

# DEFICIÊNCIA HÍDRICA INDUZIDA POR DIFERENTES AGENTES OSMÓTICOS NA GERMINAÇÃO E VIGOR DE SEMENTES DE FEIJÃO<sup>1</sup>

NELSON BARBOSA MACHADO NETO<sup>2</sup>, CECI CASTILHO CUSTÓDIO<sup>2</sup>, PAULO ROBERTO COSTA<sup>3</sup>, FERNANDO LUCAS DONÁ<sup>4</sup>

**RESUMO** - As condições que as sementes encontram no solo para a germinação nem sempre são favoráveis. O potencial osmótico de algumas soluções pode apresentar valores mais negativos do que aquele apresentado pelas células do embrião, dificultando, assim, a absorção da água necessária para a germinação. A diminuição da germinação de sementes submetidas ao estresse hídrico é atribuída à redução das atividades enzimáticas. O objetivo deste trabalho foi verificar a potencialidade de soluções osmóticas de Manitol, CaCl<sub>2</sub>, KCl e NaCl nos potenciais de zero; -0,6; -1,2 e -1,8MPa como simuladores de deficiência hídrica de sementes de feijão, cv. 'IAC-Carioca-80SH', foram avaliados quanto à germinação, primeira contagem de germinação, classificação de vigor, comprimento de parte aérea e de raiz primária, bem como as massas secas de parte aérea e raiz primária das plântulas. As soluções osmóticas de manitol e CaCl<sub>2</sub>, na concentração de -0,6MPa, não produziram diferenças estatísticas na maioria dos resultados analisados, podendo ser usadas como simuladores de deficiência hídrica; as soluções de KCl e NaCl, além de funcionarem como reguladores osmóticos, manifestaram toxidez às sementes de feijão, não sendo recomendadas, portanto, como simuladores de deficiência hídrica.

Termos para indexação: *Phaseolus vulgaris*, qualidade fisiológica, estresse hídrico.

## WATER STRESS INDUCED BY DIFFERENT OSMOTIC AGENTES ON GERMINATION AND VIGOR OF BEAN SEEDS

**ABSTRACT** - The soil conditions where seeds are sown is not always favourable, as in saline or sodic soils. Some saline solutions may exhibit an osmotic potential more negative than the embryo cells, not allowing the necessary water uptake to germination. The germination lowering, in seeds submitted to water stress, is a function of the reduction in enzymatic activities. The aim of this study was to verify the differences between osmotic solutions of Mannitol, CaCl<sub>2</sub>, KCl and NaCl, over the germination and vigor of snap bean seeds, cv. 'IAC-Carioca-80SH'. Solutions of mannitol and CaCl<sub>2</sub>, did not show any differences between the variables analysed and both could be used as water deficit simulation solutions; however, KCl and NaCl solutions exhibited some toxicity to snap beans seeds and were not suitable for use as water deficit simulation.

Index terms: *Phaseolus vulgaris*, physiological quality, water stress.

## INTRODUÇÃO

As condições que as sementes encontram no solo para a germinação algumas vezes são adversas, tais como, em solos salinos e sódicos. O potencial osmótico de soluções salinas pode apresentar valores mais negativos do que aquele

apresentado pelas células do embrião, dificultando, portanto, a absorção da água necessária para a germinação. A diminuição da germinação de sementes submetidas ao estresse hídrico é atribuída à redução das atividades enzimáticas. A salinidade afeta a germinação, não só por dificultar a cinética da absorção

<sup>1</sup>Submetido em 03/08/2004. Aceito para publicação em 06/06/2005;

<sup>2</sup>Prof Drs. Curso de Agronomia da Universidade do Oeste Paulista - Rod. Raposo Tavares, km 572, Presidente Prudente SP 19067-175;

<sup>3</sup>Aluno de Pós-Graduação da Universidade do Oeste Paulista - Mestrado em

Agronomia;

<sup>4</sup>Aluno de Graduação do Curso de Agronomia da Universidade do Oeste Paulista.

de água, mas também por facilitar a entrada de íons em quantidades tóxicas nas sementes durante a embebição (Santos et al., 1992). Por outro lado, em condições de plena disponibilidade de água no solo, as sementes, principalmente as mais secas, podem absorver água rapidamente, ocasionando rupturas em seus tecidos, com conseqüentes prejuízos à germinação (Braga et al., 1999), sendo que o feijão possui grande sensibilidade à falta de água após a semeadura. Valores inferiores a  $-3,5\text{atm}$  ( $-0,35\text{MPa}$ ) podem reduzir drasticamente a germinação e o alongamento de células (Durval e Fancelli, 2000); contudo, mesmo após seis dias em condições de deficiência a  $-1,5\text{MPa}$  ocorreu germinação, em laboratório, em sementes de cultivares de feijoeiro (Lemos e Machado Neto, 1999; Machado Neto et al., 2003).

