

PUTRESCINA NA GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE *PARKIA PENDULA* (WILLD.) BENTH. EX WALP. SOB ESTRESSES HÍDRICO E SALINO

Lúcia Filgueiras Braga¹

Marco Bruno Xavier Valadão²

Danieli Luiza Kalsin³

Marcílio Pereira Sousa⁴

Recebido em 22.12.2015; Aceito 19.04.2016

Abstract

Abiotic stresses are common during the growing conditions of woody plants. It is important that information on the germination behavior under stress conditions become available for species with high exploration demand. This study aimed to evaluate the germination behavior of the seeds of *Parkia pendula* subjected to water and salt stress and the influence of concentrations of poliamina putrescina to alleviate the stress. To verify the effectiveness of the hydric stress the seeds were germinated at 30°C in petri dishes on filter paper moistened with 12 mL of polyethylene glycol 6000 solutions (0, -0.2, -0.3, -0.4, -0.5 and -0.6MPa) and putrescine concentrations (0, 2.5 and 5 mM). We evaluated the effect of salt stress with NaCl and CaCl₂, putting the seeds to germinate in transparent plastic boxes on blotting paper and 15ml of each saline solutions at the same potential and concentrations of putrescine. The percentage of reviews and germination rate in both experiments were performed daily up to 10 days. We concluded that the seeds of *P. pendula* were affected by stress with PEG 6000, and the percentage decreased from -0.4MPa and the speed from -0.3MPa. The tolerance to stress caused by CaCl₂ occurred between -0.5 and -0.6MPa. The application of putrescine did not alleviate drought stress, while under salt stress the application of putrescine at a concentration of 5 mM increased the percentage and speed of germination under lower intensity of stress (-0.3 MPa).

Key words: angelim-saia; poliamina; potencial osmótico.

Resumo

Os estresses abióticos são frequentes durante as condições de cultivo de

¹ Dra., Bióloga; Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT. Rodovia MT 208, Km 143, s/n, Bairro Jardim Tropical, CEP: 78580-000, Alta Floresta, Mato Grosso, Brasil. luciabraga@unemat.br.

² M.Sc., Engenheiro Florestal – UNEMAT, Rua Prof. Dr. Renato Figueiro Varella, Caixa Postal 08 - CEP: 78690-000, Nova Xavantina, Mato Grosso. marcobrunovaladão@gmail.com

³ Esp., Engenheira Florestal, Agroflora-Consultoria Agropecuária e Ambiental, Nova Canaã do Norte-MT. Avenida São Paulo, nº 75, Centro - CEP: 78515-000, Mato Grosso. luizaflorestal@hotmail.com

⁴ Dr., Biólogo, Rodovia MT 208, km 143, s/n, Bairro Jardim Tropical, CEP: 78580-000, Alta Floresta, Mato Grosso. marcilio.sousa@pq.cnpq.br

plantas arbóreas, sendo importante que informações sobre o comportamento germinativo sob condições de estresse, estejam disponíveis para espécies que apresentam alta demanda de exploração. Este trabalho teve como objetivo avaliar o comportamento germinativo das sementes de *Parkia pendula*, submetidas a estresse hídrico e salino e influência de concentrações da poliamina putrescina na atenuação do estresse. Para verificar o efeito do estresse hídrico, as sementes foram colocadas para germinar a temperatura de 30°C em placas de petri sobre papel filtro umedecido com 12mL das soluções de polietileno glicol 6000 (0; -0,2; -0,3; -0,4; -0,5 e -0,6MPa) e concentrações de putrescina (0; 2,5 e 5mM). Avaliou-se o efeito do estresse salino com NaCl e CaCl₂, sendo as sementes colocadas para germinar em caixas plásticas transparentes sobre papel mata borrão e 15mL de cada solução salina nos mesmos potenciais e concentrações de putrescina. As avaliações de porcentagem e velocidade de germinação nos dois experimentos foram realizadas diariamente até 10 dias. Conclui-se que as sementes de *P. pendula* foram afetadas pelo estresse com PEG 6000, sendo a porcentagem reduzida a partir de -0,4MPa e a velocidade a partir de -0,3MPa. O limite de tolerância ao estresse promovido por CaCl₂ ocorreu entre -0,5 e -0,6MPa. A aplicação de putrescina não atenuou o estresse hídrico, enquanto sob estresse salino a aplicação de putrescina na concentração de 5mM promoveu aumento na porcentagem e velocidade do processo germinativo sob menor intensidade de estresse (-0,3 MPa).

Palavras-chave: anjelim-saia; poliamina; potencial osmótico.

Introdução

O período de germinação e estabelecimento das plantas arbóreas é importante para a sobrevivência das espécies florestais, principalmente nos locais onde a disponibilidade de água está limitada durante um período do ano, sendo que a capacidade das sementes de algumas espécies germinarem sob condições de estresse hídrico confere vantagens ecológicas em relação às outras que são sensíveis à seca (Braga *et al.*, 2009).

