

Estresse salino na germinação de sementes e desenvolvimento de plântulas de niger (*Guizotia abyssinica* (L.f.) Cass.)

Carla Regina Baptista Gordin^{1,2}, Rodolpho Freire Marques¹, Tathiana Elisa Masetto¹ e Luiz Carlos Ferreira de Souza¹

Recebido em 27/09/2011. Aceito em 2/08/2012

RESUMO

(Estresse salino na germinação de sementes e desenvolvimento de plântulas de niger (*Guizotia abyssinica* (L.f.) Cass.)). O processo de salinização dos solos e das águas subterrâneas e superficiais é um dos mais importantes problemas de degradação ambiental. O niger é uma herbácea anual com potencial para a produção de biodiesel, cujo comportamento em condições salinas ainda é desconhecido. Dessa forma, objetivou-se avaliar a germinação de sementes e crescimento de plântulas de niger submetidos a diferentes sais e concentrações. Os tratamentos utilizados corresponderam a três sais: cloreto de potássio (KCl), cloreto de cálcio (CaCl_2) e cloreto de sódio (NaCl), associados a quatro potenciais osmóticos (-0,3; -0,6; -0,9 e -1,2 MPa). As sementes de niger semeadas diretamente sobre substrato umedecido com água destilada constituíram o controle. O efeito da salinidade na germinação das sementes foi avaliado pela porcentagem, tempo médio e índice de velocidade. As plântulas foram analisadas quanto ao comprimento da parte aérea e raiz e massas fresca e seca de plântulas inteiras. O delineamento estatístico adotado foi o inteiramente casualizado, constituindo-se de um fatorial 3x5 (sais x potenciais osmóticos) com quatro repetições de 50 sementes cada. As sementes de niger são sensíveis a salinidade. A exposição ao NaCl, KCl e CaCl_2 a partir do potencial osmótico de -0,3 MPa reduz o poder germinativo e o crescimento de plântulas. Os sais inibem a germinação de sementes do niger no potencial de -1,2 MPa.

Palavras-chave: Asteraceae, oleaginosa, salinidade.

ABSTRACT

(Salt stress on seeds germination and seedlings development of niger (*Guizotia abyssinica* (L.f.) Cass.)). The soil, and subterranean and superficial water saltiness process is one of the most important environment degradation problems. Niger is an annual herbaceous with biodiesel production potential, which seeds behavior is unknown in saline conditions. In this way, this work aimed to evaluate the niger seeds germination and initial seedlings growth submitted to different salt solutions. The treatments used constituted of three types of salts: NaCl, KCl and CaCl_2 at four osmotic potentials (-0.3; -0.6; -0.9 e -1.2 MPa). The niger seeds sowed directly on substrate water moistured constituted the control treatment. The saline effects on seeds germination were evaluated through germination percentage, germination medium time and germination speed index. The Niger seedlings were analyzed through the shoot and root length and fresh and dried mass seedlings. The statistic design used was entirely casualized, constituted by a factorial 3x5 (salts x osmotic potentials) with four repetitions of 50 seeds. The Niger seeds are salinity sensitive. Seeds exposition to NaCl, KCl and CaCl_2 reduces the germinative ability and the seedlings growth at -0.3 MPa. The salt solutions inhibit the Niger seeds germination at -1.2 MPa.

Key words: Asteraceae, oil plant, salinity

Introdução

A introdução de biocombustíveis na matriz energética brasileira propõe diminuir a emissão de poluentes oriundos de combustíveis fósseis. Esta possibilidade de uso de combustíveis de origem agrícola em motores do ciclo diesel é bastante

atrativa por ser uma fonte renovável de energia e pelo fato do seu desenvolvimento permitir a redução da dependência de importação de petróleo (Ferrari *et al.* 2005). Com isso, o aumento ao incentivo às pesquisas com plantas potencialmente produtoras de óleo tem crescido muito nos últimos anos. A partir dessas possibilidades, o Governo Brasileiro, instituiu o

¹ Universidade Federal da Grande Dourados, Faculdade de Ciências Agrárias, Dourados, MS, Brasil

² Autor para correspondência: carlagordin@ufgd.edu.br

Plano Nacional de Agroenergia (PNA), que tem o biodiesel como uma das plataformas para a implementação da energia de biomassa (Oliveira & Ramalho 2006).

Dentre as espécies vegetais com potencial comercial para a obtenção de biodiesel destaca-se o niger (*Guizotia abyssinica*), uma herbácea anual, com potencial também para cobertura do solo no outono/inverno (Carneiro *et al.* 2008; Sarin *et al.* 2009). As sementes do niger possuem 30%, em massa, de óleo composto por teor elevado de ácido linoleico (71,7%) (Sarin *et al.* 2009). Na Etiópia, onde se encontra a maior concentração de espécies do gênero *Guizotia*, o niger é ainda utilizado na alimentação humana e animal (Geleta *et al.* 2010).