Trabalhos com sementes de diversas espécies têm sido conduzidos sob condições de deficiência hídrica, com o objetivo de determinar o vigor em condições de estresse hídrico. Para tanto, diversas soluções osmóticas têm sido usadas para simular um ambiente com reduzida umidade. Dentre estas, pode-se citar o PEG (polietileno glicol), o Manitol, o  $\text{CaCl}_2$  (cloreto de cálcio), o KCl (cloreto de potássio) e o NaCl (cloreto de sódio). Quantidades específicas, para cada um destes agentes osmóticos, simulam um determinado potencial osmótico e estes potenciais podem ser estabelecidos pela equação de Van't Hoff (Braga et al., 1999; Souza e Cardoso, 2000). Entretanto, as diferenças químicas existentes entre estas soluções, podem acarretar diferenças nos resultados de germinação e vigor das sementes, mesmo em potenciais hídricos similares (Souza e Cardoso, 2000).

Os sais de alta solubilidade são os mais nocivos, porque as sementes, ao absorverem água; do substrato, absorvem, também, os sais que, em excesso, provocam toxidez e, conseqüentemente, acarretam distúrbios fisiológicos às sementes, produzindo decréscimo no potencial de germinação (Torres et al., 2000); contudo, por sua vez podem ser utilizados como fatores de seleção de materiais que venham a exibir respostas de tolerância a condições de baixa disponibilidade hídrica ou de salinidade (Machado Neto et al., 2003, 2004). O excesso de sais solúveis, além de provocar uma redução do potencial hídrico do solo, atua como agente tóxico para o embrião e influencia na germinação (Fonseca e Perez, 1999).

Em sementes de olho-de-dragão (*Anadenanthera pavonina*), o cloreto de potássio apresentou-se como o agente osmótico mais tóxico, seguido pelos cloretos de sódio e cálcio, sendo que a germinação foi observada até o potencial de  $-1,4\text{MPa}$ ; a partir de  $-1,5\text{MPa}$  não foi computado mais nenhum evento de germinação, o mesmo acontecendo com *Leucena*

*leucocephala* (Cavalcante e Perez, 1995).

Em pepino (*Cucumis sativus* L.), o cloreto de sódio, induzindo diferentes potenciais osmóticos, reduziu a germinação, o número de plântulas normais e o desenvolvimento das plântulas. De maneira análoga, sementes de feijão com diferentes potenciais fisiológicos, expostas ao estresse hídrico induzido por manitol, apresentaram redução na germinação, primeira contagem, velocidade de germinação, comprimento e massa seca de parte aérea e de raízes, bem como um aumento do número de plântulas anormais em potenciais de  $-0,4$  a  $-0,6\text{MPa}$  (Braga et al., 1999); em soja, efeito semelhante ocorreu em plantas submetidas ao estresse hídrico por cloreto de sódio (Santos et al., 1996), .

Entretanto, há poucos trabalhos comparando resultados de germinação e vigor em sementes sob deficiência hídrica, utilizando-se diferentes soluções osmóticas, a fim de se avaliar suas deficiências hídricas. O objetivo deste trabalho foi verificar a potencialidade de soluções osmóticas de Manitol,  $\text{CaCl}_2$ , KCl e NaCl, em quatro níveis de potencial osmótico, como simuladores de deficiência hídrica.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no período de março a maio de 2003, no Laboratório de Análise de Sementes da Universidade do Oeste Paulista – UNOESTE – localizado em Presidente Prudente – SP. Utilizaram-se sementes de feijão, cultivar ‘IAC – Carioca 80SH’, submetidas à germinação em potenciais osmóticos de 0 (água pura),  $-0,6$ ,  $-1,2$  e  $-1,8\text{MPa}$  (Tabela 1), induzidos por soluções contendo Manitol,  $\text{CaCl}_2$ , KCl e NaCl, calculados pela fórmula de Van't Hoff (Braga et al., 1999).

O teste de germinação consistiu em colocar quatro repetições de cinquenta sementes, envolvidas entre três folhas de papel toalha para germinação (Germitest), sendo duas como base e uma para cobrir, umedecidas com 2,25 vezes a sua massa com as soluções mencionadas anteriormente (Tabela 1). Em seguida, os rolos foram envolvidos em sacos plásticos de polietileno e mantidos em germinador à temperatura constante de  $25^\circ\text{C}$ . As contagens foram feitas aos cinco e oito dias, computando-se as plântulas normais, anormais e as sementes mortas (Brasil, 1992). As plântulas normais foram classificadas, para avaliação do vigor, em normais fortes e fracas, de acordo com Nakagawa (1999). Os resultados foram expressos em porcentagem.

