um menor desenvolvimento dos órgãos vegetais (SANTOS; CARLESSO, 1998), esta característica foi observada nas plantas acondicionados a potenciais hídricos negativos, onde houve uma redução da área foliar (Figura 2A) em decorrência do estresse, esta redução foi menor nos exemplares pré-embebidos em nitrato de potássio (NP) em comparação aos exemplares AD e SE, essa relação pode ser avaliada como relacionada a característica osmorregulatória inerente ao composto nitrato de potássio, uma vez que o potássio está associado a manutenção do turgor celular e da abscisão estomática possibilitando as tocas gasosas e decorrente assimilação de gás carbônico nas planta pré-embebidas causando uma maior tolerância ao estresse hídrico (Lauriane et al., 2015).

A restrição hídrica influenciou negativamente o acúmulo da fitomassa (F), independentemente do condicionamento, na cultivar BRS Potengi de feijão caupi, (Figura 2B), onde os valores de F obtidos nas sementes embebidas em AD ajustaram-se ao modelo quadrático, com o máximo estimado de 0,35 g/planta encontrado no potencial referente a -0,199 MPa, valor esse significativamente inferior ao máximo estimado (0,56 g/planta) encontrado com a embebição em NP no potencial de -0,188 MPa. Esse comportamento contribuiu diretamente com as menores reduções de F.

A cultivar BRS Potengi possuiu uma diminuição da fitomassa seca total, por sua sensibilidade ao aumento da restrição hídrica, sendo constatados decréscimos na fitomassa de 64,29% nas plântulas oriundas de sementes sem embebição (SE), 45,65% com embebição das sementes em água purificada (AD) e 49,09% com a embebição em nitrato de potássio (NP) os valores da fitomassa seca total e área foliar foram maiores em exemplares pré-embebidos, o que pode estar relacionado com a manutenção do conteúdo relativo de água observado nas cultivares pré-embebidas o que permite o crescimento e a incrementação de fitomassa nas plantas (COSTA et al., 2008).

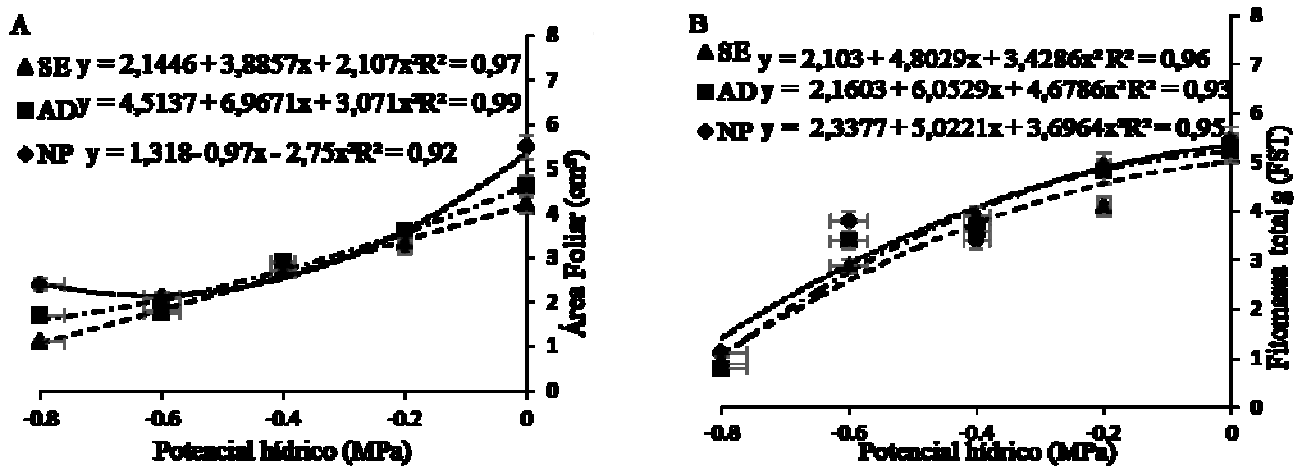


Figura 2. Área foliar (A), Fitomassa (B) das cultivares de feijão-caupi: BRS Potengi, acondicionadas durante a pré-semeadura e submetidas a diferentes potenciais hídricos induzidos por PEG 6000. Campina Grande, PB, 2016. SE – sem embebição; AD – embebição em água purificada e NP – nitrato de potássio.

