

Potencial osmótico do substrato na germinação de sementes e desenvolvimento inicial de plântulas de milho doce

Eliege A. de P. Oliveira¹, Claudemir Zucareli¹, Cássio E. C. Prete¹, Danilo Zamuner¹

¹ Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Agronomia, Campus Universitário, CEP 86051-990, Londrina-PR, Brasil. Caixa Postal 6001. E-mail: paivaeliege@gmail.com; claudemircca@uel.br; cassio@uel.br; danilo_zamuner@hotmail.com

RESUMO

Neste trabalho o objetivo foi avaliar o efeito do estresse hídrico e salino sobre a germinação de sementes e o desenvolvimento inicial de plântulas de milho doce em diferentes potenciais osmóticos do substrato. Sementes do cultivar BR 400 (Super doce) foram colocadas para germinar em papel germitest umedecido com soluções de polietileno glicol (PEG) 6000 e de cloreto de potássio (KCl) nos potenciais osmóticos de 0,0; -0,2; -0,4; -0,6; -0,8 e -1,0 MPa, em delineamento experimental inteiramente ao acaso. O desempenho das sementes e plântulas foi avaliado por meio dos testes de germinação, primeira contagem da germinação, porcentagem de plântulas anormais e sementes mortas, comprimento de parte aérea e raízes de plântulas. O PEG 6000 favorece decréscimo na germinação de sementes e no desenvolvimento inicial de plântulas de milho doce em relação ao estresse salino com KCl, com redução no vigor das plântulas e no desempenho germinativo das sementes de milho doce.

Palavras-chave: cloreto de potássio, glicol, polietileno, vigor, *Zea mays*

Osmotic potential of the substrate on seeds germination and initial development of seedling sweet corn

ABSTRACT

The objective of this work the objective was to evaluate the effect of water stress and salinity on seed germination and initial development of seedlings sweet corn at different osmotic potentials in the substrate. Seeds of cultivar BR 400 (Super Sweet) were germinated in germitest paper moistened with solutions of polyethylene glycol (PEG) 6000 and potassium chloride (KCl) in the osmotic potentials of 0.0, -0.2, -0.4, -0.6, -0.8 and -1.0 MPa, in completely randomized experimental design. Seed and seedlings performance was assessed through germination tests, first germination count, percentage of abnormal seedlings and dead seeds, length of aerial part and root of seedlings. The PEG 6000 causes a decrease in seed germination and early growth of seedlings of sweet corn in relation to salt stress with KCl, with reduction in seedling vigor and germination performance of sweet corn seeds.

Key words: potassium chloride, glycol, polyethylene, vigor, *Zea mays*

Introdução

O milho doce (*Zea mays* L. grupo *saccharata*) é classificado como tipo especial e destinado exclusivamente ao consumo humano utilizado sobretudo como milho verde, tanto “*in natura*” como processado pelas indústrias de produtos vegetais em conserva (Oliveira Júnior et al., 2006). Esta espécie difere do milho comum pela presença de alelos mutantes que bloqueiam a conversão de açúcares em amido no endosperma, conferindo-lhe o caráter doce, tornando o pericarpo enrugado e translúcido quando seco. Entre os principais genes que conferem tais características estão o *sugary-1* (*su1*), *brittle* (*bt2*) e *shruken* (*sh2*). Os cultivares do grupo Super Doce são portadores dos genes *bt2* ou *sh2* na forma homocigota recessiva e com isto há aumento no teor de sacarose no endosperma dos grãos imaturos (Kwiatkowski & Clemente, 2007).

Para obtenção dos padrões de qualidade exigidos pelas indústrias de processamento é necessário, além da utilização correta de práticas culturais, o emprego de sementes com alta capacidade germinativa e elevado vigor. A porcentagem de germinação das sementes de milho do grupo Super Doce é menor quando comparada às do milho comum devido, possivelmente, à maior sensibilidade e suscetibilidade à incidência de patógenos, danos físicos e àqueles decorrentes das suas alterações bioquímicas (Pereira et al., 2008) aumentando, assim, a exigência quanto ao controle dos fatores externos que afetam o processo de germinação.