Um dos objetivos dos estudos com germinação de sementes é verificar as influências de fatores ambientais no processo, como temperatura, salinidade, luz, água, concentração de oxigênio e alcalinidade (Baskin & Baskin 1998; Guan *et al.* 2009). Em solos fertilizados a presença de sais pode atingir níveis elevados e influenciar significativamente a germinação, como relatado por Sangoi *et al.* (2009) em estudo realizado com sementes de milho. Os sais interferem no potencial hídrico do solo, reduzindo o gradiente de potencial entre o solo e a superfície da semente, o que provoca uma restrição na entrada de água pelo embrião (Lopes & Macedo 2008). A energia livre na água é elevada, sendo chamada de potencial químico da água, o qual é frequentemente expresso em unidades de pressão (MPa), como potencial hídrico (Ψ). A água pura tem um potencial químico elevado, podendo dissolver solutos e hidratar substâncias. Quando solutos são adicionados à água, esta usa a energia para dissolvê-los, diminuindo assim seu potencial químico. Uma célula viva consiste de diversos compartimentos separados por membranas semi-permeáveis seletivas. Canais nas membranas, formadas por proteínas, permitem a passagem da água, mas impedem a de solutos. Por causa disso, existem gradientes de potencial hídrico entre o meio externo e o interno à membrana, que propiciam o movimento da água, sempre do potencial hídrico mais elevado para o mais baixo. Todas as células dos tecidos embrionários e dos demais tecidos apresentam potencial hídrico e em condições de embebição em meio salino, a semente como um todo, pode comportar-se como uma grande célula, apresentando relações hídricas específicas (Castro *et al.* 2004).

Assim, a ação dos sais nas sementes varia amplamente entre as espécies. O efeito dos sais na germinação é principalmente osmótico em algumas espécies, mas também pode exercer efeitos tóxicos nas sementes por causar danos antes e/ou após o início da germinação. Para as sementes que apresentam tegumento permeável aos sais, a presença de salinidade pode causar a perda da germinabilidade. A toxicidade dos sais aos tecidos vegetais é atribuída ao deslocamento de Ca^{+} para a superfície externa da membrana plasmática juntamente com cátions metálicos e o subsequente prejuízo à permeabilidade da membrana e à integridade do conteúdo celular (Tobe *et al.* 2003).

O estabelecimento de plântulas nos diferentes habitats é determinado pelas características fisiológicas e bioquímicas das sementes durante o processo de germinação e também por mudanças nas taxas de competição, herbivoria, estresse hídrico/nutricional e microclimático, que alteram a sobrevivência e o crescimento das plântulas (Bewley & Black 1994; Fagundes *et al.* 2011). Os efeitos do estresse salino moderado limitam o crescimento e o desenvolvimento das plantas e a produtividade das culturas, mas em casos extremos pode levar a planta a morte (Sobhanian *et al.* 2011). Geralmente, esse estresse desencadeia algumas reações comuns, que levam à desidratação celular com simultâneas alterações osmóticas, além de diminuição dos volumes citosólico e vacuolar (Wang *et al.* 2009). Assim, provoca um déficit hídrico na planta, com redução na taxa de fotossíntese e superexposição energética dos cloroplastos, levando a um estresse oxidativo que acelera a produção de espécies reativas de oxigênio (ROS) e, posteriormente, altera o equilíbrio entre a formação e remoção de tais espécies, que tem um efeito negativo nas estruturas e metabolismo celulares (Wang *et al.* 2009; Sobhanian *et al.* 2011).

A menor frequência de chuvas em decorrência das mudanças climáticas aliada as irrigações mal conduzidas e o manejo inadequado da adubação leva a crer que o desenvolvimento de plantas cultivadas capazes de crescer em condições adversas assume importância no contexto emergente das mudanças climáticas, evidenciando a capacidade de tais espécies se perpetuarem em ambientes cada vez mais inóspitos (Nery *et al.* 2009; Veeranagamallaiah *et al.* 2011).

Diante do grande potencial econômico da espécie e da carência de informações a respeito do comportamento de suas sementes em ambientes salinos, objetivou-se avaliar a influência de diferentes sais e potenciais osmóticos na germinação das sementes e desenvolvimento de plântulas de niger (*Guizotia abyssinica*).

Material e métodos

As sementes de niger (*Guizotia abyssinica* (L.f.) Cass. - Asteraceae) (BaagØe 1974) utilizadas foram colhidas na safra 2009/10 no Município de Primavera do Leste – MT. A colheita e a trilhagem dos capítulos foram realizadas manualmente e, em seguida, os aquênios foram homogeneizados compondo um único lote e foram armazenados em embalagens permeáveis na câmara fria e seca do Laboratório de Tecnologia de Sementes (15°C e 55% UR) até a instalação dos experimentos.