Vários mecanismos de proteção são ativados nas plantas em resposta à exposição em condições limitantes de cultivo, entre eles, o ajustamento osmótico é considerado um dos mais importantes para a manutenção do turgor celular, que ocorre em função do acúmulo de substâncias como a prolina (MONTEIRO et al., 2014). Antes considerado apenas um osmólito, a prolina é vista hoje como um potente antioxidante e inibidor potencial da peroxidação lipídica, além de atuar na osmorregulação e na estabilização de proteínas (ASHRAF; FOOLAD, 2007; GILL; TUTEJA, 2010).

A exposição a condições adversas induz o acúmulo de prolina livre na planta, o que pode melhorar a tolerância a vários estresses abióticos especialmente o hídrico e o salino (GILL; TUTEJA, 2010).

No presente estudo a diminuição da disponibilidade hídrica proporcionou um aumento da prolina livre nas cultivares para SE (52%), AD (60%) NP (40%) no potencial hídrico -0,8

MPa o que pode estar relacionado a redução do nível de estresse através da prolina livre nas folhas, nota-se que em plantas que foram condicionadas ao nitrato de potássio houve um menor acúmulo de prolina livre sugerindo, desse modo, um menor estresse hídrico (Figura 3A).

As plantas possuem um número de enzimas antioxidativas que as protegem contra danos causados por EROS, tais como as dismutases de superóxido, que metaboliza o superóxido (O_2^-); as catalases e uma variedade de peroxidases, que removem o peróxido de hidrogênio (H_2O_2) (BREUSEGEM et al., 2001). Como as SODs, as CATs e as POXs são importantes enzimas do sistema de defesa das plantas contra EROS, o aumento da atividade dessas enzimas pode ser considerado uma evidência circunstancial da produção de espécies reativas de oxigênio (BARBOSA et al., 2014) e, o que é mais importante, da tentativa da planta em evitar os danos oxidativos promovidos por eles.

A catalase (CAT) é uma das principais enzimas na eliminação do peróxido de hidrogênio (H_2O_2) gerado durante a fotorrespiração e a β -oxidação de ácidos graxos, estando presente nos peroxissomos, nos glioxissomos e, em algumas plantas, na mitocôndria (BARBOSA et al., 2014). Entre as enzimas antioxidantes, a CAT é a única que consegue catalisar a remoção de H_2O_2 sem a necessidade de um redutor, constituindo, dessa maneira, um mecanismo eficiente de remoção de H_2O_2 (SCANDALIOS, 2005; SHARMA et al., 2012)

Ocorreu uma diminuição de atividade da enzima Catalase para SE (41,67%) , AD (31,25%) e NP (9,38%) no potencial hídrico de -0,8 Mpa, resultados semelhantes foram encontrados por Maia et al.(2012) no qual verificou-se em plantas sob estresse salino uma diminuição da atividade das enzimas como a catalase, superóxido desmutase e ascorbato peroxidase com um consequente aumento da POX na proteção das estruturas radiculares.

Hasanuzzaman et al. (2014) justifica a baixa na atividade da catalase foliar pela pouca disponibilidade hídrica no desempenho enzimático e pelo grande acúmulo de peróxido de hidrogênio em condições de estresse.

Os maiores decréscimos da CAT em resposta ao aumento da restrição hídrica foi nos maiores valores do potencial hídrico observado na cultivar BRS Potengi. Para as sementes SE, a diminuição do potencial hídrico de 0 para -0,2 MPa resultou numa depleção de 9,38% na atividade da enzima catalase, enquanto que para os tratamentos com embebição em AD e NP as reduções foram de 31,25% e 41,67% para cada acréscimo de -0,4 MPa no potencial hídrico (Figura 3 B).

