

INFLUÊNCIA DO ESTRESSE HÍDRICO SIMULADO COM MANITOL NA GERMINAÇÃO DE SEMENTES E CRESCIMENTO DE PLÂNTULAS DE CANOLA¹

MARIZANGELA RIZZATTI ÁVILA², ALESSANDRO DE LUCCA E BRACCINI³, CARLOS ALBERTO SCAPIM³, JÚLIO ROBERTO FAGLIARI², JOSELITO LINS DOS SANTOS²

RESUMO - O presente trabalho teve por objetivo avaliar a germinação de sementes e o crescimento de plântulas de canola do híbrido Hyola 401 sob condições de estresse hídrico induzidas por soluções de manitol. Para tanto, os testes de germinação (primeira contagem e contagem final); classificação do vigor das plântulas; velocidade de germinação, comprimento da raiz primária e do hipocótilo, biomassa seca das plântulas e taxa de crescimento relativo foram conduzidos em substrato embebido com soluções de manitol + 0,2% de fungicida Vitavax-Thiram, utilizando os potenciais osmóticos de 0 (controle), -0,25; -0,5; -1,0 e -1,5MPa. Observou-se que potenciais osmóticos mais negativos promoveram redução acentuada na germinação das sementes e no crescimento das plântulas. As características primeira contagem e contagem final de germinação, biomassa seca das plântulas e taxa de crescimento relativo foram afetadas na mesma proporção com o aumento da concentração das soluções osmóticas. O potencial osmótico de -1,0MPa foi considerado crítico para a germinação das sementes.

Termos para indexação: *Brassica napus*, potencial osmótico, germinação.

INFLUENCE OF MANITOL-INDUCED WATER STRESS ON CANOLA SEED GERMINATION AND SEEDLING GROWTH

ABSTRACT - The present research was carried out to evaluate the germination of Hyola 401 Hybrid canola seeds and seedling growth under manitol-induced water stress. Germination (first and final count); seedling vigor classification; speed of germination; primary root and hypocotyl length; seedling dry weight and average growth rate tests were performed in manitol solutions plus 0.2% of Vitavax-Thiram fungicide at the osmotic potentials of 0 (control); -0.25; -0.5; -1.0; and -1.5MPa. Results showed that lower (more negative) osmotic potentials reduced significantly seed germination and seedling growth. First and final counts of germination, seedling dry biomass and seedling relative growth rate were affected in the same proportion as the concentration of osmotic solutions increased. The -1.0MPa osmotic potential level was considered critical to seed germination.

Index terms: *Brassica napus*, osmotic potential, physiological quality.

INTRODUÇÃO

A água tem importância fundamental na ativação de diferentes processos metabólicos que culminam com a germinação das sementes. Cada espécie possui seu teor crítico de água para que ocorra a germinação, além da capacidade específica de retirá-la do ambiente, determinando, assim, o

estabelecimento das sementes em determinado local (Carvalho e Nakagawa, 1988). Para que a germinação ocorra, há um grau mínimo de umidade que a semente deve atingir, que depende de sua composição química e da permeabilidade do tegumento (Popinigis, 1985 e Carvalho e Nakagawa, 1988).

A diminuição da germinação de sementes submetidas a estresse hídrico é atribuída à redução da atividade enzimática,

¹ Submetido em 28/11/2005. Aceito para Publicação em 20/12/2006.

² Eng. Agrônomo, M.Sc., Estudante de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, UEM, Av. Colombo, 5790, Maringá, PR, CEP

87020-900; Bolsista da CAPES; marizangela_rizzatti@hotmail.com

³ Eng. Agrônomo, Dr., Prof. Associado do Depto. de Agronomia, UEM, Maringá, PR; Bolsista do CNPq; albraccini@uol.com.br; cascapi@uem.br

resultando em menor desenvolvimento meristemático (Popinigis, 1985 e Hadas, 1976). Todas as sementes, exceto as com impedimentos físicos, se hidratam na presença de água. A embebição ocorre independentemente do estado fisiológico da semente (dormente, quiescente ou morta) e é um pré-requisito para a germinação (Carneiro e Braccini, 1996).

O movimento e a disponibilidade de água para as sementes são de grande importância para a germinação, crescimento inicial do sistema radicular e emergência das plântulas, sendo estes fatores influenciados pelas características do complexo coloidal do substrato (potencial mátrico e osmótico e textura do solo), bem como pelo tamanho e forma da semente (área de contato solo-semente). A textura influencia tanto o grau de contato semente-solo como a condutividade da água. Além desses fatores, a embebição depende do gradiente de potencial hídrico (tensão de água) existente entre a semente e o meio externo. A semente seca apresenta potencial hídrico muito baixo, em média, -200MPa; logo, a limitação da embebição frequentemente está relacionada com a baixa disponibilidade de água no meio (Bewley e Black, 1994).

Potenciais hídricos muito negativos, especialmente no início da embebição, influenciam a absorção de água pelas sementes, podendo inviabilizar a seqüência de eventos do processo germinativo (Mikusinsk, 1987). O estresse hídrico geralmente contribui para a diminuição da velocidade e percentagem de germinação das sementes, sendo que para cada espécie existe um valor de potencial hídrico no solo, abaixo do qual a germinação não ocorre.

Trabalhos têm sido conduzidos utilizando soluções com diferentes potenciais osmóticos para umedecer substratos, normalmente papel-toalha, onde as sementes são colocadas para germinar, procurando simular condições de baixa disponibilidade de água no solo. Esses trabalhos visam simplificar as condições complexas observadas nas avaliações em campo; ou quando são utilizados vasos contendo terra, em casa-de-vegetação (Santos et al., 1992).