Para avaliação do desempenho das plântulas foram utilizadas quatro repetições de 10 sementes, distribuídas em

**TABELA 1. Concentrações (g.L<sup>-1</sup>) de Manitol, CaCl<sub>2</sub>, KCl e NaCl para obter diferentes níveis de potencial osmótico**

Nível os (MPa)	Manitol (g.L <sup>-1</sup> de água desmineralizada)	CaCl <sub>2</sub>	KCl	NaCl
0	0	0	0	0
- 0,6	44,58	15,95	10,72	8,40
- 1,2	89,17	31,93	21,44	16,81
- 1,8	133,75	47,88	32,16	25,21

toalhas de papel para germinação, formando linha única a 10cm da borda superior da folha. Estas foram submetidas às mesmas condições do teste de germinação, sendo os dados obtidos após cinco dias. Obtiveram-se destes materiais, dados de comprimento de hipocótilo e de raiz primária. Posteriormente, estas partes foram seccionadas e acondicionadas, separadamente, em sacos de papel fino, os quais foram postos para secar em estufa a 60°C por 48 horas. Após, os materiais foram deixados esfriar em dessecador e pesados em balança analítica com precisão de 0,001g (Nakagawa, 1999).

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado em um arranjo fatorial de 4x4 (agentes osmóticos x potenciais hídricos), com quatro repetições. A porcentagem de germinação, a classificação de vigor e a primeira contagem de germinação foram transformadas em arco seno (X/100)<sup>0,5</sup>; o comprimento do hipocótilo e raiz primária, bem como a massa seca da parte aérea e de raiz não foram transformados. Os dados foram analisados estatisticamente com a ajuda do software SANEST (Zonta et al., 1984), usando o teste F para

análise de variância, o teste Tukey para a comparação de médias entre os diferentes solutos e regressão linear para os níveis de potencial osmótico.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

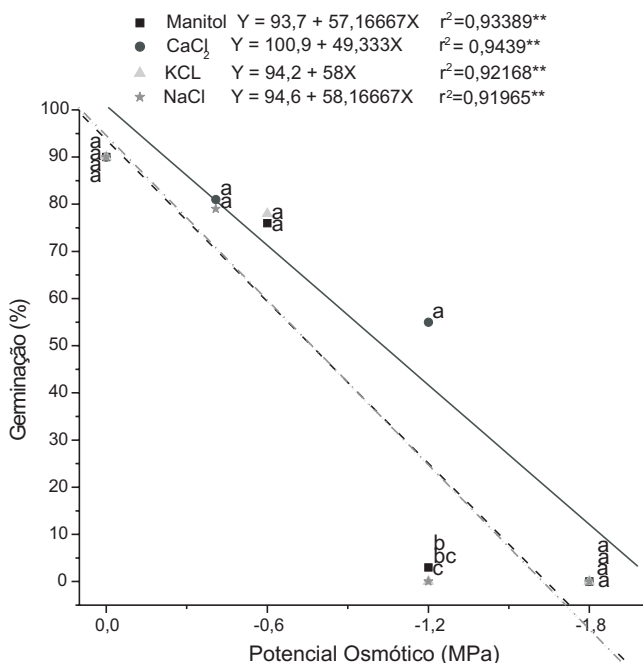
A análise de variância demonstrou, para todas as variáveis, efeito significativo da interação dos níveis de potencial osmótico com os solutos estudados. Assim, os resultados de comparação de médias de agentes osmóticos dentro dos níveis de potencial foram apresentados na Tabela 2, enquanto que a variação dentro de cada soluto foi apresentada através de curvas de regressão nas Figuras de 1 a 7.

Os resultados apontaram uma redução na porcentagem de germinação das sementes, a medida que diminuiu o potencial osmótico, em todas as soluções osmóticas analisadas (Figura 1). Entretanto, o tratamento com CaCl<sub>2</sub> foi menos severo para a germinação em relação às soluções de manitol, KCl e NaCl, as quais apresentaram resultados muito semelhantes para o potencial de -1,2MPa (Tabela 2). As sementes tratadas com soluções de CaCl<sub>2</sub> germinaram até o potencial de -1,2MPa, indicando em um limite máximo de tolerância entre os potenciais de -1,2 e -1,8MPa; as soluções de manitol, KCl e NaCl induziram nulidade ou valor próximo a zero de germinação no potencial de -1,2MPa, apontando limite máximo de tolerância menor para estas soluções. Fonseca e Perez (1999), utilizando sementes de olho de dragão, verificaram que sementes tratadas com soluções de KCl e

**TABELA 2. Resultados de germinação (G), primeira contagem de germinação (PCG), classificação de vigor (CV), comprimento de hipocótilo (CH), comprimento de raiz (CR), massa seca de parte aérea (MSPA) e massa seca de raiz (MSR), para diferentes soluções osmóticas dentro de cada nível de potencial**

