

Vigor de sementes de milho: influência no desenvolvimento de plântulas em condições de estresse salino¹

Vigour in maize seeds: influence on seedling development under conditions of salt stress

Rosemeire Carvalho da Silva^{2*}, Camila Ribeiro de Souza Grzybowski² e Maristela Panobianco²

RESUMO - O uso de sementes de alto vigor pode ser uma estratégia para reduzir problemas no desenvolvimento de plântulas e permitir o estabelecimento adequado do estande sob diferentes condições ambientais, especialmente em condição de estresse, como o salino. Neste sentido, objetivou-se avaliar a influência do vigor de sementes de milho sobre o desempenho germinativo e desenvolvimento de plântulas, quando expostas a diferentes níveis de estresse salino. Utilizaram-se sementes de cultivares de dois híbridos simples, representados por quatro lotes cada, sendo realizadas inicialmente a determinação do teor de água e a emergência de plântulas em campo. Para verificar o comportamento do vigor foram semeadas 200 sementes em rolo de papel toalha umedecido com diferentes soluções de NaCl em cinco concentrações (0; 25; 50; 75 e 100 mol m⁻³). As variáveis analisadas foram: porcentagem de germinação, comprimento da parte aérea e da raiz, volume radicular e matéria seca das plântulas. O vigor das sementes não influenciou a germinação das sementes de milho quando submetidas a estresse salino, nas concentrações testadas; porém, interferiu positivamente no desenvolvimento de plântulas até a concentração de 50 mol m⁻³ de NaCl (CE ≤ 5,11 dS m⁻¹). As variáveis volume radicular e massa seca de plântulas são as mais indicadas para avaliar o efeito do estresse salino no desenvolvimento das plântulas de milho.

Palavras-chave: *Zea mays*. Tolerância ao estresse. Salinidade. Qualidade fisiológica.

ABSTRACT - Using seeds of high vigour can be a strategy to reduce problems in the development of seedlings, and allow adequate stand establishment under different environmental conditions, especially under conditions of stress, such as salt stress. Accordingly, the aim of this work was to evaluate the influence of vigour in maize seeds on germination performance and seedling development when exposed to different levels of salt stress. Seeds from cultivars of two single hybrids were used, each in four batches; initially, water content and seedling emergence in the field were determined. To verify vigour behaviour, 200 seeds were planted on a roll of paper towelling moistened with different solutions of NaCl in five concentrations (0, 25, 50, 75 and 100 mol m⁻³). The variables being analysed were: germination percentage, length of shoot and root, root volume and seedling dry matter. At the concentrations under test, seed vigour had no effect on germination in the maize seeds exposed to salt stress; there was however a positive effect on seedling development up to the concentration of 50 mol NaCl m⁻³ (EC 5.11 ≤ dS m⁻¹). The variables of root volume and seedling dry weight are the most suitable for evaluating the effect of salt stress on development in maize seedlings.

Key words: *Zea mays*. Stress tolerance. Salinity. Physiological quality.

*Autor para correspondência

DOI: 10.5935/1806-6690.20160059

¹Recebido para publicação em 02/02/2015; aprovado em 23/02/2016

Projeto desenvolvido com recursos internos do Laboratório de Análise de Sementes da UFPR

²Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo, Universidade Federal do Paraná/UFPR, Rua dos Funcionários, 1540, Juvevê, Curitiba-PR, Brasil, 80.035-050, rosemeire.silva@ifpr.edu.br, camilaribeirodesouza@gmail.com, maristela@ufpr.br

INTRODUÇÃO

A salinidade do solo tem sido uma das principais limitações para o cultivo de diversas culturas, pois além das áreas já naturalmente salinizadas, existe um crescente risco de salinização secundária, causado principalmente pelo uso inadequado de irrigação, fertilização e fertirrigação dos solos, além de práticas de desmatamento. Tal fato pode ser considerado ainda mais grave se considerarmos que a demanda mundial por alimentos é crescente e o crescimento da produção é limitado, uma vez que a maioria das espécies cultivadas é sensível ao sal (FLOWERS; FLOWERS, 2005; LOPES; MACEDO, 2008).

Os problemas da salinidade ocasionados às plantas são, especialmente: o aumento da pressão osmótica da solução do solo (que dificulta a absorção de água); a fitotoxicidade causada pela alta concentração dos íons Na^+ e Cl^- nas células, e a deficiência nutricional pela interferência na absorção de nutrientes essenciais, como K^+ e Ca^{+2} (ASHRAF, 2004; FLOWERS; FLOWERS, 2005).

Embora o desenvolvimento de tecnologias adequadas para exploração de áreas com presença de sal seja importante, o avanço das pesquisas na busca de espécies e cultivares mais tolerantes ao sal ainda não alcançou níveis satisfatórios, principalmente em razão das dificuldades para manipular uma característica de herança poligênica, tornando complexa a seleção de cultivares resistentes (PARDO, 2010).

A característica de tolerância pode ser herdada geneticamente; entretanto, existe a inerente à qualidade das sementes, ou seja, a fisiológica. As sementes de maior qualidade, chamadas de vigorosas, possuem teoricamente maior potencial para tolerar fatores adversos quando expostas no campo, tais como temperatura, disponibilidade hídrica, sanidade, além de características inerentes ao solo.