O manitol tem sido comumente utilizado como agente osmótico para simular condições de déficit hídrico porque é um composto quimicamente inerte e não tóxico. Alguns trabalhos indicam que a simulação da deficiência hídrica imposta pela utilização de soluções com potenciais osmóticos elevados produziu efeitos menos drásticos sobre as plantas do que quando comparados com o mesmo nível de estresse provocado por potencial mátrico de mesma intensidade (Thill et al., 1979). Por outro lado, Braccini et al. (1996b), verificaram que o uso de soluções de manitol para simular

condições de baixa umidade no solo apresentou resultados satisfatórios com sementes de soja.

O objetivo desse trabalho foi avaliar a germinação de sementes e o crescimento de plântulas de canola em relação à germinação e vigor, em função da disponibilidade de água em substrato de papel embebido com soluções de manitol simulando condições de estresse hídrico.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi conduzido no Laboratório de Tecnologia de Sementes do Núcleo de Pesquisas Aplicadas à Agricultura (NUPAGRI) pertencente ao Departamento de Agronomia da Universidade Estadual de Maringá, utilizando-se sementes de canola híbrido Hyola 401.

A germinação e o crescimento de plântulas foram avaliados em condições de estresse hídrico simuladas com soluções de manitol, sob diferentes níveis de potencial osmótico. Todos os testes foram realizados em substrato papel-toalha (germitest) embebido em soluções contendo manitol nos seguintes níveis de potencial osmótico: 0; -0,25; -0,5; -1,0 e -1,5MPa. O nível zero foi utilizado como testemunha (controle), utilizando-se apenas água desmineralizada para embeber o substrato.

As concentrações foram calculadas pela fórmula de Van't Hoff, ou seja, $Y_{os} = -RTC$, onde: Y_{os} : potencial osmótico (atm); R: constante geral dos gases perfeitos ($0,082\text{atm.L.mol}^{-1}\text{K}^{-1}$); T: temperatura ($^{\circ}\text{K}$); e C: concentração (mol.L^{-1}). Na Tabela 1 encontram-se as concentrações de manitol, em g.L^{-1} de água desmineralizada, utilizadas para obter cada nível de potencial osmótico.

A germinação (primeira contagem e contagem final) e velocidade de germinação das sementes foram realizadas em conjunto, utilizando-se oito repetições de 50 sementes colocadas para germinar em caixas plásticas do tipo "gerbox" sobre três folhas de papel-toalha umedecidas com um volume de 8mL da solução contendo quantidades pré-estabelecidas de manitol para proporcionar diferentes níveis de potencial osmótico, além do tratamento com água desmineralizada, representando a testemunha. Posteriormente, as caixas plásticas foram vedadas e levadas a um germinador do tipo Mangelsdorf, regulado para manter temperatura constante de 20°C . As avaliações foram realizadas no quinto (primeira contagem) e no sétimo dia (contagem final) após a instalação do teste, computando-se a percentagem de plântulas normais segundo as indicações contidas nas Regras para Análise de Sementes (Brasil, 1992).

TABELA 1. Quantidade de manitol utilizada para o preparo das soluções nos diferentes níveis de potencial osmótico de manitol.

Nível os (MPa)*	Manitol (g.L ⁻¹ de água desmineralizada)
0	0
-0,25	18,399
-0,50	36,798
-1,00	73,597
-1,50	110,395

* 1 MPa = 10 bar; 1 bar = 0,987 atm.

A germinação foi avaliada diariamente, a cada intervalo de quatro horas, a partir de 16 horas da instalação do teste, quando as primeiras sementes iniciaram a protrusão da raiz primária, até que esse número fosse constante, ou seja, até 72 horas após a semeadura. Os valores de velocidade de germinação foram obtidos utilizando-se o procedimento proposto por Edmond e Drapala (1958):

Para a avaliação do comprimento de raiz primária e de hipocótilo, biomassa seca das plântulas e taxa de crescimento relativo foram utilizadas oito repetições de 20 sementes. As sementes foram distribuídas manualmente em sentido longitudinal sobre as folhas de papel, no interior do gerbox e colocadas para germinar nas mesmas condições do teste de germinação. As caixas plásticas foram colocadas no germinador formando um ângulo de 45° em relação à horizontal (Nakagawa, 1999). As avaliações do comprimento da raiz primária e do hipocótilo das plântulas, em centímetros, foram realizadas apenas nas plântulas consideradas normais (Brasil, 1992).

Os dados da biomassa seca das plântulas foram obtidos após a avaliação do comprimento das plântulas, descartando-se os cotilédones. Os eixos embrionários de cada repetição foram colocados em sacos de papel devidamente identificados e levados para secar em estufa com circulação forçada de ar, regulada a 70°C, durante 72 horas. Em seguida, as amostras foram pesadas em balança analítica, obtendo-se, então, a biomassa seca, com precisão de 0,001g (Nakagawa, 1999).

Na avaliação da taxa de crescimento relativo das plântulas foram consideradas germinadas as sementes com 0,5cm de protrusão da raiz primária. Após 72 horas da germinação das sementes, as plântulas foram medidas utilizando-se régua milimetrada. Os dados foram avaliados por meio da seguinte fórmula:

$$R = \frac{\ln W_2 - \ln W_1}{t_2 - t_1}, \text{ onde:}$$

R = taxa de crescimento;

ln = logaritmo neperiano;

W_1 = comprimento inicial;

W_2 = comprimento final;

t_1 = tempo inicial;

t_2 = tempo final.