Nível de os* (MPa)	Solução	G	PCG (%)	CV	CH (cm)	CR	MSPA (g)	MSR
0,0	Testemunha**	90	90	72	12,598	18,192	0,524	0,145
-0,6	Manitol	76 a <sup>1</sup>	22 b	22 b	4,093 ab	12,268 a	0,219 b	0,089 a
	CaCl <sub>2</sub>	81a	81 a	42 a	4,578 a	8,827 ab	0,315 a	0,089 a
	KCl	78 a	0 c	0 c	2,390 b	3,283 c	0,099 c	0,046 b
	NaCl	79 a	0 c	0 c	2,908 ab	6,093 bc	0,204 b	0,086 a
-1,2	Manitol	3 b	3 a	3 a	4,043 a	7,438 a	0,100 a	0,057 a
	CaCl <sub>2</sub>	55 a	0 b	0 b	1,180 b	1,313 b	0,029 ab	0,008 b
	KCl	1 bc	0 b	0 b	0,000 b	0,000 b	0,000 b	0,000 b
	NaCl	0 c	0 b	0 b	0,470 b	0,688 b	0,011 b	0,005 b
-1,8	Manitol	0 a	0 a	0 a	0,088 a	1,500 a	0,022 a	0,013 a
	CaCl <sub>2</sub>	0 a	0 a	0 a	0,000 a	0,000 a	0,000 a	0,000 a
	KCl	0 a	0 a	0 a	0,000 a	0,000 a	0,000 a	0,000 a
	NaCl	0 a	0 a	0 a	0,000 a	0,000 a	0,000 a	0,000 a

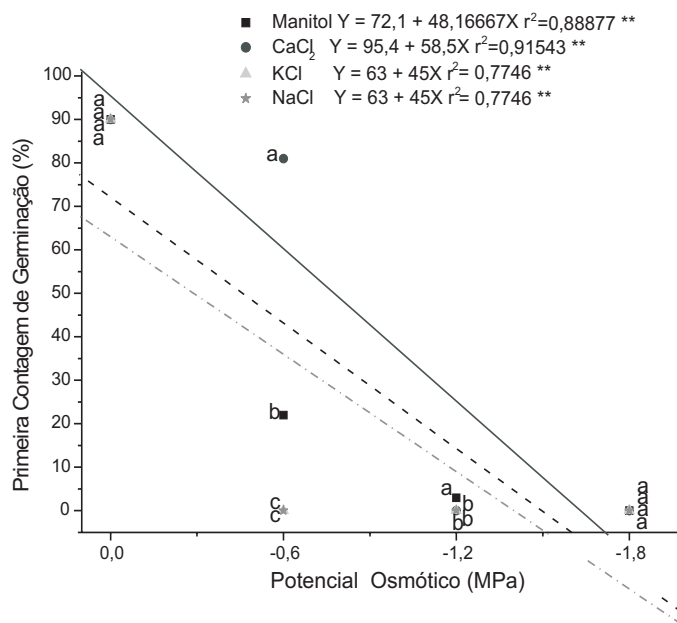
\* -  $\Psi_{os}$  - Potencial osmótico; \*\* - a testemunha, água destilada, apresentou resultados iguais para todas as soluções osmóticas; <sup>1</sup> - médias seguidas por letras distintas, dentro de cada nível de potencial, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.



**FIGURA 1.** Germinação de sementes de feijão, cultivar ‘IAC-Carioca-80SH’, expostas a deficiência hídrica induzida por diferentes concentrações de Manitol,  $CaCl_2$ , KCl e NaCl, durante a germinação. Dentro de cada potencial hídrico, médias seguidas por mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

$CaCl_2$  germinaram até o nível de potencial de  $-1,2$ MPa, permitindo limite máximo de tolerância entre os potenciais de  $-1,2$  e  $-1,4$ MPa; já, as sementes tratadas com NaCl germinaram até o potencial de  $-1,4$ MPa, implicando em um limite máximo de tolerância maior para esse sal. Em soja, potenciais osmóticos menos negativos, que os aqui testados, provocaram redução acentuada na germinação. Em potencial osmótico de  $-0,9$ MPa, a germinação foi severamente afetada, principalmente para PEG 6000 e NaCl, apresentando valores de 0 e 15%, respectivamente; em manitol contudo, não houve redução tão acentuada na germinação das sementes, apresentando valor superior a 65%, neste mesmo nível de potencial osmótico. Potenciais osmóticos inferiores a  $-0,3$ MPa foram críticos para a germinação e vigor das sementes de soja (Braccini et al., 1996). Em arroz, os efeitos deletérios do sódio, fizeram-se notar entre  $-0,4$  e  $-0,8$ MPa, tanto para cloreto como para sulfato de sódio (Campos e Assunção, 1990a,b).