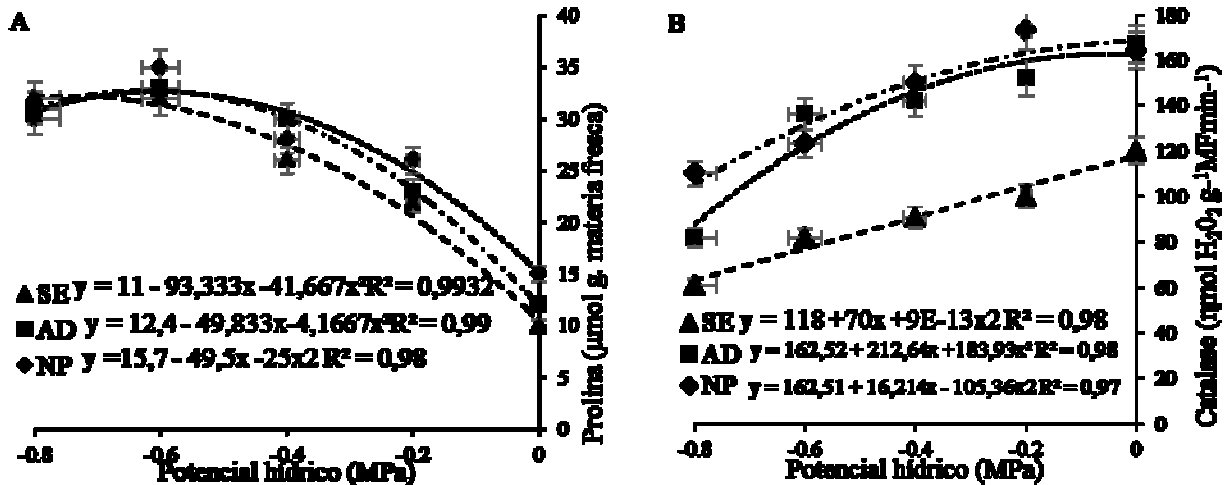


Figura 3. Concentração de Prolina Livre (A), Catalase (B) das cultivares de feijão-caupi: BRS Potengi, acondicionadas durante a pré-semeadura e submetidas a diferentes potenciais hídricos induzidos por PEG 6000. Campina Grande, PB, 2016. SE – sem embebição; AD – embebição em água purificada e NP – nitrato de potássio.

Por meio de análise conjunta, observando-se o efeito do nitrato de potássio, verificou-se que maior quantidade de eletrólitos extravasados foi quantificada nas plantas com embebição em água destilada AD (76,67%) para exemplares sem pré-embebição (SE) houve um extravasamento eletrolítico igual a 35,71%. Essa diferença representou, em termos percentuais 20%. Na embebição com Nitrato de potássio a ruptura da membrana de células foi de 33,33% (Figura 4 A) possuindo este menores danos a estrutura da membrana celular do que os tratamentos AD e SE.

Associando o aumento da prolina com o aumento dos eletrólitos extravasados percebemos que, o tratamento que maiores teores de prolina em resposta ao extravasamento foi AD, sugerindo, deste modo, uma menor tolerância da planta pré-embebida em água purificada ao estresse o que sugere que o acúmulo da prolina livre no vegetal é proporcional ao nível de alterações negativas provenientes do déficit hídrico.

O aumento de temperatura pode acarretar diversos distúrbios metabólicos e, por conseguinte ruptura da membrana celular e extravasamento dos eletrólitos intracelulares (Silva et al., 2011), contudo Zuccarini (2008) destaca que o acúmulo de nitrato de potássio no eixo embrionário promove aumento na integridade e estabilidade da membrana celular. Assim, a redução observada no extravasamento de elétrons pode ser atribuída à deposição de nitrato de potássio na formação das células totipotentes do vegetal da cultivar do feijoeiro.

Quantificando-se o conteúdo relativo de água nas folhas (CRA), constatou-se diferenças significativas entre as sementes sem pré-embebição e com pré-embebição sendo os exemplares pré-embebidos menos afetados pelos níveis de estresse e tendo estes maiores incrementos tanto de fitomassa seca quanto de área foliar.

A análise do efeito das respectivas embebições de NP na cultivar analisada sendo obtida com o ajustado ao modelo polinomial quadrático se expressam aumentos ou reduções significativas. Contudo, maiores valores SE (73,92%) AD (74,36%) e NP (78,04%) de conteúdo relativo de água na folha de ‘BRS Potangi’ foram estimados no potencial hídrico de -0,6; -0,4 e -0,8 Mpa, respectivamente (Figura 4B).