O trabalho foi conduzido no Laboratório de Tecnologia de Sementes da Faculdade de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD). O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, constituindo-se de um esquema fatorial 3X5 (sais x potenciais osmóticos), com quatro repetições de 50 sementes. Os tratamentos utilizados corresponderam aos seguintes sais: cloreto de potássio (KCl), cloreto de cálcio

(CaCl₂) e cloreto de sódio (NaCl), em cinco potenciais osmóticos (0,0; -0,3; -0,6; -0,9 e -1,2 MPa), obtidos conforme disposto na Tab. 1.

A semeadura foi realizada em caixas do tipo “gerbox” previamente esterilizadas com álcool 70%, em substrato sobre papel “germitest” umedecido com as soluções salinas, na proporção de 2,5 vezes a massa do substrato. Os “gerbox” foram encubados em câmara de germinação do tipo B.O.D. a 25 °C, sob luz branca constante, por 14 dias.

As avaliações foram feitas diariamente, considerando-se germinadas as sementes com 2 mm raiz primária e ao final do ensaio foi obtida a porcentagem de germinação, considerando-se a formação de plântulas normais (aquelas que apresentaram parte aérea e sistema radicular desenvolvido), o tempo médio de germinação (TMG) de acordo com Edmond & Drapalla (1958) e o índice de velocidade de germinação (IVG), de acordo com a fórmula proposta por Maguire (1962). As plântulas foram analisadas quanto ao comprimento médio da parte aérea e da raiz, e massas fresca e seca de plântulas inteiras, com auxílio de paquímetro digital e balança analítica de precisão (0,0001 g), respectivamente, tomando-se 10 plântulas ao acaso de cada repetição. Os dados de comprimento foram expressos em milímetros e os de massa de plântulas em gramas.

Os valores de porcentagem, tempo médio, índice de velocidade de germinação; comprimento de parte aérea e raiz e massas fresca e seca das plântulas foram testados quanto à normalidade dos resíduos e homogeneidade entre as variâncias, submetidos à análise de variância e no caso de

significância à análise de regressão, a 5% de probabilidade, por meio do programa computacional SISVAR.

Resultados e discussão

Houve interação significativa entre os tipos de sais e concentrações utilizados para a porcentagem de germinação e o tempo médio de germinação das sementes. Para o índice de velocidade de germinação, comprimentos de parte aérea e raiz e massa fresca de plântulas houve efeito dos sais e concentrações utilizados, enquanto para a massa seca de plântulas houve efeito apenas das concentrações testadas (Tab. 2).

A diminuição da disponibilidade hídrica ocasionada pela redução do potencial osmótico das soluções salinas reduziu gradativamente a porcentagem de germinação de sementes de niger, sendo verificados ajustes quadráticos com elevados coeficientes de regressão para as soluções de CaCl₂, KCl e NaCl (Fig. 1A). Deve-se ressaltar que as sementes de niger apresentam tegumento bastante permeável, e tal característica pode ter ocasionado o efeito do estresse antes mesmo que ocorresse a germinação visível (protrusão da raiz primária), por meio do umedecimento das sementes com as soluções salinas, que provocaram a perda da germinabilidade das sementes. De acordo com Verslues *et al.* (2006), a presença de sais causa diferentes tipos de estresse, incluindo a alteração na absorção de nutrientes, especialmente dos íons K⁺ e Ca⁺, acúmulo de íons tóxicos, como o Na⁺, estresse osmótico e oxidativo. O estresse salino nas fases iniciais da germinação tem como principal causador de injúria o desbalanço iônico e a toxicidade causada pelo excesso de Na⁺. O baixo potencial hídrico causado pela presença de sais geralmente inibe o crescimento da parte aérea e radicular da plântula.

Assim como foram observados prejuízos na porcentagem de germinação das sementes, o aumento gradativo da concentração das soluções salinas testadas influenciou negativamente o tempo para a germinação das sementes, sendo observado ajuste quadrático apenas para a solução salina constituída de KCl. Embora não fossem observados ajustes de regressão para as soluções salinas de CaCl₂ e NaCl,

Tabela 1. Concentrações de cloreto de sódio (NaCl), cloreto de cálcio (CaCl₂) e cloreto de potássio (KCl) usadas nas soluções. UFGD, Dourados, 2011.

Potencial osmótico (MPa)	NaCl	CaCl ₂ (g L ⁻¹)	KCl
0,0	0,00	0,00	0,00
-0,3	5,36	7,98	4,20
-0,6	10,72	15,95	8,40
-0,9	16,08	23,95	12,61
-1,2	21,44	31,93	16,81

Tabela 2. Quadrados médios da porcentagem (G), índice de velocidade (IVG) e tempo médio de germinação (TMG), comprimento médio da parte aérea (CMPA) e da raiz (CMR) e massas fresca (MFP) e seca (MSP) de plântulas de niger (*Guizotia abyssinica* (L.f.) Cass.) submetidas a diferentes sais e potenciais osmóticos. UFGD, Dourados, 2011.