Diferentes trabalhos têm buscado avaliar o comportamento das plantas quando expostas ao estresse salino; porém, grande parte deles se concentra na avaliação das plantas após o desenvolvimento inicial, ou seja, quando já estão estabelecidas. As pesquisas, em sua maioria, são realizadas para subsidiar ou divulgar um programa de melhoramento genético (LI *et al.*, 2010; SCHUBERT *et al.*, 2009) ou para investigar e conhecer melhor o comportamento das plantas na condição de salinidade (SILVA *et al.*, 2010; SOUSA *et al.*, 2012).

Algumas pesquisas têm direcionado suas avaliações para o desempenho das sementes e o desenvolvimento inicial das plantas, em condição de estresse salino, de espécies como arroz (LIMA *et al.*, 2005), milho pipoca (MOTERLE *et al.*, 2006), feijão (DANTAS; RIBEIRO; ARAGÃO, 2007), entre soja

convencional e transgênica (CARVALHO *et al.*, 2012), couve-chinesa (LOPES; MACEDO, 2008), nabiça e fedegoso (PEREIRA *et al.*, 2014).

Por outro lado, há carência de trabalhos que buscam avaliar o desempenho de sementes de lotes distintos frente à exposição ao estresse salino. Destacam-se, assim, o de Andréo-Souza *et al.* (2010) utilizando-se dois lotes de pinhão manso e o de Oliveira *et al.* (2011) com dois lotes de sorgo. Entretanto, em nenhum dos estudos foi investigada a influência do vigor das sementes na tolerância ao estresse salino.

Neste sentido, o objetivo deste trabalho foi avaliar a influência do vigor de sementes de milho sobre o desempenho germinativo e desenvolvimento de plântulas, quando expostas a diferentes níveis de estresse salino, bem como identificar as melhores variáveis que identifiquem o efeito do estresse sobre o desenvolvimento inicial do milho.

MATERIAL E MÉTODOS

Na condução da pesquisa foram utilizadas sementes de milho de cultivares de dois híbridos simples (30F35R e 30P70H), sendo cada uma representada por quatro lotes com qualidade fisiológica distinta.

Inicialmente, os lotes foram homogeneizados pelo método manual, baseando-se nos critérios das Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009) e divididos em quatro repetições. Durante o período experimental, as sementes foram armazenadas em sacos de papel do tipo Kraft, sob ambiente controlado (15 ± 2 °C e 50-60% de Umidade Relativa do ar).

Para a caracterização da qualidade inicial dos lotes foi realizada a emergência de plântulas em campo, com quatro repetições de 100 sementes por lote, em delineamento de blocos casualizados, e a determinação do teor de água inicial pelo método da estufa a 105 ± 3 °C, durante 24 horas, com duas repetições de 5 g de sementes por lote (BRASIL, 2009).

Para o teste de germinação utilizaram-se oito repetições de 25 sementes por tratamento, distribuídas em rolos de papel toalha umedecidos com as soluções salinas, em quantidade equivalente a 2,5 vezes a massa do papel seco, mantidas em germinador do tipo Mangelsdorf a 25 °C. Foram testadas as seguintes concentrações de cloreto de sódio (NaCl): zero (água potável sem adição de sal, compondo a testemunha); 25; 50; 75 e 100 mol m^{-3} , correspondentes a condutividade elétrica (CE) de 0,10; 2,70; 5,11; 7,42 e 9,60 dS m^{-1} , respectivamente. A contagem de plântulas normais foi

realizada no quinto dia após semeadura e os resultados expressos em porcentagem média de plântulas normais para cada tratamento.

A determinação do comprimento de parte aérea e raiz, assim como a matéria seca e o volume radicular, foram realizadas em conjunto com o teste de germinação, utilizando 10 plântulas normais por repetição para cada tratamento.

As medições do comprimento de parte aérea e de raiz foram obtidas com auxílio de régua milimétrica, tendo a parte aérea medida a partir da base do epicótilo das plântulas até a extremidade das folhas primárias; e o comprimento de raiz medido desde a base do epicótilo até a extremidade da maior raiz primária, sendo os resultados expressos em centímetro médio por plântula.

Para a determinação da massa seca extraíram-se as cariopses das plântulas e, em seguida, estas foram acondicionadas em sacos de papel e levadas em estufa de circulação de ar a 65 °C até obtenção de massa constante. Na avaliação do volume radicular, os sistemas radiculares das plântulas normais foram extraídos, submetidos à leitura ótica com *scanner* e analisados pelo programa “Win Mac Rhizo”, com os resultados expressos em mg e mm³ por plântula, respectivamente.

Os resultados foram submetidos à análise de variância pelo teste F ($p < 0,01$) e de regressão, sendo os modelos escolhidos com base no coeficiente de determinação e na sua significância; utilizou-se o sistema de análise para microcomputadores ASSISTAT (SILVA, 2013). Os dados iniciais obtidos no teste emergência de plântulas foram analisados pelo teste de Tukey ($p < 0,01$); os resultados de teor de água das sementes não passaram por tratamento estatístico.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A qualidade inicial dos lotes, avaliada pelo teste de emergência de plântulas em campo (Tabela 1), mostrou que os lotes 1 e 3 tiveram maior vigor em relação aos lotes 2 e 4 do primeiro híbrido (30F35R). Já para o segundo híbrido (30P70H), o lote 6 foi o de menor vigor em comparação aos demais (5; 7 e 8). A diferença de vigor entre os lotes foi importante para verificar a sua influência na germinação e no desenvolvimento das plântulas em condições de estresse salino.

Outra questão relevante para análise de sementes é a homogeneidade do teor inicial de água entre os lotes de sementes, para que não seja uma fonte de variação dos resultados. O teor de água das sementes (Tabela 1) teve variação máxima entre os lotes de apenas 0,7% (híbrido 30F35R) e 0,4% (híbrido 30P70H).