O estresse hídrico constitui-se em processos complexos, geralmente interligados, diminuindo a velocidade e a porcentagem de germinação das sementes sendo que existe, para cada espécie, um valor de potencial hídrico no solo, abaixo do qual a germinação não ocorre (Lopes & Macedo, 2008).

Outro fator de estresse para as plantas é a alta concentração de sais visto que a água é osmoticamente retida em solução salina e com o aumento da concentração ela se torna cada vez menos disponível às plantas (Nasr et al., 2011), que respondem a níveis excessivos de salinidade no solo da mesma forma que para o déficit hídrico, pois o excesso de sal no solo pode causar efeitos de toxidez enquanto a alta concentração de sais totais nas células é passível de inativar as enzimas e inibir a síntese proteica (Taiz & Zeiger, 2004).

As situações de estresse hídrico e salino podem ser simuladas utilizando-se soluções osmóticas com polietileno glicol, manitol, cloreto de cálcio, de potássio e de sódio; entretanto, diferenças químicas existentes entre essas soluções podem acarretar diferenças nos resultados de germinação e vigor das sementes, mesmo em potenciais hídricos similares (Lopes & Macedo, 2008).

Ao avaliar o estresse salino induzido por soluções de NaCl, KCl e CaCl₂ nos potenciais osmóticos de 0,0; -0,2; -0,4; -0,8; -1,2 e -1,6 MPa na germinação de sementes e no vigor de plântulas de milho comum, Conus et al. (2009) observaram que a diminuição do potencial osmótico nas soluções de KCl e NaCl causou decréscimos no comprimento da parte aérea e acréscimos no comprimento da raiz primária.

Algumas metodologias têm, portanto, sido utilizadas com diversas soluções osmóticas para avaliar o efeito do estresse

hídrico sobre o desempenho das sementes de diferentes espécies, com a finalidade de identificar genótipos mais adaptados à baixa disponibilidade de água no solo.

Diante dessas considerações o objetivo foi avaliar o efeito do estresse hídrico e salino sobre a germinação de sementes e o desenvolvimento inicial de plântulas de milho doce sob diferentes potenciais osmóticos do substrato.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido no Laboratório de Fitotecnia da Universidade Estadual de Londrina (UEL), Londrina - PR., utilizando-se sementes de milho doce cultivar BR 400 (Super Doce) portador do gene *brittle* (*bt2*) peneira 18, não tratadas, avaliando-se duas soluções osmóticas, polietileno glicol (PEG 6000) [HOCH₂(6CH₂CH₂)N OH] e cloreto de potássio (KCl), nos seguintes potenciais osmóticos: 0,0 ; -0,2; -0,4; -0,6; -0,8 e -1,0 MPa (Tabela 1).

O potencial de 0,0 MPa correspondeu à testemunha (controle) cujo substrato foi umedecido com água destilada e para se obter os referidos potenciais, as quantidades de KCl foram calculadas a partir da equação de Van't Hoff (Hillel, 1971), enquanto as de PEG 6000, segundo os cálculos de Villela et al. (1991) (Tabela 1).

As avaliações realizadas foram as seguintes: **Germinação:** constituída de quatro subamostras de 50 sementes, em substrato papel toalha (germitest), em forma de rolos umedecidos na proporção de 2,5 vezes a massa do substrato seco com as soluções osmóticas nos diferentes potenciais avaliados e acondicionados em germinador, na temperatura de 25 °C constante. As avaliações foram realizadas aos quatro e sete dias após a instalação do teste registrando-se a porcentagem de plântulas normais, anormais e sementes mortas, conforme critérios estabelecidos pelas Regras para Análise de Sementes (Brasil, 2009). **Primeira contagem de germinação:** referiu-se à porcentagem de plântulas normais obtidas no quarto dia após a instalação do teste de germinação (Brasil, 2009). **Comprimento de raízes e parte aérea:** quatro repetições de 10 sementes, distribuídas longitudinalmente em papel toalha (germitest) foram colocadas para germinar nas mesmas condições do teste de germinação. Aos quatro dias foram determinados os comprimentos de raiz e parte aérea das plântulas normais, com os resultados expressos em cm/plântula (Krzyzanowski et al., 1991).

