

DEFICIÊNCIA HÍDRICA: ESTUDO DE AGENTES OSMÓTICOS
E TAMANHO DE SEMENTES

PAULO ROBERTO COSTA

Presidente Prudente – SP

2006

DEFICIÊNCIA HÍDRICA: ESTUDO DE AGENTES OSMÓTICOS E
TAMANHO DE SEMENTES

PAULO ROBERTO COSTA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Agronomia, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Agronomia - Área de Concentração: Produção Vegetal.

Orientador:

Profª Drª Ceci Castilho Custódio

Presidente Prudente – SP

2006

581.7
C837d

Costa, Paulo Roberto

Deficiência hídrica: estudo de agentes osmóticos e tamanho de sementes. / Paulo Roberto Costa. -- Presidente Prudente: [s.n.], 2006.

57 f.

Dissertação de Mestrado – Universidade do Oeste Paulista – UNOESTE, Presidente Prudente, SP, 2006.

Bibliografia.

1. Germinação, Sementes. I. Costa, Paulo Roberto. II. Custódio, Ceci Castilho. III. Título.

PAULO ROBERTO COSTA

**DEFICIÊNCIA HÍDRICA: ESTUDO DE AGENTES OSMÓTICOS E
TAMANHO DE SEMENTES**

Dissertação apresentada a Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, Universidade do Oeste Paulista, como parte dos requisitos obtenção do título de Mestre em Agronomia.

Presidente Prudente, 30 de janeiro 2006.

BANCA EXAMINADORA

Orientador: Prof^a Dr^a Ceci Castilho Custódio
Universidade do Oeste Paulista

Prof. Dr. Marcos Eustáquio de Sá
Universidade Estadual Paulista – Unesp –
Campus Ilha Solteira

Prof. Dr. José Salvador Simoneti Foloni
Universidade do Oeste Paulista

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a meu pai Sr. Luis Alberto Costa, à minha mãe Elizabeth de Oliveira Costa, e à minha amiga Kátia Regina Mano que nunca mediram esforços e estiveram sempre presente em todos os momentos de sua realização.

AGRADECIMENTOS

A minha família que, em todos os momentos de realização desta pesquisa, esteve presente.

Agradecimentos também a professora orientadora, Dr^a. Ceci Castilho Custódio e aos professores Oswaldo M. Marubayashi e Nelson Barbosa Machado Neto que, na rigidez de seus ensinamentos, fez aprimorar meus conhecimentos.

À todos os meus amigos, especialmente, à Patrícia Reiners, Marcelo Vuolo, Valter Rossi, Oscar, Anatoli Lebedenco, pelo companheirismo e os muitos momentos de alegria compartilhados.

À Universidade do Oeste Paulista – UNOESTE, em especial à Dona Ana, por ter cedido a bolsa, a qual me deu oportunidade de realizar o curso de Mestrado em Agronomia.

“[...] nada é fixo para aquele que alternadamente pensa e sonha [...]”

Gaston Bachelard

RESUMO

A diminuição da germinação em função de deficiência hídrica é ocorrência comum em sistemas agrícolas. Este estudo foi subdividido em duas etapas. Na primeira etapa, procurou-se discutir a ação de diferentes osmóticos na simulação de deficiência hídrica na germinação de sementes determinando-se o osmótico mais eficiente. Posteriormente, utilizou-se o osmótico manitol para determinar o efeito da deficiência hídrica em sementes de soja de diferentes tamanhos. No primeiro estudo, sementes de feijão cv. "IAC – Carioca-80SH" foram germinadas em diferentes potenciais osmóticos (zero; -0,6; -1,2 e -1,8 MPa) obtidos com soluções de manitol, CaCl_2 , KCl e NaCl. No segundo, sementes de soja cv. "IAC-18" e "IAC-22", classificadas em peneiras nos tamanhos 12 e 13, e, 12, 13 e 14, respectivamente, foram germinadas em soluções de manitol de concentrações iguais à primeira etapa. Os experimentos foram conduzidos em delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições por tratamento. Para avaliação dos tratamentos foram quantificadas a germinação, primeira contagem de germinação, classificação de vigor, comprimento de hipocótilo e raiz e massa seca de parte aérea e raiz. Os resultados indicaram que as soluções de KCl e NaCl, além de funcionarem como reguladores osmóticos, manifestaram toxidez às sementes, não sendo recomendadas, portanto, como simuladores de deficiência hídrica. Quanto ao tamanho de sementes, para ambos os cultivares, em potenciais menores ocorre maior germinação das sementes maiores. A germinação foi menor afetada, em ambos os experimentos, que as avaliações de desenvolvimento de plântula, nos diferentes níveis de potencial.

Palavras chave: Germinação. Sementes. Deficiência hídrica. Agentes osmóticos.

ABSTRACT

The germination decreasing as a water deficit function is a wide spread occurrence in agricultural systems. This assay was divided in two steps. Firstly, the actions of different osmotic in the simulation of water deficit during germination were tested determining what is the most efficient. The second part was done using mannitol to determine the effect of water deficit in soybean of different sizes. In the first navy bean seeds cv 'IAC-Carioca-80-SH' were germinated at different water deficit potentials (zero; -0.6; -1.2 and -1.8 MPa) of mannitol, CaCl_2 , KCl and NaCl. In the second soybean seeds cv 'IAC-18' classified in sizes 12 and 13 and 'IAC-22' in 12, 13 and 14 were germinated in mannitol solutions with the same potentials used in the first. Experiment were carried out as completely random with four repetitions per treatment. The treatment evaluation was done by germination, first germination counting, vigour classification, hypocotil and shoot length and by shoot and root dry weight. The results showed that KCl and NaCl solutions had also the toxicity effect on the seeds, and they were not recommended as water deficit simulators. In relation to seed size, in higher water deficits the germination was bigger in larger seeds. Germination was less affected in both experiments then the seedling development in the different water potentials.

Key-words: Germination. Seeds. Water deficit. Osmotic agents

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	09
2. ARTIGO 1 - Deficiência hídrica induzida por diferentes agentes osmóticos na germinação e vigor de sementes de feijão	11
3. ARTIGO 2 - Estresse hídrico induzido por manitol em sementes de soja de diferentes tamanhos	33
4. CONCLUSÕES.....	54

1. INTRODUÇÃO

Diversos fatores ambientais são capazes de interferir no processo germinativo. Dentre estes fatores, a água é um dos mais importantes. Alguns trabalhos, com sementes de várias espécies, tem sido conduzidos com o objetivo de se determinar a interferência deste no processo de germinação e no desempenho das sementes, utilizando-se diversas soluções para simular um ambiente com pouca umidade. Dentre estas soluções, pode-se citar o PEG (polietileno glicol), o Manitol, o CaCl_2 (cloreto de cálcio), o KCl (cloreto de potássio) e o NaCl (cloreto de sódio). Porém, as diferenças químicas existentes entre estas soluções, podem interferir nos resultados de germinação e vigor das sementes, mesmo em potenciais hídricos similares, pois soluções obtidas com o cloreto de cálcio, por conterem cálcio, um cátion que pode atuar como estabilizador de membranas e sinalizador de deficiência hídrica para as plantas, devem apresentar vantagem em relação à soluções que contenham sódio ou potássio, desestabilizadores do equilíbrio osmótico e/ou das membranas.

Por outro lado, o tamanho da semente, quando submetidas à deficiência hídrica, pode interferir nos resultados de germinação e vigor, sendo as sementes de maior tamanho e menor vigor associadas com o pior desempenho. Sementes de soja, até a década de 90, não eram classificadas, por peneiras de crivo circular, para a comercialização. Com os avanços tecnológicos e empresariais, ocorridos no final da década, as sementes passaram a ser disponibilizadas, no mercado, classificadas. Com isso, novas indagações, relacionadas ao desempenho de sementes, principalmente no que diz respeito ao tamanho e a disponibilidade hídrica do solo emergiram.

Os solos do oeste paulista, região do estudo, por serem arenosos, apresentam baixa retenção de água. Associado a essa condição, o regime de chuvas é irregular durante o ano, e a ocorrência de veranicos nos meses chuvosos é comum, de tal forma que a deficiência hídrica, logo após a semeadura, pode ocorrer facilmente.

Sendo assim, procurou-se simular, em laboratório, a escassez de água para verificar a hipótese de que, nessas situações, sementes menores apresentam melhor desempenho.

2. ARTIGO 1

DEFICIÊNCIA HÍDRICA INDUZIDA POR DIFERENTES AGENTES OSMÓTICOS NA GERMINAÇÃO E VIGOR DE SEMENTES DE FEIJÃO

NELSON BARBOSA MACHADO NETO¹, CECI CASTILHO CUSTÓDIO¹; PAULO ROBERTO COSTA² E FERNANDO LUCAS DONÁ³

1- Prof Drs. Curso de Agronomia da Universidade do Oeste Paulista - Rod. Raposo Tavares, km 572, Presidente Prudente SP 19067-175

2 - Aluno de Pós-graduação da Universidade do Oeste Paulista - Mestrado em Agronomia

3 - Aluno de graduação do Curso de Agronomia da Universidade do Oeste Paulista

RESUMO

As condições que as sementes encontram no solo para germinarem nem sempre são favoráveis. O potencial osmótico de algumas soluções 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. O objetivo deste trabalho foi verificar as diferenças existentes entre as soluções osmóticas de Manitol, CaCl_2 , KCl e NaCl nos potenciais de zero; -0,6; -1,2 e -1,8MPa sobre a germinação e vigor de sementes de feijão, cv. 'IAC-Carioca-80SH' avaliando-se a 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_2 , na concentração de -0,6MPa, tiveram comportamento semelhante, 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 pra indexação: *Phaseolus vulgaris*, qualidade fisiológica, estresse hídrico

INDUCED DEFICIT HIDRIC BY DIFFERENT OSMOTIC AGENTS IN BEAN SEED
GERMINATION AND VIGOUR

ABSTRACT

The soil conditions where seeds were sowed, sometimes, is not 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 work was to verify the differences between osmotic solutions of Mannitol, CaCl_2 , KCl and NaCl, over the germination and vigor of snap bean seeds, cv. 'IAC-Carioca-80SH'. Solutions of mannitol and CaCl_2 , did not show any differences between the several of 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 to be used as water deficit simulation.