O comprimento inicial (0,5cm), bem como o tempo final (72 horas após cada plântula atingir o comprimento inicial), foram pré-estabelecidos (Bradford, 1967).

Utilizou-se delineamento experimental inteiramente casualizado com 5 níveis de potencial osmótico e oito repetições. Os dados foram submetidos à análise de variância e de regressão. Para as variáveis plântulas normais obtidas na primeira contagem e na contagem final, biomassa seca das plântulas e taxa de crescimento relativo não foram possíveis ajustes matemáticos. Para as variáveis comprimento do hipocótilo e da raiz primária foram possíveis ajustes de modelos matemáticos. Na escolha do melhor modelo foram adotados os seguintes critérios: regressão significativa, fator de ajustamento não-significativo, R^2 , significância pelo teste t dos parâmetros do modelo, análise de resíduos e coeficiente de variância da regressão mais baixa possível.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância acusou efeito significativo dos diferentes níveis de potencial osmótico. A apresentação gráfica dos parâmetros utilizados para a avaliação da germinação (contagem final) e do vigor (primeira contagem de germinação, comprimento da raiz primária e do hipocótilo, biomassa seca das plântulas, velocidade de germinação e taxa de crescimento relativo) das sementes de canola, em função dos diferentes níveis de potencial osmótico, estão apresentados nas Figuras 1 a 7.

Observa-se por meio da análise da Figura 1, que ocorreu redução na porcentagem de germinação das sementes à medida que o potencial osmótico foi diminuindo; observa-se, também, que os valores de germinação apresentaram-se satisfatórios, quando as sementes foram submetidas até o nível de potencial osmótico de -0,25MPa; a partir desse nível de potencial osmótico, ocorreu redução significativa na germinação. Quando as sementes foram submetidas a potenciais osmóticos inferiores a -1,0MPa, a germinação foi severamente afetada, apresentando valores próximos de zero.

Estudos realizados por Trigo et al. (1999), por meio do condicionamento osmótico de sementes de cebola em soluções de polietileno glicol (PEG 6000) e de manitol, indicaram que a germinação de sementes de cebola diminuíram a medida que o potencial osmótico foi reduzido de -1,0 até -1,4MPa. Segundo Hadas (1976), a diminuição da germinação das

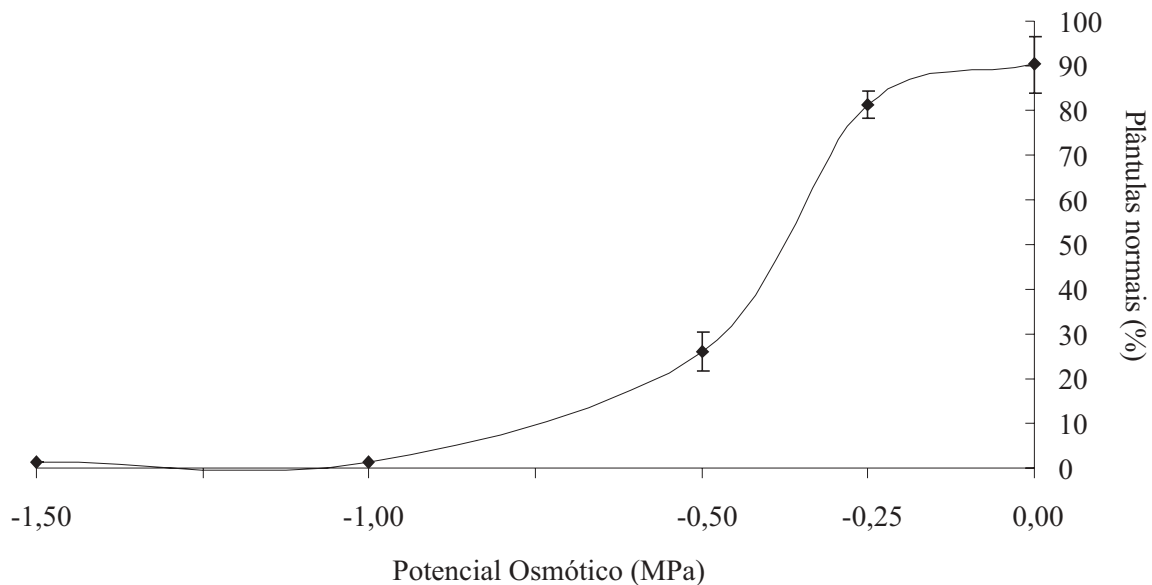


FIGURA 1. Plântulas normais obtidas na contagem final do teste de germinação de sementes de canola, submetidas a diferentes níveis de potencial osmótico, em soluções de manitol.

sementes de leguminosas submetidas a estresse hídrico é atribuída à redução da atividade enzimática, a qual promove menor desenvolvimento meristemático.

Na Figura 2, encontra-se a representação gráfica dos resultados obtidos na primeira contagem de germinação das sementes de canola, em função dos níveis de potencial osmótico. Observa-se redução na porcentagem de plântulas normais, a medida que decresceram os níveis de potencial osmótico das soluções; a partir do potencial a $-1,0\text{MPa}$ não foi possível observar a protusão da raiz primária das sementes de canola. Esse decréscimo acentuado na germinação das sementes de canola, à medida que os níveis de potencial osmótico tornaram-se mais negativos, está de acordo com os resultados obtidos por Sá (1987) e Braccini et al. (1996a e b).