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente ao acaso, com os tratamentos distribuídos em esquema fatorial 2 x 6 (2 produtos e potenciais osmóticos), em quatro repetições. Os dados foram submetidos à análise de variância, as médias

Tabela 1. Quantidade de soluto utilizada para preparação de soluções de diferentes potenciais osmóticos com cloreto de potássio (KCl) e polietileno glicol (PEG) 6000, a temperatura de 25 °C

Potencial osmótico (MPa)	g L ⁻¹ de água destilada	
	KCl	PEG 6000
0,0	0,00	0,00
-0,2	3,31	119,59
-0,4	6,62	178,34
-0,6	9,93	223,66
-0,8	13,24	261,95
-1,0	16,55	295,71

comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade ($p < 0,05$) e, em função dos potenciais osmóticos, adotou-se análise de regressão ($p < 0,05$).

Resultados e Discussão

Para o potencial osmótico 0,0 MPa os valores entre as soluções não diferiram significativamente em nenhuma das características analisadas (Tabela 2), resultado esperado uma vez que em ambos os tratamentos foi utilizada apenas água destilada para umedecimento do substrato.

Tabela 2. Primeira contagem de germinação, germinação, plântulas anormais, sementes mortas, comprimento de parte aérea e raízes de plântulas de milho doce em função do agente osmótico (PEG e KCl) e do potencial osmótico do substrato

Solução osmótica	Potencial osmótico (MPa)						C.V. (%)
	0,0	-0,2	-0,4	-0,6	-0,8	-1,0	
Primeira contagem (%)							
PEG	85 a	0 b	0 b	0 b	0 a	0 a	20,67
KCl	83 a	77 a	34 a	13 a	1 a	0 a	
Germinação (%)							
PEG	88 a	58 b	33 b	16 b	1 b	0 b	15,96
KCl	91 a	86 a	90 a	73 a	31 a	29 a	
Plântulas anormais (%)							
PEG	4 a	35 a	53 a	72 a	75 a	68 a	27,02
KCl	5 a	3 b	5 b	20 b	53 b	61 a	
Sementes mortas (%)							
PEG	9 a	8 a	8 a	12 a	24 a	32 a	49,80
KCl	9 a	7 a	6 a	8 a	17 a	10 b	
Comprimento de parte aérea (cm)							
PEG	4 a	5 a	2 a	1 b	0 a	0 a	29,65
KCl	5 a	4 b	3 a	2 a	2 a	0 a	
Comprimento de raízes (cm)							
PEG	12 a	16 a	13 a	2 b	0 b	0 a	28,58
KCl	12 a	11 b	9 b	8 a	4 a	0 a	

Médias seguidas por letras distintas, dentro de cada potencial, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade ($p < 0,05$).

Para a primeira contagem do teste de germinação com a utilização do PEG a partir do potencial -0,2 MPa e do KCl no potencial de -1,0 MPa não houve plântulas normais. Diferentes espécies têm comportamentos semelhantes diante do estresse hídrico e salino, como observado por Oliveira & Gomes-Filho (2009) em sementes de sorgo. Simulando o estresse hídrico com PEG 6000 em sementes de milho pipoca, Vaz-de-Melo et al. (2012) observaram que potenciais abaixo de -0,4 MPa prejudicam a germinação e o vigor das sementes. Campos & Assunção (1990) atribuíram o fato a uma aparente inibição da síntese e/ou atividade de enzimas hidrolíticas necessárias à germinação das sementes, provocada pelos sais em altas concentrações.

Nos potenciais de -0,2 até -0,8 MPa, a solução de KCl resultou em porcentagem de plântulas normais na primeira contagem significativamente superior à solução de PEG. Moterle et al. (2006) também observaram reduções significativas na germinação de sementes de milho pipoca com a utilização de PEG em potenciais inferiores a -0,3 MPa, confirmando o efeito mais intenso do PEG na redução da velocidade de germinação em referência à solução salina de KCl.