O processo germinativo se inicia com a absorção de água por embebição, porém há necessidade de que a semente alcance um nível adequado de hidratação o qual permita a reativação dos seus processos metabólicos (Braga *et al.*, 2009), sendo a disponibilidade e velocidade do fluxo de água para a semente determinadas pela diferença de potencial hídrico entre a semente e o solo (Bittencourt *et al.*, 2004).

A redução da absorção de água pelas plantas também pode ocorrer devido ao excesso de sais solúveis, capazes de reduzir o potencial hídrico do solo (Barroso *et al.*, 2010). A salinização dos solos agrícolas é uma preocupação mundial não somente para o cultivo em regiões áridas e semiáridas, que são naturalmente salinizadas, mas especialmente para terras irrigadas onde a água é o agente transportador de sais pelo perfil do solo (Ashraf *et al.*, 2008). Os efeitos marginais do aumento dos teores de sais atuam durante todas as fases das plantas (Silva *et al.*, 2009), porém, as sementes mantêm contato com o ambiente salino desde o crescimento embrionário, o que prejudica a germinação.

A indução da restrição hídrica durante a germinação é feita através da adição de solutos osmoticamente ativos, simulando um ambiente com pouca umidade. O efeito dessas soluções depende tanto do soluto utilizado, em um mesmo potencial osmótico, como da espécie (Custódio *et al.*, 2009). O efeito do polietileno glicol sobre a redução da germinação de sementes é explicado pelo seu elevado peso molecular e a alta viscosidade somada à baixa taxa de difusão de O₂ (Braccini *et al.*, 1996). A influência negativa da salinidade na germinação das sementes ocorre porque a concentração salina dos solos causa diminuição do potencial hídrico e, conseqüente redução do gradiente de potencial hídrico entre o solo e a superfície da semente, o que dificulta a embebição e conduz ao decréscimo do processo germinativo (Dantas *et al.*, 2007; Lopes e Macedo, 2008).

O controle do desenvolvimento das plantas está relacionado aos compostos orgânicos envolvidos, dentre eles as poliaminas (PAs), um pequeno grupo de aminas alifáticas que são ubíquas em plantas (Ali *et al.*, 2009). São comumente encontradas em vegetais e estão envolvidas em vários processos tais como proliferação celular, crescimento, morfogênese, diferenciação e morte celular (Kusano *et al.*, 2007), assim como na proteção das plantas à restrição hídrica e à salinidade (Takahashi e Kakehi, 2010; Hussain *et al.*, 2011; Gupta *et al.*, 2013; Filippou *et al.*, 2014; Kotakis *et al.*, 2014).

O conteúdo de poliaminas endógenas em algumas plantas diminui sob condições de estresse, tendo as poliaminas exógenas, especialmente a putrescina, papel na atenuação dos efeitos de vários tipos de estresse e aumento da tolerância das espécies (Quinet *et al.*, 2010; Ashraf *et al.*, 2011; Sharma *et al.*, 2011; Amri e Mohammadi, 2012).

Parkia pendula (Willd.) Benth. ex Walp., pertencente à família Fabaceae e conhecida popularmente como angelim-saia, é uma das inúmeras espécies florestais de potencial econômico encontrada na região amazônica.

A madeira de *P. pendula* tem características físicas e mecânicas favoráveis para uso comercial, promovendo alto índice de exploração da espécie, o que diminui consideravelmente os exemplares em sua área de ocorrência natural (Rosseto *et al.*, 2009). É considerada uma árvore ornamental que pode ser empregada com sucesso no paisagismo, principalmente para arborização de praças públicas, parques e grandes avenidas, sendo útil também para plantio em áreas degradadas de preservação permanente, graças ao seu rápido crescimento em ambientes abertos (Lorenzi, 2002).

Os estresses abióticos, principalmente o hídrico e salino, são frequentes durante as condições de cultivo de plantas arbóreas, sendo importante que as informações sobre o comportamento germinativo sob condições de estresse estejam disponíveis para espécies que apresentam alta demanda de exploração. Este trabalho teve como objetivo avaliar o comportamento germinativo das sementes de *Parkia pendula*, submetidas a estresses hídrico e salino e influência de concentrações da poliamina putrescina na atenuação do estresse abiótico.

Material e Método

O trabalho foi conduzido no Laboratório de Ecofisiologia e Propagação de Plantas da Universidade do Estado do Mato Grosso – UNEMAT, Campus de Alta Floresta. As sementes de *Parkia pendula* foram colhidas no município de Cláudia-MT.

As sementes foram previamente escarificadas com imersão em ácido sulfúrico concentrado (H_2SO_4 - 98%) por 20 minutos, em seguida sendo lavadas em água corrente por 10 minutos, e em água destilada pelo mesmo período, e tratadas com os fungicidas Ridomil® (Metalaxil) e Captan® (Orthocide 500) a 0,25% cada da massa das sementes.