Apesar dos exemplares submetidos a pré-embebição em água purificada expressarem um maior extravasamento eletrolítico notou-se que o conteúdo relativo de água demonstrou um resultado mais expressivo em relação aos exemplares não pré-embebidos, o que pode estar relacionado a um ajustamento osmótico promovido pela planta em deficiência hídrica no qual há um aumento da suculência foliar (MARTÍNEZ et al., 2004).

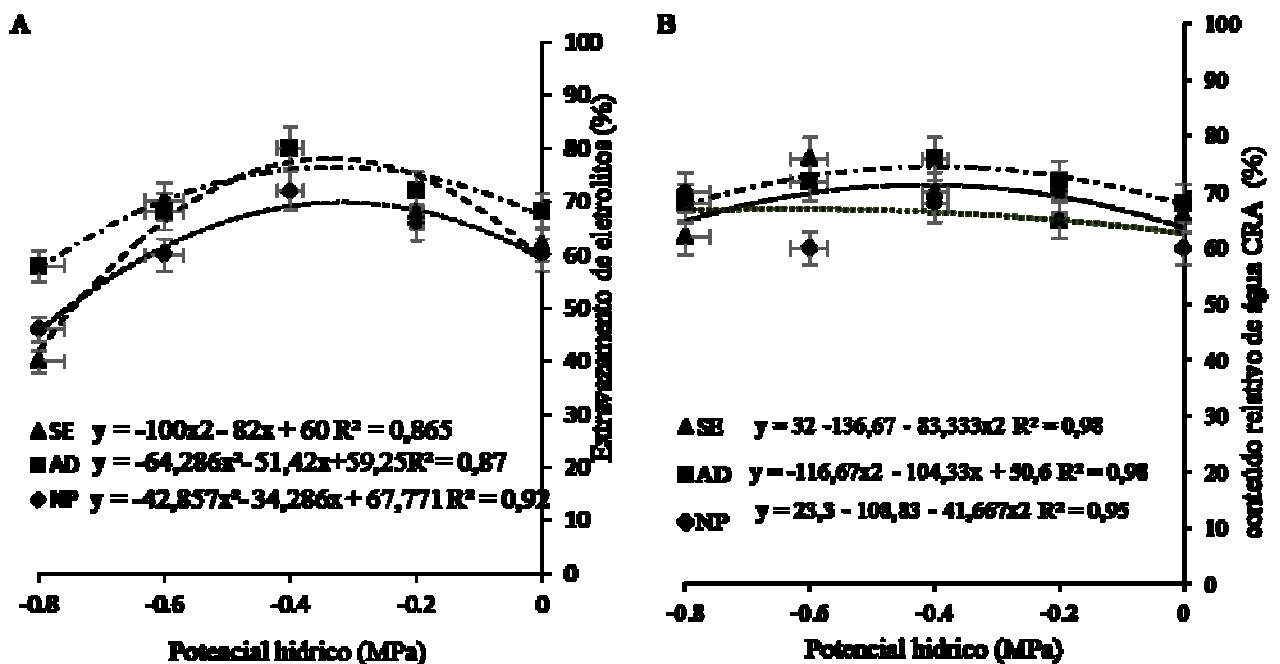


Figura 4. Extravasamento de eletrólitos (A), conteúdo relativo de água - CRA (B) da cultivar de feijão-caupi: BRS Potengi, acondicionadas durante a pré-semeadura e submetidas a diferentes potenciais hídricos induzidos por PEG 6000. Campina Grande, PB, 2016. SE – sem embebição; AD – embebição em água purificada e NP – nitrato de potássio.

As clorofilas são os pigmentos naturais de maior abundância nas plantas, estão localizadas nos cloroplastos das folhas e em outros tecidos vegetais. Acrescente-se que, atualmente os pigmentos clorofilianos são de grande importância comercial, podendo ser utilizados tanto como pigmentos quanto como antioxidantes (STREIT et al., 2005). Nesta conjectura, pode-se inferir que o monitoramento da dinâmica estomática pode subsidiar a demanda de informações acerca do balanço de clorofila nas folhas, o que se justifica pela correlação positiva entre as clorofilas.