No desenvolvimento das plântulas pode-se observar que, em condições de estresse, o crescimento da parte aérea demonstra ser mais sensível que o crescimento radicular. Em

estudos realizados com híbridos de milho Khodarahmpour (2011) também observou que o estresse hídrico reduziu severamente a germinação de sementes e o crescimento inicial das plântulas.

A análise de regressão dos dados da primeira contagem da germinação em função do potencial osmótico propiciou resposta quadrática, com ponto de mínima de -0,6 MPa para o PEG 6000 e de -1,42 MPa para o KCl (Figura 1).

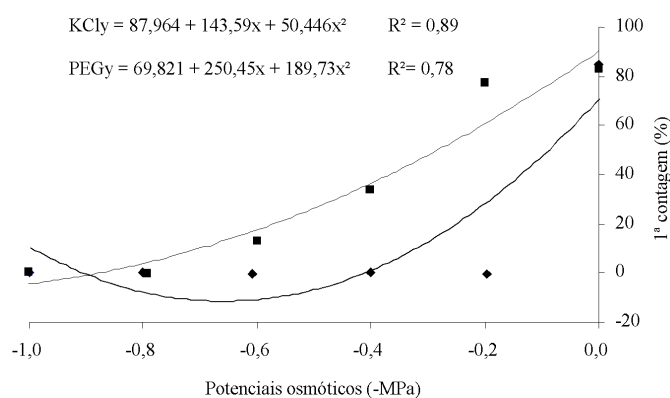


Figura 1. Plântulas normais obtidas na primeira contagem do teste de germinação de sementes de milho doce submetidas a diferentes potenciais osmóticos em soluções de cloreto de potássio (KCl ■) e polietileno glicol (PEG 6000 ♦)

A velocidade do processo germinativo das sementes de milho doce diminuiu à medida que decresceram os níveis de potencial osmótico das soluções; contudo, a redução foi mais acentuada quando se utilizou o PEG 6000, em relação ao KCl. Este decréscimo acentuado no vigor das sementes de milho doce, na medida em que os níveis de potencial osmótico se tornaram menores, está de acordo com os resultados obtidos por Kappes et al. (2010) em sementes de milho comum.

A porcentagem de plântulas normais de milho doce na primeira contagem do teste de germinação para a solução de KCl foi elevada até -0,4 MPa, enquanto se verificou, com a utilização da solução de PEG 6000, um decréscimo acentuado no vigor das sementes, a partir de -0,2 MPa. Esses resultados podem estar relacionados com a viscosidade da solução de PEG 6000 comprometendo a disponibilidade de O_2 para as sementes reduzindo, assim, o potencial de germinação (Yoon et al., 1997).

A germinação foi semelhante à observada para a primeira contagem que, a partir de -0,2 MPa, o PEG 6000 promoveu redução na porcentagem de germinação atingindo 0% no potencial -1,0 MPa enquanto que, para a solução de KCl, a porcentagem de germinação foi satisfatória (73%) até o potencial de -0,6 MPa (Tabela 2).

A germinação de sementes de milho doce em substrato umedecido com as soluções de PEG 6000 e KCl indicou comportamento quadrático em função das doses, com ponto de máxima de -0,11 MPa para o KCl e ponto de mínima de -1,04 MPa para o PEG 6000. Sangoi et al. (2009) observaram, em trabalhos realizados com KCl em sementes de milho, redução na porcentagem de germinação ao utilizar doses elevadas.

À semelhança do que ocorreu para a porcentagem de plântulas normais na primeira contagem do teste de germinação, o PEG 6000 promoveu maior decréscimo nos valores da

germinação em relação ao KCl (Figura 2). Comparando os resultados da primeira contagem com os de germinação, verifica-se que a velocidade de germinação das sementes de milho doce foi mais afetada que sua germinação, na medida em que as concentrações das soluções osmóticas aumentaram. Segundo Marcos Filho (2005) o estresse hídrico pode reduzir tanto a porcentagem quanto a velocidade de germinação e a intensidade da resposta germinativa ao estresse hídrico é variável entre sementes de diferentes espécies.