Avaliação do estresse hídrico e putrescina

Para a verificação do efeito de diferentes potenciais hídricos no processo germinativo foi utilizado como agente o polietileno glicol (PEG 6000), nos potenciais 0 (controle); -0,2; -0,3; -0,4; -0,5 e -0,6MPa, sendo as soluções preparadas utilizando tabela citada por Villela *et al.* (1991).

As sementes foram colocadas para germinar em placas de petri, sobre papel filtro umedecido com 12 mL das soluções, com adição da poliamina putrescina nas concentrações de 0 (controle) 2,5 e 5mM, e os volumes calculados para quatro repetições de 25 sementes, em cada tratamento. As placas de petri foram mantidas no interior de câmara de germinação (BOD) com luz contínua à temperatura de 30°C. Realizou-se a troca das soluções e do papel diariamente para manutenção do potencial hídrico.

Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado, disposto em esquema fatorial 6 x 3 (potenciais hídricos x concentrações de putrescina). Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Avaliação do estresse salino e putrescina

Para verificar o efeito do estresse salino, utilizaram-se soluções de NaCl e $CaCl_2$, nos potenciais 0 (controle); -0,2; -0,3; -0,4; -0,5 e -0,6 MPa, com adição da poliamina putrescina nas concentrações de 0 (controle) e 5mM. As soluções de NaCl e $CaCl_2$ foram preparadas a partir da equação de Vant'Hoff, citada por Braga *et al.* (2009). As sementes foram colocadas para germinar em caixas plásticas transparentes medindo 11 x 11 x 3 cm, sobre papel Germitest® umedecido com 15mL das soluções, sendo utilizadas quatro repetições de 25 sementes, em cada agente salino e potencial osmótico, com ou sem putrescina, a 30°C.

Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado, disposto em esquema fatorial 6x2x2 (potenciais osmóticos x agentes salinos x concentrações de putrescina). Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

As avaliações de porcentagem e índice de velocidade de germinação (IVG) nos dois experimentos foram realizadas diariamente, sendo consideradas germinadas as sementes com comprimento ≥ 2 mm de raiz (Rehman *et al.*, 1996). Os experimentos foram encerrados aos 10 dias. Os cálculos de

porcentagem e IVG foram realizados de acordo com Labouriau e Valadares (1976) e Maguire (1962), respectivamente, conforme as fórmulas:

$G(\%) = (N/A) \times 100$, onde N = Número de sementes germinadas e A = número total de sementes.

$IVG = \sum(G_i/n_i)$, onde G_i = número de sementes germinadas e n_i = dia da contagem.

Resultados e Discussão

Avaliação do estresse hídrico e putrescina (Put)

Na Tabela 1 observa-se que ocorreu redução significativa da porcentagem de germinação a partir do potencial a -0,4MPa sem a adição da poliamina putrescina e a -0,5MPa com adição de 2,5mM de putrescina. Com a aplicação de 5mM de Put houve redução significativa na porcentagem a partir de -0,4MPa, porém não diferiu do controle (0MPa) e do potencial a -0,3MPa. Contudo, nos potenciais menos negativos (-0,2 e -0,3 MPa) a germinação foi favorecida em relação ao controle. Estes resultados poderiam indicar que até um certo limite de potencial hídrico (entre -0,3 e -0,4 MPa) a Put poderia atenuar o estresse e promover a germinação e a partir de -0,4 MPa reduz-se o efeito da Put na tolerância ao estresse hídrico. A redução significativa da porcentagem de germinação a -0,4 MPa de polietileno glicol sem a adição de Put também foi observada para *Ateleia glazioviana* Baill (Rosa *et al.*, 2005), *Senna obtusifolia* L. (Pereira *et al.*, 2014) e *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Smith (Almeida *et al.*, 2014).

Tabela 1 - Valores médios de porcentagem e índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes *Parkia pendula* (Willd.) Benth. ex Walp. em função de potenciais hídricos e concentrações da poliamina putrescina (Put).

Potenciais (MPa)	Porcentagem de germinação						IVG					
	Sem PUT		2,5mM Put		5,0mM Put		Sem PUT		2,5mM Put	5,0mM Put		
0 (controle)	84,00	Aa	75,00	Aa	56,00	BCb	15,12	Aa	15,03	Aa	10,13	Bb
-0,2	89,00	Aa	86,00	Aa	90,00	Aa	15,22	Aa	12,84	ABa	14,39	Aa
-0,3	70,00	ABa	68,00	Aba	73,00	ABa	8,33	Ba	9,84	BCa	9,48	Ba
-0,4	55,00	BCa	69,00	Aa	57,00	BCa	5,26	BCa	7,30	Ca	6,25	Ca
-0,5	40,00	Ca	46,00	BCa	46,00	Ca	2,96	Ca	3,80	Da	4,06	CDa
-0,6	40,00	Ca	26,00	Cab	20,00	Db	2,85	Ca	2,12	Da	1,44	Da
C.V.(%) = 17,94							C.V.(%) = 18,10					
DMS Potenciais = 22,69							DMS Potenciais = 3,07					
DMS Concentrações = 18,52							DMS Concentrações = 2,51					

