REVISTA DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
Amazonian Journal
of Agricultural and Environmental Sciences
www.ajaes.ufra.edu.br

http://dx.doi.org/10.4322/rca.ao1381

ARTIGO ORIGINAL

Tratamento de sementes de milho sobre o desempenho de plântulas em condições de estresse salino

Maize seed treatment on initial performance of seedlings under salt stress

Ana Paula Piccinin Barbieri[1]
Caroline Huth[1]
Humberto Davi Zen[1]
Manoela Beche[1]
Liliane Marcia Mertz Henning[2]*
Sidinei José Lopes[1]

[1]Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, Departamento de Fitotecnia, Setor de Sementes, 97105-900, Santa Maria, RS, Brasil
[2]Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa Soja, Rodovia Carlos João Strass, s/n, 86105-000, Londrina, PR, Brasil

Autor Correspondente:
*E-mail: lilianemertz@yahoo.com.br

Palavras-chave
Zea mays L.
Potencial osmótico
Vigor
Regulador de crescimento

Keywords
Zea mays L.
Osmotic potential
Vigor
Growth regulator

RESUMO: A concentração de sais no solo é um fator limitante para o crescimento e a produção das culturas; por isso, o uso de tecnologias que alteram a tolerância de plantas ao estresse salino desempenha um importante papel em manter o adequado estabelecimento de plantas e a consequente produção de alimentos. Diante disso, o objetivo do trabalho foi avaliar a interferência de produtos com efeito de reguladores do crescimento, no tratamento de sementes, sobre a germinação e o desempenho inicial de plântulas de milho, em condições de estresse salino. Para tanto, utilizaram-se sementes de dois híbridos de milho (30F53H e CD 393), tratadas com produtos com efeito de regulador do crescimento (Stimulate®, tiametoxam e controle), e submetidas a diferentes níveis de potencial osmótico com NaCl (0,0; –0,2; –0,4; –0,6 e –0,8 MPa). A avaliação da qualidade fisiológica das sementes foi obtida pelos testes de germinação, primeira contagem, índice de velocidade de germinação, comprimento da parte aérea e da raiz, e fitomassa seca de plântulas. O tratamento de sementes com os produtos testados não promoveu melhoria na germinação de sementes de milho submetidas a condições de estresse salino, independentemente do genótipo. Para as demais variáveis relacionadas ao vigor de plântulas, o efeito dos produtos depende do nível de estresse e do genótipo utilizado, sendo que, de maneira geral, melhores resultados foram obtidos com a utilização do Stimulate®.

ABSTRACT: *The concentration of salts in the soil is a limiting factor for the growth and production of crops; therefore, the use of technologies that change the tolerance of plants to salt stress plays an important role in maintaining adequate plant establishment and subsequent food production. Thus, the aim of this study was to evaluate the interference effect of products with growth regulators on seed treatment, germination, and initial performance of maize seedlings under conditions of salt stress. To this end, we used seeds of maize hybrids (30F53H and CD 393) treated with products with effect of growth regulator (Stimulate®, Thiamethoxam, and control) and subjected to different levels of osmotic potential with NaCl (0.0, –0.2, –0.4, –0.6, and –0.8 MPa). The evaluation of the physiological quality of seeds was obtained by germination, first count, germination velocity index, shoot and root length, and dry weight of seedlings. Seed treatment with the products tested did not improve germination of maize seeds subjected to salt stress, regardless of the genotype. For the other variables related to seedling vigor, the effect of the products depends on the genotype used and the level of stress. In general, better results were obtained with the use of Stimulate®.*

Recebido: 09/10/2013
Aceito: 11/03/2014

1 Introdução

O acúmulo de sal em solos agrícolas tem afetado severamente a produtividade em grandes áreas no mundo. Aproximadamente 20% das áreas irrigadas no mundo são afetadas por salinidade (FAO, 2013) e, com a expectativa de aumento da população mundial, a perda do solo agrícola devido à salinidade representa um sério problema para a produção de alimentos.

O estresse salino, além de prejudicar as plantas pela diminuição da disponibilidade hídrica, causa toxidez iônica pelo acúmulo de íons nas células (como Na e Cl), desequilíbrio nutricional ou inativação fisiológica de íons essenciais (Taiz; Zeiger, 2009), bem como interfere no desempenho inicial e no estabelecimento de plantas (Barroso et al., 2010). A cultura do milho é moderadamente tolerante à salinidade, porém o aumento da concentração de sais na solução pode causar decréscimos no crescimento de plântulas, na área foliar e na massa seca de plântulas (Conus et al., 2009). Em soja, à medida que os níveis de salinidade são elevados, observa-se menor germinação e desenvolvimento de plântulas, sendo os genótipos convencionais mais sensíveis do que os transgênicos (Carvalho et al., 2012).