$$\text{KCl}y = 89,25 - 19,982x - 88,839x^2 \quad R^2 = 0,89$$

$$\text{PEG}y = 88,536 + 172,3x + 82,589x^2 \quad R^2 = 0,99$$

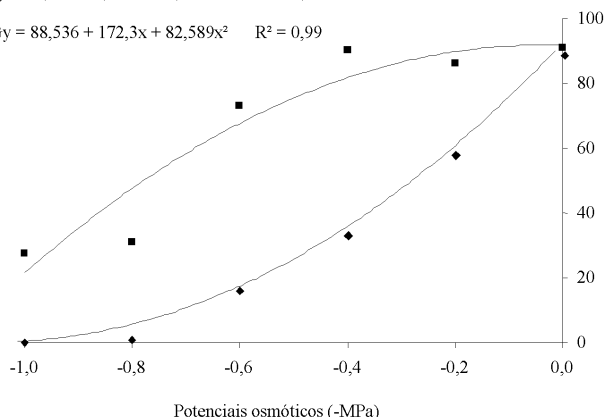


Figura 2. Germinação de sementes de milho doce submetidas a diferentes potenciais osmóticos em solução de cloreto de potássio (KCl ■) e polietileno glicol (PEG 6000 ♦)

A porcentagem de plântulas anormais foi superior no tratamento com PEG 6000, em todos os potenciais osmóticos avaliados, enquanto que com KCl as sementes expressaram maior tolerância ao estresse em relação ao tratamento com PEG 6000 nos potenciais de -0,2 a -0,8 MPa, com menor porcentagem de plântulas anormais. Para o potencial -1,0 MPa a porcentagem de plântulas anormais semelhante, comprometendo a germinação em ambas as soluções osmóticas.

A redução do potencial osmótico resultou em aumento da ocorrência de plântulas anormais (Figura 3), com ajuste quadrático em função das doses utilizadas com ponto de máxima em -0,8 MPa para o PEG e ponto de mínima em -0,09 MPa para o KCl. Comportamento semelhante também foi relatado por Vaz-de-Melo et al. (2012) com a cultura do milho pipoca, em que os potenciais osmóticos mais negativos

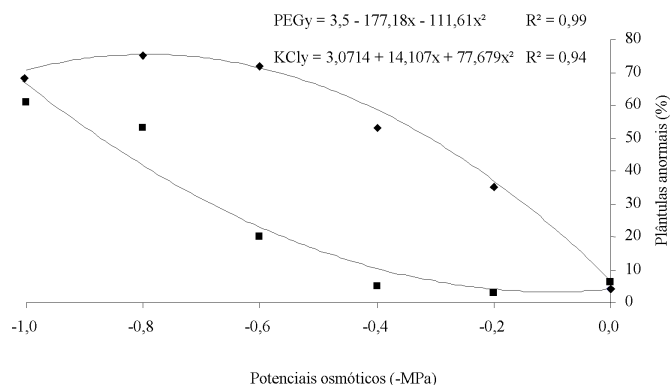


Figura 3. Plântulas anormais de milho doce oriundas das sementes submetidas a diferentes potenciais osmóticos em solução de cloreto de potássio (KCl ■) e polietileno glicol (PEG 6000 ♦)

promoveram redução significativa na germinação das sementes e no desenvolvimento das plântulas.

Nos tratamentos com PEG 6000 observaram-se valores superiores de sementes mortas em relação ao tratamento com KCl (Figura 4), com ajuste quadrático em função das doses utilizadas, com os pontos de mínima de -0,21 e -0,16 MPa para o PEG 6000 e KCl, respectivamente.