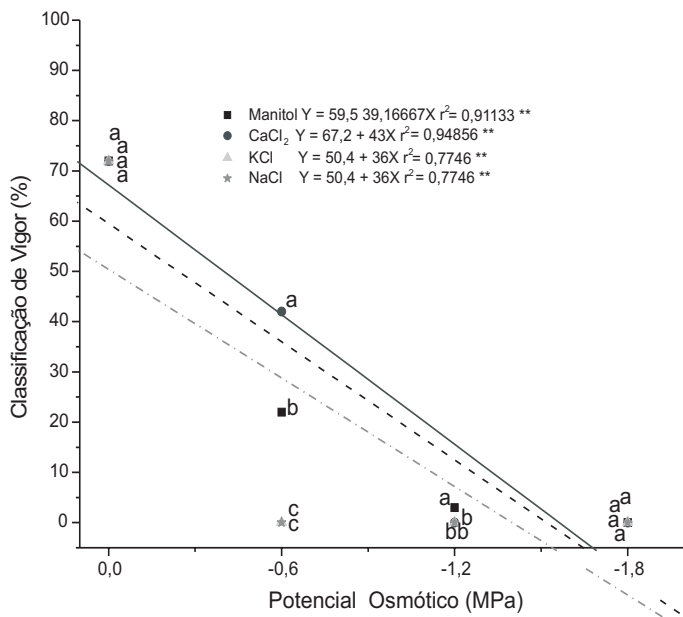
Em relação à primeira contagem de germinação (Figura 2) e classificação de vigor das plântulas (Figura 3), a solução  $CaCl_2$  apresentou valores superiores às demais, diferindo no potencial  $-0,6$ MPa. O potencial de  $-1,2$ MPa apresentou valores nulos ou próximos de zero para todas as soluções osmóticas



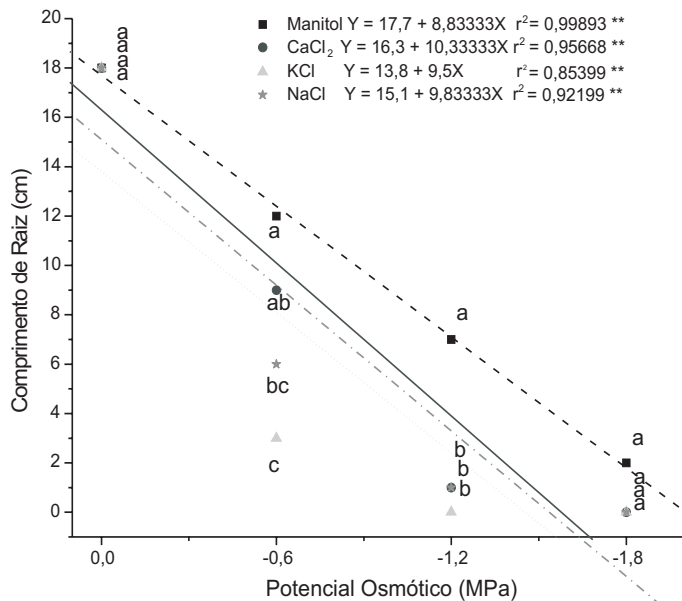
**FIGURA 2.** Primeira contagem de germinação de sementes de feijão, cultivar ‘IAC-Carioca-80SH’, expostas a deficiência hídrica induzida por diferentes concentrações de Manitol,  $CaCl_2$ , KCl e NaCl, durante a germinação. Dentro de cada potencial hídrico, médias seguidas por mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

(Tabela 2). A solução de manitol, diferentemente do que ocorreu com a porcentagem de germinação, produziu resultados superiores às soluções de KCl e NaCl, diferindo destas no potencial de  $-0,6$ MPa. Isto se deve ao fato de que as sementes apesar de expostas a KCl e NaCl terem apresentado germinação equivalente ao  $CaCl_2$  e ao Manitol, houve interferência daqueles íons ( $K^+$  e  $Na^+$ ) com a velocidade de germinação, medida pela primeira contagem de germinação e com a irregularidade das plântulas, medida pela classificação de vigor, onde são consideradas apenas as plântulas normais fortes, sendo um indicativo de toxidez destes cátions para as sementes germinantes.