Dessa forma, o uso de tecnologias que proporcionem uma maior tolerância das plantas ao estresse salino desempenha um importante papel em manter a produção global de alimentos no futuro, visto ser o milho um dos mais importantes produtos para alimentação humana e animal (Pissinati et al., 2013). Dentre as tecnologias mais promissoras para atuarem na fase inicial de desenvolvimento, em condições de estresse, está a utilização de substâncias com efeito de reguladores de crescimento (Veluppillai et al., 2009).

Os bioestimulantes, quando aplicados exogenamente, possuem ações similares aos grupos de reguladores vegetais conhecidos (Vieira; Castro, 2001). Estes, quando aplicados em sementes ou no início do desenvolvimento, promovem maior crescimento radicular, o que possibilita às plantas maior resistência a estresses bióticos, biológicos e nutricionais; consequentemente, ocorre aumento na produção de grãos (Ávila et al., 2008). Outro produto que pode apresentar efeito de regulador de crescimento são os inseticidas da classe dos neonicotinoides, como o tiametoxam, que parecem estar ligados à ativação das defesas da planta em condição de estresse abiótico (Ford et al., 2010; Macedo; Castro, 2011).

Alterações nas concentrações endógenas de reguladores de crescimento em condições de estresse auxiliam a planta na manutenção do turgor e no uso eficiente de água, por influenciarem no funcionamento estomatal, na condutividade hidráulica e na adaptação morfológica (Murti; Upreti, 2007). Dessa forma, esses produtos conferem às plantas maior tolerância a fatores de estresse, as quais podem se desenvolver mais vigorosamente em condições subótimas, permitindo melhores chances de atingir seu potencial genético de rendimento.

O objetivo foi avaliar a interferência de produtos com efeito de reguladores do crescimento, no tratamento de sementes, sobre a germinação e o desempenho inicial de plântulas de milho, em condições de estresse salino.

2 Material e Métodos

O experimento foi conduzido no Laboratório Didático e de Pesquisa em Sementes da Universidade Federal de Santa Maria, utilizando-se uma câmara de incubação, tipo *Biological Organism Development* (BOD), equipada com timer digital microprocessado para termoperíodo e fotoperíodo, potência de 280" W, circulação de ar forçada no sentido vertical e precisão de temperatura ±0,3 °C.

Utilizaram-se sementes de dois híbridos de milho: Pioneer 30F53H e Coodetec CD393, provenientes da safra 2011/2012. O híbrido Pioneer 30F53H foi escolhido por apresentar o gene Herculex®, que confere tolerância à lagarta-do-cartucho e a outros três insetos, além de alta produtividade, com elevada estabilidade; escolheu-se, também, o híbrido CD393, por ser altamente produtivo e recomendado para a Região Sul do Brasil.

As sementes dos híbridos foram submetidas a tratamento com produtos que atuam como reguladores de crescimento: tiametoxam (Cruiser 350 FS®), Stimulate® (0,009% citocinina, 0,005% giberelina e 0,005% de auxina) e controle, nas respectivas doses de 120 mL para 60.000 sementes, 1.500 mL para 100 kg de sementes, conforme recomendações para cultura do milho, e o controle, cujas sementes foram tratadas com água, no volume de 1.500 mL para 100 kg de sementes. O tiametoxam (Cruiser 350 FS®) foi escolhido por ser um inseticida da classe dos neonicotinoides e foi incluído neste trabalho em virtude dos relatos de técnicos e pesquisadores, nos últimos anos, de seu efeito enraizador, principalmente em condição de estresse ambiental; Stimulate®, um bioestimulante, foi incluído em função de, na sua constituição, haver diferentes hormônios (auxina, citocinina e ácido giberélico).

Para a avaliação da influência do estresse salino na qualidade fisiológica das sementes, o papel germitest foi saturado com solução de cloreto de sódio (NaCl), ajustando-se para a obtenção dos níveis de potencial osmótico de 0,0; –0,2; –0,4; –0,6 e –0,8 MPa. O nível zero de potencial osmótico foi utilizado como controle. As soluções salinas foram preparadas com água deionizada e a concentração dos sais, obtida a partir da equação de Van't Hoff, citada por Salisbury e Ross (1992). O experimento foi conduzido no delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial (5 × 2 × 3). Os fatores foram: cinco níveis de potencial osmótico (0,0; –0,2; –0,4; –0,6 e –0,8 Mpa), dois híbridos (CD393 e 30F53H) e três produtos no tratamento de sementes (Stimulate®, tiametoxam e testemunha tratada com água).

Após os tratamentos, as sementes foram submetidas a testes e determinações, conduzidos no delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial (5 × 2 × 3), sendo cinco níveis de potencial osmótico (0,0; –0,2; –0,4; –0,6 e –0,8 Mpa), dois híbridos (CD393 e 30F53H) e três produtos no tratamento de sementes (Stimulate®, tiametoxam e testemunha tratada com água), para verificar o efeito dos mesmos no desempenho inicial de plântulas.