Comparando-se os resultados dos testes de vigor (Figura 2) com os de germinação (Figura 1), verificou-se comportamento semelhante para essas duas características.

Para o comprimento da raiz primária das plântulas de canola (Figura 3) a análise de regressão dos dados permitiu o ajuste de equação com tendência quadrática, com um comportamento distinto daquele verificado para o comprimento do hipocótilo (Figura 4), apresentando comprimento das plântulas de $8,16\text{cm}$ (máximo da função) no nível de potencial osmótico de $-0,47\text{MPa}$. Observou-se que, a medida em que foi aumentando a concentração das soluções, ocorreu uma tendência de maior crescimento do

sistema radicular das plântulas até o potencial osmótico $-0,47\text{MPa}$ (ponto de máxima), em detrimento da parte aérea. Este efeito se deve ao fato de que plantas submetidas ao estresse hídrico apresentam maior desenvolvimento do sistema radicular para poder absorver água em maiores profundidades. Portanto, verificou-se maior crescimento do sistema radicular em relação ao do hipocótilo até o nível de potencial de $-0,50\text{MPa}$. Este fato evidencia que, em plantas de canola submetidas ao estresse hídrico, as raízes se desenvolvem mais, ao passo que, em plantas que se desenvolvem sob disponibilidade hídrica adequada, ocorre maior desenvolvimento da parte aérea, fato este constatado por Braccini et al. (1996a) trabalhando com sementes de soja.

O crescimento do sistema radicular tem apresentado uma resposta significativa ao estresse hídrico moderado. Sob condições de déficit de água, as raízes crescem mais devagar nas camadas superficiais e mais rapidamente nas camadas mais profundas e úmidas (Hadas, 1976).

A partir do nível de potencial osmótico de $-0,50\text{MPa}$ o crescimento da raiz primária foi similar ao crescimento do hipocótilo. Este efeito é atribuído ao fato de que sob condição de déficit hídrico acentuado, a plântula como um todo parece ser afetada, reduzindo seu crescimento (Braccini et al., 1996a).

A influência do potencial osmótico simulado e da temperatura na embebição e no crescimento da raiz primária de sementes de soja foi estudada por Lopes et al. (1996) que concluíram que a porcentagem de germinação diminuiu com

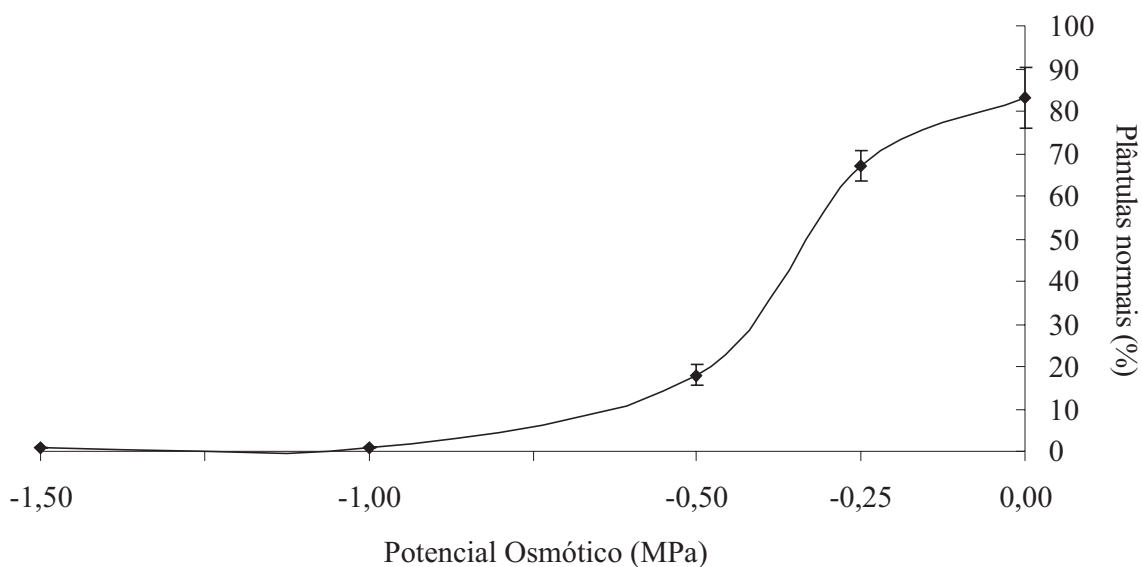


FIGURA 2. Plântulas normais obtidas na primeira contagem do teste de germinação de sementes de canola, submetidas a diferentes níveis de potencial osmótico, em soluções de manitol.