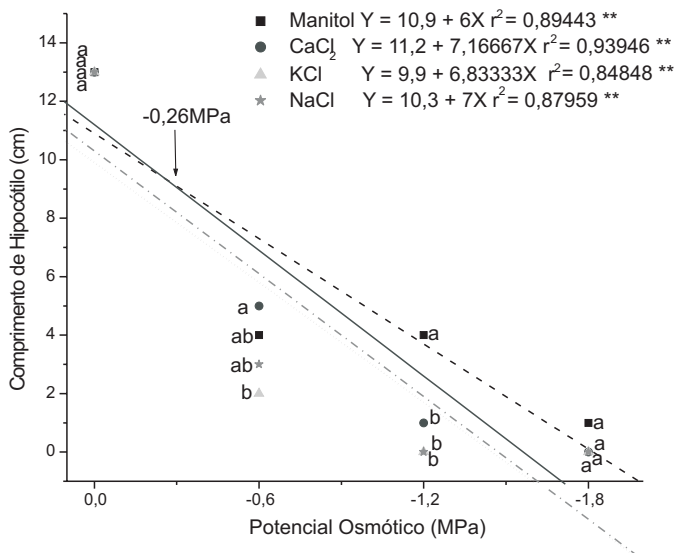
Para o comprimento de hipocótilo (Figura 4), a solução de  $CaCl_2$  apresentou valores superiores às demais até o nível de potencial osmótico de  $-0,26$ MPa, a partir do qual a solução de manitol se tornou superior às soluções de  $CaCl_2$ , KCl e NaCl. As soluções de KCl e NaCl produziram resultados muito semelhantes. De acordo com os dados obtidos, a solução de  $CaCl_2$  foi superior apenas à solução de KCl no potencial hídrico  $-0,6$ MPa. No potencial hídrico de  $-1,2$ MPa a solução de manitol foi superior à todas outras soluções (Tabela 2). Em soja, o aumento do potencial osmótico afetou negativamente



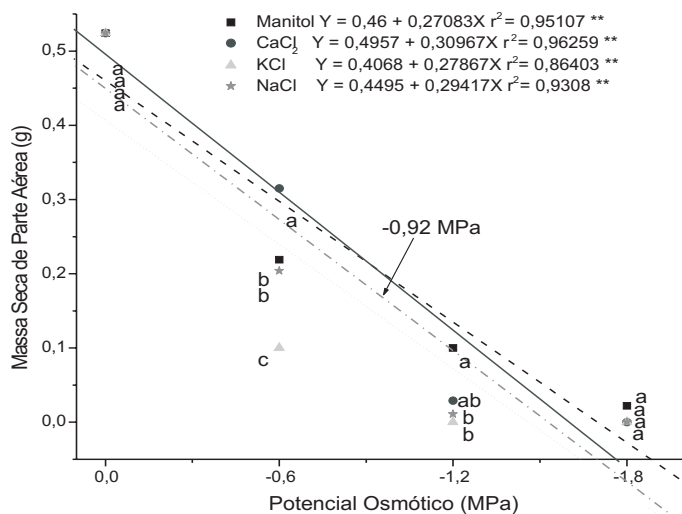
**FIGURA 3.** Classificação de vigor de sementes de feijão, cultivar ‘IAC-Carioca-80SH’, expostas a deficiência hídrica induzida por diferentes concentrações de Manitol,  $CaCl_2$ , KCl e NaCl, durante a germinação. Dentro de cada potencial hídrico, médias seguidas por mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.



**FIGURA 5.** Comprimento de raiz de feijão, cultivar ‘IAC-Carioca-80SH’, expostas a deficiência hídrica induzida por diferentes concentrações de Manitol,  $CaCl_2$ , KCl e NaCl, durante a germinação. Dentro de cada potencial hídrico, médias seguidas por mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.



**FIGURA 4.** Comprimento de hipocótilo de feijão, cultivar ‘IAC-Carioca-80SH’, expostas a deficiência hídrica induzida por diferentes concentrações de Manitol,  $CaCl_2$ , KCl e NaCl, durante a germinação. Dentro de cada potencial hídrico, médias seguidas por mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.



**FIGURA 6.** Massa seca de parte aérea de feijão, cultivar ‘IAC-Carioca-80SH’, expostas a deficiência hídrica induzida por diferentes concentrações de Manitol,  $CaCl_2$ , KCl e NaCl, durante a germinação. Dentro de cada potencial hídrico, médias seguidas por mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

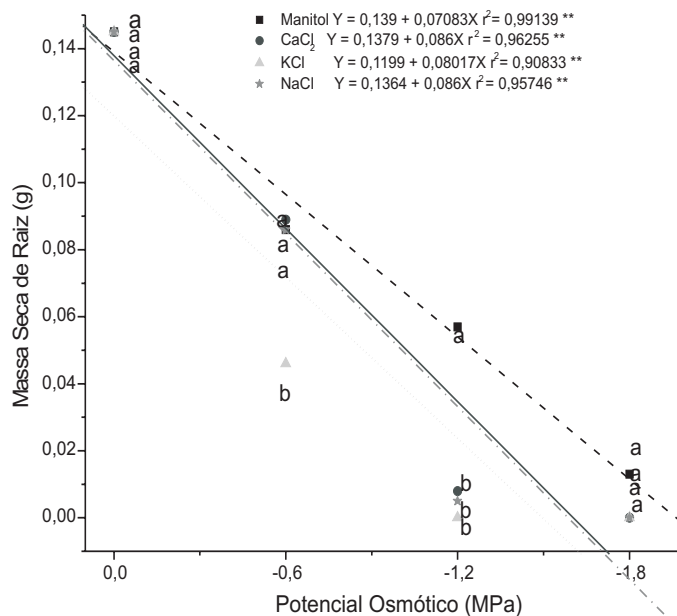
o crescimento de hipocótilo, tanto em manitol, a qual apresentou um decréscimo acentuado de crescimento até  $-1,2\text{MPa}$ , como em NaCl, no qual a partir de  $-0,6\text{MPa}$  não houve desenvolvimento de plântulas (Machado Neto et al., 2004).