Germinação de sementes: foram utilizadas quatro repetições de 100 sementes para cada lote, semeadas em rolos de papel, em condição de estresse salino, simulada com solução de NaCl e em condição normal, hidratando a 2,5 vezes o peso do papel seco, sendo então mantidas em germinador regulado a

25 °C. A avaliação foi realizada aos sete dias, após início do teste, conforme as Regras para Análise de Sementes – RAS (Brasil, 2009), sendo os resultados expressos em porcentagem de plântulas normais.

Primeira contagem de germinação: conjuntamente com o teste de germinação, foi realizada a primeira contagem da germinação, computando os dados obtidos após o quarto dia da instalação do teste.

Índice de velocidade de germinação: também realizado em conjunto com o teste de germinação; para essa determinação, foram feitas contagens diárias das plântulas germinadas. O índice foi calculado utilizando-se a Equação 1 descrita por Nakagawa (1994):

$$IVG = G_1/N_1 + G_2/N_2 + ... + G_n/N_n \quad (1)$$

em que: IVG = Índice de velocidade de germinação; G_1, G_2 e G_n = número de plântulas normais na primeira, segunda e enésima contagem; N_1, N_2 e N_n = número de dias.

Comprimento de parte aérea e raiz de plântulas: foram utilizadas quatro repetições de 20 sementes, semeadas no terço superior do papel germitest. O comprimento da parte aérea e das raízes foi determinado, após sete dias, em 15 plântulas normais, com auxílio de uma régua milimetrada (Nakagawa, 1999).Os resultados foram expressos em cm/plântula.

Fitomassa seca de plântulas: determinada nas plântulas selecionadas para o teste de comprimento de plântulas, as quais, logo após esta determinação, foram colocadas em sacos de papel e mantidas em estufa regulada a 80 °C por 24 h. Em seguida, os sacos de papel foram retirados da estufa, resfriados, e determinou-se a fitomassa em balança analítica de precisão (0,001 g) (Nakagawa, 1999). Os resultados foram expressos em g/plântula.

Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias dos híbridos foram comparadas pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade de erro. Para os dados de potencial osmótico, efetuaram-se os ajustes das equações de regressão das variáveis, pelo teste F, em nível de 5% de significância, com o auxílio do programa estatístico Sisvar (Ferreira, 2008).

3 Resultados e Discussão

Houve interação significativa entre os fatores potencial osmótico, híbrido e regulador de crescimento para todas as variáveis analisadas, exceto para fitomassa seca, ou seja, o efeito dos produtos que atuam como regulador de crescimento no tratamento de sementes variou em função do potencial osmótico e do híbrido utilizado. Estes resultados estão de acordo com Murti e Upreti (2007), que relataram que os efeitos das aplicações exógenas de reguladores de crescimento dependem da cultivar utilizada, da fase de crescimento e da intensidade do estresse.

Para as variáveis germinação, primeira contagem e índice de velocidade da germinação, comprimento da parte aérea e de raiz de plântulas, a interação foi significativa para híbrido e potencial osmótico (Figura 1).

A germinação (Figura 1a) e o índice de velocidade de germinação (Figura 1c) das sementes dos híbridos de milho submetidas a estresse salino foram afetados pela diminuição do potencial osmótico. Porém, os híbridos comportaram-se de forma semelhante, nos diferentes potenciais osmóticos estudados. Observou-se que até o potencial –0,4 MPa, nos dois híbridos, a porcentagem de germinação fica acima da porcentagem mínima para comercialização, que é de 85% (Figura 1a) (Brasil, 2005). Estes resultados estão de acordo com Conus et al. (2009), que observaram que o milho é moderadamente tolerante ao estresse salino na fase de germinação.

Com a diminuição do potencial osmótico, a partir de –0,4, a germinação das sementes dos híbridos diminui sensivelmente, em função do aumento da quantidade de sais no substrato, os quais restringem a absorção de água pelo tegumento da semente, afetando, assim, a velocidade do processo de germinação e até mesmo impedindo tal processo (Munns; Tester, 2008).

Para as variáveis primeira contagem da germinação (Figura 1b) e comprimento de parte aérea (Figura 1d), o híbrido CD393 apresentou-se superior ao híbrido 30F53H nos diferentes potenciais; contudo, para comprimento de raiz, o híbrido 30F53H apresentou comportamento quadrático e foi superior ao híbrido CD393 (Figura 1e). A diferença entre cultivares quanto à sensibilidade ao estresse salino pode estar relacionada a fatores genéticos e à qualidade de sementes, tendo sido também observada para outras culturas, como para soja (Carvalho et al., 2012), feijão-caupi (Maia et al., 2012) e cebola (Corrêa et al., 2013).

Pelos gráficos de análise de regressão (Figuras 2 e 3), observam-se os desdobramentos das interações entre potenciais osmóticos e produtos utilizados no tratamento de sementes, para as variáveis germinação, primeira contagem da germinação, índice de velocidade de germinação, comprimento de parte aérea e da raiz de plântulas de milho.