FV	GL	G (%)	IVG	TMG (dias)	CMPA (mm)	CMR (mm)	MFP (g plântula ⁻¹)	MSP (g plântula ⁻¹)
Sal	2	304,27**	32,85'	2,26 ^{ns}	14429,31**	43019,92**	0,149**	0,1305 ^{ns}
Ψ _o	4	23274,07**	2358,50**	22,19**	16665,81**	46569,35**	0,514**	0,0034**
Sal*Ψ _o	8	108,02**	14,43 ^{ns}	4,34**	7,41 ^{ns}	2,41 ^{ns}	1,25 ^{ns}	0,000058 ^{ns}
CV (%)		12,83	24,17	41,47	48,85	81,82	44,21	25,84
Média		53,47	13,79	2,87	9,40	14,28	0,199	0,0198

FV = Fonte de variação; GL = Grau de liberdade; Ψ_o = Potencial osmótico; CV = Coeficiente de variação; * Significativo a 1% de probabilidade; **Significativo a 5% de probabilidade; ns = Não significativo

houve um atraso do tempo para germinação das sementes de niger expostas a essas soluções no substrato, que apresentaram em média 2,8 e 3,2 dias, respectivamente, para a germinação. As sementes semeadas em água (0,0 MPa) apresentaram 1,7 dias para a germinação (Fig. 1B).

Para o índice de velocidade de germinação das sementes, observaram-se ajustes quadráticos com elevados coeficientes de regressão para os sais e verificou-se redução gradativa da velocidade conforme a diminuição do potencial osmótico das soluções de CaCl_2 , KCl e NaCl, evidenciando o efeito da salinidade no atraso da germinação do niger (Fig. 1C). Possivelmente, a disponibilidade de água seja um fator limitante para as fases iniciais do estabelecimento do niger e a redução do potencial hídrico do substrato resultou na diminuição da velocidade de germinação, sugerindo que nas sementes de niger os mecanismos de tolerância ao estresse salino sejam ausentes ou ineficientes durante as fases iniciais de germinação. De acordo com Kishor *et al.* (2005), há muitos mecanismos celulares pelos quais os organismos conseguem tolerar o estresse salino do ambiente, dentre eles o acúmulo de prolina, que já foi relatado para diversos vegetais por atuar na estabilização de proteínas, membranas e estruturas subcelulares, além de remover espécies reativas de oxigênio.

Durante a germinação, as sementes de niger foram mais sensíveis aos efeitos da salinidade causados por CaCl_2 e KCl do que pelo NaCl, evidenciado pela redução acentuada do porcentual de germinação e índice de velocidade de germinação de sementes a partir do potencial de -0,3 MPa. Machado Neto *et al.* (2006) relataram que para as sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris* - Fabaceae) o tratamento com CaCl_2 foi menos severo para a germinação em relação às soluções de KCl e NaCl. As sementes de feijão tratadas com soluções de CaCl_2 germinaram até o potencial de -1,2 MPa, indicando um limite máximo de tolerância entre os potenciais de -1,2 e -1,8 MPa; as soluções de KCl e NaCl induziram nulidade ou valor próximo a zero de germinação no potencial de -1,2 MPa, apontando limite máximo de tolerância menor para estes sais. Callegari *et al.* (2001) afirmaram que embora a alface (*Lactuca sativa* L. - Asteraceae) seja considerada tolerante à salinidade, elevada condutividade elétrica no substrato provocou redução de 10,4 pontos porcentuais na germinação das sementes. Andréo-Souza *et al.* (2010) observaram que a velocidade de germinação é o primeiro parâmetro afetado pela redução da disponibilidade de água, provocando maior tempo para a finalização do processo germinativo de sementes de pinhão manso (*Jatropha curcas* L. - Euphorbiaceae). Além disso, os mesmos autores, em um dos lotes estudados, verificaram que a porcentagem de germinação final decresceu de acordo com o aumento da condutividade elétrica da solução.

Os efeitos deletérios da salinidade sobre as fases iniciais da germinação se iniciam nas estruturas subcelulares. O aumento da concentração de sais no substrato determina a redução no potencial hídrico, resultando em menor capacidade de absorção de água pelas sementes, o que geralmente influencia

a capacidade germinativa e o desenvolvimento das plântulas (Lopes & Macedo 2008). No presente estudo, a redução da porcentagem de germinação de sementes de niger ocorreu a partir do potencial de -0,3 MPa, independentemente do sal utilizado, ao contrário de sementes de língua-de-vaca (*Chaptalia nutans* L. - Asteraceae), onde apenas potenciais inferiores a -0,5 MPa provocaram a redução na taxa de germinação. Isso reforça a ideia de que a exposição dos aquênios às soluções salinas pode induzir efeitos tóxicos, porém sua magnitude varia de acordo com a espécie vegetal e sua tolerância à salinização do meio (Yamashita *et al.* 2009).