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

Quando se comparam as diferentes concentrações de putrescina em cada um dos potenciais hídricos avaliados (Tabela 1), verifica-se que somente no controle (0MPa) e a -0,6MPa ocorreram diferenças significativas, com os valores de porcentagem sendo menores com a adição de putrescina. Para esta espécie

a aplicação exógena desta poliamina, não implicou em maior resistência ao estresse hídrico promovido pelo polietileno glicol 6000. Este resultado se assemelha ao observado para sementes de *Schizolobium amazonicum* (Huber) Ducke (Braga *et al.*, 2007) e *Adenanthera pavonina* L. (Fonseca e Perez, 2003) onde não houve efeito significativo dos tipos e concentrações das poliaminas aplicadas sobre a germinação durante estresse hídrico com PEG.

Para outras espécies, os resultados diferem dos obtidos neste trabalho para *P. pendula*, como observado por Botelho e Perez (2001) aumento na porcentagem de germinação em sementes de *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub. nos menores potenciais osmóticos (-0,6; -0,8 e -1,0MPa) após a aplicação de 5 e 10mM de Put. Braga (2004) verificou, para sementes de *Erythrina mulungu* Mart., que apesar da injúria induzida pelo estresse com polietileno glicol nos potenciais de 0 (controle) a -0,6MPa, as poliaminas putrescina ou espermidina aplicadas nas soluções osmóticas foram assimiladas e influenciaram no processo em diferentes períodos.

Para os valores de índice de velocidade de germinação (IVG) em função de potenciais e concentrações de putrescina (Tabela 1), verifica-se que ocorreu redução nos valores de IVG a partir do potencial a -0,3MPa, independente da concentração de putrescina aplicada, porém no controle (0MPa) a velocidade do processo germinativo diminuiu com a aplicação de 5mM de Put.

O estresse hídrico promovido pelo PEG 6000 às sementes de *P. pendula* não foi atenuado pela adição de putrescina, havendo redução da porcentagem e velocidade da germinação do tratamento controle (0 MPa) com a adição de maior concentração de putrescina (5mM). Monteiro *et al.* (2014) relataram que o tratamento com 0,5mM de Put também não foi efetivo em minimizar a redução do crescimento de guandu quando submetido a restrição hídrica com PEG. Souza *et al.* (2012) observaram que a aplicação exógena da poliamina espermidina, durante a germinação das leguminosas forrageiras alfafa e labe-labe, resultou na atenuação do estresse hídrico promovido por PEG, somente na porcentagem de germinação de alfafa, não havendo efeito desta poliamina no IVG de ambas as forrageiras.

A embebição das sementes numa solução osmótica, principalmente de PEG ou manitol, inibe a quantidade e velocidade de entrada de água, impedindo assim a protrusão radicular (Kerbauy, 2004). Sendo assim, quando se utiliza o polietileno glicol como agente osmótico a germinação é comprometida, uma vez que devido ao tamanho de suas moléculas a quantidade de água livre é reduzida, fazendo com que o processo de embebição seja afetado. Este comportamento foi descrito por Moraes *et al.* (2005) em seu trabalho utilizando sementes de feijão onde verificaram decréscimo na germinação a partir do potencial a -0,2MPa induzido pelo NaCl e PEG 6000, porém o PEG 6000 produziu efeitos mais drásticos na qualidade fisiológica das sementes do que o agente salino. Farias *et al.* (2009) observaram resultados semelhantes com sementes *Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud., que apresentavam tolerância ao NaCl porém não suportaram concentrações superiores a -0,5MPa com estresse hídrico simulado com PEG-6000. Pereira *et al.* (2014) também descreveram

maior sensibilidade das sementes de *Raphanus raphanistrum* L. ao estresse hídrico induzido por PEG do que o causado por NaCl.

A tolerância das plantas à seca, aparentemente está relacionada a síntese de espermidina e espermina, uma vez que a putrescina é importante precursor da biossíntese dessas poliaminas (Quinet *et al.*, 2010; Takahashi e Kakehi, 2010), estando envolvidas em processos que culminam em senescência e na estabilização de membranas durante estresse induzido por alterações na fluidez e vazamento de solutos (Capell *et al.*, 2004). Esse comportamento poderia explicar os resultados observados neste trabalho que indicam que as concentrações de 2,5 e 5,0 mM de putrescina não são capazes de atenuar o estresse hídrico promovido pelo PEG podendo ter ocorrido alteração no balanço hormonal o que explicaria a redução da porcentagem e velocidade de germinação no tratamento controle. Para Bais e Ravishankar (2002) a acumulação de Put poderia ser causada por estresse induzido, sendo que a acumulação intracelular de elevadas concentrações de aminas livres, como na putrescina, teria consequências drásticas para a regulação do metabolismo do nitrogênio, síntese de proteínas, manutenção do pH celular e homeostase iônica.