Tabela 1 - Teor de água inicial de sementes de quatro lotes de milho de dois híbridos simples (30F35R e 30P70H) e emergência de plântulas em campo

Híbridos	Lotes	Teor de água inicial	Emergência em campo
		----- % -----	
30F35R	1	10,1	97 a
	2	10,0	93 b
	3	9,5	97 a
	4	9,4	90 b
	F	-	19,2
	C.V. (%)	-	1,70
30P70H	5	9,6	99 a
	6	9,6	92 b
	7	9,5	97 a
	8	9,2	99 a
	F	-	10,8
	C.V. (%)	-	1,87

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,01$)

A porcentagem de germinação das sementes não foi alterada pela adição do sal, uma vez que todos os lotes testados mantiveram poder germinativo acima de 90% (Figuras 1a e 1b). No entanto, verificou-se redução significativa na germinação das sementes dos dois híbridos para os lotes de menor vigor (lotes 2 e 6), apresentando ajuste de equação polinomial de terceira ordem, com redução de 3 e 4%, respectivamente, na concentração inicial, ou seja, de 25 mol m⁻³ (Figuras 1a e 1b).

Quando se comparou a germinação média das sementes dos dois híbridos (Figura 1c) obteve-se um ajuste de equação quadrática para o híbrido 30F35R, com redução de 5% da porcentagem de germinação na concentração mais elevada (100 mol m⁻³ de NaCl), em comparação à testemunha.

O fato da germinação das sementes não ter variações muito expressivas demonstra que, nas condições avaliadas, esta variável não foi eficiente para evidenciar o efeito negativo do sal sobre as plântulas de milho, uma vez que mesmo nas concentrações mais elevadas de sal, em que a condutividade elétrica revelou-se acima do caráter salino e sálico (EMBRAPA, 2006), a germinação dos lotes testados se manteve sem grandes alterações.

Conforme ressaltaram Carvalho e Nakagawa (2012), a exigência para que uma semente endospermática inicie o crescimento do embrião é de que esta atinja teor de água entre 35,0 a 40,0%. Dessa forma, pode-se inferir

que mesmo com a alteração do potencial osmótico do substrato pela adição das soluções salinas, as sementes conseguiram absorver água suficiente para ativar o metabolismo e, conseqüentemente, o crescimento do embrião, possibilitando a exteriorização das estruturas que condicionam uma plântula normal.

Os resultados obtidos para o teste de germinação, no presente trabalho, contrastam com os frequentemente observados na literatura, onde para diferentes culturas observou-se redução acentuada da germinação das sementes com a elevação das concentrações de sal no substrato. Como exemplos podem ser citados os dados obtidos para milho pipoca (MOTERLE *et al.*, 2006), soja transgênica e convencional (CARVALHO *et al.*, 2012), leguminosas forrageiras (MELLONI *et al.*, 2012), bem como nabiça e fedegoso (PEREIRA *et al.*, 2014).

Por outro lado, alguns trabalhos relataram certa tolerância ao sal de algumas culturas, que tiveram redução acentuada na germinação apenas em doses mais altas, tais como arroz (LIMA *et al.*, 2005), couve-chinesa (LOPES; MACEDO, 2008), feijão-miúdo (DEUNER *et al.*, 2011) e mogango (HARTER *et al.*, 2014). Chang *et al.* (2010), ao estudarem comportamento germinativo de sementes de pepino, relataram que a germinação das sementes foi menos afetada pela presença de sal do que o crescimento da raiz.

A germinação das sementes pode ter sido beneficiada pelo condicionamento osmótico (*priming*) ocasionado pela presença do sal na solução, uma vez que a redução do potencial hídrico do substrato pode proporcionar entrada de água mais lenta e uniforme aos tecidos das sementes, possibilitando maior capacidade de reorganização destes de forma a favorecer o processo germinativo (DANTAS; RIBEIRO; ARAGÃO, 2007; MARCOS FILHO, 2005).

Os lotes do híbrido 30F35R tiveram queda mais expressiva do comprimento da parte aérea na concentração inicial (25 mol m⁻³) e na mais elevada (100 mol m⁻³), revelando que a maioria das plântulas esboçou relativa estabilização no crescimento da parte aérea nas concentrações intermediárias (50 e 75 mol m⁻³) (Figura 2a).

Analisando o crescimento da parte aérea dos lotes do híbrido 30P70H (Figura 2b), o mesmo padrão relatado anteriormente pode ser observado, onde a maioria dos lotes teve maior comprimento da parte aérea nas concentrações de 50 e 75 mol m⁻³, sendo até superiores à testemunha.