A salinidade também influenciou o crescimento de plântulas de niger. O comprimento médio da parte aérea (Fig. 2A) e o comprimento médio da raiz (Fig. 2B) foram afetados negativamente pelos sais utilizados, observando-se redução gradativa nas dimensões das plântulas de niger até sua completa inibição com a redução drástica do potencial osmótico dos sais para -1,2 MPa. Esses resultados sugerem que o CaCl_2 , KCl e NaCl apresentaram efeitos tóxicos para o niger antes e após a germinação das sementes, sendo verificado prejuízos severos para o crescimento das plântulas. De acordo com Munns & Tester (2008), A salinidade do solo influencia o crescimento das plantas de duas maneiras: altas concentrações de sais no solo tornam mais difícil a extração de água pelas raízes e altas concentrações de sais na planta podem ser tóxicas. A homeostase da concentração intracelular de íons é fundamental para a fisiologia das células. A regulação do fluxo de íons é necessária para que as células mantenham baixas as concentrações de íons tóxicos e acumulem íons essenciais. Caso haja falhas nesse balanço osmótico durante o estresse salino, resultará em perda de turgescência, desidratação, redução no crescimento, atrofiamento e até mesmo morte das células (Ashraf & Harris 2004). Cultivares de milho pipoca (*Zea mays* - Gramineae) submetidos ao estresse salino por meio de solução de KCl apresentaram redução linear do comprimento da parte aérea e da raiz, assim como da massa seca das plantas (Moterle *et al.* 2006).

Os prejuízos decorrentes da salinidade também foram observados para a massa fresca de plântulas de niger, sendo verificados ajustes de regressão quadráticos com elevados coeficientes para as soluções salinas utilizadas. Observou-se redução gradativa da massa fresca de plântulas de niger conforme foi acentuado o estresse salino causado pelo aumento das concentrações, independentemente do sal utilizado. As massas das plântulas provenientes de sementes submetidas à solução de CaCl_2 foram drasticamente afetadas, enquanto os efeitos da solução de KCl foram menos intensos sobre o niger para esta característica (Fig. 3A).

Para a massa seca de plântulas também foram observados ajustes de regressão quadráticos das soluções. Os efeitos do NaCl sobre a massa seca de plântulas foram menos intensos que o CaCl_2 e o KCl, embora fosse verificado que independente do sal utilizado, ocorreu a diminuição da translocação de reservas para as plântulas, conforme o estresse salino foi acentuado (Fig. 3B).

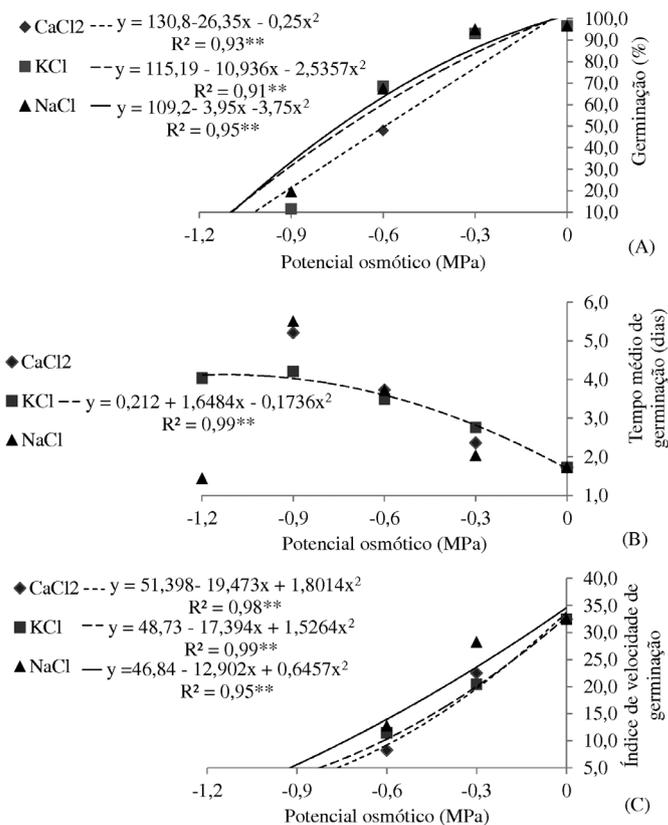


Figura 1. Porcentagem (A), tempo médio (B) e índice de velocidade de germinação (C) de sementes de niger (*Guizotia abyssinica* (L.f.) Cass.) submetidas a diferentes condições de salinidade. UFGD, Dourados, 2011.