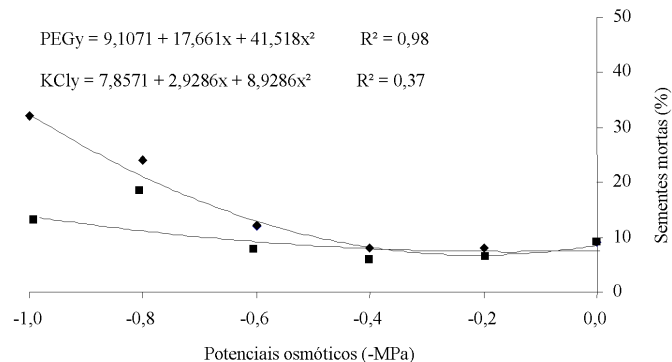


Figura 4. Sementes mortas de milho doce submetidas a diferentes potenciais osmóticos em solução de cloreto de potássio (KCl ■) e polietileno glicol (PEG 6000 ♦)

A porcentagem de sementes mortas foi significativamente inferior no tratamento com KCl para o potencial -1,0 MPa em relação ao PEG 6000, fato este não observado nos demais potenciais estudados. Portanto e à medida que o potencial osmótico das soluções utilizadas reduziu, houve acréscimo do número de dias para a germinação das sementes e maior ocorrência de sementes mortas. O atraso na germinação pode trazer problemas significativos para a cultura em campo pelo aumento do período de exposição das sementes às condições adversas e intempéries no solo, como patógenos, insetos e outros fatores que podem contribuir para diminuir a qualidade das sementes, acarretando prejuízos ao produtor (Costa et al., 2004).

O tratamento com PEG 6000 demonstrou maior efeito redutor no comprimento da parte aérea em relação ao KCl, em todos os potenciais utilizados (Tabela 2). Resultados coerentes com os obtidos por Moraes et al. (2005) e Kappes et al. (2010) que trabalharam com sementes de soja e milho, respectivamente, sendo que em ambos os casos a solução de PEG 6000 reduziu drasticamente o comprimento das plântulas.

O comprimento da parte aérea foi reduzido com o aumento da concentração da solução osmótica (Figura 5), com resposta linear em função das doses utilizadas para o KCl e o PEG seguiu o modelo polinomial quadrático com ponto de mínima de -0,84 MPa.

Tal comportamento pode ser devido ao estresse hídrico que, quando severo, pode levar à diminuição de defesa na planta, reduzindo o crescimento, a adaptabilidade e tolerância ao estresse hídrico, que são estratégias intrínsecas às diferentes espécies vegetais. Segundo Taiz & Zeiger (2004), o primeiro efeito mensurável do estresse hídrico é uma diminuição do crescimento, causada pela redução da expansão celular que necessita de potencial de turgor adequado.

A solução de PEG resultou em maior comprimento de raízes que o KCl nos potenciais de -0,2 e -0,4 MPa; contudo,

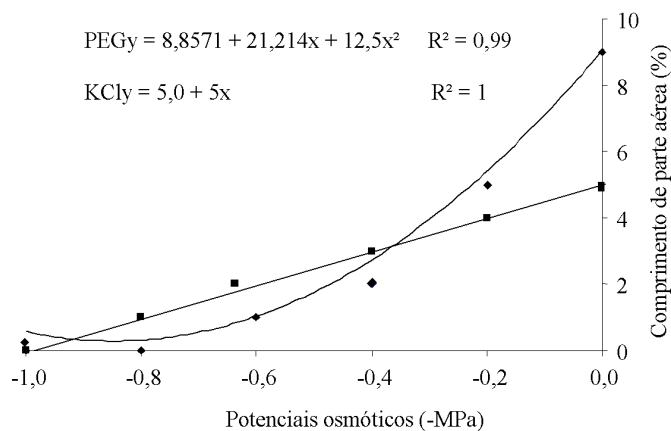


Figura 5. Comprimento de parte aérea de plântulas de milho doce oriundas das sementes submetidas a diferentes potenciais osmóticos em solução de cloreto de potássio (KCl ■) e polietileno glicol (PEG 6000 ◆)

nos potenciais de -0,6 e -0,8 MPa o comprimento foi menor na solução de PEG em relação ao KCl. No potencial -1,0 MPa não houve emissão de raízes tanto para o PEG quanto para o KCl. Os valores de comprimento de raízes de milho doce em função dos potenciais osmóticos do substrato demonstraram ajuste quadrático com ponto mínimo de -0,36 MPa, para o PEG e linear para o KCl (Figura 6), tendo coerência com os resultados obtidos por Kappes et al. (2010), que, avaliando o efeito hídrico na germinação e no vigor de sementes de híbridos de milho, observaram redução no crescimento das raízes sempre que diminuiu o potencial osmótico da solução do substrato, fato ocorrido em todos os híbridos avaliados.