Index Terms: *Phaseolus vulgaris*, physiological quality, water stress

INTRODUÇÃO

As condições que as sementes encontram no solo para germinarem 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 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 (*Phaseolus vulgaris* L.) possui grande sensibilidade à falta de água após a sementeira. Valores superiores a -3,5 atm (-0,35MPa) podem reduzir drasticamente a germinação e o alongamento de células (Durval & Fancelli, 2000); contudo, mesmo após 6 dias em condições de deficiência a -1,5MPa ocorreu germinação, em laboratório, em sementes de cultivares de feijoeiro (Lemos & 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 se determinar o vigor em condições de estresse hídrico. Para tanto, diversas soluções osmóticas têm sido usadas para simular um ambiente com pouca umidade. Dentre essas, pode-se citar o PEG (polietileno glicol), o Manitol, o 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 & Cardoso, 2000). Entretanto, as diferenças químicas existentes entre as soluções, podem fazer com que haja diferença nos

resultados de germinação e vigor das sementes, mesmo em potenciais hídricos similares (Souza & Cardoso, 2000).

Os sais de alta solubilidade são os mais nocivos, porque as sementes, ao absorverem água do substrato, absorvem também os sais que, por excesso, provocam toxidez e, conseqüentemente, acarretam distúrbios fisiológicos às sementes, produzindo decréscimo no potencial de germinação (Torres et al., 2000). Contudo, tais sais podem ser utilizados como fatores de seleção de materiais que venham a exibir respostas de tolerância a condições de pouca 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 & 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 -1,4MPa. A partir de -1,5MPa não foi computado mais nenhum evento de germinação, o mesmo acontecendo com *Leucena leucocephala* (Cavalcante & 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 -0,6MPa (Braga et al., 1999); em soja, efeito semelhante ocorreu em plantas submetidas ao estresse hídrico por cloreto de sódio (Santos et al., 1996), .

Contudo, existem poucos trabalhos comparando resultados de germinação e vigor em sementes sob deficiência hídrica, utilizando-se diferentes soluções osmóticas, a fim de se definirem as diferenças existentes entre as mesmas na qualidade das sementes. O objetivo deste trabalho foi verificar as diferenças existentes entre as soluções osmóticas de Manitol, CaCl_2 , KCl e NaCl, em quatro níveis de potencial osmótico, sobre a germinação e vigor de sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris*).

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado durante o 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, do cultivar 'IAC – Carioca 80SH', germinadas em potenciais osmóticos de 0 (água pura), -0,6, -1,2 e -1,8MPa (Tabela 1), induzidos por soluções contendo Manitol, CaCl_2 , KCl e NaCl, calculados pela fórmula de Van't Hoff (Braga et al., 1999).

O teste de germinação consistiu em se colocar quatro repetições de cinquenta sementes, por repetição, 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 em temperatura constante de 25°C. As contagens foram feitas com 5 e 8 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 toalhas de papel para germinação formando uma única linha de sementes a 10 cm da borda superior da folha. Estas foram submetidas as mesmas condições do teste de

germinação, sendo os dados obtidos após 5 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 devidamente identificados, os quais foram postos para secar em estufa a 60°C por 48 horas. Após este prazo, 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 $(X/100)^{0,5}$; 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 (teste F) 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_2 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_2 germinaram até o potencial de $-1,2\text{MPa}$, implicando em um limite máximo de tolerância entre os potenciais de $-1,2$ e $-1,8\text{MPa}$; as soluções de manitol, KCl e NaCl induziram nulidade ou valor próximo a zero de germinação no potencial de $-1,2\text{MPa}$, implicando num limite máximo de tolerância menor para estas soluções. Fonseca & Perez (1999), utilizando sementes de olho de dragão, verificaram que sementes tratadas com soluções de KCl e CaCl_2 germinaram até o nível de potencial de $-1,2\text{MPa}$, implicando em um limite máximo de tolerância entre os potenciais de $-1,2$ e $-1,4\text{MPa}$; já, as sementes tratadas com NaCl germinaram até o potencial de $-1,4\text{MPa}$, 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 $-0,9\text{MPa}$, 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 $-0,3\text{MPa}$ 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 $-0,8\text{MPa}$, tanto para cloreto como para sulfato de sódio (Campos & Assunção, 1990_{a,b}).

Com relação à primeira contagem de germinação (Figura 2) e classificação de vigor das plântulas (Figura 3), a solução CaCl_2 apresentou valores superiores as demais, diferindo estatisticamente no potencial $-0,6\text{MPa}$. O potencial de $-1,2\text{MPa}$ apresentou valores nulos ou próximos de zero para todos os osmóticos (Tabela 2). A solução de manitol, diferentemente do que ocorreu com a porcentagem de germinação, produziu resultados superiores as soluções de KCl e NaCl, diferindo destas no potencial de $-0,6\text{MPa}$. Isto se deve ao fato de que apesar de as sementes 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 forma das plântulas, medida pela classificação de vigor, onde são consideradas apenas as plântulas perfeitas, 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 $-0,26\text{MPa}$, 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 estatisticamente superior apenas à solução de KCl no potencial hídrico $-0,6\text{MPa}$. No potencial hídrico de $-1,2\text{MPa}$ a solução de manitol foi superior à todas outras soluções (Tabela 2). Em soja, o aumento do potencial osmótico afetou negativamente 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 estatística entre a solução de manitol e a de 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 Na_2SO_4 , pode ser considerado crítico para a germinação e crescimento do cultivar 'IAC 25', ao passo que PEG 6000 só foi prejudicial a $-1,2\text{MPa}$ (Campos & Assunção, 1990_{a,b}). O aumento do potencial osmótico afetou negativamente o crescimento de raízes de soja, tanto com manitol, como 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 CaCl_2 foi superior as demais soluções até o potencial hídrico de $-0,92\text{MPa}$, em que, a partir deste houve superioridade da solução de manitol. Nos resultados estatísticos (Tabela 2), a solução de CaCl_2 produziu resultados maiores, 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 estatística entre as soluções de manitol e 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, CaCl_2 e NaCl produziram resultados superiores à solução de KCl , no potencial hídrico de $-0,6\text{MPa}$ (Figura 7, Tabela2). 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 uma redução drástica de crescimento e acúmulo de matéria seca. O cálcio, por sua vez, atua como estabilizador de membranas, afetando pouco o equilíbrio sódio:potássio, e como sinalizador celular para diversas formas de estresse como, por exemplo, a ativação de catalase, uma enzima envolvida na manutenção da integridade celular (Yang & 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 uma certa estabilidade a 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 CaCl_2 nas avaliações de germinação e de vigor e, por CaCl_2 e manitol, nas avaliações de desenvolvimento de plântulas.

CONCLUSÕES

As soluções osmóticas de manitol e CaCl_2 apresentaram semelhança na maioria dos resultados analisados, podendo, ambas, ser usadas como simuladores de deficiência hídrica no potencial de $-0,6\text{MPa}$.

As soluções de KCl e NaCl , além de funcionarem como reguladores osmóticos, manifestaram toxidez às sementes de feijão, pela diminuição da primeira contagem de germinação e da classificação de vigor, a partir de $-0,6\text{MPa}$, não sendo recomendadas, portanto, como simuladores de deficiência hídrica.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

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**, 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. **Regras para análises de sementes**. 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, 385p., 2000.

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, v47, 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**. (Krzyzanowski, F.C., Vieira, R.D. e França Neto, J.B. eds). Pp.2-1 – 2-24. ABRATES. Londrina. 1999.

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**, Zurich, 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.

Tabela 1: Concentrações (g.L^{-1}) de Manitol, CaCl_2 , KCl e NaCl para obter diferentes níveis de potencial osmótico.

Nível Ψ_{os} (MPa)	Manitol	CaCl_2 (g.L^{-1} de água desmineralizada)	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
-1,6	133,75	47,88	32,16	25,21

Tabela 2. Resultados de germinação (G), primeira contagem de germinação (PCG), classificação de vigor, comprimento de hipocótilo (CH), comprimento de raiz (CR), massa seca de parte aérea (MSPA) e massa seca de raiz (MSR), para diferentes osmóticos dentro de cada nível de potencial. Presidente Prudente - SP, 2003.