As plântulas de feijoeiro, da 'BRS Potengi', que não foram tratadas com NP expressaram teor de clorofila 'a' SE de $512,04 \mu\text{mol m}^{-2}$. Quando foram embebidas com NP registrou-se decréscimo significativo de 34,78% na Chl a, sendo estimada menor concentração ($120 \mu\text{mol m}^{-2}$) desse pigmento no potencial hídrico $-0,8 \text{ MPa}$. A partir desse ponto, o incremento de embebição de NP gerou diminuição de 31,54% na Chl a, com valor máximo ($218,81 \mu\text{mol m}^{-2}$) estimado o potencial hídrico de $-0,19 \text{ MPa}$ (Figura 5 A).

A 'clorofila b' teve um aumento da sua concentração. Houve acréscimo de 58,74% na concentração desse pigmento quando comparou-se o valor $61,97 \mu\text{mol m}^{-2}$, obtido na plântula cultivada com NP no potencial hídrico ($-0,8 \text{ MPa}$) (Figura 5 B). Este pigmento é um pigmento acessório produzido em maior quantidade nas plantas submetidas a estresse de natureza abiótica (STREIT et al., 2005) deste modo, o incremento da clorofila b nos exemplares submetidos ao estresse hídrico está relacionado com uma possível resposta a deficiência hídrica.

Nos carotenoides houve aumento expressivo na razão clorofila 'a' clorofila 'b'. Maior razão a/b ($95,60 \mu\text{mol m}^{-2}$) foi constatada na embebição NP. Foi estimado acréscimo de 68,62% em a/b na plântula cultivada sob o potencial hídrico de maior concentração de $-0,8 \text{ MPa}$ (Figura 5 C). A maior expressão desses pigmentos está relacionada com a prevenção de danos causados às células vegetais de modo que há uma atuação efetiva dos carotenoides na remoção do oxigênio singleto e tripleto em espécies submetidas a condições de estresse (SIMÃO, 2010), verificou-se assim uma menor sensibilização ao estresse nas plantas pré-embebidas em relação aos teores de carotenoides.