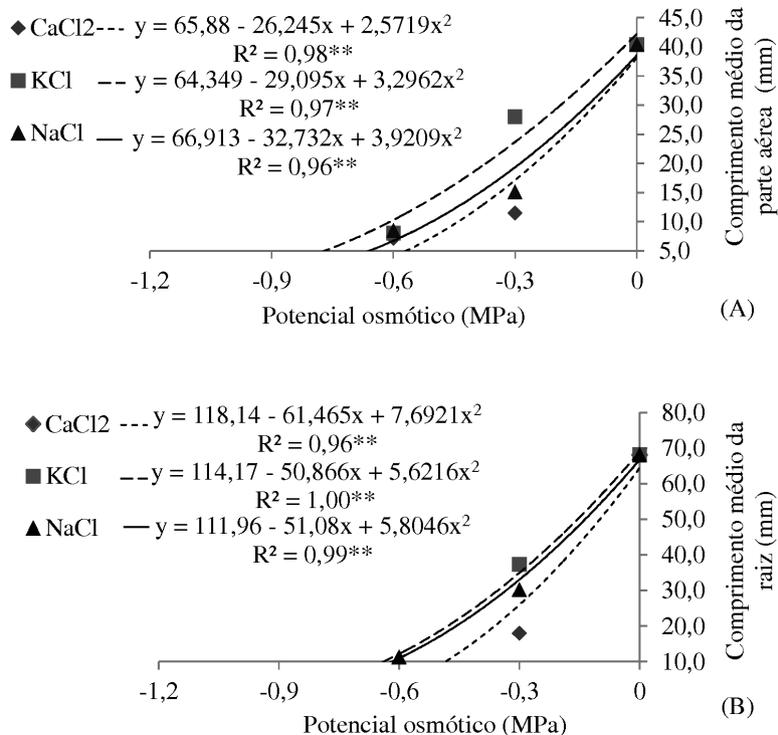


Figura 2. Comprimento (mm) da parte aérea (A) e da raiz (B) de plântulas de niger (*Guizotia abyssinica* (L.f.) Cass.) submetidas a diferentes condições de salinidade. UFGD, Dourados, 2011.

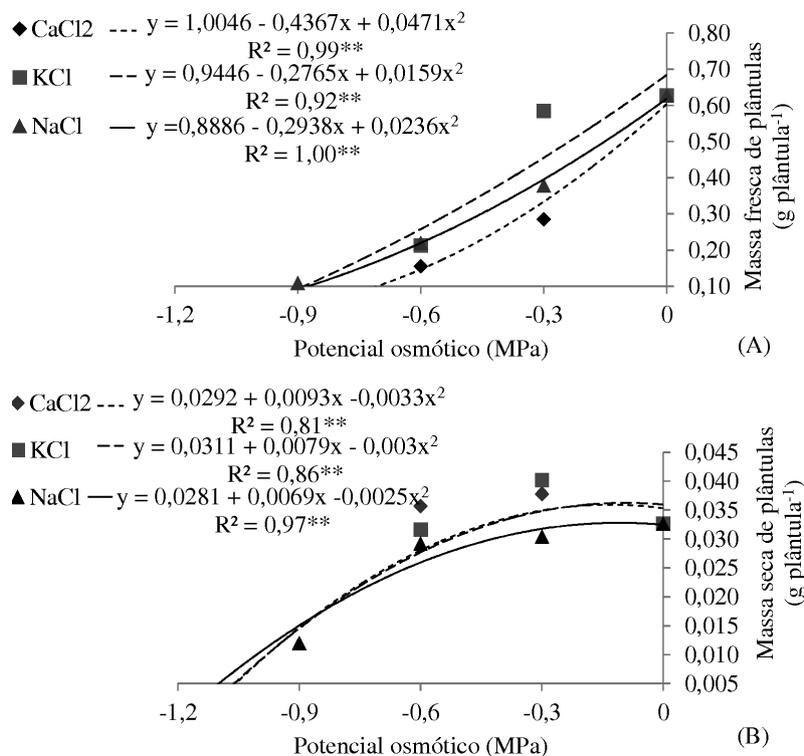


Figura 3. Massas (g plântula⁻¹) fresca (A) e seca (B) de plântulas de niger (*Guizotia abyssinica* (L.f.) Cass.) submetidas a diferentes condições de salinidade. UFGD, Dourados, 2011.