Para a variável germinação, todos os produtos testados no tratamento de sementes apresentaram um comportamento quadrático, diminuindo com o aumento do potencial osmótico. Note-se que esses produtos não apresentaram efeito positivo sobre a germinação, independentemente do nível de estresse ou do híbrido utilizado (Figuras 2a, b).

Com a diminuição do potencial osmótico, há uma redução na porcentagem de plântulas normais na primeira contagem da germinação (Figuras 2c, d) e no índice de velocidade de germinação (Figuras 2e, f). Apesar disso, dentre os tratamentos de sementes, Stimulate® foi o produto que mais estimulou o vigor, representado pela primeira contagem de germinação, no híbrido 30F53H (Figura 2d), e pelo índice de velocidade de germinação, nos dois híbridos, até o potencial –0,6 MPa (Figuras 2e, f). A maior velocidade de germinação e a maior formação de plântulas normais no tratamento com Stimulate® podem ter ocorrido em função do mesmo ser composto de auxina, giberelina e citocinina. Enzimas hidrolíticas envolvidas no processo da germinação são sintetizadas mais rapidamente em resposta à presença de giberelinas, sendo transferidas para a camada de aleurona da semente, em que promovem a conversão do amido em açúcar, que é utilizado no crescimento da nova plântula (Schwechheimer, 2008; Taiz; Zeiger, 2009). Para o híbrido CD393, esse comportamento não foi observado, sendo que a testemunha apresentou maior número de plântulas normais na primeira contagem da germinação.

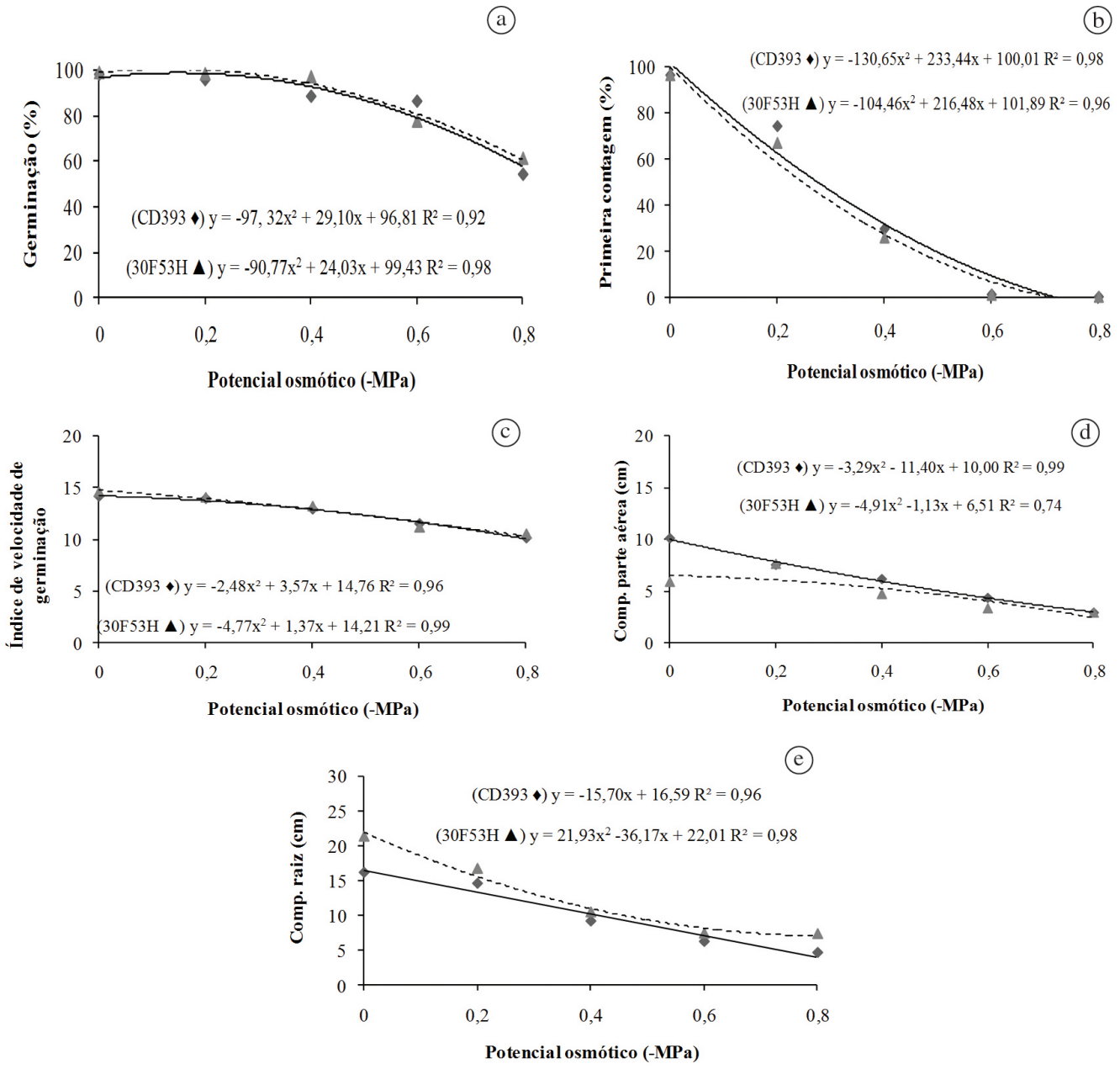

Figura 1. Germinação (a), primeira contagem da germinação (b), índice de velocidade de germinação (c), comprimento da parte aérea (d) e comprimento de raiz (e) dos híbridos de milho CD393 (♦) e 30F53H (▲), em função do potencial osmótico.