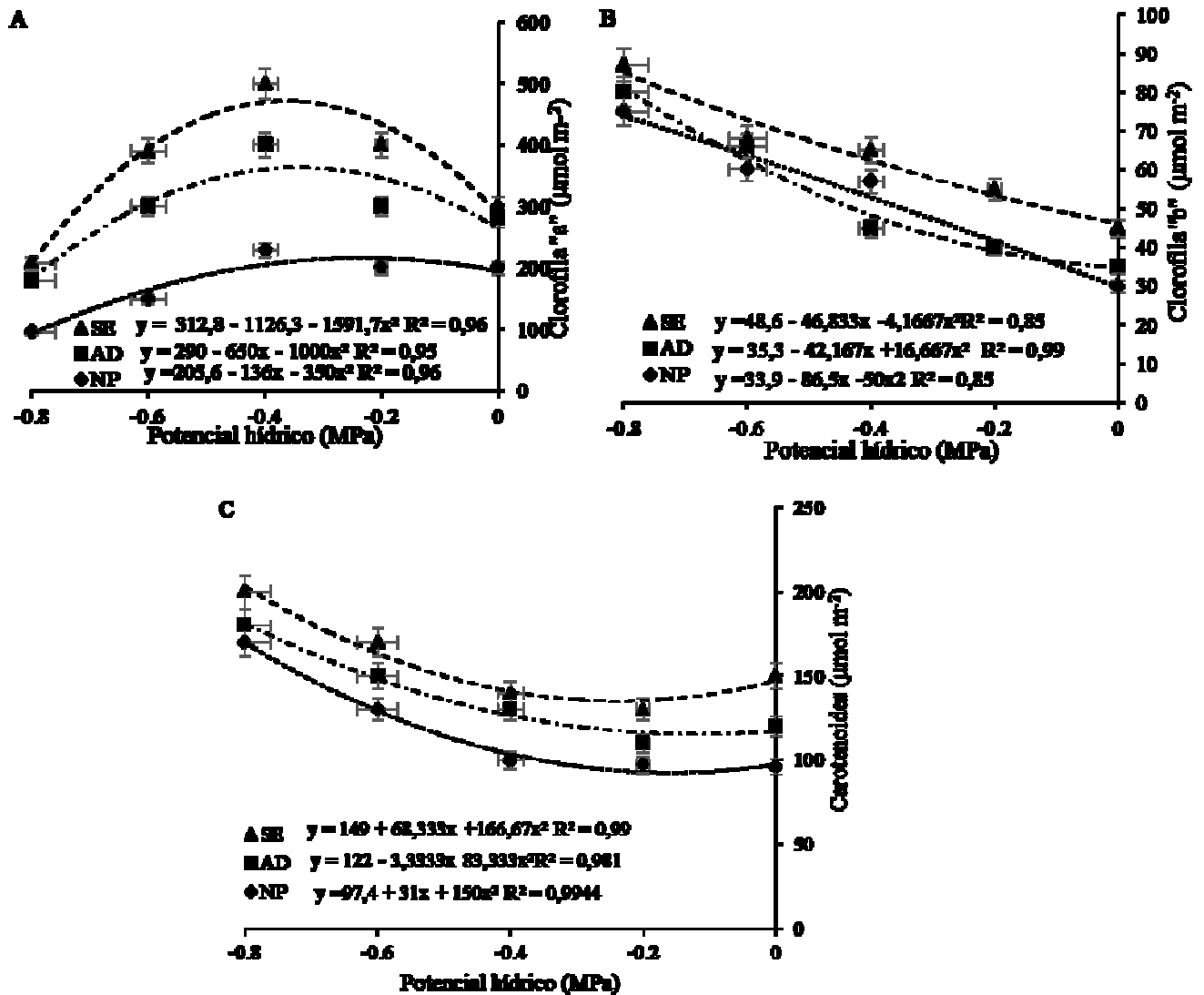


Figura 5- Clorofila "a" (A), Clorofila "b" (B), carotenoides (C) da cultivar de feijão-caupi: BRS Potengi, acondicionadas durante a pré-germinação e submetidas a diferentes potenciais hídricos induzidos por PEG 6000. Campina Grande, PB, 2016. SE – sem embebição; AD – embebição em água purificada e NP – nitrato de potássio.

4 CONCLUSÕES

A cultivar BRS Potengi de feijão-caupi tem respostas contrastantes ao nitrato de potássio causada por potencial hídrico, especialmente durante a germinação das sementes.

Houve um aumento na concentração de prolina nos menores potenciais hídricos sugerindo uma resposta da planta ao estresse, havendo menor acúmulo em plantas submetidas ao nitrato de potássio possivelmente pela característica atenuadora de retenção hídrica inerente ao composto.

Houve aumento na clorofila *b* e carotenoides, sugerindo, deste modo, uma maior sensibilidade da cultivar a um nível de estresse hídrico elevado.

A deficiência hídrica é melhor tolerada pela cultivar com a embebição em nitrato de potássio tendo em vista a diferenciação dos níveis de Fitomassa seca total (FST), extravasamento de eletrólitos, Conteúdo relativo de água (CRA) e ação da enzima catalase que demonstraram menores reduções em sementes submetidas ao tratamento.

USE OF POTASSIUM NITRATE AS COWPEA'S HYDRIC STRESSES ATTENUATOR

ABSTRACT

Cowpea is one of the most important legumes, because it has high nutritional value, and generate jobs and income, especially in the Northeast, but in this region the scarcity of water is a common problem which reduces the productivity of this crop. In this sense, the use of elicitors as potassium nitrate can mitigate the deleterious effect on the early development of plants in water deficit situation on the ground. The objective of this study was to evaluate germination, growth and biochemistry of BRS Potengi genotype subjected to water stress induced by polyethylene glycol (PEG 6000) and treated with potassium nitrate. The research consisted of a factorial 3x5, three seed treatments (pre-soaking in distilled water, pre-soaking in potassium nitrate and without pre-soaking) and five water potential in the substrate (0.0, -0.2, -0.4, -0.6 and -0.8 MPa) for 8 hours. It adopted the completely randomized design with three replications and 25 seeds per repetition. The data obtained from assessments in seedlings were subjected to analysis of variance and in cases of significance was conducted regression analysis to quantitative factor. The BRS Potengi obtained contrasting responses to potassium nitrate caused by water potential, especially during seed germination. Water stress is better tolerated by cultivating with immersion in potassium nitrate, in view of the differentiation of the total dry matter levels (FST), leaf area, electrolyte leakage and action of the enzyme catalase (CAT) which show smaller reductions.