Avaliação do estresse salino e putrescina (Put)

Na Tabela 2, são apresentados os valores de porcentagem e velocidade de germinação das sementes de *P. pendula* sob condições de estresse salino nos diferentes potenciais de NaCl e CaCl₂. Verificou-se que ocorreu redução significativa da porcentagem e velocidade de germinação a partir do potencial a -0,2MPa de CaCl₂. No agente salino NaCl houve diferença significativa da porcentagem de germinação a partir do potencial a -0,4MPa, enquanto a velocidade de germinação apresentou redução a partir de -0,3MPa, demonstrando que o IVG foi mais sensível aos efeitos decorrentes do estresse e que as sementes de *P. pendula* apresentaram maior tolerância ao sal NaCl. Os resultados foram semelhantes aos verificados por Jeller e Perez (1996) em sementes de *Adenantha pavorina* L. que observaram decréscimo na porcentagem de germinação implicando um limite de tolerância menor para o sal CaCl₂. Por outro lado, em sementes de *Chorisia speciosa* St. Hil a tolerância aos sais CaCl₂ e NaCl foi semelhante, havendo redução da porcentagem de germinação a partir de -0,6MPa (Fanti e Perez, 2004).

Os sais reduzem o potencial hídrico do substrato germinativo e, conseqüentemente, o gradiente de potencial hídrico entre o substrato e as sementes dificultando o processo de embebição, com prejuízos à germinação e ao desenvolvimento de plântulas (Easton e Kleindorfer, 2009; Amooaghaie, 2011). Para Sobhanian *et al.* (2011) o estresse salino tem efeito no crescimento e desenvolvimento das plantas, podendo ocasionar sua morte.

Ao comparar a porcentagem e velocidade de germinação entre os agentes salinos (Tabela 2) observou-se que não houve diferença significativa somente nos potenciais 0 (controle) e -0,6MPa, sendo o sal CaCl₂ o agente que mais reduziu a germinação das sementes de *P. pendula* à medida que os potenciais tornaram-se mais negativos. Não ocorreu germinação a -0,6MPa neste agente osmótico, indicando que o limite de tolerância das sementes de *P.*

pendula ao sal CaCl_2 encontra-se entre -0,5 e -0,6MPa. O mesmo comportamento, de menor tolerância ao sal CaCl_2 , foi observado para sementes de *Schizolobium amazonicum* (Huber) Ducke (Braga *et al.*, 2008) e em *Ochroma pyramidale* (Cav. Ex Lam) Urb (Malvaceae) (Dalberto e Braga, 2013).

Tabela 2 - Valores médios de porcentagem e índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de *Parkia pendula* (Willd.) Benth. ex Walp. em função de potenciais e agentes salinos.

Potenciais (MPa)	Porcentagem de germinação				IVG			
	NaCl		CaCl_2		NaCl		CaCl_2	
0 (controle)	100,00	Aa	100,00	Aa	12,46	Aa	12,46	Aa
-0,2	100,00	Aa	85,50	Bb	12,82	Aa	5,84	Bb
-0,3	97,50	Aa	84,50	Bb	10,76	Ba	6,07	Bb
-0,4	73,00	Ba	8,50	Cb	5,89	Ca	0,30	Cb
-0,5	31,50	Ca	0,50	Cb	1,70	Da	0,03	Cb
-0,6	2,50	Da	0,00	Ca	0,14	Ea	0,00	Ca
CV (%) = 14,64					CV (%) = 9,15			
DMS Potenciais (A) = 12,20					DMS Potenciais (A) = 0,76			
DMS Agentes (P) = 8,31					DMS Agentes (P) = 0,52			

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

A concentração salina que causa o atraso e a redução no número de sementes germinadas depende da tolerância ao sal de cada espécie (Larcher, 2004). O limite de tolerância de *P. pendula* ao sal CaCl_2 entre -0,5 e -0,6MPa é próximo ao observado para diferentes espécies como *Plantago ovata* Forsk., cujo limite para a germinação em CaCl_2 , NaCl e polietileno glicol 6000 ocorreu entre -0,4 e -0,6MPa (Sousa *et al.*, 2008); *Schizolobium amazonicum* (Huber) Ducke cujo limite foi entre -0,2 e -0,3MPa (Braga *et al.*, 2008); *Ochroma pyramidale* (Cav. Ex Lam) Urb (Malvaceae) entre -0,3 e -0,4 MPa (Dalberto e Braga, 2013) e em *Ateleia glazioviana* Baill cujo limite de germinação ocorreu entre -0,6 e -0,9 MPa (Silveira, 2014).