No híbrido CD393, houve redução linear no comprimento de parte aérea para a testemunha e no tratamento de sementes com Stimulate®; diversamente, para o híbrido 30F53H, apenas a testemunha apresentou diminuição linear e as demais apresentaram comportamento quadrático, mantendo-se constante até o potencial –0,4MPa e diminuindo nos demais potenciais (Figuras 3a, b). Para o comprimento de raiz (Figuras 3c, d), nos dois híbridos, todos os tratamentos de sementes utilizados, incluindo a testemunha, apresentaram diminuição linear com o aumento da concentração de sais na solução no substrato. Estes resultados estão de acordo com Moterle et al. (2006), que observaram que cultivares de milho-pipoca submetidas 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. Outros trabalhos também relatam a inibição do crescimento radicular devido ao estresse salino, em espécies cultivadas, como o pinhão-manso (Silva et al., 2009), o feijão-caupi (Maia et al., 2012) e a cebola (Corrêa et al., 2013). As raízes pareceram suportar melhor a salinidade do que a parte aérea, fenômeno que pode estar associado ao ajustamento osmótico mais rápido e à perda de turgor mais lenta das raízes, quando comparadas com a parte aérea (Shalhevet et al., 1995).

De acordo com Munns e Tester (2008), a salinidade do solo influencia o crescimento das plantas de duas maneiras: altas concentrações de sais no solo tornam mais difícil a