Keywords: *Vigna unguiculata* (L.) Walp . enzymatic activity. chlorophyll a.

REFERÊNCIAS

- ASHRAF, M.; FOOLAD, M. R. Roles of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance. **Environmental and Experimental Botany**, v.59, n.2, p.206-216, 2007.
- BARBOSA, M. R.; SILVA, M. M. A.; WILLADINO, L.; ULISSES, C.; CAMARA, T. R. Geração e desintoxicação enzimática de espécies reativas de oxigênio em plantas. **Ciências Agrárias**, v.44, n.3, p.453-460, 2014.
- 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.
- BORGHETTI, F.; FERREIRA, A. G. Interpretação de resultados de germinação *in*: FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. (Eds). Germinação: do básico ao aplicado. Porto Alegre: **Artmed**. p. 209-222, 2004.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para Análise de Sementes**. Secretária de Defesa Agropecuária. Brasília: MAPA/ACS, 2009. 395 p.
- BREUSEGEM, F. V.; VRANOVA, E.; DAT, J. F.; INZÉ, D. The role of active oxygen species in plant signal transduction. **Plant Science**. v.161, n.3, p.405-414, 2001.
- CAKMAK, I.; HORST, J. H. Effects of aluminum on lipid peroxidation, superoxide dismutase, catalase, and peroxidase activities in root tips of soybean (*Glycine max*). **Physiologia Plantarum**, v.83, p.463-468, 1991.
- CAMPOS, P. S.; THI, A. T. P. Effects of an abscisic acid pretreatment on membrane leakage and lipid composition of *Vigna unguiculata* leaf discs subjected to osmotic stress. **Plant Science**, v. 130, n. 1, p. 11-18, 1997.
- 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.
- COSTA, J. R. da; PINHO, J. L. N. de; PARRY, M. M. Produção de matéria seca de cultivares de milho sob diferentes níveis de estresse hídrico. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v. 12, n. 5, p. 443-450, 2008.
- FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; ROCHA, M. M.; SILVA, K. J. D.; NOGUEIRA, M. S. R.; RODRIGUES, E. V. **Feijão-caupi no Brasil**: Produção, melhoramento genético, avanços e desafios. Terezina: Embrapa Meio-Norte, 2011, 84p
- GILL, S. S.; TUTEJA, N. Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. **Plant Physiology and Biochemistry**, v.48, n.12, p.909- 930, 2010.

HASANUZZAMAN, M.; ALAM, M. M.; NAHAR, K.; MAHMUD, J. A.; AHAMED, U.; FUJITA, M. Exogenous salicylic acid alleviates salt stress-induced oxidative damage in *Brassica napus* by enhancing the antioxidant defence and glyoxalase systems. **Australian Journal of Crop Science**, v.8, n.4, p.631-639, 2014.

HISCOX, JD T.; ISRAELSTAM, G. F. A method for the extraction of chlorophyll from leaf tissue without maceration. **Canadian Journal of Botany**, v. 57, n. 12, p. 1332-1334, 1979.

LARA, T. S. **Alterações fisiológicas e metabólicas em sementes de tomate submetidas a agentes condicionantes**. 2013. 67 p.

LAURIANE, A. dos A. et al. Fitomassa e produção do girassol cultivado sob diferentes níveis de reposição hídrica e adubação potássica. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v. 19, n. 4, p. 336-342, 2015.

LOBATO, A. K. S. et al. Responses of the photosynthetic pigments and carbon metabolism in *Vigna unguiculata* cultivars submitted to water deficit. **Research Journal of Biological Sciences**, 2009, v. 4, n. 5, p. 593-598, 2009.

MAIA, J. M. et al. Atividade de enzimas antioxidantes e inibição do crescimento radicular de feijão caupi sob diferentes níveis de salinidade. **Acta Botanica Brasilica**, v. 26, n. 2, p. 342-349, 2012.

MARTÍNEZ, J.P.; LUTTS, S.; SCHANCK, A.; BAJJI, M.; KINET, J.M. Is osmotic adjustment required for water stress resistance in the Mediterranean shrub *Atriplex halimus* L. **Journal of Plant Physiology**, v.161, n. 9, p.1041-1051, 2004.