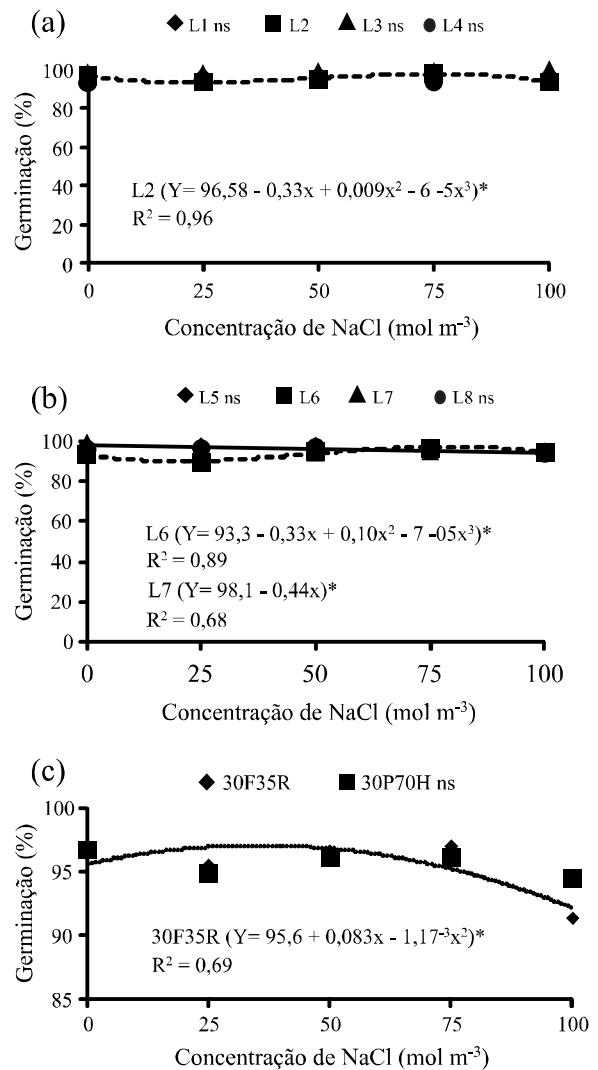
Em trabalho com soja transgênica, Carvalho *et al.* (2012) também observaram comportamento semelhante ao avaliarem o comprimento das plântulas,

que demonstraram maior sensibilidade em concentração inicial, seguida de estabilização nas concentrações intermediária e novamente redução de crescimento na concentração mais elevada.

Desta maneira, pode-se inferir que plantas nesse estágio de desenvolvimento, quando expostas a determinados níveis de estresse salino, podem utilizar estratégias na tentativa de contornar o estresse, investindo como neste caso no crescimento da parte aérea.

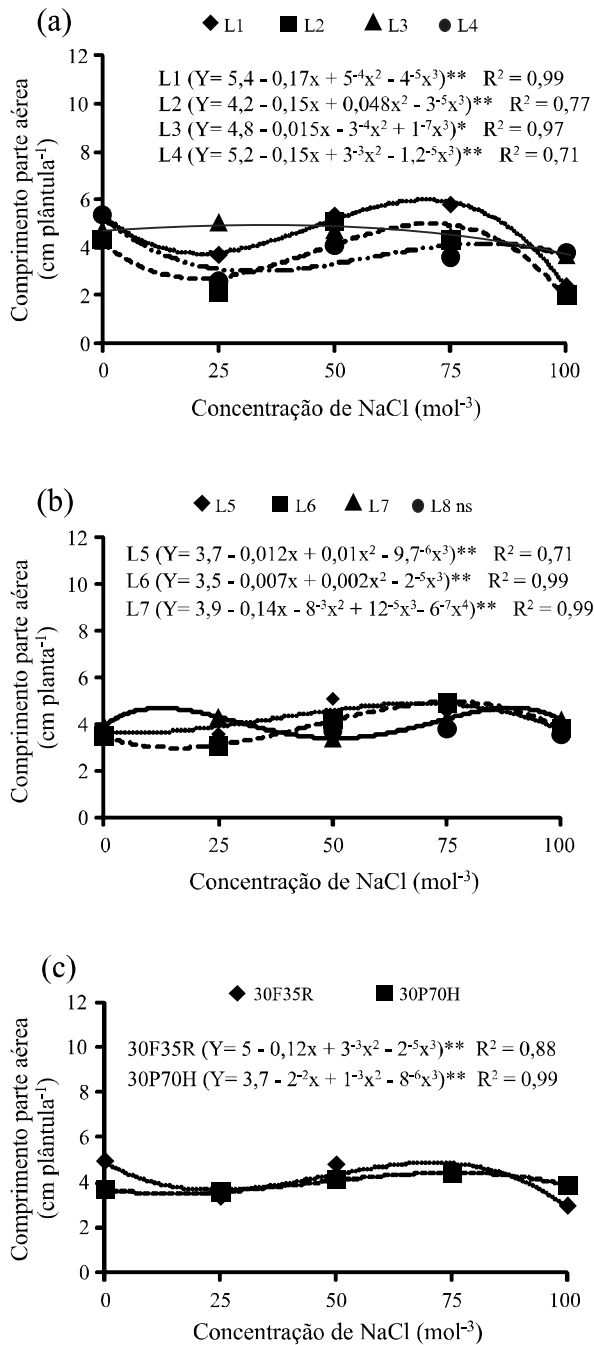
Com relação ao vigor, a maior influência sobre o comprimento da parte aérea se manifestou principalmente

Figura 1 - Germinação de sementes de milho sob estresse salino: a) lotes do híbrido 30F35R; b) lotes do híbrido 30P70H e c) comparação entre os dois híbridos. (ns) não significativo, (*) nível de significância $p < 0,05$



na concentração mais baixa do sal (25 mol m⁻³ de NaCl) quando os lotes menos vigorosos de ambos os híbridos (lotes 2; 4 e 6) foram inferiores aos mais vigorosos, diferença quase imperceptível nas demais concentrações.