Nível de Ψ_{os} (Mpa)	Osmótico	G	PCG	CV	CH	CR	MSPA	MSR
			(%)		(cm)		(g)	
0,0	Testemunha**	90	90	72	12,598	18,192	0,524	0,145
-0,6	Manitol	76 a ¹	22 b	22 b	4,093 ab	12,268 a	0,219 b	0,089 a
	CaCl_2	81 a	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_2	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_2	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

* - ψ_{os} - Potencial osmótico; ** - a testemunha, água destilada, apresentou resultados iguais para todos os osmóticos; ¹ - médias seguidas por letras distintas, dentro de cada nível de potencial, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

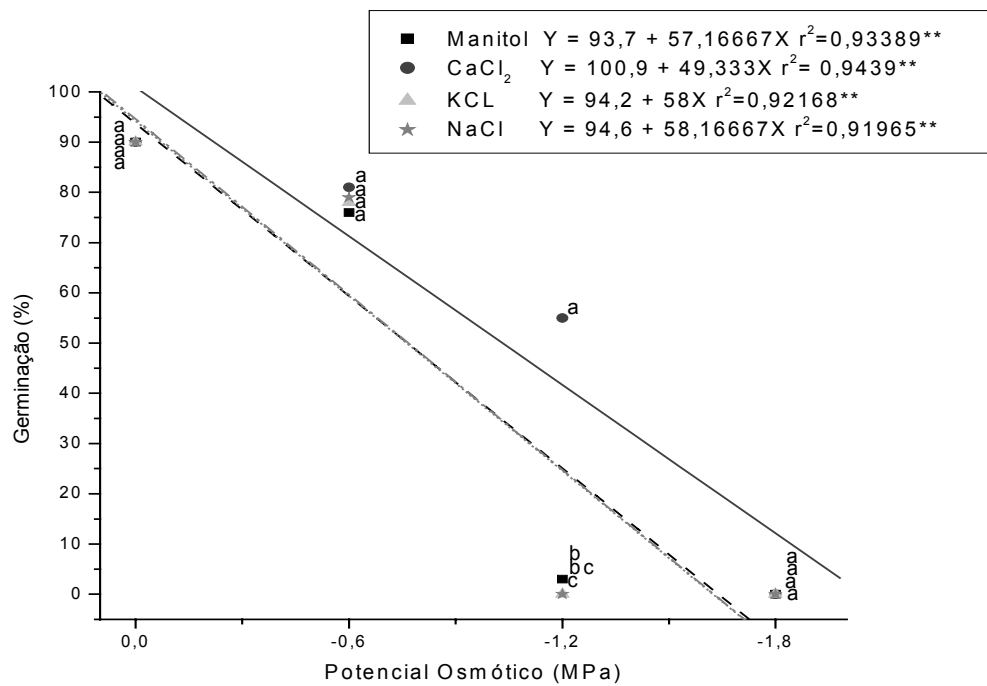


Figura 1. Germinação de sementes de feijão, cultivar 'IAC-Carioca-80SH', expostas a deficiência hídrica induzida por diferentes concentrações de Manitol, $CaCl_2$, KCl e NaCl, durante a germinação. Presidente Prudente-SP, 2003. Dentro de cada potencial hídrico, médias seguidas por mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Equações seguidas por dois "*" são significativas a 1% de probabilidade pelo teste F.

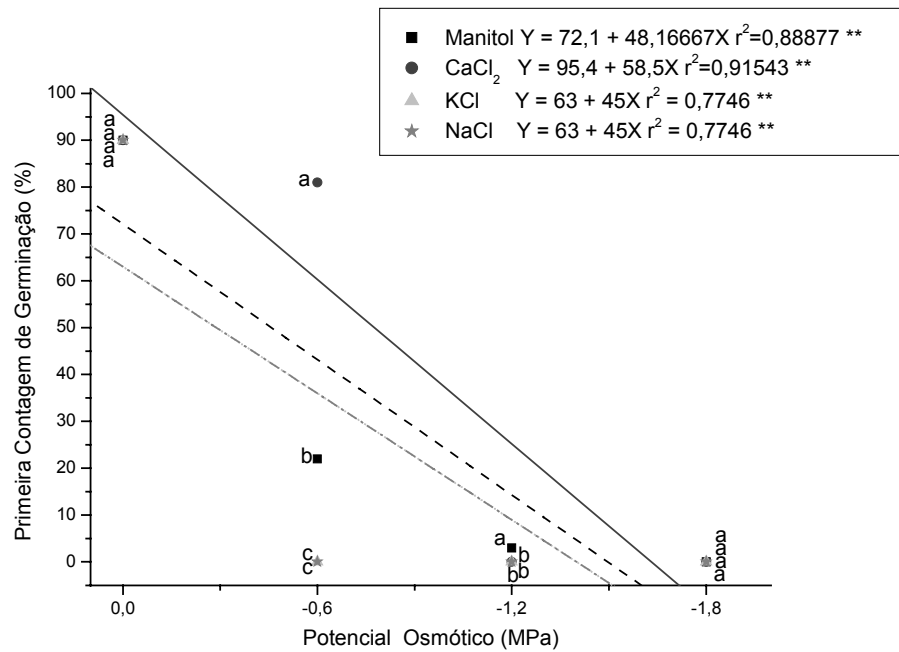


Figura 2. Primeira contagem de germinação de sementes de feijão, cultivar 'IAC-Carioca-80SH', expostas a deficiência hídrica induzida por diferentes concentrações de Manitol, CaCl_2 , KCl e NaCl, durante a germinação. Presidente Prudente-SP, 2003. Dentro de cada potencial hídrico, médias seguidas por mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Equações seguidas por dois "*" são significativas a 1% de probabilidade pelo teste F.

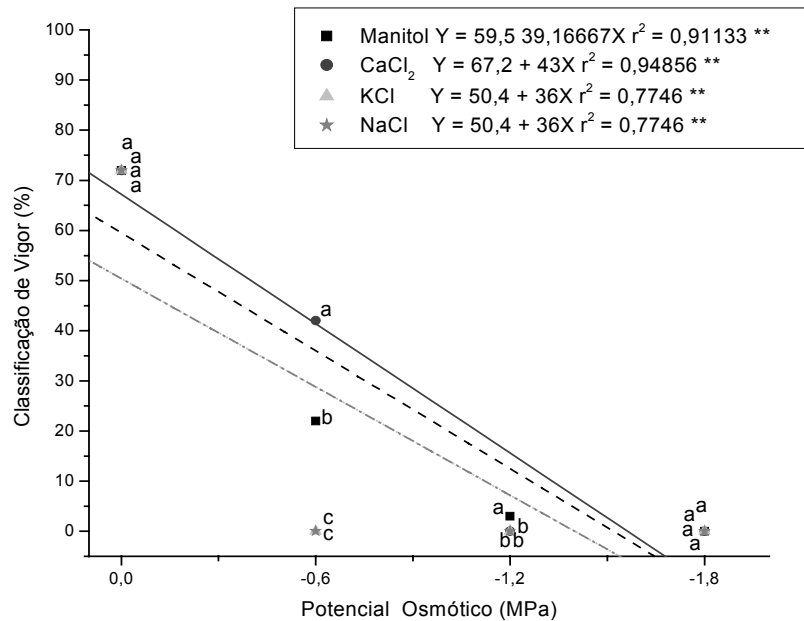


Figura 3. Classificação de vigor de sementes de feijão, cultivar 'IAC-Carioca-80SH', expostas a deficiência hídrica induzida por diferentes concentrações de Manitol, $CaCl_2$, KCl e NaCl, durante a germinação. Presidente Prudente-SP, 2003. Dentro de cada potencial hídrico, médias seguidas por mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Equações seguidas por dois "*" são significativas a 1% de probabilidade pelo teste F.

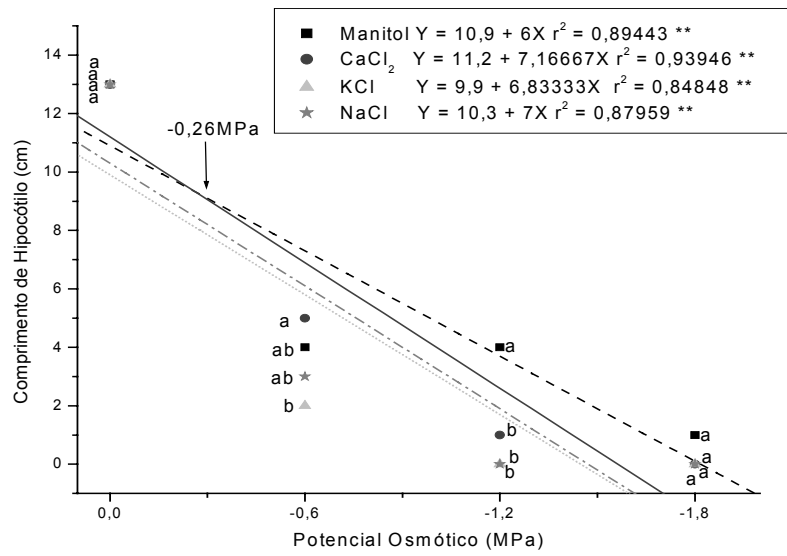


Figura 4. Comprimento de hipocótilo de feijão, cultivar 'IAC-Carioca-80SH', expostas a deficiência hídrica induzida por diferentes concentrações de Manitol, CaCl_2 , KCl e NaCl, durante a germinação. Presidente Prudente-SP, 2003. Dentro de cada potencial hídrico, médias seguidas por mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Equações seguidas por dois "*" são significativas a 1% de probabilidade pelo teste F.

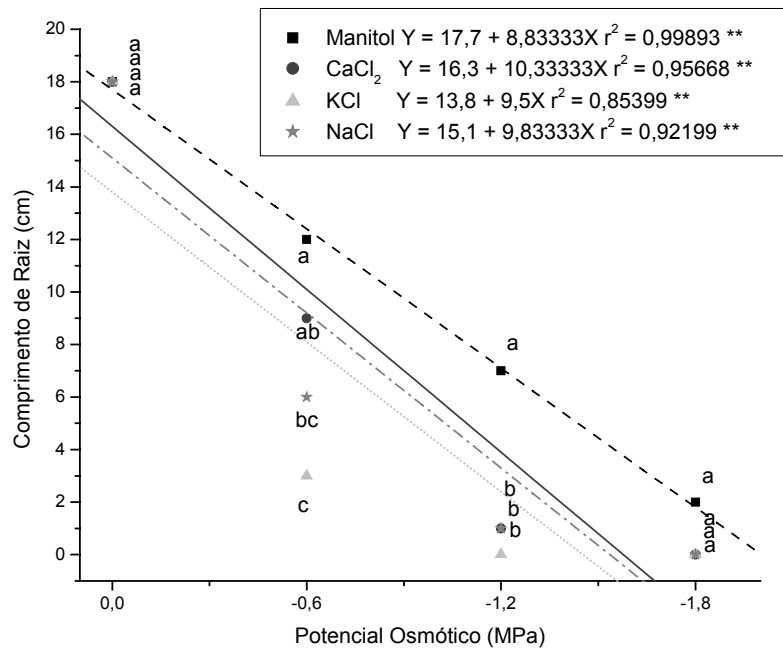


Figura 5. Comprimento de raiz de feijão, cultivar 'IAC-Carioca-80SH', expostas a deficiência hídrica induzida por diferentes concentrações de Manitol, $CaCl_2$, KCl e NaCl, durante a germinação. Presidente Prudente-SP, 2003. Dentro de cada potencial hídrico, médias seguidas por mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Equações seguidas por dois "*" são significativas a 1% de probabilidade pelo teste F.