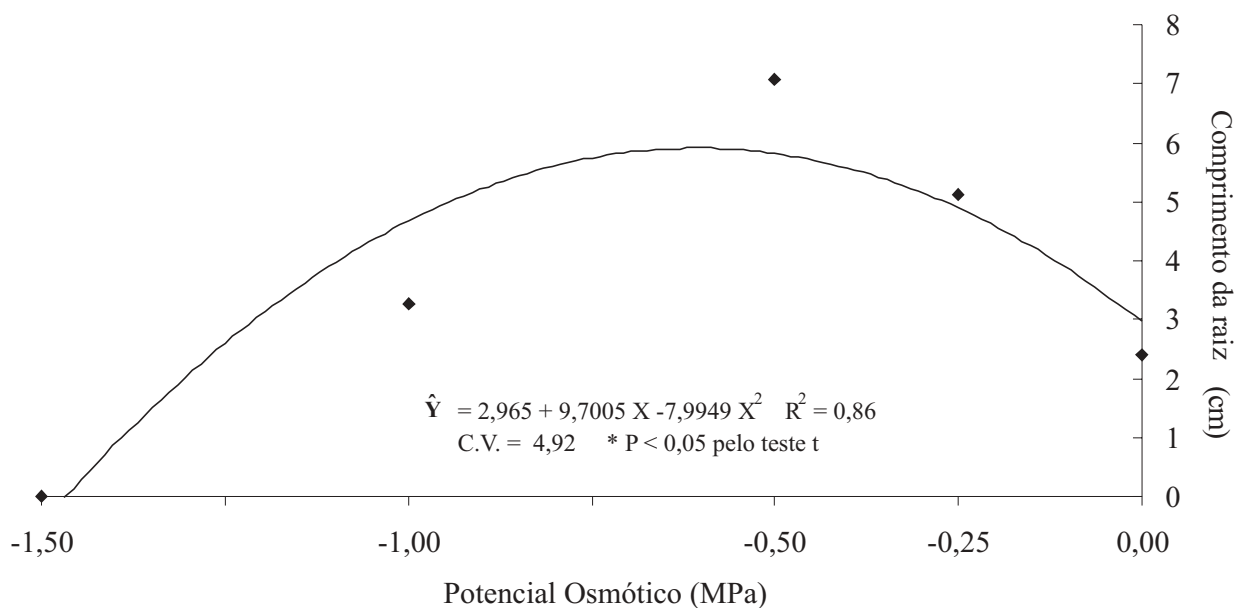


FIGURA 3. Comprimento da raiz primária das plântulas de canola sob a influência de diferentes níveis de potencial osmótico, em soluções de manitol.

o aumento da concentração de manitol, enquanto que o comprimento da raiz primária aumentou até o nível de potencial osmótico de -0,75MPa e, posteriormente, diminuiu.

Alvarenga et al. (1991) afirmaram que à medida que aumentou a concentração dos sais e do manitol das soluções, houve um decréscimo nos valores de biomassa seca das plântulas, comprimento da raiz primária e comprimento do hipocótilo.

Na Figura 4 são apresentados os resultados do

comprimento de hipocótilo das plântulas de canola. Observou-se redução à medida que ocorreu aumento da concentração da solução osmótica, o que permitiu o ajuste de equação linear. No nível de potencial osmótico de -0,50MPa, a redução do comprimento do hipocótilo foi de aproximadamente 50%, em relação à testemunha (nível zero). Além do estresse hídrico afetar a embebição, a velocidade e a percentagem de germinação, um dos efeitos da baixa disponibilidade de água é a redução do crescimento, causada pela diminuição da

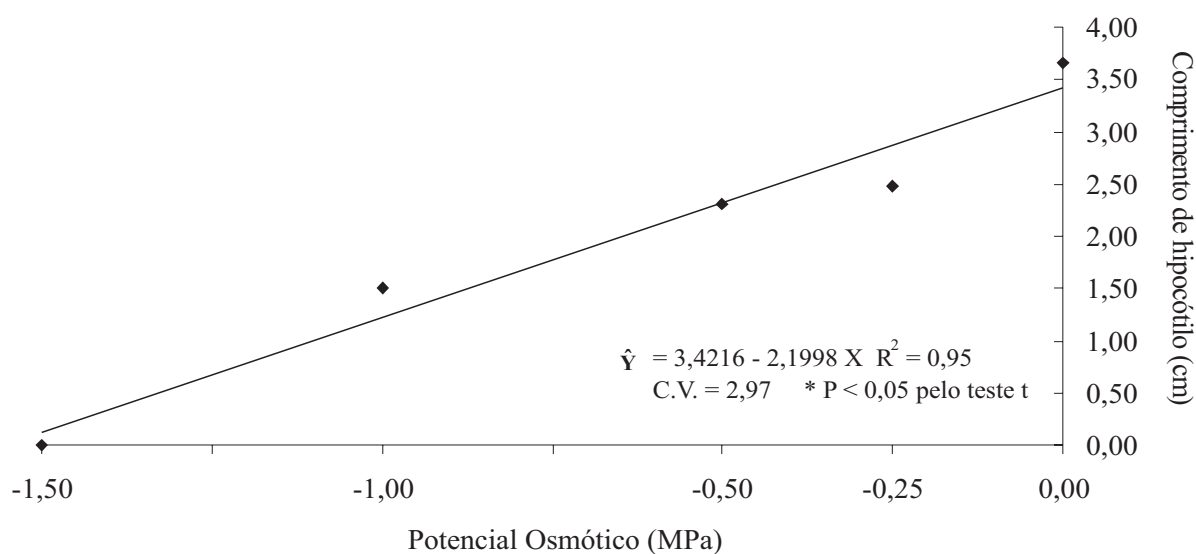


FIGURA 4. Comprimento do hipocótilo das plântulas de canola sob a influência de diferentes níveis de potencial osmótico, em soluções de manitol.

expansão celular. O processo de alongamento celular e a síntese de parede são muito sensíveis ao déficit hídrico, e a redução do crescimento, como consequência da diminuição do alongamento celular, seria causada por um decréscimo na turgescência dessas células (Bewley e Black, 1994).