Figura 2 - Comprimento de parte aérea das plântulas submetidas ao estresse salino: a) plântulas do híbrido 30F35R; b) plântula do híbrido 30P70H, e c) comparação entre os dois híbridos. (ns) não significativo, (**) e (ns) nível de significância, onde p<0,01 e p<0,05, respectivamente



Ao se comparar as médias do comprimento da parte aérea dos dois híbridos, em cada concentração testada (Figura 2c), pode-se observar que o híbrido 30P70H demonstrou maior tolerância ao efeito do sal, uma vez que o híbrido 30F35R apresentou redução no comprimento da parte aérea em relação à testemunha em todas as concentrações, sendo mais acentuada em 100 mol m⁻³ (redução de 40%), enquanto que para o primeiro híbrido o mesmo tipo de comparação revelou maior diminuição da parte aérea (aproximadamente 3,0%) na concentração inicial (25 mol m⁻³) e acréscimo nas concentrações de 50; 75 e 100 mol m⁻³.

Para o comprimento da raiz primária (Figuras 3a e 3b), os lotes de ambos os híbridos tiveram novamente redução mais acentuada na concentração inicial (25 mol m⁻³) e, a partir desta, revelaram certa estabilização do crescimento radicular. Do mesmo modo que no comprimento da parte aérea, a influência do vigor foi mais evidente na concentração de 25 mol m⁻³, quando os lotes de menor vigor (2; 4 e 6) permaneceram inferiores aos mais vigorosos (1; 3; 5; 7 e 8). Ao se comparar o comprimento da raiz primária entre os híbridos (Figura 3c), novamente constatou-se que o híbrido 30P70H foi mais tolerante ao sal, uma vez que em todas as concentrações teve menor redução do crescimento em relação à sua testemunha.

Para o volume radicular dos dois híbridos (Figuras 4a e 4b) foi observado redução com a adição do sal no substrato, sendo mais acentuada também na concentração de 25 mol m⁻³ e, em menor grau, nas demais concentrações. A influência do vigor entre os lotes também foi evidenciada de maneira semelhante ao relatado na variável anterior. Na comparação entre as cultivares (Figura 4c), o híbrido 30F35R permaneceu novamente inferior ao 30P70H em todas as concentrações testadas, com o volume radicular em média 33% menor que a sua testemunha, enquanto que o híbrido 30P70H teve redução média de 21%.

Na variável matéria seca das plântulas (Figura 5a e 5b), todos os lotes do híbrido 30F35R (Figura 5a) demonstraram capacidade de reagir ao estresse salino nas concentrações de 50 e 75 mol m⁻³, com aumento do investimento da reserva das sementes para as plântulas, porém perderam esta capacidade na maior concentração (100 mol m⁻³). Já para o híbrido 30P70H (Figura 5b), os lotes esboçaram esta reação até na concentração mais elevada, com exceção daquele de menor vigor (lote 6), que demonstrou reação apenas a partir de 75 mol m⁻³.

Nessa variável, a influência do vigor da semente foi mais evidente, pois os lotes menos vigorosos (lotes 2 e 4) do híbrido 30F35R (Figura 5a) em geral tiveram valores de matéria seca muito abaixo dos mais vigorosos (lotes 1 e 3), característica esta mais marcante nas concentrações

de 25 e 50 mol m⁻³ para ambos lotes. Já para o híbrido 30P70H (Figura 5b) esta diferença foi mais marcante na concentração de 50 mol m⁻³, não evidenciando influência deste fator nas demais concentrações.

Figura 3 - Comprimento da raiz primária das plântulas de milho submetidas a estresse salino: a) lotes do híbrido 30F35R; b) lotes do híbrido 30P70H, e c) comparação entre os dois híbridos. (**) nível de significância, onde $p < 0,01$