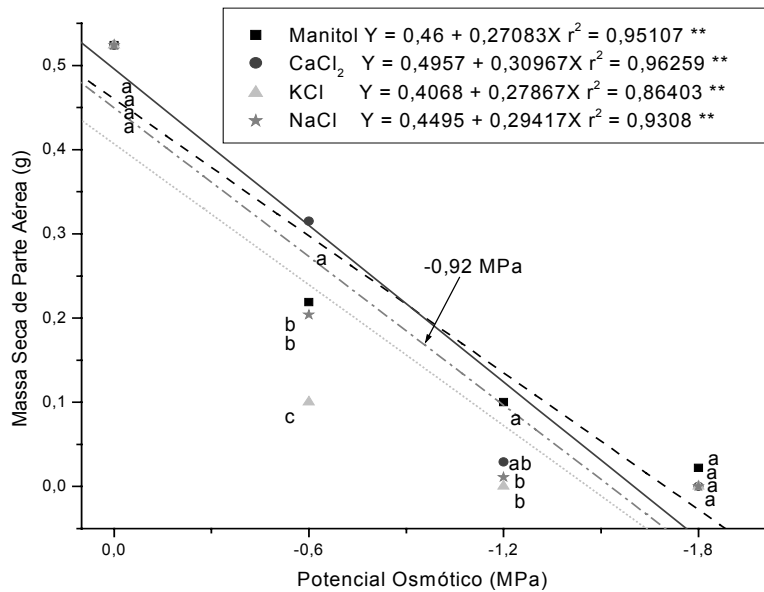


Figura 6. Massa seca de parte aérea de feijão, cultivar 'IAC-Carioca-80SH', expostas a deficiência hídrica induzida por diferentes concentrações de Manitol, CaCl_2 , KCl e NaCl, durante a germinação. Presidente Prudente-SP, 2003. Dentro de cada potencial hídrico, médias seguidas por mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Equações seguidas por dois "*" são significativas a 1% de probabilidade pelo teste F.

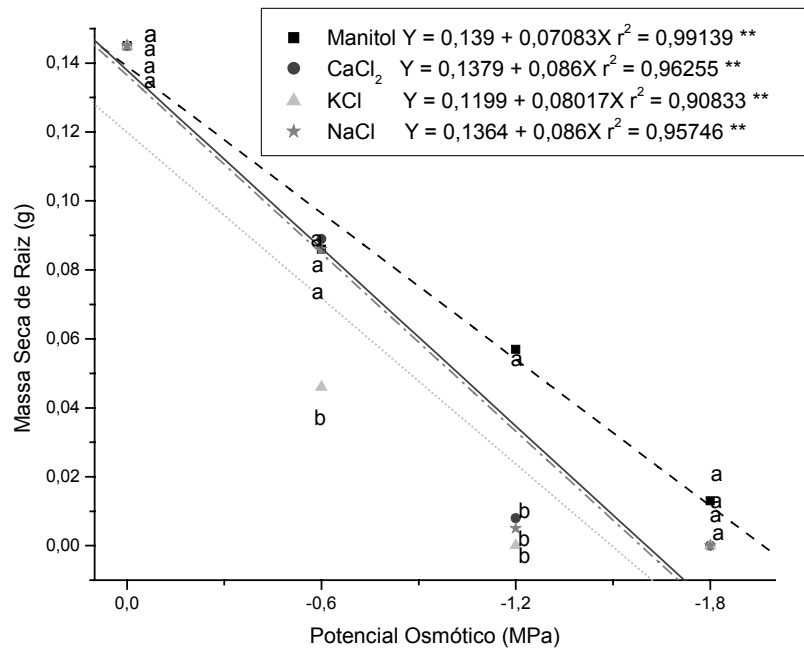


Figura 7. Massa seca de raiz de feijão, cultivar 'IAC-Carioca-80SH', expostas a deficiência hídrica induzida por diferentes concentrações de Manitol, CaCl_2 , KCl e NaCl, durante a germinação. Presidente Prudente-SP, 2003. Dentro de cada potencial hídrico, médias seguidas por mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Equações seguidas por dois "*" são significativas a 1% de probabilidade pelo teste F.

3. ARTIGO 2 :**ESTRESSE HÍDRICO INDUZIDO POR MANITOL EM SEMENTES DE SOJA
DE DIFERENTES TAMANHOS¹**

PAULO ROBERTO COSTA²; CECI CASTILHO CUSTÓDIO³; NELSON BARBOSA MACHADO
NETO³ E OSWALDO MASSUO MARUBAYASHI³

¹ Submetido em . Aceito para publicação em

² Eng^o Agr^o, Aluno do Mestrado em Agronomia, Produção Vegetal da UNOESTE.

³ Eng^o Agr^o, Dr., Profs. do Departamento de Biologia Vegetal e Fitossanidade, UNOESTE, Rod. Raposo Tavares Km 572, 19067175, Presidente Prudente – SP; e-mail: ceci@agro.unoeste.br

RESUMO

A primeira etapa na seqüência de eventos da germinação é a embebição. A limitação de água pode diminuir a velocidade de germinação ou até impedi-la. Em condições de deficiência hídrica sementes de diferentes tamanhos podem apresentar comportamentos distintos. O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos da deficiência hídrica induzida por manitol na qualidade fisiológica de sementes de soja dos cultivares 'IAC-18' e 'IAC-22', classificadas em peneiras nos tamanhos 12 e 13, e, 12, 13 e 14, respectivamente. As sementes foram semeadas em substrato de papel umedecido com soluções de manitol de diferentes concentrações (0; 44,58; 89,17; 133,75g L⁻¹ de água destilada) produzindo os potenciais hídricos de 0, -0,6, -1,2 e -1,8MPa, respectivamente. Os tratamentos foram avaliados por meio dos seguintes testes: germinação, primeira contagem de germinação, classificação do vigor das plântulas, comprimento de hipocótilo e raiz e massa seca da parte aérea e raiz. O experimento foi conduzido no delineamento inteiramente casualizado com os tratamentos dispostos em arranjo fatorial 2x4 e 3x4 (tamanho de semente x concentração de manitol), para cada cultivar. Os resultados indicaram que, para o cultivar 'IAC-18', os potenciais calculados de -0,52 e -0,49MPa permitiram a máxima germinação, respectivamente para as sementes classificadas nas peneiras 12 e 13. Para o cultivar 'IAC-22', nos potenciais calculados de -0,514, -0,51 e -0,46MPa foram obtidas as máximas germinações para as sementes classificadas nas peneiras 12, 13 e 14, respectivamente. Até o potencial de -1,27MPa e -1,04MPa, respectivamente, para os cultivares 'IAC-18' e 'IAC-22', as sementes maiores apresentaram maior germinação. A germinação foi menos afetada que as avaliações de desenvolvimento das plântulas, nos diferentes níveis de potencial, pois estas características foram decrescentes com a diminuição dos potenciais hídricos.

Termos para indexação: *Glycine max* (L.) Merr., deficiência hídrica, peneiras, classificação.

WATER DEFICIT INDUCED BY MANNITOL ON SOYBEAN SEED CLASSIFIED IN
DIFFERENT SIZES

ABSTRACT

The first event in the germination sequence is the imbibition. Water uptake limitation have effect on germination velocity, decreasing or stopping this process. In water stress conditions seeds with different sizes may present different behaviour. The purpose of this work was to evaluate the effects of hydric stress induced by mannitol on physiological seed quality of soybean cultivar 'IAC-18' classified by size in the 12 and 13 mesh and cultivar 'IAC-22' classified in the 12, 13 and 14 mesh. Seeds were sowed in paper soaked in mannitol solutions with different concentrations (0; 44.58; 89.17; 133.75g L⁻¹ of distilled water) which produced the water potentials of 0, -0.6, -1.2 and -1.8MPa. Treatments were evaluated according the following characteristics: germination, first germination counting, seedling vigour classification, hypocotil and root length and shoot and root dry biomass. The experiment was conducted as completely randomized design with the treatments in a factorial scheme of 2x4 and 3x4 (seed size x mannitol concentration) for each cultivar, respectively. Results showed that water potential calculated of -0.52 and -0.49MPa promoted maximum germination for the smallest and largest seeds, respectively. For 'IAC-22' cultivar the water potential calculated of -0.514, -0.51 and -0.46MPa induced maximum germination for the seeds of 12, 13 and 14 mesh, respectively. Until the water potential of -1.27 and -1.04MPa the largest seeds produced the highest germination percentage for 'IAC-18' and 'IAC22' cultivars, respectively. Germination was less affected than the evaluations of seedling development in the different levels of water potential, and these characteristics decreased with the increasing of water stress.

Index terms: *Glycine max* (L.) Merr., water stress, mesh, seed classification.

INTRODUÇÃO

A primeira etapa na seqüência de eventos da germinação é a embebição, um tipo de difusão que ocorre quando as sementes absorvem água. A limitação de água pode diminuir a velocidade da germinação ou até impedi-la. Em trabalhos relacionados com embebição, considerando-se diferentes tamanhos de sementes, têm sido constatado que as sementes de menor tamanho atingem teores de água superiores aos observados para sementes de maior tamanho (Calero et al., 1981; Souza, 1996 e Beckert et al., 2000); esse fato está relacionado à maior área de contato por unidade de massa, nas sementes menores.