Observa-se na Figura 4 que, a cada uma unidade de redução do potencial osmótico, ou seja, 1MPa que reduz o potencial, ocorre um decréscimo de 2,2cm (coeficiente angular) no comprimento de hipocótilo das plântulas de canola.

Com relação a variável biomassa seca das plântulas (Figura 5), observou-se que, com o decréscimo do potencial osmótico, ocorreu redução na massa seca das plântulas de canola a partir do nível de potencial osmótico de -0,50MPa. A variação da biomassa seca nos níveis de potencial de zero a -0,50MPa foi pequena. A partir do nível de potencial de -0,50MPa, o decréscimo na biomassa seca foi bastante acentuado, ou seja, acompanhou a redução do comprimento do hipocótilo e da raiz primária (Figuras 3 e 4).

A restrição hídrica atua reduzindo a velocidade dos processos fisiológicos e bioquímicos e, com isso, as plântulas de canola nas condições de baixa umidade apresentam menor desenvolvimento, ocorrendo, assim, menores comprimentos de plântulas e menor acúmulo de biomassa seca (Hadas, 1976).

Nos níveis mais negativos de potencial osmótico (-1,0MPa), o decréscimo na absorção de água pelas sementes proporcionou redução drástica no comprimento do hipocótilo e da raiz principal e na biomassa seca das plântulas, quando comparados com a testemunha, evidenciando o efeito prejudicial da baixa disponibilidade de água.

A Figura 6 ilustra a velocidade de germinação das sementes de canola, em função dos níveis de potencial osmótico em solução de manitol. Observa-se um ajuste, por meio da análise de regressão, de uma equação quadrática, em que as maiores velocidades de germinação (máximo da função) foi de 1,52 dias para -0,64MPa (ponto de máxima). Um dos efeitos do estresse hídrico é o de retardar o início da germinação das sementes. No nível mais elevado de potencial osmótico (zero MPa), 60% das sementes começaram a germinar dezesseis horas após a semeadura, ao passo que no nível de -0,64MPa, para atingir esse mesmo índice de germinação as sementes levaram trinta e seis horas, ou seja, aproximadamente o dobro do tempo.

Portanto, à medida que reduziu o potencial osmótico aumentou o número de dias para a germinação inicial das sementes. A velocidade com que as sementes germinam após a semeadura é de grande importância para um estabelecimento satisfatório das plântulas no campo. O retardamento na germinação pode expor as sementes a condições desfavoráveis de temperatura, bem como ao ataque de pragas e de doenças, acarretando prejuízos ao desempenho das sementes (Peske e Delouche, 1985).

O estresse hídrico pode reduzir tanto a germinação quanto a velocidade de germinação, com uma grande variação de respostas entre as espécies, desde aquelas muito sensíveis até as mais resistentes, ou seja, a intensidade da resposta germinativa ao estresse hídrico é variável entre sementes de diferentes espécies (Bewley e Black, 1994).

Ao estudaram diferentes níveis de potencial osmótico

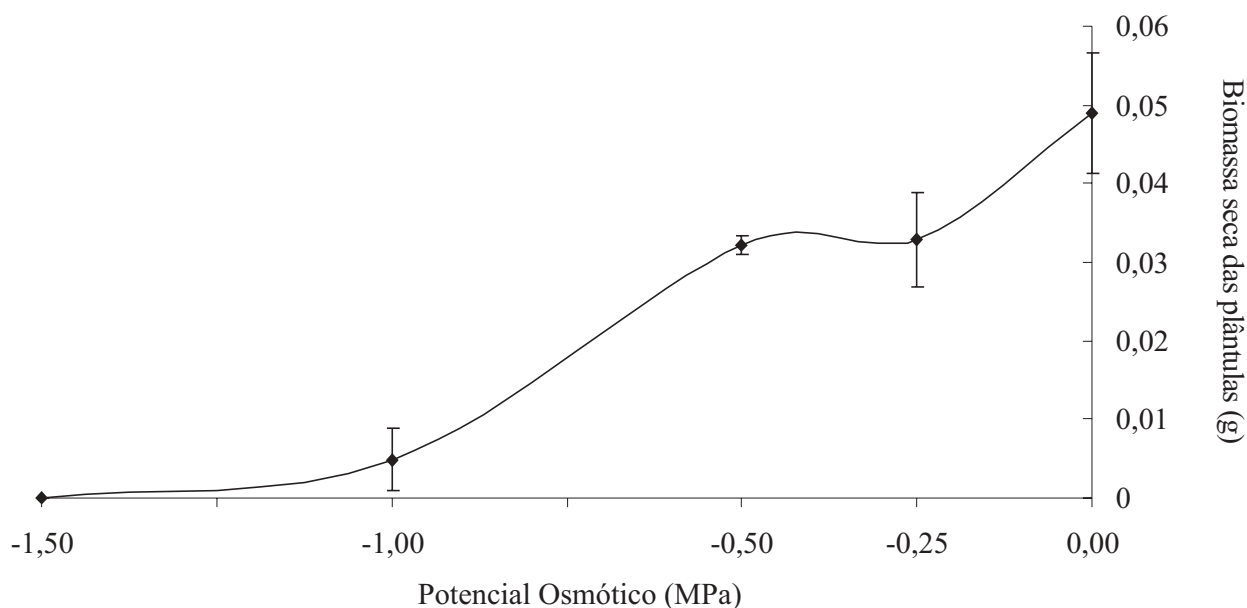


FIGURA 5. Biomassa seca das plântulas de canola sob a influência de diferentes níveis de potencial osmótico, em soluções de manitol.