Esses resultados sugerem que sob influência de salinidade causada por CaCl₂, KCl e NaCl a partir do potencial osmótico de -0,3 MPa, ocorreu uma redução da tolerância das sementes de niger, verificado pela menor capacidade de transformação do suprimento de reservas dos tecidos de armazenamento ou menor incorporação destes pelo eixo embrionário (Stefanello *et al.* 2006). Larré *et al.* (2011), avaliando a qualidade fisiológica de sementes de arroz tratadas com solução salina e um brassinoesteróide, afirmaram que a diminuição da massa seca pode ocorrer devido a redução do ganho de carbono e ao gasto energético para adaptação à salinidade, envolvendo processos de regulação do transporte e distribuição iônica em vários órgãos e dentro das células, a síntese de solutos orgânicos para osmorregulação e a manutenção da integridade das membranas celulares.

As sementes de niger foram sensíveis às condições de salinidade impostas pelas soluções nos potenciais osmóticos compreendidos entre -0,3 e -1,2 MPa, observado pela redução gradual da germinação e de crescimento durante as fases iniciais do estabelecimento de plântulas. Os resultados obtidos na presente pesquisa constituem informações importantes, visto que na região Centro-Sul do país, as lavouras de niger vêm sendo conduzidas em sucessão a colheita das culturas de verão, portanto, em áreas com resíduos inorgânicos e que, possivelmente, podem afetar o estabelecimento da cultura.

Conclusões

1. As sementes de niger são sensíveis a salinidade;
2. A exposição ao NaCl, KCl e CaCl₂ reduz o poder germinativo e o crescimento das plântulas;
3. A solução osmótica constituída de CaCl₂ proporciona estresse mais severo às sementes quando comparada as de NaCl e KCl. Essas soluções inibem a germinação de sementes do niger no potencial de -1,2 MPa.

Referências bibliográficas

- Andréo-Souza, Y.; Ferreira, A.L.; Silva, F.F.S.; Ribeiro-Reis, R.C.; Evangelista, M.R.V.; Castro, R.D. & Dantas, B.F. 2010. Efeito da salinidade na germinação de sementes e no crescimento inicial de mudas de pinhão manso. *Revista Brasileira de Sementes* 32(2): 83-92.
- Ashraf, M. & Harris, P.J.C. 2004. Potential biochemical indicators of salinity tolerance in plants. *Plant Science* 166: 3-16.
- Baagøe, J. 1974. The genus *Guizotia* (Compositae): a taxonomic revision. *Botanical Tidsskr* 69: 1-39.
- Baskin, J.M. & Baskin, C.C. 1998. *Seeds, ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination*. New York, Academic Press.
- Bewley, J.D. & Black, M. 1994. *Seeds: physiology of development and germination*. 2 ed. New York, Plenum Publishing.
- Callegari, O.; Santos, H.S. & Scapim, C.A. 2001. Variações do ambiente e de práticas culturais na formação de mudas e na produtividade da alface (*Lactuca sativa* L. cv. Elisa). *Acta Scientiarum*, 23(5): 1117-1122.
- Carneiro, M.A.C.; Cordeiro, M.A.S.; Assis, P.C.R.; Moraes, E.S.; Pereira, H.S.; Paulino, H.B. & Souza, E.D. 2008. Produção de fitomassa de diferentes espécies de cobertura e suas alterações na atividade microbiana de solo de cerrado. *Bragantia* 67(2): 455-462.