A interferência do tamanho da semente na germinação, nem sempre é constatada. Cazetta et al. (1995), utilizando sementes de feijoeiro, verificaram que o tamanho das sementes apresentou pouco efeito sobre a germinação. Segundo Aguiar et al. (2001), não ocorreram diferenças significativas na germinação, em relação ao tamanho das sementes de girassol do cv. Catissol. No entanto, o tamanho das sementes de feijão influenciou direta e significativamente a massa seca das plântulas (Cazetta et al., 1995). Em sementes de *Acacia senegal* (L.) Willd, as plântulas oriundas de sementes maiores apresentaram quase o dobro da biomassa fresca em comparação com aquelas oriundas de sementes menores (Ferreira & Torres, 2000).

Quando se avalia a produtividade, o tamanho da semente tem demonstrado pouca interferência. Em soja o tamanho não afetou a população inicial estabelecida 30 dias após a semeadura, altura e número de vagens das plantas, produtividade da cultura, tamanho e massa da semente colhida (Lima & Carmona, 1999). Resultados semelhantes foram obtidos com milho cultivar AL-34, em que a forma e o tamanho das sementes não afetaram o desenvolvimento e a produtividade da cultura (Martinelli-Seneme et al., 2001). Em amendoim, cv. Tatu, na classe de sementes fiscalizadas, verificou-se que a

utilização de sementes pequenas (peneira 20), pode alterar a frequência do tamanho das sementes produzidas (aumento da proporção de sementes de menor tamanho na população) sem que o desempenho produtivo do cultivar seja afetado (Godoy et al., 1996).

A disponibilidade hídrica do substrato pode afetar o comportamento das sementes. Potenciais hídricos do substrato de $-0,4$ e $-0,6$ MPa causaram sensível redução na porcentagem de germinação, nas plântulas normais obtidas na primeira contagem do teste de germinação, na velocidade de germinação, no comprimento do hipocótilo e da radícula e na massa seca das plântulas, bem como aumento na porcentagem de plântulas anormais em sementes de feijão cv. IAC-Carioca (Braga et al., 1999). Sementes de soja cv. IAC 15 sofreram redução na emissão da raiz primária e da porcentagem de germinação, em potenciais hídricos do substrato de $-0,20$ e $-0,40$ MPa (Rosseto et al., 1997). O desempenho de sementes de soja sob estresse hídrico (0 a $-0,8$ MPa) está na dependência do potencial fisiológico inicial e o vigor é mais afetado que a germinação para um mesmo nível de potencial hídrico (Braccini et al., 1998). Sob deficiência hídrica o maior tamanho das sementes (Piana, 1980; Martinelli-Seneme et al., 2000) e menor vigor (Sá, 1987; Piana & Silva, 1998) tem sido associado com menor desempenho.

Este trabalho teve por objetivo avaliar os efeitos causados pela deficiência hídrica induzida por manitol na qualidade fisiológica das sementes de soja dos cultivares ‘IAC-18’ e ‘IAC-22’, classificadas em diferentes tamanhos.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado durante o período de setembro a novembro de 2002 no Laboratório de Análise de Sementes da Universidade do Oeste Paulista (UNOESTE), localizado em Presidente Prudente – SP.

Foram utilizadas sementes de soja do cultivar ‘IAC-18’, classificadas em peneiras 12 e 13, e da ‘IAC-22’, classificadas nas peneiras 12, 13 e 14, obtidas junto ao Núcleo de Produção de Sementes do Departamento de Sementes, Mudas e Matrizes de Paraguaçu Paulista - SP. As sementes foram submetidas ao teste de germinação em diferentes potenciais hídricos (0, -0,6, -1,2 e -1,8MPa) induzidos por manitol, nas respectivas concentrações de 0; 44,58; 89,17 e 133,75g L⁻¹ de água destilada, usando-se a fórmula de Van't Hoff citada por Braga et al. (1999).

A determinação do grau de umidade foi feita em base úmida, sendo monitorada por meio do método de estufa a 105±3°C por 24 horas, utilizando-se duas sub-amostras por lote e a massa de 1000 sementes foi determinada utilizando-se 8 sub-amostras de 100 sementes por lote, multiplicando a média por 10 (Brasil, 1992).

O teste de germinação foi conduzido com quatro sub-amostras de 50 sementes por tratamento. As sementes foram dispostas entre três folhas de papel-toalha, umedecidas na proporção de 2,25 vezes a massa do papel seco com as soluções de manitol, confeccionados rolos e estes colocadas em germinador do tipo Mangelsdorf regulado a 25°C. A porcentagem de plântulas normais foi avaliada aos 5 e 8 dias após a semeadura (Brasil, 1992). As plântulas normais foram separadas, para o teste de classificação do vigor das plântulas, em fracas ou fortes (Nakagawa, 1999), e na primeira contagem do teste de germinação foram consideradas as plântulas normais obtidas aos 5 dias após a semeadura.

A avaliação do desenvolvimento das plântulas foi conduzida usando quatro sub-amostras de 10 sementes por tratamento, colocadas em germinador do tipo Mangelsdorf regulado a 25°C. As sementes foram colocadas em papel toalha, espaçadas regularmente, em uma linha no primeiro terço do papel-toalha. O desenvolvimento normal da plântula foi quantificado ao quinto dia, medindo o comprimento (em cm) do hipocótilo e da raiz, além da massa seca (em g) da parte aérea sem os cotilédones e das raízes (Nakagawa, 1999).

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado com quatro repetições, com o arranjo dos tratamentos no esquema fatorial 2x4 (tamanho da semente x concentração de manitol) para o cultivar 'IAC-18' e 3x4 para o cultivar 'IAC-22'. Os resultados de porcentagem de germinação, classificação do vigor das plântulas e primeira contagem de germinação foram transformados em arc seno $(X/100)^{0,5}$; pois originalmente seguiam distribuição binomial. O comprimento do hipocótilo e da raiz e a massa seca da parte aérea e da raiz não foram transformados. Os dados foram analisados estatisticamente com a ajuda do software SANEST (Zonta et al., 1994), usando o teste de Hartley para verificação da homocedasticidade, o teste F para análise de variância (NOGUEIRA, 1991), o teste Tukey para a comparação de médias entre os tamanhos das sementes e análise de regressão polinomial para as concentrações de manitol, em nível de 5% de probabilidade. Os resultados de determinação da massa de 1000 sementes e do grau de umidade não foram analisados estatisticamente pois seguiu-se o número de repetições e os níveis de tolerância indicados em BRASIL (1992) e constituíram informações para caracterização inicial dos lotes, não sendo necessários para comparação de tratamentos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da avaliação da qualidade inicial das sementes estão apresentados na Tabela 1. O grau de umidade das sementes encontrava-se uniforme, variando de 8,3 a 8,9%. Os resultados dos testes de germinação, classificação do vigor das plântulas, primeira contagem da germinação, comprimento de hipocótilo e raiz, massa seca de parte aérea e raiz e lixiviação de potássio não indicaram diferenças significativas para as sementes classificadas em diferentes tamanhos dos dois cultivares avaliados.

A germinação das sementes de soja, cultivar 'IAC-18' (Figura 1), aumentou com o decréscimo do potencial hídrico de zero para -0,49 e -0,52MPa, respectivamente para as peneiras 13 e 12. Após estes níveis, a germinação diminuiu, chegando a valores próximos a zero no tratamento -1,8MPa.

Não houve diferença, na porcentagem de germinação, entre sementes de diferentes tamanhos, no cultivar 'IAC-18', para os tratamentos 0, -0,6 e -1,2MPa. Entretanto, as sementes maiores apresentaram valores mais elevados de germinação para estes tratamentos. Os resultados de germinação obtidos nos diferentes potenciais hídricos nos dois tamanhos de sementes permitiu o ajuste de equações quadráticas (Figura 1), sendo possível o estabelecimento do potencial hídrico de -0,49MPa e de -0,52MPa como pontos de máxima, respectivamente para as sementes classificadas nas peneiras 13 e 12. Rosseto et al. (1997), determinaram que sementes de soja submetidas aos potenciais de -0,2 e -0,4MPa apresentaram redução na emissão de raiz primária e na porcentagem de germinação. Em solo, Peske & Delouche (1985), trabalhando com sementes de soja, demonstraram que as condições mais favoráveis de umidade para emergência das plântulas, em solo franco-argiloso-siltoso, foi de 13 a 16% (-0,2 a -0,7MPa) e de 8,5 a 12% (-0,03 a -0,14MPa), para solo franco-arenoso. A germinação pode ser maior em condição de restrição hídrica, em função da melhor disponibilidade de oxigênio e por redução dos riscos de danos por rápida embebição.

Do mesmo modo, calculou-se que, no potencial de $-1,267\text{MPa}$, o resultado de germinação seria igual para os dois tamanhos de sementes, ou seja, 67%. Em potenciais hídricos menores que $-1,267\text{MPa}$, as sementes de menor tamanho apresentaram-se vantajosas, pois germinaram mais que as de maior tamanho. Na máxima deficiência hídrica estudada, $-1,8\text{MPa}$, as sementes maiores não germinaram enquanto as sementes menores produziram 18% de germinação, tendo apresentado diferença significativa entre os tratamentos ($P < 0,05$).

Para a variável primeira contagem de germinação ocorreu redução linear no vigor das sementes conforme o potencial hídrico diminuía, para o cultivar 'IAC-18' (Figura 2a), considerando a média dos tratamentos de tamanho das sementes, uma vez que não houve diferença significativa ($P > 0,05$) entre as sementes classificadas nas peneiras 12 e 13, nos diferentes níveis de potencial hídrico. Na avaliação de classificação do vigor das plântulas (Figura 2b), as sementes de maior tamanho (peneira 13) não apresentaram diferença significativa com as sementes menores (peneira 12) até o nível de potencial hídrico de $-1,2\text{MPa}$, invertendo-se esta situação no tratamento $-1,8\text{MPa}$.