Na Tabela 3 observa-se que na germinação ocorreu diferença significativa entre os potenciais a partir de -0,3MPa sem a adição de putrescina e a partir de -0,4MPa quando aplicou-se 5mM de putrescina independente do tipo de agente salino utilizado. Além disso, até -0,4MPa houve maiores médias de germinação nos tratamentos com a aplicação de putrescina, sendo que o aumento só foi significativo no potencial a -0,3MPa, indicando que a ação desta poliamina pode promover resultados em potenciais salinos negativos, porém a contribuição varia com a intensidade do estresse e com a espécie em estudo. Esses resultados foram semelhantes aos de Braga *et al.* (2009) quando trabalhou com sementes de *Enterolobium schomburgkii* Benth. onde verificaram que houve aumento na germinação nos potenciais de -0,3 e -0,4MPa quando adicionou-se putrescina, sugerindo que sob potenciais osmóticos não tão negativos a aplicação de putrescina pode ter contribuído, conferindo maior resistência às sementes ao estresse salino.

Outros pesquisadores também relataram o papel da putrescina na germinação de sementes, sendo observado aumento significativo dos valores de porcentagem de germinação de sementes de *Ochroma pyramidale* (Cav. Ex Lam) Urb (Malvaceae) no potencial de -0,3 MPa com aplicação de 2 e 4mM de putrescina (Dalberto e Braga, 2013). Em sementes de *Cajanus cajan* L. Millsp, a aplicação de 5mM de putrescina favoreceu a porcentagem de germinação em todas as concentrações de NaCl (Monteiro, 2013). Botelho e Perez (2001), também observaram para sementes de *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub. aumento na porcentagem de germinação nos menores potenciais osmóticos (-0,6; -0,8 e -1,0MPa) após a aplicação de putrescina a 5 e 10mM. Entretanto, Fonseca e Perez (2001), não verificaram significância tanto da putrescina quanto da espermidina em atenuar os efeitos dos sais KCl, NaCl e CaCl₂ em *Adenantha pavonina* L.

Tabela 3 - Porcentagem e índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de *Parkia pendula* (Willd.) Benth. ex Walp. em função de potenciais salinos e concentrações da poliamina putrescina (Put).

Potenciais (MPa)	Porcentagem de germinação				IVG			
	Sem Put		5mM Put		Sem Put		5m Put	
0 (controle)	100,00	Aa	100,00	Aa	12,50	Aa	12,42	Aa
-0,2	89,00	ABa	96,50	Aa	8,15	Bb	10,50	Ba
-0,3	83,00	Bb	99,00	Aa	7,22	Cb	9,61	Ca
-0,4	39,00	Ca	42,50	Ba	2,84	Da	3,35	Da
-0,5	16,50	Da	15,50	Ca	1,08	Ea	0,65	Ea
-0,6	2,50	Ea	0,00	Da	0,14	Fa	0,00	Ea
CV (%) = 14,64					CV (%) = 9,15			
DMS Potenciais (A) = 12,20					DMS Potenciais (A) = 0,76			
DMS Agentes (P) = 8,31					DMS Agentes (P) = 0,52			

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

Para Urano *et al.* (2004) a putrescina desempenha um importante papel na tolerância ao estresse salino, pois observaram que em genótipos de *Arabidopsis* sensíveis ao estresse salino a aplicação exógena de putrescina protegeu as plantas. Zeid (2004) descreveu que o tratamento de plântulas de feijão com putrescina (10⁻² mM) pode melhorar parcialmente as consequências do efeito adverso provocado pelos íons sódio e cloro e sugeriu que estes resultados podem ser devidos à alteração na expressão ou indução de novos genes envolvidos nos mecanismos de tolerância ao sal em plantas de feijão tratadas com putrescina. Os resultados de Yamamoto *et al.* (2011) sugerem que a diferença na tolerância à salinidade entre cultivares de arroz não só envolve o modo de translocação e acumulação de Na, mas a diferença na atividade metabólica e biossíntese de poliaminas. Em gandu verificou-se que a putrescina exógena foi capaz de atenuar os efeitos da salinidade na redução do crescimento das raízes, mas apresentou efeito menos evidente na parte aérea, havendo diferença no acúmulo de massa seca entre diferentes cultivares (Monteiro *et al.*, 2014).

A ação protetora da putrescina durante a germinação de sementes de *Parkia pendula* sob estresse salino variou com a intensidade do estresse, não tendo sido observado efeito em potenciais mais negativos (-0,4 a -0,6MPa) provavelmente porque a iniciação na acumulação de poliaminas precisa de um sinal osmótico, mas quando os sais estão presentes, a sua acumulação (especialmente em potenciais mais negativos) pode contribuir para que a biossíntese de poliaminas não ocorra ou seja atrasada, conforme descrito por Erdei *et al.* (1996) e Santa *et al.* (1997). Este efeito foi demonstrado por Lin e Kao (1995) que observaram que aumento dos níveis de NaCl levou a uma diminuição dos níveis de putrescina livres em plântulas de arroz. Todavia, o equilíbrio no balanço hormonal pode ser alterado em salinidades elevadas, e este efeito pode ser parcialmente aliviado com a aplicação exógena de substâncias promotoras de crescimento (Gadallah, 1999; Khan *et al.*, 2000; Debez *et al.*, 2001), o que pode ter ocorrido durante a germinação de sementes de *P. pendula* no potencial a -0,3 MPa de sais.