Para o comprimento de raízes, no potencial hídrico de  $-0,6\text{MPa}$ , não houve diferença entre a solução de manitol e a de  $\text{CaCl}_2$ , sendo, estas, superiores às soluções de KCl e NaCl (Figura 5, Tabela 2). Entretanto, dentro do potencial hídrico de  $-1,2\text{MPa}$ , a solução de manitol foi superior. Para o crescimento de plântulas de arroz, o potencial de  $-0,8\text{MPa}$ , tanto de NaCl como de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , pode ser considerado crítico para a germinação e crescimento da cultivar 'IAC 25', ao passo que PEG 6000 só foi prejudicial a  $-1,2\text{MPa}$  (Campos e Assunção, 1990a,b). O aumento do potencial osmótico afetou negativamente o crescimento de raízes de soja, tanto com manitol, quanto com NaCl, no qual a partir de  $-0,6\text{MPa}$  não houve desenvolvimento de sistemas radiculares (Machado Neto et al., 2004). Isto pode ser devido ao fato de haver um menor alongamento dos tecidos, uma vez que este e o processo de síntese de carboidratos são susceptíveis ao estresse hídrico (Wenkert et al., 1978).

Para a variável massa seca da parte aérea (Figura 6), pode-se observar, à semelhança do que ocorreu para o comprimento de hipocótilo (Figura 4), que a solução de  $\text{CaCl}_2$  foi superior às demais soluções até o potencial hídrico de  $-0,92\text{MPa}$ , no qual, a partir deste, houve superioridade da solução de manitol. A solução de  $\text{CaCl}_2$  produziu resultados maiores (Tabela 2), comparada às demais, no potencial hídrico de  $-0,6\text{MPa}$ , sendo a solução de KCl, a que obteve os menores resultados dentro do mesmo potencial hídrico. No potencial hídrico  $-1,2\text{MPa}$ , não houve diferença entre as soluções de manitol e  $\text{CaCl}_2$ , porém, no mesmo nível, a solução de manitol foi superior às soluções de KCl e NaCl.

Para o peso seco de raízes, as soluções de manitol,  $\text{CaCl}_2$  e NaCl produziram resultados superiores à solução de KCl, no potencial hídrico de  $-0,6\text{MPa}$  (Figura 7, Tabela 2). Para o potencial hídrico de  $-1,2\text{MPa}$ , a solução de manitol superou as demais soluções. A diminuição de massa seca, tanto da parte aérea como das raízes, está relacionada com a falta de água para o metabolismo, o que reduz a velocidade das reações metabólicas e, conseqüentemente, diminui o acúmulo de matéria seca (Marur et al., 1994).

A presença de íons sódio ou potássio pode desestabilizar o equilíbrio osmótico e/ou das membranas, o que deslocaria o metabolismo para a realização de reparos nas estruturas celulares, levando a redução drástica de crescimento e acúmulo de matéria seca. O cálcio, por sua vez, atua como estabilizador



**FIGURA 7. Massa seca de raiz de feijão, cultivar 'IAC-Carioca-80SH', expostas a deficiência hídrica induzida por diferentes concentrações de Manitol,  $\text{CaCl}_2$ , KCl e NaCl, durante a germinação. Dentro de cada potencial hídrico, médias seguidas por mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.**

de membranas, afetando pouco o equilíbrio sódio:potássio, e de sinalizador celular para diversas formas de estresse como, por exemplo, a ativação de catalase, uma enzima envolvida na manutenção da integridade celular (Yang e Poovaiah, 2002).

O cloreto de cálcio, como agente osmótico, foi tão eficiente como o manitol, em relação aos cloretos de potássio e de sódio. Tal fato pode ser devido ao íon cálcio, bivalente, que confere certa estabilidade às membranas, além de ser responsável por mediar diversas respostas celulares a fatores abióticos (Reddy, 2001). O manitol, por sua vez, é um açúcar alcoólico, inerte, utilizado como estabilizador osmótico em cultura de tecidos vegetais e que dificilmente é absorvido. Estas argumentações podem explicar os resultados superiores, em cada potencial osmótico estudado, obtidos pelo tratamento  $\text{CaCl}_2$  nas avaliações de germinação e de vigor e, por  $\text{CaCl}_2$  e manitol, nas avaliações de desenvolvimento de plântulas.