Nos resultados de avaliação do comprimento e massa seca das plântulas, apenas a determinação de comprimento de hipocótilo apresentou diferença significativa ($P < 0,05$) entre os tamanhos de sementes (Figura 3a). Nas outras determinações, os tamanhos de sementes, nos diferentes níveis de manitol, não foram significativos, sendo apresentados os resultados médios das peneiras 12 e 13 (Figuras 3b, 3c e 3d). Com a diminuição do potencial hídrico ocorreu redução linear de todas as avaliações. Analisando-se o potencial de $-0,6\text{MPa}$ observa-se que estas características (Figura 3) foram mais afetadas que a germinação das sementes (Figura 1), indicando maior sensibilidade ao estresse hídrico. Na maior parte dos trabalhos revisados, os autores também constataram que a germinação é uma característica menos sensível para indicar diferenças na qualidade das sementes submetidas a

condição de deficiência hídrica (Cazetta et al., 1995; Braccini et al., 1998; Braga et al., 1999; Aguiar et al., 2001; Moraes & Menezes, 2003).

As sementes de soja do cultivar 'IAC-22' não apresentaram diferenças entre os tamanhos quanto a porcentagem de germinação, para os níveis de potencial hídrico de -0,6 e -1,2MPa. Os resultados de germinação, obtidos em função dos diferentes potenciais hídricos, nos três tamanhos de sementes, permitiram o ajuste de equações quadráticas (Figura 4). Foi possível o estabelecimento dos potenciais hídricos de -0,46, -0,51 e -0,514MPa como pontos de obtenção de máxima germinação, respectivamente, para as sementes classificadas nas peneiras 14, 13 e 12. Do mesmo modo, verificou-se que no potencial de -1,04MPa o resultado da porcentagem de germinação foi igual para os três tamanhos de sementes, ou seja, 90% de germinação. Em potenciais hídricos inferiores a -1,04MPa, as sementes de menor tamanho (peneira 12) são mais vantajosas para serem utilizadas comercialmente, pois apresentaram maior porcentagem de germinação do que as maiores.

Para as variáveis primeira contagem de germinação e classificação do vigor das plântulas ocorreu diminuição do vigor com a redução no potencial hídrico (Figuras 5a e 5b). Não houve diferença significativa ($P > 0,05$) entre os tamanhos de sementes do cultivar 'IAC-22' para a variável primeira contagem de germinação, enquanto que para variável classificação do vigor das plântulas foi observada diferença entre os tratamentos apenas no nível de potencial hídrico de -1,8MPa.

Na avaliação do desempenho das plântulas, por meio do comprimento e da massa seca do cultivar 'IAC-22', apenas a determinação do comprimento de raiz apresentou diferença significativa ($P < 0,05$) na classificação das sementes por tamanho (Figura 6b). Nas demais avaliações, os tamanhos de sementes não foram significativos nos diferentes níveis de manitol, sendo apresentados apenas os resultados das médias de classificação nas três peneiras (Figura 6a, 6c e 6d). Com a diminuição do potencial hídrico ocorreu redução linear para todas as avaliações.

Em relação ao tamanho das sementes, alguns trabalhos tem indicado que, em condições favoráveis de umidade, sementes maiores são mais vigorosas e produzem plântulas com maior massa (Cazetta et al., 1995). No entanto, os resultados obtidos no presente trabalho não indicaram essa relação, pois, na maioria dos testes de vigor utilizados, mesmo na ausência de restrição hídrica, as sementes menores não diferiram das maiores (Tabela 1 e Figura 1). Foram observadas diferenças significativas para as sementes maiores apenas na determinação do comprimento de hipocótilo, na condição de estresse hídrico, para o cultivar 'IAC-18' (Figura 3a), e para avaliação da germinação, da classificação do vigor e do comprimento de raiz, sob restrição hídrica, para o cultivar 'IAC-22' (Figuras 4, 5b e 6b). Em trabalho visando avaliar o efeito da absorção de água no potencial fisiológico de sementes de soja de diferentes tamanhos, Beckert et al. (2000), concluíram que uma diferença de 0,79 mm no tamanho das sementes, para mais ou menos, em relação às de tamanho médio (5,55 mm) reduziu a qualidades daquelas.

CONCLUSÕES

A germinação de sementes de soja é favorecida quando submetida a uma leve restrição hídrica de -0,46 a -0,52MPa;

Sementes menores tendem a apresentar maior porcentagem de germinação em relação a sementes maiores, em situações de deficiência hídrica acima de -1,0MPa;

O desenvolvimento das plântulas é mais afetado que a germinação com a diminuição do potencial hídrico.

A qualidade fisiológica não é afetada pelo tamanho das sementes;

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

AGUIAR, R.H.; FANTINATTI, J.B.; GROTH, D.; USBERTI, R. Qualidade física, fisiológica e sanitária de sementes de girassol de diferentes tamanhos. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.23, n.1, p.134-139, 2001.

BECKERT, O.P.; MIGUEL, M.H.; MARCOS FILHO, J. Absorção de água e potencial fisiológico em sementes de soja de diferentes tamanhos. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.57, n.3, p. 671-675, 2000.

BRACCINI, A.L.; REIS, M.S.; SEDIYAMA, C.S.; SEDIYAMA, T.; ROCHA, V.S. Influência do potencial hídrico induzido por polietilenoglicol na qualidade fisiológica de sementes de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.33, n.9, p.1451-1459, 1998.

BRAGA, L.F.; SOUSA, M.P.; BRAGA, J.F.; SÁ, M.E. de. 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 análise de sementes**. Brasília: SNAD/DNDV/CLAV, 1992. 365p.

CALERO, E.; WEST, S.H.; HINSON, K. Water absorption of soybean associate causal factors. **Crop Science**, Madison, v.21, p.926-933, 1981.

CAZETTA, J.O.; SADER, R.; IKEDA, M. Efeito do tamanho no desempenho germinativo de sementes de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). **Científica**, São Paulo, v.23, n.1, p.65-71, 1995.

FERREIRA, M.G.R.; TORRES, S.B. Influência do tamanho das sementes na germinação e no vigor de plântulas de *Acacia senegal* (L.) Willd. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 22, n.1, p.271-275, 2000.

GODOY, I.J. de; RAZERA, L.F.; TICELLI, M; MARTINS, A.L.M.; PEREIRA, J.C.V.N.A. Efeito do tamanho e origem das sementes de amendoim, cultivar Tatu, na produtividade e características das sementes produzidas. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.18, n.1, p.77-82, 1996.

LIMA, A.M.M. de P.; CARMONA, R. Influência do tamanho da semente no desempenho produtivo da soja. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.21, n.1, p.157-163, 1999.

MARTINELLI-SENEME, A.; MARTINS, C.C.; NAKAGAWA, J. Germinação de milho cv. AL-34 em função do tamanho da semente e do potencial hídrico do substrato. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.22, n.2, p.131-138, 2000.

MARTINELLI-SENEME, A.; ZANOTTO, M.D.; NAKAGAWA, J. Efeito da forma e do tamanho da semente na produtividade do milho cultivar AL-34. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.23; n.1, p.40-47, 2001.

MORAES, G.A.F. de; MENEZES, N. L. de. Desempenho de sementes de soja sob condições diferentes de potencial osmótico. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, n. 2, p. 219-226, 2003.

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. 218p.

NOGUEIRA, M.C.S. **Curso de estatística experimental aplicada a experimentação agrônômica**. Piracicaba: ESALQ, 1991. 168p.

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.

PIANA, Z. **Influência do tamanho da semente de soja (*Glycine Max (L.) Merrill*) e nível de umidade do solo na germinação e no vigor**. 1980. 95f. Dissertação (Mestrado em Ciência e

Tecnologia de Sementes) - Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 1980.

PIANA, Z.; SILVA, W.R. da. Respostas de sementes de milho, com diferentes níveis de vigor à disponibilidade hídrica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.33, n.9, p.1525-1531, 1998.

ROSSETO, C.A.V.; NOVENBRE, A.D. da L.C.; MARCOS FILHO, J.; SILVA, W.R. da; NAKAGAWA, J. Efeito da disponibilidade hídrica do substrato, da qualidade fisiológica e do teor de água inicial das sementes de soja no processo de germinação. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.54, n.1-2, p.97-105, 1997.

SÁ, M.E. **Relações entre qualidade fisiológica, disponibilidade hídrica e desempenho de sementes de soja (*Glycine max* (L.) Merrill)**. 1987. 147p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1987.

SOUZA, F.H.D. Características físicas das sementes de *Calopogonium mucunoides* Desv. associadas à qualidade fisiológica e ao padrão de absorção de água: I. Tamanho. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.18, n.1, p.33-40, 1996.

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).

TABELA 1. Valores médios obtidos nas determinações preliminares para a avaliação da qualidade fisiológica de sementes de soja, cultivar 'IAC 18', peneiras 12 e 13, e cultivar 'IAC 22', peneiras 12, 13 e 14.

IAC 18										
Peneira	M1000 ±S	U	G	CV	PCG	CH	CR	MSPA	MSR	LK
	(g)		(%)			(cm)		(g)		(ppmK ⁺ /gsem)
12	123,34 ± 0,14	8,5	82 a*	49 a	80 a	3,312 a	6,850 a	0,102 b	0,037 a	269,9 a
13	146,70 ± 0,33	8,9	90 a	56 a	89 a	4,175 a	8,338 a	0,133 a	0,045 a	265,4 a
IAC 22										
Peneira	M1000 ±S	U	G	CV	PCG	CH	CR	MSPA	MSR	LK
	(g)		(%)			(cm)		(g)		(ppmK ⁺ /gsem)
12	120,05 ± 0,14	8,3	91 a	66 a	90 a	3,913 a	10,137 a	0,108 a	0,049 a	238,1 a
13	142,10 ± 0,22	8,3	93 a	71 a	91 a	3,600 a	10,013 a	0,103 a	0,038 a	290,5 a
14	161,52 ± 0,13	8,4	99 a	71 a	99 a	6,650 a	7,613 a	0,118 a	0,048 a	287,7 a

Médias do mesmo cultivar seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

M1000 = massa de mil sementes; **S** = desvio padrão; **U** = grau de umidade; **G** = germinação; **CV** = classificação de vigor; **PCG** = primeira contagem de germinação; **CH** = comprimento do hipocótilo; **CR** = comprimento de raiz; **MSPA** = massa seca da parte aérea; **MSR** = massa seca da raiz; **LK** = lixiviação de potássio.