Os resultados obtidos para o índice de velocidade de germinação de sementes de *P. pendula* nos diferentes potenciais com e sem aplicação da poliamina putrescina (Tabela 3) demonstraram que até -0,4MPa com a adição de 5mM de putrescina, os índices foram maiores aos obtidos sem a adição de putrescina, mas só foram significativos nos potenciais a -0,2 e -0,3MPa. Este comportamento poderia estar relacionado ao que Smith (1985) descreveu, segundo o qual, as poliaminas interagem com grupos aniônicos em membranas, prevenindo o vazamento e causando uma estabilização em condições de estresse. Ao contrário, nos potenciais de -0,5 e -0,6MPa, redução do IVG foi observada quando aplicou-se 5mM de Put (apesar de não significativo), demonstrando que a ação da putrescina confere resistência até certo limite de potencial osmótico.

Fonseca e Perez (2001), em seu trabalho com germinação de sementes de *Adenantha pavorina* L., indicou que a velocidade de germinação com a adição de putrescina 5mM provocou aumentos nos valores nos potenciais de -0,4 até -0,8MPa, em relação ao grupo controle. Hebling (1997), trabalhando com sementes de *Enterolobium contortisiliquum* (Vellozo) Morong., também verificou grande efeito da putrescina na atenuação do estresse salino e hídrico. Braga *et al.* (2009), utilizando sementes de *Enterolobium schomburgkii* Benth. verificaram que a aplicação de 5mM de putrescina promoveu aumentos na porcentagem e velocidade do processo germinativo nos potenciais a -0,3 e -0,4 MPa, quando as sementes foram submetidas a estresse salino simulado com os sais NaCl e CaCl₂.

Na Tabela 4, encontram-se os resultados dos valores de índice de velocidade de germinação em função de agentes salinos e concentrações da poliamina putrescina. Verifica-se que entre os agentes salinos NaCl e CaCl₂ neste último ocorreram menores valores de IVG, com ou sem a aplicação de putrescina. Apesar do CaCl₂ afetar mais a velocidade de germinação das sementes de *P. pendula*, quando utilizado com a adição de 5,0 mM de putrescina o índice é estatisticamente superior àquele obtido sem putrescina. Resultado semelhante ao obtido por Fonseca e Perez (2001) que verificou maior velocidade

de germinação com aplicação de CaCl_2 + putrescina (100 mg L^{-1}) em relação aos sais KCl e NaCl + putrescina.

Tabela 4 - Índice de velocidade de germinação de sementes de *Parkia pendula* (Willd.) Benth. ex Walp. em função de agentes salinos e concentrações da poliamina putrescina (Put).

Agentes salinos	Sem Put	5,0mM Put
NaCl	7,32 Aa	7,27 Aa
CaCl_2	3,33 Bb	4,91 Ba

CV (%) = 9,15

DMS Agentes (P) = 0,30

DMS Concentrações (A) = 0,30

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Conclusão

De acordo com os resultados obtidos, foi possível concluir que:

As sementes de *Parkia pendula* foram afetadas pelo estresse hídrico simulado com polietileno glicol 6000, sendo a porcentagem reduzida a partir do potencial $-0,4 \text{ MPa}$ e a velocidade de germinação a partir de $-0,3 \text{ MPa}$.

O estresse salino reduziu a germinação, sendo menor a porcentagem e velocidade de germinação à medida que os potenciais se tornaram mais negativos, com limite de tolerância da espécie ao estresse promovido pelo sal CaCl_2 entre $-0,5$ e $-0,6 \text{ MPa}$.

A aplicação da poliamina putrescina não promoveu atenuação do estresse hídrico, enquanto sob estresse salino a aplicação de putrescina na concentração de 5 mM promoveu aumento na porcentagem e velocidade do processo germinativo sob menor intensidade de estresse ($-0,3 \text{ MPa}$).

Referências

- ALI, R.M.; ABBAS, H.M.; KAMAL, R.K. 2009. The effects of treatment with polyamines on dry matter and some metabolites in salinity – stressed chamomile and sweet majoram seedlings. *Plant Soil Environment* 55(11): 477-483.
- ALMEIDA, J.P.N. de; PINHEIRO, C.L.; LESSA, B.F. da T.; GOMES, F.M.; FILHO, S.M. 2014. Estresse hídrico e massa de sementes na germinação e crescimento de plântulas de *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Smith. *Revista Ciência Agronômica* 45(4): 777-787.
- AMOOGHAI, R. 2011. The effect of hydro and osmopriming on alfalfa seed germination and antioxidant defenses under salt stress. *African Journal of Biotechnology* 10(33): 6269-6275.
- AMRI, E.; MOHAMMADI, M.; MORADI, M.; ZARE, K. 2011. The effects of spermidine and putrescine polyamines on growth of pomegranate (*Punica granatum* L. cv 'Rabbab') in salinity circumstance. *International Journal of Plant Physiology and Biochemistry* 3(3): 43-49.
- ASHRAF, M.; AKRAM, N.A.; ALQURAINY, F.; FOOLAD, M.R. 2011. Drought tolerance: roles of organic osmolytes, growth regulators, and mineral nutrients. *Advances in Agronomy* 111: 249-296.
- ASHRAF, M.; ATHAR, H. R.; HARRIS, P. J. C.; KWON, T. R. 2008. Some prospective strategies for improving crop salt tolerance. *Advances in Agronomy* 97: 45-110.