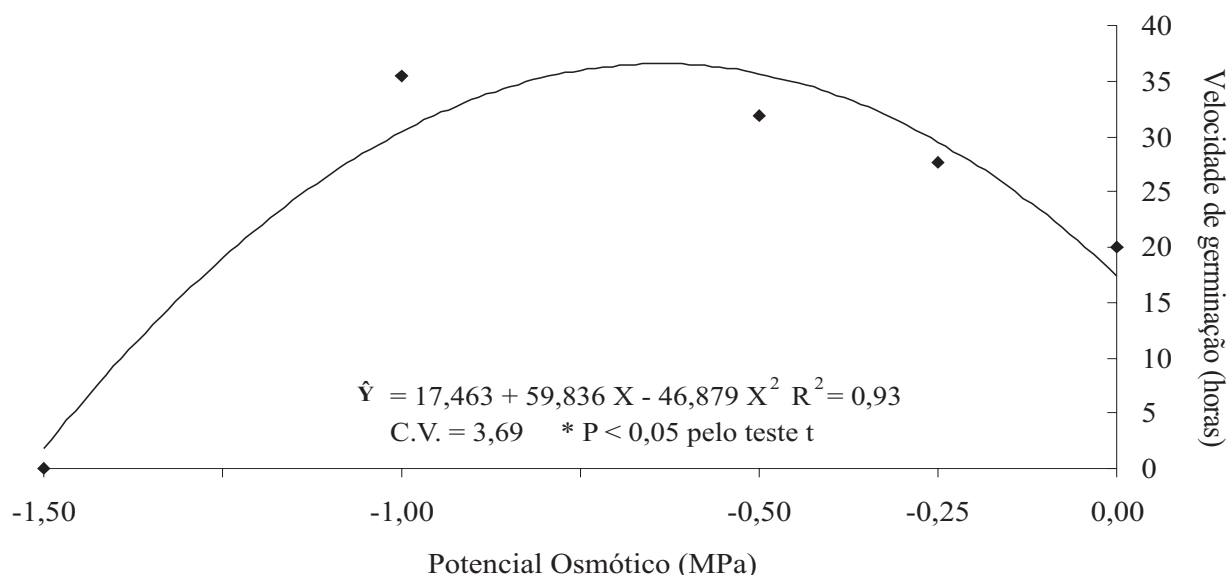


FIGURA 6. Velocidade de germinação das sementes de canola submetidas a diferentes níveis de potencial osmótico, em soluções de manitol.

com o uso de soluções de manitol na germinação de sementes de soja, Braccini et al. (1996b) concluíram que potenciais inferiores a $-0,3\text{MPa}$ provocaram redução acentuada na velocidade de germinação e na biomassa seca das plântulas de soja.

A taxa de crescimento relativo das plântulas de canola submetidas aos diferentes níveis de potencial osmótico em soluções de manitol encontra-se na Figura 7. Observa-se claramente que houve redução no crescimento relativo das plântulas à medida que decresceu o potencial osmótico das soluções, ou seja, o déficit hídrico afetou a taxa de crescimento

relativo.

Resultados semelhantes foram obtidos por Torres (1996) que avaliou a qualidade fisiológica de sementes de pimentão, submetidas ao teste de estresse hídrico. O autor verificou que, à medida que o potencial osmótico diminuiu, ocorreu redução na taxa de crescimento relativo e redução no comprimento das plântulas. Observou, também, maior taxa de crescimento relativo no potencial osmótico igual a zero MPa, havendo reduções progressivas com o decréscimo para $-0,3$; $-0,6$ e $-0,9\text{MPa}$.

A cultura da canola vem sendo considerada por muitos

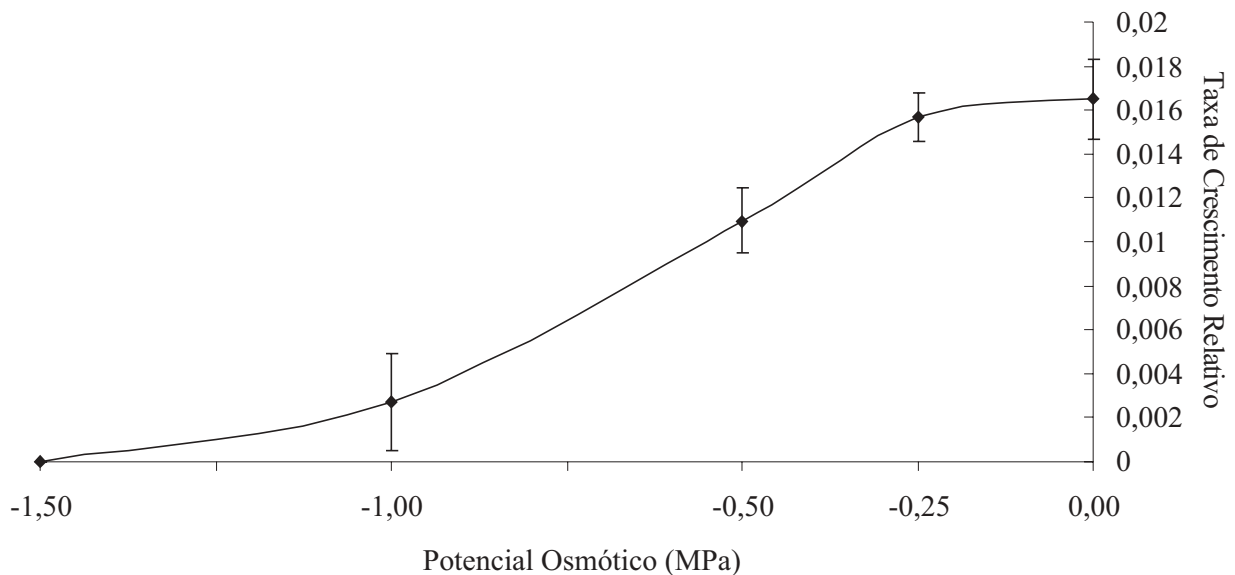


FIGURA 7. Taxa de crescimento relativo das plântulas de canola sob a influência de diferentes níveis de potencial osmótico, em soluções de manitol.