MICHEL, B. E.; KAUFMANN, M. R. The osmotic potential of polyethylene glycol 6000. **Plant Physiology**, v.51, n.5, p. 914-916, 1973.

MONTEIRO, J. G. et al. Crescimento e conteúdo de prolina em plântulas de guandu submetidas a estresse osmótico e à putrescina exógena. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.49, n.1 p. 18-25, 2014.

NASCIMENTO, R. do et al. Índice SPAD e partição de biomassa em plantas de feijão-caupi submetidas ao estresse salino. **Revista Educação Agrícola Superior**, v. 27, n. 2, p. 128-132, 2012.

NASCIMENTO, S.P. do et al. Tolerância ao déficit hídrico em genótipos de feijão caupi. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 8, p. 853-860, 2011.

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.

RIBEIRO, J. M.; TEIXEIRA, S. L. Substituição de nitrato de potássio (PA) por salitre potássico no preparo de meio de cultura de tecidos vegetais esterilizado com hipoclorito de sódio. **Ciênc. agrotec.,(Impr.)**, v. 32, n. 4, p. 1209-1213, 2008.

SANTOS, R. F.; CARLESSO, R. Déficit hídrico e os processos morfológico e fisiológico das plantas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 2, n. 3, p. 287-294, 1998.

SANTOS, T. L. dos et al. Nitrato de amônio e nitrato de potássio no desenvolvimento *in vitro* de embriões somáticos pupunheiras. **Ciência Rural**, v. 40, n. 7, 2010.

SCANDALIOS, J. Oxidative stress: molecular perception and transduction of signals triggering antioxidant gene defenses. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, v.38, n.7, p.995–1014, 2005.

SHARMA, P.; DUBEY, R. S. Modulation of nitrate reductase activity in rice seedlings under aluminium toxicity and water stress: role of osmolytes as enzyme protectant. **Journal of Plant Physiology**, v.162, n. 8, p. 854-864, 2005.

SILVA, G. F. OLIVEIRA, G. dos S.; NASCIMENTO, J. J. V. R. do; PEREIRA, R. G.; PAIVA, M. R. de F. C. Germinação e crescimento inicial de mamoneiras irrigadas com água salina em diferentes volumes de substrato. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.6, n. 2, p. 135–142, 2011.

SIMÃO, A. A. Antioxidantes, clorofila e perfil de ácidos graxos em folhas de mandioca. 2010. 71 p. Dissertação (Mestrado em Agroquímica)- Universidade Federal de Lavras, Lavras.

SMART, R. E.; BINGHAM, G.E. Rapid estimates of relative water content. **Plant Physiology**, v. 53, n. 2, p. 258-260, 1974.

STREIT, N. M.; CANTERLE, L. P.; CANTO, M. W. do; HECKTHEUER, L. H. H. As clorofilas. **Ciência Rural**, v.35, n.3, p.748-755, 2005.

SOAFIATTI V.; BRITO G.G.; SILVA F.M.O.; BRANDÃO, Z.N.; SILVA, D.M.A.; SILVA, N.B. Determinação da concentração de pigmentos da fotossíntese em folha de algodão, 7.,2009,Foz do Iguaçu. Anais.: **Sustentabilidade da contonicultura brasileira e expansão dos mercados: Campina Grande: Embrapa Algodão**, 2009. p. 852-858.

SUDHAKAR, C.; LAKSHMI, A.; GIRIDARAKUMAR, S. Changes in the antioxidant enzyme efficacy in two high yielding genotypes of mulberry (*Morus alba* L.) under NaCl salinity. **Plant Science**, v.161, n.3, p.613-619, 2001.

WELLBURN, A. R. The spectral determination of chlorophylls a and b, as well as total Carotenoids, using various solvents with spectrophotometers of different resolution. **Journal Plant Physiology**, v. 144, n. 3, p. 307-313, 1994.

ZUCCARINI, P. Effects of silicon on photosynthesis, water relations and nutrient uptake of *Phaseolus vulgaris* under NaCl stress, **Biologia Plantarum**, v. 54, n. 1, p. 157-160, 2008.