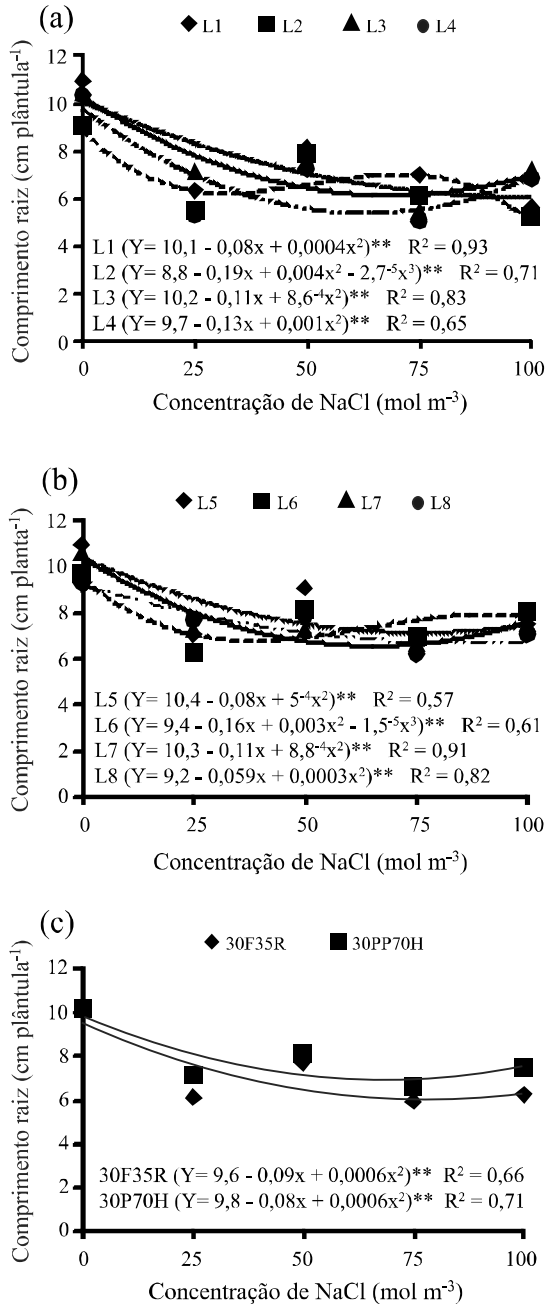
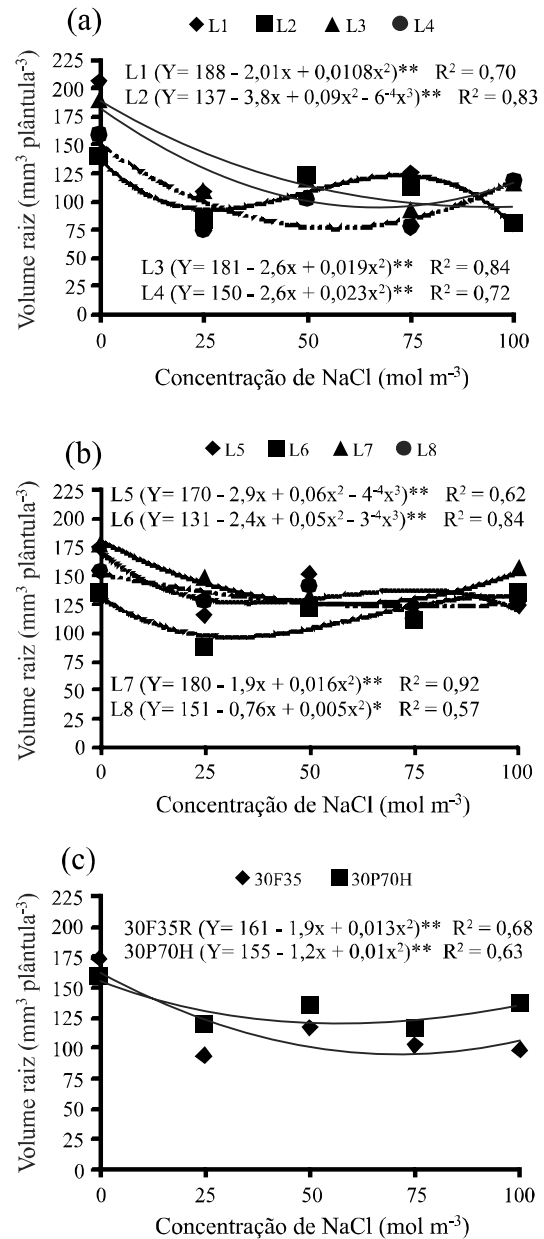


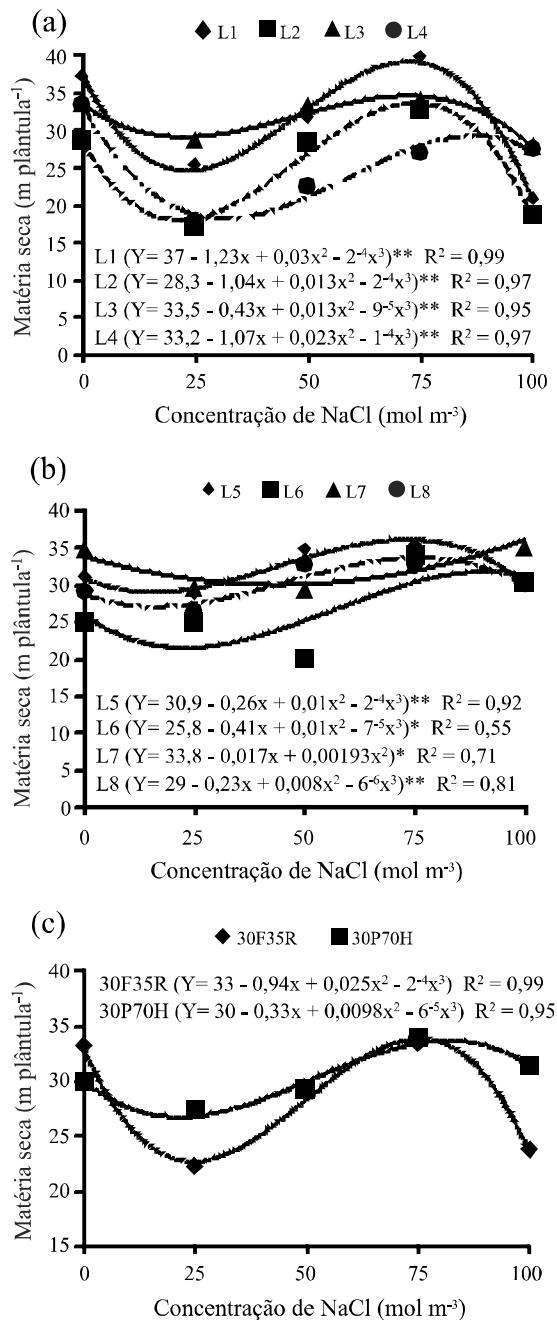
Figura 4 - Volume da raiz primária das plântulas de milho submetidas ao estresse salino: a) lotes do híbrido 30F35R; b) lotes do híbrido 30P70H, e c) comparação entre os híbridos. (**) e (*) nível de significância, onde $p < 0,01$ e $p < 0,05$, respectivamente



A comparação da matéria seca das plântulas entre os híbridos (Figura 5c) torna mais evidente a superioridade do híbrido 30P70H, uma vez que teve menor redução na concentração de 25 mol m⁻³ em relação ao híbrido 30F35R, além de apresentar matéria seca de 11,8 e 3,2% maior que sua testemunha, respectivamente nas concentrações de 75 e 100 mol m⁻³. No entanto, o híbrido 30F35R também

apresentou reação positiva ao obstáculo imposto pelo sal, chegando a igualar-se a testemunha na concentração de 75 mol m^{-3} , porém reduziu em 27% sua matéria seca na concentração mais elevada.