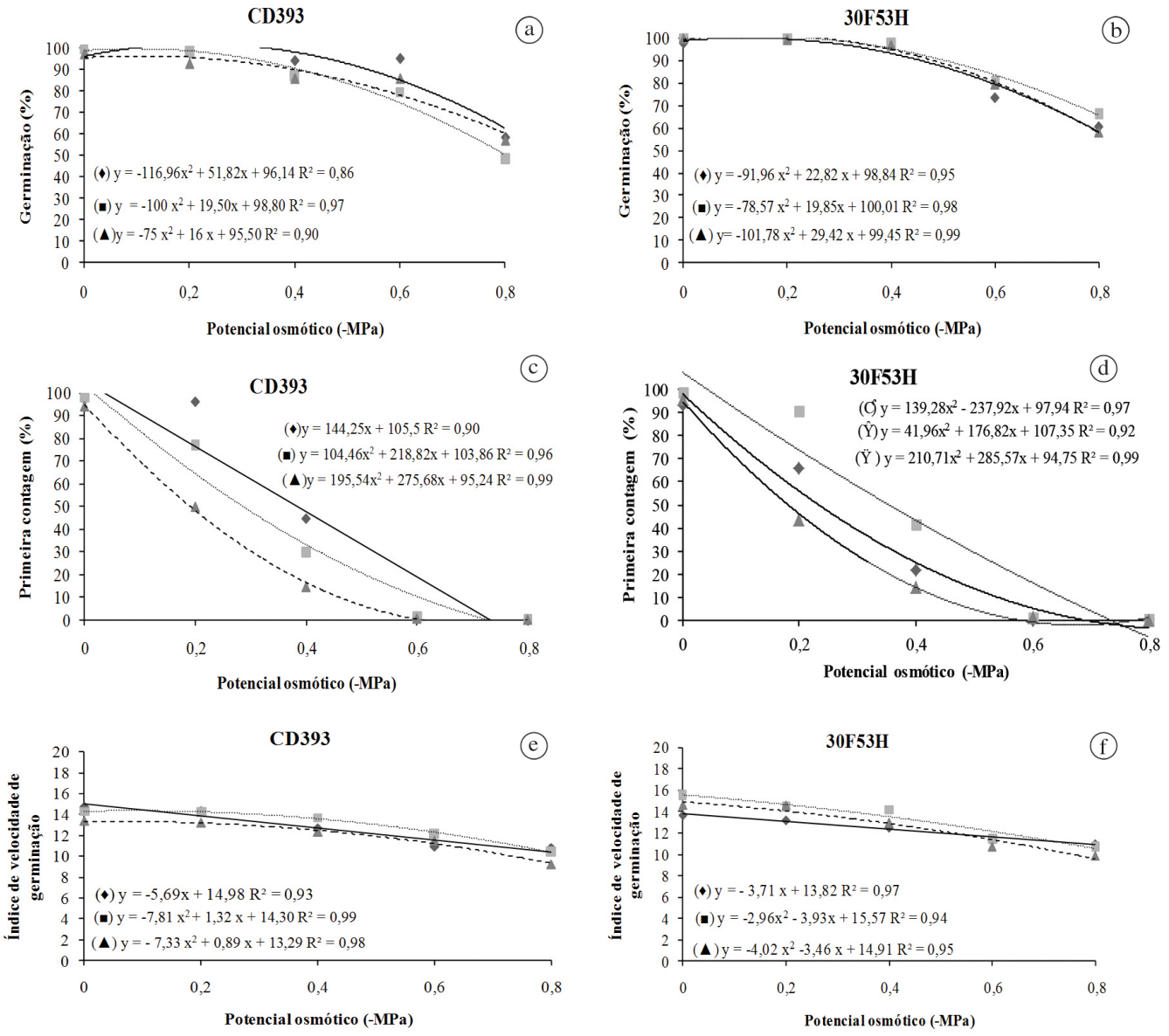

Figura 2. Germinação dos híbridos de milho CD393 (a) e 30F53H (b), primeira contagem do CD393 (c) e do 30F53H (d), índice de velocidade de germinação do CD393 (e) e do 30F53H (f), submetidos a Stimulate® (■), tiametoxam (▲) e controle (♦), em função do potencial osmótico.

extração de água pelas raízes e altas concentrações de sais na planta podem ser tóxicas. Para tanto, a regulação do fluxo de íons é necessária, para que as células mantenham baixas as concentrações de íons tóxicos e acumulem íons essenciais.

Para o híbrido 30F53H, o tratamento de sementes com Stimulate® apresentou maior comprimento de raiz em todos os potenciais osmóticos estudados (Figura 3d). De acordo com Toorchi et al. (2009), as plantas com maior expansão do sistema radicular tendem a ser mais resistentes aos efeitos do estresse osmótico, uma vez que a regulação da expansão foliar durante o período de exposição ao estresse ocorre em função da quantidade de água presente nas raízes, proporcionando condições para o desenvolvimento da planta. Dessa forma, a utilização de produtos que estimulem o maior crescimento do sistema radicular pode contribuir para a tolerância ao estresse salino.

Foram observados efeitos isolados de híbrido e de potencial para a variável fitomassa seca de plântulas (Figura 3e). Observou-se diminuição linear dessa variável, na medida em que diminui o potencial, indicando que não houve maior ganho de fitomassa seca nas plântulas com os tratamentos de sementes utilizados, mas sim adequação na distribuição das reservas da semente para os tecidos (Figura 3e). De forma semelhante, Conus et al. (2009) observaram menor massa seca de raiz de plantas de milho, como o efeito da salinidade com NaCl. O híbrido CD393 apresentou menor fitomassa seca (0,359 g) quando comparado com o híbrido 30F53H (0,427 g).