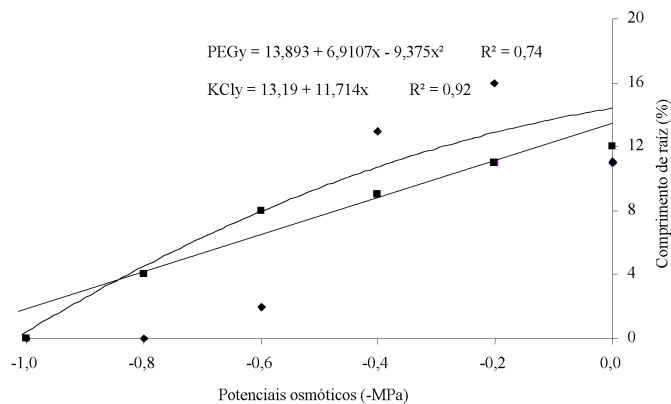


Figura 6. Comprimento de raízes de plântulas de milho doce oriundas das sementes submetidas a diferentes potenciais osmóticos em solução de cloreto de potássio (KCl ■) e polietileno glicol (PEG 6000 ◆)

O comprimento da raiz primária decresce à medida que diminui o potencial osmótico da solução do substrato, ou seja, a resposta para o crescimento do sistema radicular foi significativa ao estresse hídrico moderado (Godoy et al., 2008). Quando se encontram em condições de déficit hídrico, as raízes crescem lentamente nas camadas superficiais do solo e mais rapidamente naquelas mais profundas e úmidas. Desta forma, o desenvolvimento radicular pode ser diminuído tanto pelo déficit hídrico induzido pela osmolaridade elevada da solução quanto pela toxicidade iônica envolvendo danos metabólicos e fisiológicos (Munns e Tester, 2008).

O estresse hídrico pode, então, não apenas afetar a embebição mas também a germinação, quanto provocar

redução do crescimento e no desenvolvimento de plântulas, causada pela diminuição da expansão celular.

Conclusões

O estresse hídrico induzido por PEG 6000 favorece decréscimo na germinação de sementes e no desenvolvimento inicial de plântulas de milho doce em relação ao estresse salino com KCl.

Agradecimentos

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior - CAPES, pela bolsa de estudo concedida ao primeiro autor.

Literatura Citada

- Brasil, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regras para análise de sementes. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília: MAPA/ACS, 2009. 395p.
- Campos, I. S.; Assunção, M. V. Efeitos do cloreto de sódio na germinação e vigor de plântulas de arroz. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.25, n.6, p.837-843, 1990.
- 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.2, p.67-74, 2009. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0101-31222009000400008>>.
- Costa, P. R.; Custódio, C. C.; Machado Neto, N. B.; Marubayashi, O. M. Estresse hídrico induzido por manitol em sementes de soja de diferentes tamanhos. *Revista Brasileira de Sementes*, v.26, n.2, p.105-113, 2004. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0101-31222004000200015>>.
- Godoy, L. J. G.; Santos, T. S.; Villas Boas, R. L.; Júnior, J. B. L. Índice relativo de clorofila e o estado nutricional em nitrogênio durante o ciclo do cafeeiro fertirrigado. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, v.32, n.1, p.217-226, 2008. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832008000100021>>.
- Hillel, D. Soil and water. Physical principles and processes. New York: Academic Press. 1971. 288p.
- Kappes, C.; Andrade, J. A. C.; Haga, K. I.; Ferreira, J. P.A.; Arf, M. V. Germinação, vigor de sementes e crescimento de plântulas de milho sob condições de déficit hídrico. *Scientia Agraria*, v.11, n.2, p.125-134, 2010. <<http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs/index.php/agraria/article/viewFile/16464/11479>>. 15 Jul. 2014.
- Khodarahmpour, Z. Effect of drought stress induced by polyethylene glycol (PEG) on germination indices in corn (*Zea mays* L.) hybrids. *African Journal of Biotechnology*, v.10, n.79, p.18222-18227, 2011. <<http://dx.doi.org/10.5897/AJB11.2639>>.
- Krzyzanowski, F. C.; França Neto, J. B.; Henning, A. A. Relato dos testes de vigor para as grandes culturas. *Informativo ABRATES*, v.1, n.2, p.15-50, 1991.