## CONCLUSÕES

As soluções osmóticas de manitol e  $\text{CaCl}_2$  podem ser usadas como simuladores de deficiência hídrica, no potencial de  $-0,6\text{MPa}$ .

As soluções de KCl e NaCl manifestam toxidez às sementes de feijão, a partir de  $-0,6\text{MPa}$ , não sendo recomendadas como simuladores de deficiência hídrica.

## REFERÊNCIAS

- 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, 1996.
- BRAGA, L.F.; SOUSA, M.P.; BRAGA, J.F.; SÁ, M.E. Efeito da disponibilidade hídrica do substrato na qualidade fisiológica de sementes de feijão. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.21, n.2, p.95-102, 1999.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análises de sementes**. Brasília: SNDA/DNDV/CLAV, 1992. 365p.
- CAMPOS, I.S.; ASSUNÇÃO, M.V. Efeitos do cloreto de sódio na germinação e vigor de plântulas de arroz. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.25, n.6, p.837-843, 1990a.
- CAMPOS, I.S.; ASSUNÇÃO, M.V. Estresse salino e hídrico na germinação e vigor do arroz. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.25, n.6, p.857-862, 1990b.
- CAVALCANTE, A.M.B.; PEREZ, S.C.J.G.A. Efeitos dos estresses hídrico e salino sobre a germinação de sementes de *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.30, n.2, p.281-289, 1995.
- DURVAL, D.N.; FANCELLI, A.L. **Produção de feijão**. Guaíba: Agropecuária, 2000. 385p.
- FONSECA, S.C.L.; PEREZ, S.C.J.G.A. Efeito de sais e da temperatura na germinação de sementes de olho-de-dragão (*Adenanthera pavonina* L. - FABACEAE). **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.21, n.2, p.70-77, 1999.
- LEMOS, M.S.B.; MACHADO NETO, N.B. Avaliação do déficit hídrico na germinação de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Colloquium**, Presidente Prudente, v.2, p.21-26, 1999.
- MACHADO NETO, N.B.; CUSTÓDIO, C.C.; MAIA, C.A.; MATSUMOTO, R.S. Estresse salino e hídrico durante a germinação em populações de feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SEMENTES, 20., 2003, Gramado. **Informativo Abrates**, Londrina, v.3, p.78, 2003.
- MACHADO NETO, N.B.; SATURNINO, S.M.; BOMFIM, D.C.; CUSTÓDIO, C.C. Water stress induced by mannitol and sodium chloride in soybean cultivars. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v.47, n.4, p. 521-529, 2004.
- MARUR, C.J.; SODEK, L.; MAGALHÃES, A.C. Free aminoacids in leaves of cotton plants under water deficit. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Campinas, v.6, p.103-108, 1994.
- NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados nos desempenhos das plântulas. In: **Vigor de sementes: conceitos e testes**. In: KRZYZANOWSKI, F.C., VIEIRA, R.D. E FRANÇA NETO, J.B. (Ed.). Londrina: ABRATES, 1999 p. 2.1-2.24.
- REDDY, A.S.N. Calcium: silver bullet in signaling. **Plant Science**, Oxford, v.160, p.381-404, 2001.
- SANTOS, V.L.M.; CALIL, A.C.; RUIZ, H.A.; ALVARENGA, E.M.; SANTOS, C.M. Efeito do estresse salino e hídrico na germinação e vigor de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.14, n.2, p.189-194, 1992.
- SANTOS, V.L.M.; SILVA, R.F.; SEDIYAMA, T.; CARDOSO, A.A. Utilização do estresse salino na qualidade das sementes de genótipos de soja (*Glycine max* (L.) Merrill). **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.18, n.1, p.83-87, 1996.
- SOUZA, G.M.; CARDOSO, V.J.M. Effects of different environmental stress on seed germination. **Seed Science Technology**, Zürich, v.28, n.3, p.621-630, 2000.
- TORRES, S.B.; VIEIRA, E.L.; MARCOS-FILHO, J. Efeitos da salinidade na germinação e no desenvolvimento de plântulas de pepino. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.22, n.2, p.39-44, 2000.
- YANG, T.; POOVAIAH, B.W. Hydrogen peroxide homeostasis: Activation of plant catalase by calcium/calmodulin. **Proceedings of Natural Academy of Sciences of the United States of America**, Washington, v.99, p.4097-4102, 2002.
- ZONTA, E.P.; MACHADO, A.D.; SILVEIRA Jr., P. **Sistemas de análise estatística para microcomputadores - SANEST**. Pelotas: UFPel, 1984. (Registro SEI nº06606-0, Categoria AO).
- WENKERT, W.; LEMON, E.R.; SINCLAIR, T.R. Leaf elongation and turgor pressure in field; grown soybean. **Agronomy Journal**, Madison, v.70, p. 761-764, 1978.