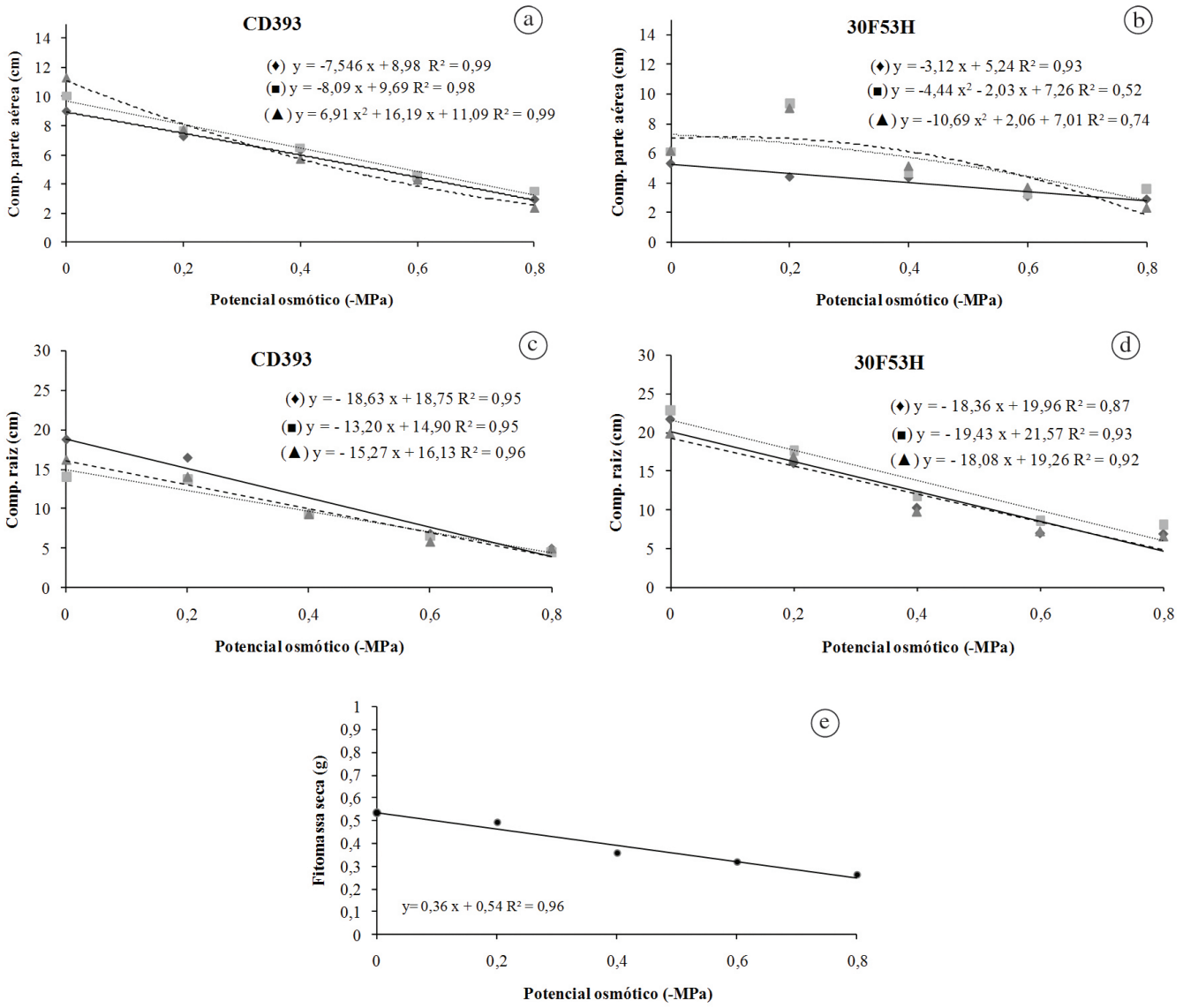

Figura 3. Comprimento da parte aérea de plântulas de milho dos híbridos CD393 (a) e 30F53H (b), comprimento de raiz do CD393 (c) e do 30F53H (d), e fitomassa seca de plântulas (e), submetidas a Stimulate® (■), tiametoxam (▲) e controle (♦), em função do potencial osmótico.

4 Conclusões

O tratamento de sementes não aumenta a germinação de sementes de milho submetidas ao estresse salino, independentemente do genótipo. Para as demais variáveis relacionadas ao vigor de sementes, o efeito dos produtos depende do nível de estresse e do genótipo utilizado, sendo que, de maneira geral, melhores resultados são obtidos com a utilização do Stimulate®.

Referências

ÁVILA, M. R.; BRACCINI, A. L.; SCAPIM, C. A.; ALBRECHT, L. P.; TONIN, T. A.; STÜLP, M. Bioregulator application, agronomic efficiency, and quality of soybean seeds. *Scientia Agricola*, v. 65, n. 6, p. 604-612, 2008. http://dx.doi.org/10.1590/S0103-90162008000600006

BARROSO, C. M.; FRANKE, L. B.; BARROSO, I. B. Substrato e luz na germinação das sementes de rainha-do-abismo. *Horticultura Brasileira*, v. 28, n. 2, p. 236-240, 2010. http://dx.doi.org/10.1590/S0102-05362010000200018

BRASIL. Instrução normativa n. 25, de 16 de dezembro de 2005. Padrões para produção e comercialização de sementes de milho. *Diário Oficial da União*, Poder Executivo, Brasília, DF, 20 dez. 2005.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Regras para análise de sementes.* Brasília: MAPA, 2009.

CARVALHO, T. C.; SILVA, S. S.; SILVA, R. C.; PANOBIANCO, M. 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. http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782012000800006

CONUS, L. A.; CARDOSO, P. C.; VENTUROSO, L. R.; SCALON, S. P. Q. Germinação de sementes e vigor de plântulas de milho submetidas ao estresse salino induzido por diferentes sais. *Revista Brasileira de Sementes*, v. 31, n. 4, p. 67-74, 2009. http://dx.doi.org/10.1590/S0101-31222009000400008

CORRÊA, N. S.; BANDEIRA, J. M.; MARINI, P.; BORBA, I. C. G.; LOPES, N. F.; MORAES, D. M. Salt stress: antioxidant activity as a physiological adaptation of onion cultivars. *Acta Botanica Brasilica*, v. 27, n. 2, p. 394-399. 2013. http://dx.doi.org/10.1590/S0102-33062013000200013

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION - FAO. *Aquastat*. Italy, 2013. Disponível em: <www.fao.org/nr/water/aquastat/data/query/index.html>. Acesso em: 15 jan. 2014.

FERREIRA, D. F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. *Revista Symposium*, v. 6, n. 2, p. 36-41, 2008.