Figura 5 - Matéria seca das plântulas de milho submetidas ao estresse salino: a) lotes do híbrido 30F35R; b) lotes do híbrido 30P70H, e c) comparação entre os híbridos. (ns) não significativo, (**) e (*) nível de significância, onde $p < 0,01$ e $p < 0,05$, respectivamente



A exclusão do sal na absorção da solução do solo constitui uma das estratégias que muitas plantas, principalmente as glicófitas como o milho, podem exercer na tentativa de evitar ou diminuir a concentração de sódio em suas células (ASHRAF, 2004), sendo uma característica considerada importante para obtenção de cultivares de milho mais resistente ao estresse salino (SCHUBERT *et al.*, 2009).

Lopes e Macedo (2008) observaram acréscimo da matéria seca das plântulas de uma cultivar de couve-chinesa com aumento da concentração de sal no substrato, sugerindo ser manifestação de tolerância da cultivar durante o desenvolvimento inicial. Em feijão, este comportamento também foi observado com adição de sal ao substrato até a concentração de 50 mol m^{-3} , sendo este fato atribuído a um possível benefício do sal em controlar a entrada de água nas sementes e assim prevenindo possíveis danos às membranas celulares (DANTAS; RIBEIRO; ARAGÃO, 2007).

De modo geral, as plântulas de milho de ambos os híbridos mantiveram o crescimento nas concentrações de sal testadas, porém mais expressivo para o híbrido 30P70H, sendo este comportamento observado principalmente nas variáveis: comprimento de parte aérea (Figuras 2a, 2b e 2c) e matéria seca de plântulas (Figuras 5a, 5b e 5c). No entanto, houve um menor investimento na estrutura radicular, observado pela redução significativa no comprimento (Figuras 3a, 3b e 3c) e volume das raízes (Figuras 4a, 4b e 4c).

Diante disso, verifica-se que no estágio inicial de desenvolvimento a provável estratégia de sobrevivência das plantas de milho, sob estresse salino, seja investir mais energia para o crescimento da parte aérea, uma vez que estas estruturas são responsáveis pela realização da fotossíntese, sendo fundamental sua exteriorização à superfície do solo antes que as reservas do endosperma sejam completamente exauridas.

Tal resultado contrasta com os observados em outros trabalhos que avaliaram desenvolvimento inicial de culturas diferentes, tais como Lima *et al.* (2005), que trabalhando com arroz relataram maior investimento no sistema radicular, e Deuner *et al.* (2011) que avaliaram o desenvolvimento inicial de feijão-miúdo, observando redução tanto da parte aérea como da raiz com exposição ao estresse salino.

De acordo com Taiz e Zeiger (2009), as plantas quando expostas a condição de estresse, tanto hídrico quanto salino, redirecionam suas reservas para a raiz, sendo esta uma tentativa de manter o crescimento radicular buscando absorver água em extratos mais profundos do solo. Fageira, Soares Filho e Gheyi (2010) retrataram a parte aérea como mais sensível ao sal que o sistema

radicular, tanto para experimentos de curta quanto para os de longa duração.

Por outro lado, de forma semelhante aos resultados aqui obtidos, Harter *et al.* (2014) também constataram aumento na massa seca da parte aérea de plântulas de mogango quando expostas em condição salina, ao passo que a massa seca de raiz diminuiu. Assim, a estratégia de redirecionar as reservas para a raiz pode não ser uma regra para todas as plantas, ou talvez esta característica seja mais frequentemente observada em plantas com estádios de desenvolvimento mais adiantado, diferentemente do que foi testado no presente trabalho.

Apesar de o milho ser considerado uma cultura sensível ao sal (TAIZ; ZEIGER, 2009), nesta fase do desenvolvimento demonstrou capacidade de manter seu crescimento. Isso pode ter ocorrido pelo fato que dentre os problemas que o sal causa às plantas, como fitotoxicidade, deficiência nutricional e restrição hídrica (FLOWERS; FLOWERS, 2005), apenas este último tenha exercido influência, uma vez que as reservas das sementes são suficientes para o desenvolvimento das plântulas, sendo desnecessária a absorção de outras moléculas nesta fase.

A influência do vigor entre os lotes de sementes de milho aqui testados foi mais evidente nas variáveis volume radicular e matéria seca das plântulas, indicando que estas sejam mais adequadas para avaliar o efeito do sal no desenvolvimento inicial das plântulas de milho submetidas a estresse salino, sendo possível sua utilização para distinguir o vigor das sementes entre lotes.

No entanto, nas concentrações mais elevadas de sal, os lotes de maior vigor não demonstraram melhor desempenho que os menos vigorosos. Poucos trabalhos que avaliaram a influência do vigor das sementes em condições de estresse podem ser citados. Oliveira *et al.* (2011) analisando os tecidos celulares das sementes de sorgo, submetidas ao estresse salino, observaram pouca variação entre os lotes de sementes envelhecidas (menor vigor) e as sem envelhecimento (maior vigor), revelando baixa influência deste fator a nível celular.

Assim, baseado nos resultados obtidos verifica-se que o vigor tem maior importância quando a condição de estresse salino não é extrema, e que a tolerância ao estresse salino tem maior relação com o potencial genético do que com o fisiológico.