- Castro, R.M.; Bradford, K.J. & Hilhorst, H.W.M. 2004. Embebição e reativação do metabolismo. Pp. 251-262. In: Ferreira, A.G. & Borghetti, F. (Orgs.). 2004. **Germinação: do básico ao aplicado**. Porto Alegre, Artmed.
- Edmond, J.B. & Drapalla, W.J. 1958. The effects of temperature, sand and soil, and acetone on germination on okra seeds. **Proceedings of the American Society Horticultural Science**, 71: 28-34.
- Fagundes, M.; Camargos, M.G. & Costa, F.V. da. 2011. A qualidade do solo afeta a germinação das sementes e o desenvolvimento das plântulas de *Dimorphandra mollis* Benth. (Leguminosae: Mimosoideae). **Acta Botanica Brasílica** 25(4): 908-915.
- Ferrari, R.A.; Oliveira, V.S. & Scabio, A. 2005. Biodiesel de soja: taxa de conversão em ésteres etílicos, caracterização físico-química e consumo em gerador de energia. **Química Nova** 28(1): 19-23.
- Geleta, M.; Bekele, E.; Dagne, K. & Bryngelsson, T. 2010. Phylogenetics and taxonomic delimitation of the genus *Guizotia* (Asteraceae) based on sequences derived from various chloroplast DNA regions. **Plant Systematics Evolution** 289: 77-89.
- Guan, B.; Zhou, D.; Zhang, H.; Tian, Y.; Japhet, W. & Wang, P. 2009. Germination responses of *Medicago ruthenica* seeds to salinity, alkalinity and temperature. **Journal of Arid Environments** 73: 135-138.
- Kishor, P.B.K.; Sangam, S.; Amrutha, R.N.; Sri, L.P.; Naidu, K.R.; Rao, K.R.S.S.; Rao, K.J.S.; Reddy, K.J.; Theriappan, P. & Sreenivasulu, N. 2005. Regulation of proline biosynthesis, degradation, uptake and transport in higher plants: its implications in plant growth and abiotic stress tolerance. **Current Science** 88(3): 424-438.
- Larré, C.F.; Moraes, D.M. & Lopes, N.F. 2011. Qualidade fisiológica de sementes de arroz tratadas com solução salina e 24-epibrassinolideo. **Revista Brasileira de Sementes** 33(1): 86-94.
- Lopes, J.C. & Macedo, C.M.P. 2008. Germinação de sementes de couve chinesa sob influência do teor de água, substrato e estresse salino. **Revista Brasileira de Sementes** 30(3): 79-85.
- Machado Neto, N.B.; Custódio, C.C.; Costa, P.R. & Doná, F.L. 2006. Deficiência hídrica induzida por diferentes agentes osmóticos na germinação e vigor de sementes de feijão. **Revista Brasileira de Sementes** 28(1): 142-148.
- Maguire, J.B. 1962. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence vigor. **Crop Science** 2(2): 176-177.
- Moterle, L.M.; Lopes, P.C.; Braccini, A.L. & Scapim, C.A. 2006. Germinação de sementes e crescimento de plântulas de cultivares de milho-pipoca submetidas ao estresse hídrico e salino. **Revista Brasileira de Sementes** 28(3): 169-176.
- Munns, R. & Tester, M. 2008. Mechanisms of salinity tolerance. **Annual Review of Biology** 59: 651-681.
- Nery, A.R.; Rodrigues, L.N.; Silva, M.B.R.; Fernandes, P.D.; Chaves, L.H.G.; Dantas Neto, J. & Gheyi, H.R. 2009. Crescimento do pinhão-mansão irrigado com águas salinas em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** 13(5): 551-558.
- Oliveira, A.J. de & Ramalho, J. (Coord.). 2006. **Plano Nacional de Agroenergia: 2006-2011**. 2. ed. rev. Brasília, Embrapa Informação Tecnológica.
- Sangoi, L.; Ernani, P.R.; Bianchet, P.; Vargas, V.P. & Picoli, G.J. 2009. Efeitos de doses de cloreto de potássio sobre a germinação e o crescimento inicial do milho, em solos com texturas contrastantes. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo** 8(2): 187-197.
- Sarin, R.; Sharma, M. & Khan, A.A. 2009. Studies on *Guizotia abyssinica* L. oil: biodiesel synthesis and process optimization. **Bioresource Technology** 100: 4187-4192.
- Sobhanian, H.; Aghaei, K. & Komatsu, S. 2011. Changes in the plant proteome resulting from salt stress: toward the creation of salt-tolerant crops? **Journal of proteomics** 74(8): 1323-1337.
- Stefanello, R.; Garcia, D.C.; Menezes, N.L. de; Muniz, M.F.B. & Wrasse, C.F. 2006. Efeito da luz, temperatura e estresse hídrico no potencial fisiológico de sementes de funcho. **Revista Brasileira de Sementes** 28(2): 135-141.
- Tobe, K.; Zhang, L. & Omasa, K. 2003. Alleviatory effects of calcium on the toxicity of sodium, potassium and magnesium chlorides to seed germination in three non-halophytes. **Seed Science Research** 13: 47-54.
- Veeranagamallaiah, G.; Prasanthi, J.; Kondreddy, E.R.; Merum, P.; Owku, S.B. & Chinta, S. 2011. Group 1 and 2 LEA protein expression correlates with a decrease in water stress induced protein aggregation in horsegram during germination and seedling growth. **Journal of Plant Physiology** 168: 671-677.
- Verslues, P.E.; Agarwal, M.; Katiyar-Agarwal, S.; Zhu, J. & Zhu, J.K. 2006. Methods and concepts in quantifying resistance to drought, salt and freezing, abiotic stresses that affect plant water status. **The Plant Journal** 45: 523-539.
- Wang, W.; Kim, Y.; Lee, H.; Kim, K.; Deng, X. & Kwak, S. 2009. Analysis of antioxidant enzyme activity during germination of alfalfa under salt and drought stresses. **Plant Physiology and Biochemistry** 47: 570-577.
- Yamashita, O.M.; Guimarães, S.C.; Albuquerque, M.C.F.; Carvalho, M.A.C. & Silva, J.L. 2009. Efeitos de fatores ambientais induzidos na germinação de sementes de *Chaptalia nutans* (L.) Polack. **Revista Brasileira de Sementes** 31(3): 132-139.