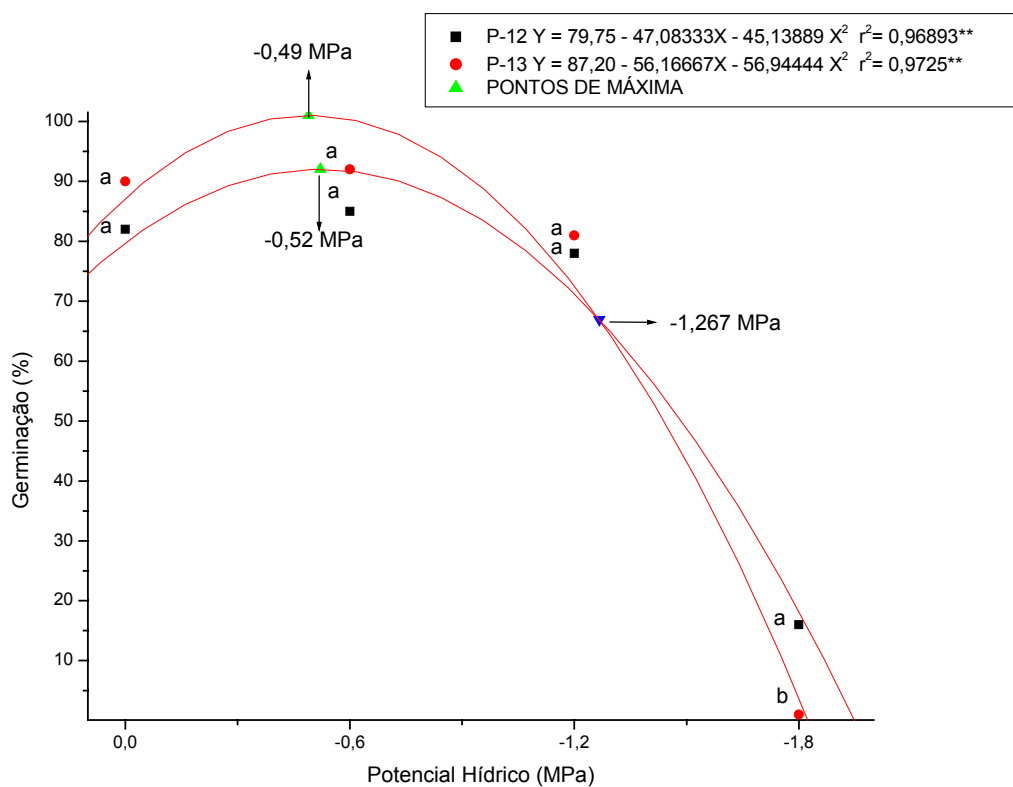


FIGURA 1. Germinação de sementes de soja, cultivar 'IAC-18', para as peneiras 12 e 13, submetidas a deficiência hídrica induzida por diferentes concentrações de manitol. (Presidente Prudente - SP, 2002). Dentro de cada potencial hídrico, médias seguidas por mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

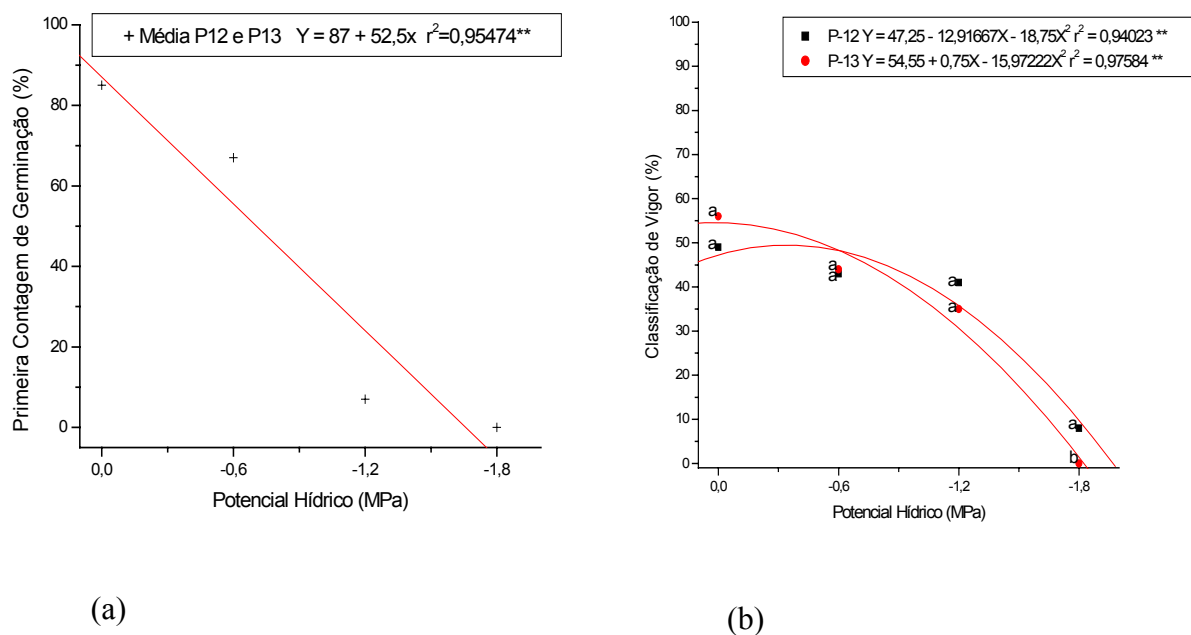
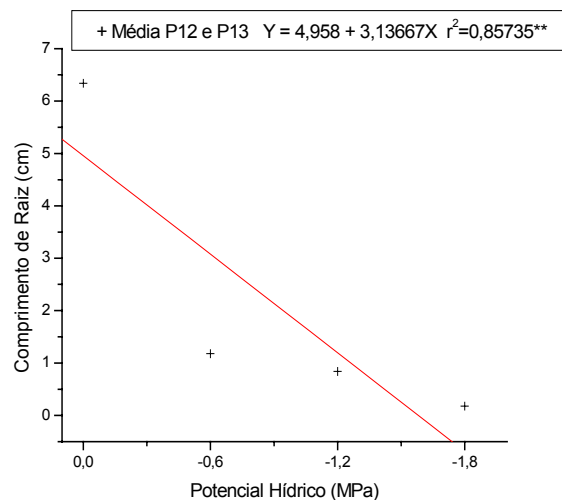
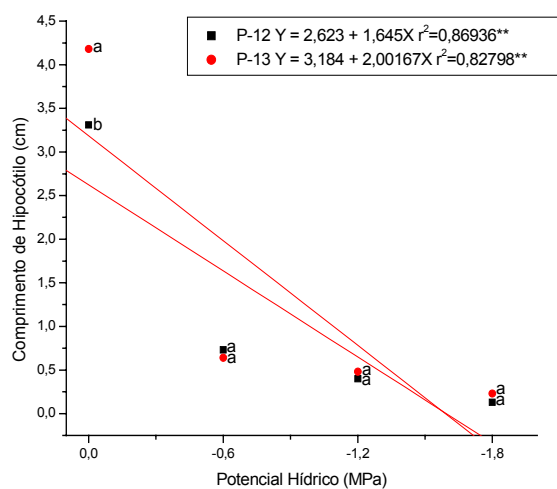
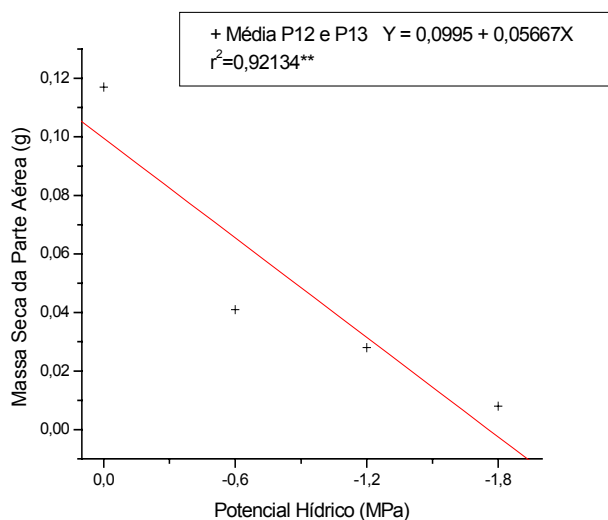


FIGURA 2. Primeira contagem de germinação (a) e classificação do vigor das plântulas (b) de sementes de soja, cultivar 'IAC-18', para as peneiras 12 e 13, submetidas a deficiência hídrica induzida por diferentes concentrações de manitol. (Presidente Prudente - SP, 2002). Dentro de cada potencial hídrico, médias seguidas por mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

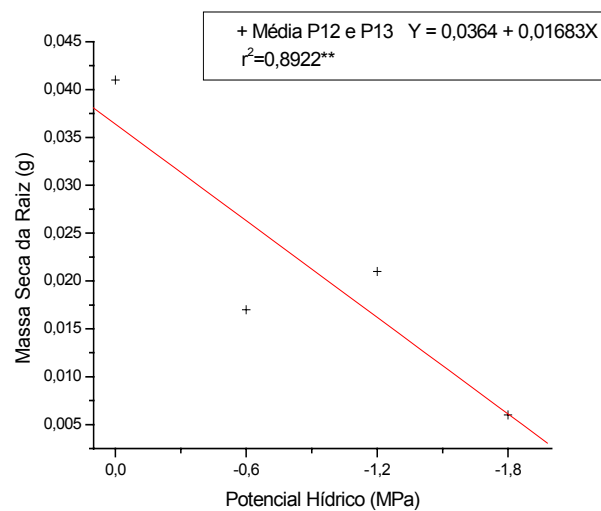


(a)