CONCLUSÕES

1.O vigor das sementes não tem influência na germinação das sementes de milho quando submetidas a estresse salino nas concentrações testadas (máximo

100 mol m⁻³ de NaCl), porém interfere positivamente no desenvolvimento de plântulas até a concentração de 50 mol m⁻³ de NaCl (CE ≤ 5,11 dS m⁻¹);

2.As variáveis volume radicular e massa seca de plântulas são as mais indicadas para avaliar o efeito do estresse salino no desenvolvimento inicial das plântulas de milho.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelas bolsas concedidas.

REFERÊNCIAS

- ANDRÉO-SOUZA, Y. *et al.* Efeito da salinidade na germinação de sementes e no crescimento inicial de mudas de pinhão-manso. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, n. 2, p. 83-92, 2010.
- ASHRAF, M. Some important physiological selection criteria for salt tolerance in plants. **Flora**, v. 199, p. 361-376, 2004.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Regras para análise de sementes**. Brasília, DF: Mapa: ACS, 2009. 395 p.
- CARVALHO, M. N.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 5. ed. Jaboticabal: Funep, 2012. 590 p.
- CARVALHO, T. C. *et al.* Germinação e desenvolvimento inicial de plântulas de soja convencional e sua derivada transgênica RR em condições de estresse salino. **Ciência Rural**, v. 42, n. 8, p. 1366-1371, 2012.
- CHANG, C. *et al.* Alleviation of salt stress-induced inhibition of seed germination in cucumber (*Cucumis sativus* L.) by ethylene and glutamate. **Journal of Plant Physiology**, v. 167, p. 1152-1156, 2010.
- DANTAS, B. F.; RIBEIRO, L. S.; ARAGÃO, C. A. Germination, initial growth and cotyledon protein content of bean cultivars under salinity stress. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 29, p.106-110, 2007.
- DEUNER, C. *et al.* Viabilidade e atividade antioxidante de sementes de genótipos de feijão-miúdo submetidos ao estresse salino. **Revista Brasileira de Semente**, v. 33, n. 4, p. 711-720, 2011.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro : EMBRAPA-SPI, 2006. 306 p.
- FAGERIA, N. K.; SOARES FILHO, W. S.; GHEYI, H. R. Melhoramento genético vegetal e seleção de cultivares tolerantes à salinidade. *In*: GHEYI, H. R; DIAS, N. da

- S.; LACERDA, C. F. de. (Ed.). **Manejo da salinidade na agricultura**: estudos básicos e aplicados. Fortaleza, INCT Sal, 2010. p. 206-218.
- FLOWERS, T. J.; FLOWERS, S. A. Why does salinity pose such a difficult problem for plant breeders? **Agricultural Water Management**, v. 78, p. 15-24, 2005.
- HARTER, L. S. H. *et al.* Salinidade e desempenho fisiológico de sementes e plântulas de mogango. **Horticultura Brasileira**, v. 32, p. 80-85, 2014.
- LI, B. *et al.* Generation of marker-free transgenic maize with improved salt tolerance using the FLP/FRT recombination system. **Journal of Biotechnology**, v. 145, p. 206-213, 2010.
- LIMA, M. G. S. *et al.* Qualidade fisiológica de sementes de arroz submetidas a estresse salino. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 27, n. 1, p. 54-61, 2005.
- LOPES, J. C.; MACEDO, C. M. O. Germinação de sementes de couve chinesa sob influência do teor de água, substrato e estresse salino. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 30, n. 3, p. 79-85, 2008.
- MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: Fealq, 2005. 495 p.
- MELLONI, M. L. G. *et al.* Espermidina exógena atenua os efeitos do NaCl na germinação e crescimento inicial de leguminosas forrageiras. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 34, n. 3, p. 495-503, 2012.
- MOTERLE, L. M. *et al.* Germinação de sementes e crescimento de plântulas de cultivares de milho-pipoca submetidas ao estresse hídrico e salino. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 28, n. 3, p. 169-176, 2006.
- OLIVEIRA, A. B. *et al.* Avaliação citoquímica durante a germinação de sementes de sorgo envelhecidas artificialmente e osmocondicionadas, sob salinidade. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 1, p. 223-231, 2011.
- PARDO, J. M. Biotechnology of water and salinity stress tolerance. **Current Opinion in Biotechnology**, v. 21, p. 185-196, 2010.
- PEREIRA, M. R. R. *et al.* Estresse hídrico induzido por soluções de PEG e de NaCl na germinação de sementes de nabiça e fedegoso. **Bioscience Journal**, v. 30, n. 3, p. 687-696, 2014.
- SCHUBERT, S. *et al.* Development of salt-resistant maize hybrids: the combination of physiological strategies using conventional breeding methods. **Plant Science**, v. 177, p. 196-202, 2009.
- SILVA, E. N. *et al.* Comparative effects of salinity and water stress on photosynthesis, water relations and growth of *Jatropha curcas* plants. **Journal of Arid Environments**, v. 74, p. 1130-1137, 2010.
- SILVA, F. de A. S. e. **ASSISTAT versão 7.6 beta**: assistência estatística. Campina Grande: Universidade Federal de Campina Grande, Campus de Campina Grande-PB. Centro de Tecnologia e Recursos Naturais. Departamento de Engenharia Agrícola. Disponível em: <<http://www.assistat.com>>. Acesso em: 07 jun.2013.
- SOUSA, G. G. *et al.* Crescimento inicial do milho sob diferentes concentrações de biofertilizante bovino irrigado com águas salinas. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, n. 2, p. 237-245, 2012.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 848 p.