BARROSO, C.M.; FRANKE, L.B.; BARROSO, I.B. 2010. Substrato e luz na germinação das sementes de rainha-do-abismo. *Horticultura Brasileira* 28(2): 236-240.

BAIS, H.P.; RAVISHANKAR, G.A. 2002. Role of polyamines in the ontogeny of plants and their biotechnological applications. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture* 69(1): 1-34.

BITTENCOURT, M.L.C.; DIAS, D.C.F.A.; DIAS, L.A.A.; ARAÚJO, E.F. 2004. Efeito do condicionamento osmótico das sementes na germinação e no crescimento das plântulas de aspargo. *Revista Brasileira de Sementes* 26(1): 50-56.

BOTELHO, B.A.; PEREZ, S.C.J.G.A. 2001. Estresse hídrico e reguladores de crescimento na germinação de sementes de canafístula. *Scientia Agrícola* 58(1): 43-49.

BRACCINI, A.L.; RUIZ, H.A.; BRACCINI, M.C.L; REIS, M.S. 1996. Germinação e vigor de sementes de soja sob estresse hídrico induzidos por soluções de cloreto de sódio, manitol e polietileno glicol. *Revista Brasileira de Sementes* 18(2): 10-16.

BRAGA, L.F. 2004. Poliaminas em sementes de *Erythrina mulungu* Mart. (Fabaceae) submetidas a diferentes potencias osmóticos. 95p. Tese (Doutorado em Botânica) - Universidade do Estado de São Paulo, Instituto de Biociências, Botucatu.

BRAGA, L.F.; CARVALHO, A.B. de; SOUSA, M.P.; LIMA, G.P.P.; GONÇALVES, A.N. 2007. Aplicação de poliaminas em sementes de *Schizolobium amazonicum* (Huber) Ducke durante a germinação sob estresse hídrico. *Revista de Ciências Agro-Ambientais* 5(1): 27-35.

BRAGA, L.F.; SOUSA, M.P.; ALMEIDA, T.A. 2009. Germinação de sementes de *Enterolobium schomburgkii* (Benth.) submetidas a estresse salino e aplicação de poliamina. *Revista Brasileira de Plantas Medicinais* 11(1): 63-70.

BRAGA, L.F.; SOUSA, M.P.; LIMA, G.P.P.; GONÇALVES, A.N. 2008. Germinação de sementes de pinho cuiabano sob deficiência hídrica com diferentes agentes osmóticos. *Scientia Forestalis* 36(78): 157-163.

CAPELL, T.; BASSIE, L.; CHRISTOU, P. 2004. Modulation of the polyamine biosynthetic pathway in transgenic rice confers tolerance to drought stress. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 101(26): 9909-9914.

CUSTÓDIO, C.C.; SALOMÃO, G.R.; MACHADO NETO, N.B. 2009. Estresse hídrico na germinação e vigor de sementes de feijão submetidas a diferentes soluções osmóticas. *Revista Ciência Agronômica* 40(4): 617-623.

DALBERTO, D.S.; BRAGA, L.F. 2013. Estresse osmótico e putrescina na germinação de sementes de *Ochroma pyramidale* (Cav. Ex Lam) Urb (Malvaceae). *Científica* 41(2): 99-110.

DANTAS, B.F.; RIBEIRO, R.S.; ARAGÃO, C.A. 2007. Germination, initial growth and cotyledon protein content of bean cultivars under salinity stress. *Revista Brasileira de Sementes* 29(2): 106-110.

DEBEZ, A.; CHAIBI, W.; BOUZID, S. 2001. Effect of NaCl and growth regulators on germination of *Atriplex halimus* L. *Cahiers Agricultures* 10(2): 135-138.

EASTON, L.C.; KLEINDORFER, S. 2009. Effects of salinity levels and seed mass on germination in Australian species of *Frankenia* L. *Environmental and Experimental Botany* 65: 345-352.

ERDEI, L.; SZEGLETES, K.; BARABAS, K.; PESTENACZ, A. 1996. Responses in polyamine titer under salt stress in sorghum and maize seedlings. *Journal of Plant Physiology* 147: 599-603.

FANTI, S.C.; PEREZ, S.C. J.G.A. 2004. Processo germinativo de sementes de paineira sob estresses hídrico e salino. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 39(9): 903-909.

FARIAS, S.G.G.; FREIRE, A.L.O.; SANTOS, D.R.; BAKKE, I.A.; SILVA, R.B. 2009. Efeitos dos estresses hídrico e salino na germinação de sementes de gliricídia [*Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud.]. *Revista Caatinga* 22(4): 152-157.