FORD, K. A.; CASIDA, J. E.; CHANDRAN, D.; GULEVICH, A. G.; OKRENT, R. A.; DURKIN, K. A.; SARPONG, R.; BUNNELLE, E. M.; WILDERMUTH, M. C. Neonicotinoid insecticides induce salicylate-associated plant defense responses. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, v. 107, n. 41, p. 17527-17532, 2010. PMid:20876120 PMCid:PMC2955088. http://dx.doi.org/10.1073/pnas.1013020107

PISSINATI, A.; OLIVEIRA, M. A.; PISSINATI, A.; MOREIRA, A. Management and cost of urea application in maize grown in northern Paraná State, Brazil. *Revista de Ciências Agrárias*, v. 56, n. 3, p. 235-241, 2013.

MACEDO, W. R.; CASTRO, P. R. C. Thiamethoxam: molecule moderator of growth, metabolism and production of spring wheat. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, v. 100, n. 3, p. 299-304, 2011. http://dx.doi.org/10.1016/j.pestbp.2011.05.003

MAIA, J. M.; FERREIRA-SILVA, S. L.; VOIGT, E. L.; MACEDO, C. E. C.; PONTE, L. F. A.; SILVEIRA, J. A. G. Atividade de enzimas antioxidantes e inibição do crescimento radicular de feijão-caupi sob diferentes níveis de salinidade. *Acta Botanica Brasílica*, v. 26, n. 2, p. 342-349. 2012.

MOTERLE, L. M.; LOPES, P. C.; BRACCINI, A. L.; SCAPIM, C. A. 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. http://dx.doi.org/10.1590/S0101-31222006000300024

MUNNS, R.; TESTER, M. Mechanisms of salinity tolerance. *Annual Review of Plant Biology*, v. 59, p. 651-681. 2008. PMid:18444910. http://dx.doi.org/10.1146/annurev.arplant.59.032607.092911

MURTI, G. S. R.; UPRETI, K. K. Plant growth regulators in water stress tolerance. *Journal Horticultural Science*, v. 2, n. 2, p. 73-93, 2007.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados na avaliação das plântulas. In: VIEIRA, R. D.; CARVALHO, N. M. (Ed.). *Testes de vigor em sementes*. Jaboticabal: FUNEP, 1994. p. 49-85.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas. In: KRZYZANOSWKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. (Eds.). *Vigor de sementes*: conceitos e testes. Londrina: ABRATES, 1999. p. 2.1- 2.24.

SALISBURY, F. B.; ROSS, C. W. *Plant physiology*. 4. ed. Belmont: Wadsworth, 1992.

SCHWECHHEIMER, C. Understanding gibberellic acid signaling: are we there yet? *Current Opinion in Plant Biology*, v. 11, n. 1, p. 9-15, 2008. PMid:18077204. http://dx.doi.org/10.1016/j.pbi.2007.10.011

SHALHEVET, J.; HUCK, M. G.; SCHROEDER, B. P. Root and shoot growth responses to salinity in maize and soybean. *Agronomy Journal*, v. 87, n. 3, p. 512-516, 1995. http://dx.doi.org/10.2134/agronj1995.00021962008700030019x

SILVA, E. N.; SILVEIRA, J. A. G.; RODRIGUES, C. R. F.; DUTRA, A. T. B.; ARAGÃO, R.M. Acúmulo de íons e crescimento de pinhão-manso sob diferentes níveis de salinidade. *Revista de Ciência Agronômica*, v. 40, n. 2, p. 240-246, 2009.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Fisiologia vegetal*. Porto Alegre: Artmed, 2009.

TOORCHI, M.; YUKAWA, K.; NOURI, M.; KOMATSU, S. Proteomics approach for identifying osmotic-stress-related proteins in soybeans roots. *Peptides*, v. 30, n. 12, p. 2108-2117, 2009. PMid:19747515. http://dx.doi.org/10.1016/j.

VELUPPILLAI, S.; NITHYANANTHARAJAH, K.; VASANTHARUBA, S.; BALAKUMAR, S.; ARASARATNAM, V. Biochemical Changes Associated with Germinating Rice Grains and Germination Improvement. *Rice Science*, v. 16, n. 3, p. 240-242, 2009. http://dx.doi.org/10.1016/S1672-6308(08)60085-2

VIEIRA, E. L.; CASTRO, P. R. C. Ação de bioestimulante na germinação de sementes, vigor das plântulas, crescimento radicular e produtividade de soja. *Revista Brasileira de Sementes*, v. 23, n. 2, p. 222-228, 2001.

Contribuição dos autores: Ana Paula Piccinin Barbieri realizou os experimentos e a escrita científica; Caroline Huth contribuiu com a revisão bibliográfica e a escrita científica; Humberto Davi Zen contribuiu com a realização dos experimentos e a escrita científica; Manoela Beche contribuiu com a realização dos experimentos e a escrita científica; Liliane Marcia Mertz Henning contribuiu com a escrita científica, e Sidinei José Lopes contribuiu com a escrita científica e com a revisão ortográfica e gramatical do trabalho.

Fonte de financiamento: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes)

Conflito de interesse: Os autores declaram não haver conflito de interesse.