- Kwiatkowski, A.; Clemente, E. Características do milho doce (*Zea mays L.*) para industrialização. *Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial*, v.1, n.2, p.93-103, 2007. <<http://periodicos.utfpr.edu.br/rbta/article/download/263/231>>. 15 Jul. 2014.
- Lopes, J. C.; Macedo, C. M. P. 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. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0101-31222008000300011>>.
- Marcos Filho, J. Fisiologia de sementes de plantas cultivadas. Piracicaba: FEALQ, 2005. 495p.
- Moraes, G.A.F.; Menezes, N.L.; Pasqualli, L.L. Comportamento de sementes de feijão sob diferentes potenciais osmóticos. *Ciência Rural*, v.35, n.4, p.776-780, 2005. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782005000400004>>.
- 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, n.1, p.651-681, 2008. <<http://dx.doi.org/10.1146/annurev.arplant.59.032607.092911>>.
- Nasr, S. M. H.; Parsakhoo, A.; Naghavi, H.; Koochi, S. K. S. Effect of salt stress on germination and seedling growth of *Prosopis juliflora* (Sw.). *New Forests*, v.43, n.1, p.276-283, 2012. <<http://dx.doi.org/10.1007/s11056-011-9265-9>>.
- Oliveira Junior, L. F. G.; Deliza, R.; Bressan-Smith, R.; Pereira, M. G.; Chiquiere, T. B. Seleção de genótipos de milho mais promissores para o consumo in natura. *Ciência e Tecnologia Alimentos*, v.26, n.1, p.159-165, 2006. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0101-20612006000100026>>.
- Oliveira, A. B.; Gomes-Filho, E. Germinação e vigor de sementes de sorgo forrageiro sob estresse hídrico e salino. *Revista Brasileira de Sementes*, v.31, n.3, p. 48-56, 2009. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0101-31222009000300005>>.
- Pereira, A. F.; Melo, P. G. S.; Assunção, A.; Bueno, L. G. Qualidade fisiológica de sementes e desempenho agrônomo de genótipos de milho doce. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v.38, n.4, p.249-261, 2008. <<http://www.revistas.ufg.br/index.php/pat/article/view/5077/4230>>. 15 Jul. 2014.
- Sangoi, L.; Ernani, P. R.; Bianchet, P.; Vargas, V. P.; Picoli, G. J. Efeito de doses de cloreto de potássio sobre a germinação e o crescimento inicial do milho, em solos com texturas contrastantes. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v.8, n.2, p.187-197, 2009. <<http://rbms.cnpms.embrapa.br/index.php/ojs/article/view/280/289>>. 22 Jun. 2014.
- Taiz, L.; Zeiger, E. Fisiologia vegetal. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719p.
- Vaz-de-Melo, A.; Santos, L. D. T.; Finoto, E. L.; Dias, D. C. F. D. S.; Alvarenga, E. M. Germinação e vigor de sementes de milho-pipoca submetidas ao estresse térmico e hídrico. *Bioscience Journal*, v.28, n.5, p.687-695, 2012. <<http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/11669/10540>>. 22 Jun. 2014.
- Villela, F. A.; Doni Filho, L.; Sequeira, E. L. Tabela de potencial osmótico em função da concentração de polietileno glicol 6000 e da temperatura. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.26, n.11/12, p.1957-1968, 1991. <<https://seer.sct.embrapa.br/index.php/pab/article/viewFile/3549/882>>. 22 Jun. 2014.
- Yoon, Y.; Lang, H. J.; Cobb, B.G. Priming with salt solutions improves germination of pansy seed at high temperatures. *HortScience*, v.32, n.2, p.248-250, 1997. <<http://hortsci.ashspublications.org/content/32/2/248.full.pdf+html>>. 15 Jul. 2014.