produtores do Estado do Paraná, a principal cultura para o período de inverno, onde há com frequência condições ambientais adversas por ocasião da sementeira, principalmente baixas temperaturas e períodos de estiagem. Desta forma a condução de trabalhos que simulem condições de baixa disponibilidade de água no solo é de extrema importância uma vez que refletem as condições complexas observadas no campo, podendo assim indicar às condições mínimas e ótimas de potencial hídrico no solo para a germinação das sementes e melhor desempenho de plântulas.

CONCLUSÃO

A redução do potencial osmótico do substrato promove redução significativa na germinação das sementes e no desempenho das plântulas de canola;

O nível de potencial osmótico de -1,0 MPa é crítico para a germinação das sementes e o desempenho das plântulas de canola.

REFERÊNCIAS

ALVARENGA, E.M.; SANTOS, V.L.M.; RUIZ, H.A. Efeito do estresse hídrico e salino na germinação e vigor de sementes de soja. *Revista Brasileira de Sementes*, Brasília. v.13, n. 2, p.189-194. 1991.

BEWLEY, J.D.; BLACK, M. *Seeds: physiology of development*

and germination. 2 ed. New York: Plenum Press, 1994. 445p.

BRACCINI, A.L.; RUIZ, H.A.; BRACCINI, M.C.L.; REIS, M.S. Germinação e vigor de sementes de soja sob estresse hídrico induzido por soluções de cloreto de sódio, manitol e polietileno glicol. *Revista Brasileira de Sementes*, Brasília. v.18, n. 1, p.10-16. 1996a.

BRACCINI, M.C.L.; BRACCINI, A.L.; DIAS, D.C.F.S.; ALVARENGA, E.M.; RUIZ, H.A. Efeito do potencial hídrico no solo e no substrato embebido com manitol sobre a germinação de sementes de soja. *Revista Brasileira de Sementes*, Brasília. v.18, n. 2, p.200-207. 1996b.

bRadford, P.J. Growth Analysis Formulae. *Crop Science*, Madison, v.7, n.3, p.171-175, 1967.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília, SNDA/DNDV/CLAV, 1992. 365p.

CARNEIRO, J.W.P.; BRACCINI, A.L. Relações hídricas durante a germinação de sementes. *Informativo Abrates*, Brasília. v.6, n.2-3, p. 68-76. 1996.

CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 3 ed. Campinas: Fundação Cargill, 1988. 424p.

EDMOND, J.B.; DRAPALA, W.J. The effects of temperature, sand and soil, and acetone on germination of okra seeds. *Proceedings of the American Society for Horticultural Science*, v. 71, p. 428-434, 1958.

HADAS, A. Water uptake and germination of leguminous seeds under changing external water potential in osmotic solution. *Journal Express Botany*, 27: 480-9, 1976.

LOPES, H.M.; SILVA, R.F.; MALAVASI, M.M. Influência do

potencial osmótico e da temperatura na embebição e no crescimento da radícula de sementes de cebola. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília. v.18, n.2, p.167-179. 1996.

MIKUSINSK, O.M. Testes de embebição e germinação em sementes de *Ipomoea aristolochiaefolia*. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília. v.9, n.3, p.103-108. 1987.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas. In: Krzyzanowski, F. C.; Vieira, R. D.; França Neto, J. B. (eds.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: Abrates, 1999. Cap.2, p.1-24.

Peske, S.T.; Delouche, J.C. Semeadura de soja em condições de baixa umidade do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.20, n.1, p.69-85, 1985.

Popinigis, F. **Fisiologia da semente**. Brasília: AGIPLAN, 1985. 289p.

SÁ, M. E. **Relações entre qualidade fisiológica, disponibilidade hídrica e desempenho de sementes de soja (*Glycine max (L.)***

Merril). Piracicaba, ESALQ-USP, 1987. 147p. (Tese Doutorado).

SANTOS, V.L.M.; CALIL, A.C.; RUIZ, H.A.; ALVARENGA, E.M. Efeito do estresse hídrico e salino na germinação e vigor de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília. v.14, n.2, p.189-194. 1992.

THILL, D.C.; SCHIMMAN, R.D.; APPLEBY, A.P. Osmotic stability of mannitol and polyethyleneglycol 20000 solutions used as seed germination media. **Agronomy Journal**, Madison. v.71, n.1, p.105-108. 1979.

TORRES, S.B. Qualidade fisiológica de sementes de pimentão através do teste de estresse hídrico. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília. v.18, n.2, p.246-250. 1996.

TRIGO, M.F.O.O.; NEDEL, J.L.; LOPES, N.F. Osmocondicionamento de sementes de cebola com soluções aeradas de polietileno glicol. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília. v.21, n.1, p.145-150. 1999.