(b)



(c)



(d)

FIGURA 3. Comprimento do hipocótilo (a) e da raiz (b) e massa seca da parte aérea (c) e da raiz (d) de plântulas de soja, cultivar 'IAC-18', para as peneiras 12 e 13, submetidas a deficiência hídrica induzida por diferentes concentrações de manitol. (Presidente Prudente - SP, 2002). Dentro de cada potencial hídrico, médias seguidas por mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

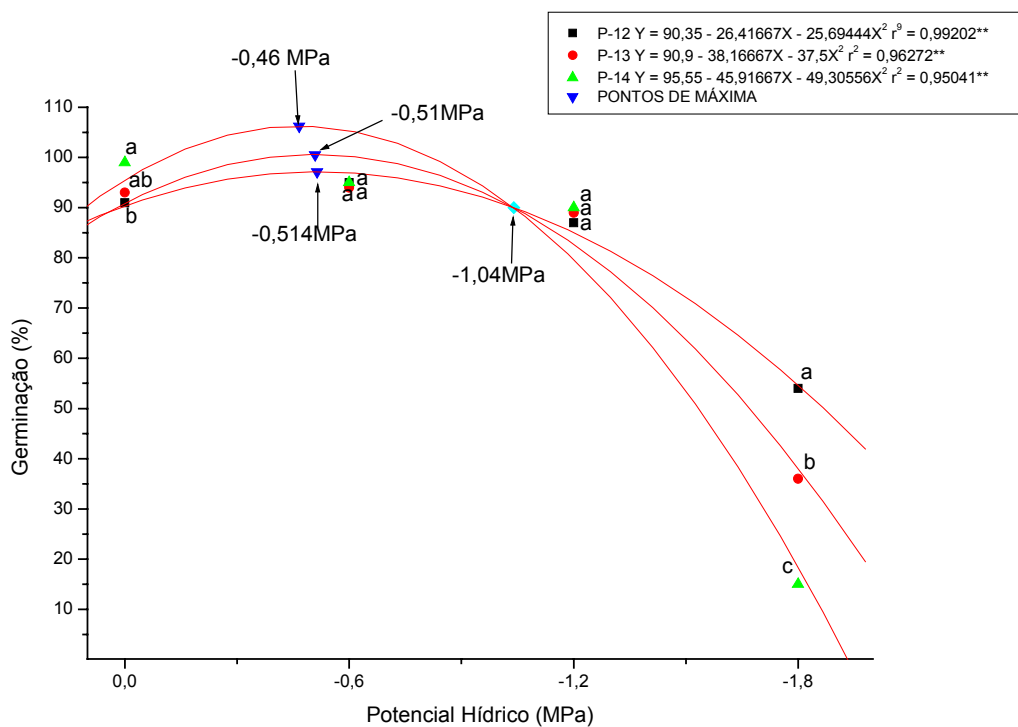
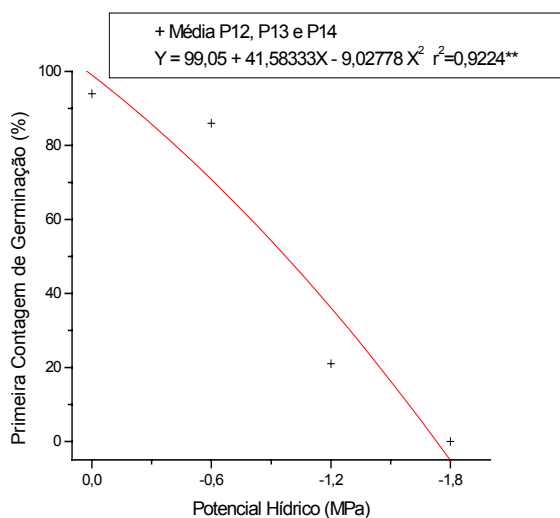
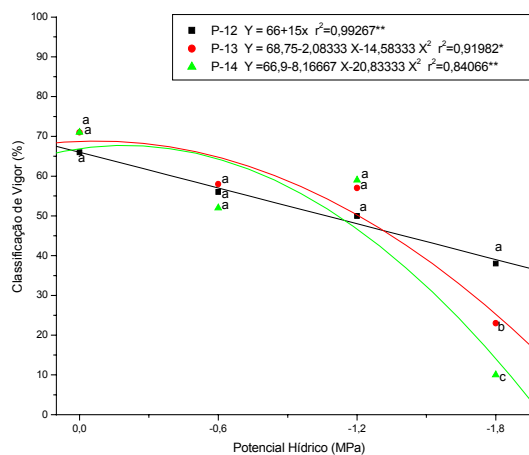


FIGURA 4. Germinação de sementes de soja, cultivar 'IAC-22', para as peneiras 12, 13 e 14, submetidas a deficiência hídrica induzida por diferentes concentrações de manitol. (Presidente Prudente - SP, 2002). Dentro de cada potencial hídrico, médias seguidas por mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

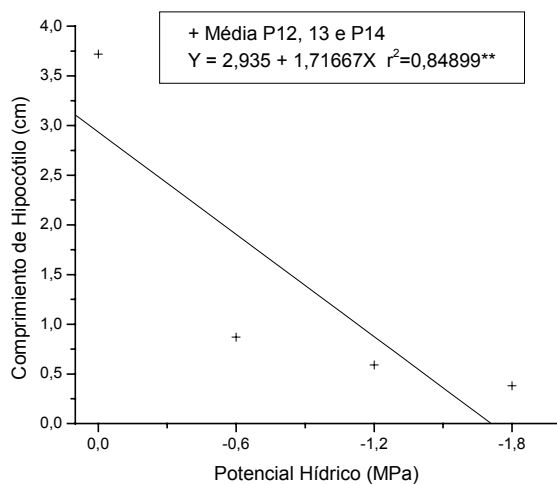


(a)

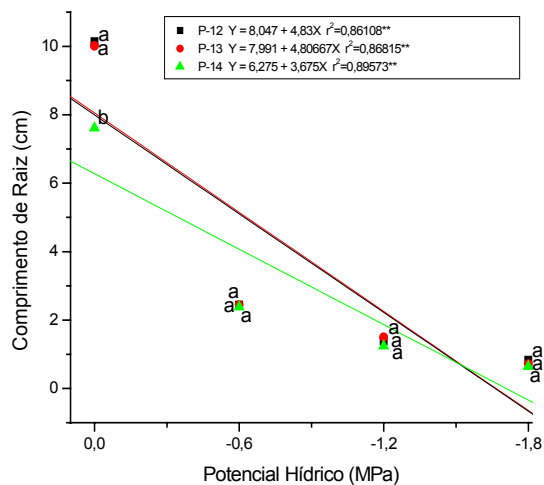


(b)

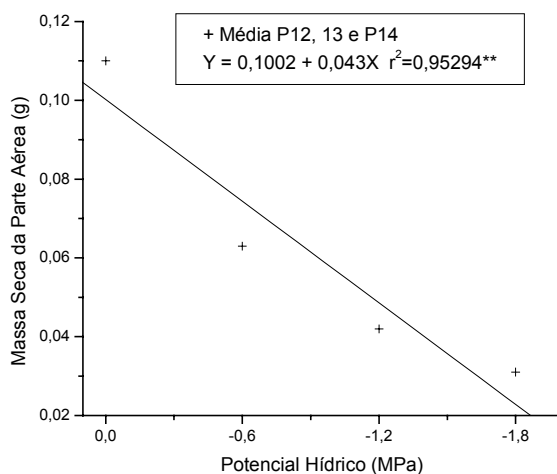
FIGURA 5. Primeira contagem de germinação (a) e classificação do vigor das plântulas (b) de sementes de soja, cultivar 'IAC-22', para as peneiras 12, 13 e 14, submetidas a deficiência hídrica induzida por diferentes concentrações de manitol. (Presidente Prudente - SP, 2002). Dentro de cada potencial hídrico, médias seguidas por mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.



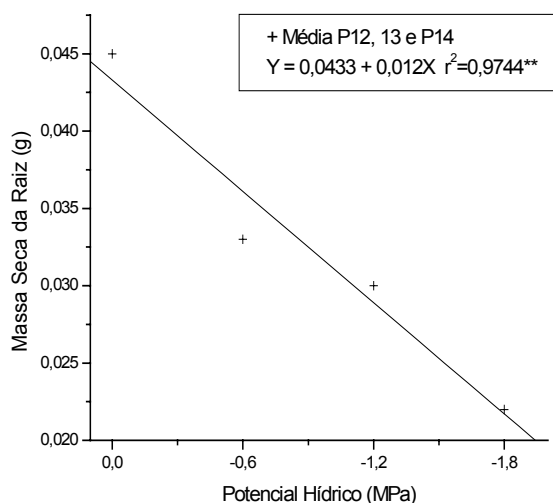
(a)



(b)



(c)



(d)

FIGURA 6. Comprimento do hipocótilo (a) e da raiz (b) e massa seca da parte aérea (c) e da raiz (d) de plântulas de soja, cultivar 'IAC-22', para as peneiras 12, 13 e 14, submetidas a deficiência hídrica induzida por diferentes concentrações de manitol. (Presidente Prudente - SP, 2002). Dentro de cada potencial hídrico, médias seguidas por mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

4. CONCLUSÕES

Os resultados indicaram que as soluções de KCl e NaCl, além de funcionarem como reguladores osmóticos, manifestaram toxidez às sementes, não sendo recomendadas, portanto, como simuladores de deficiência hídrica.

Quanto ao tamanho de sementes, para ambos os cultivares, em potenciais menores ocorre maior germinação das sementes de menor tamanho. A germinação foi menor afetada, em ambos os experimentos, que as avaliações de desenvolvimento de plântula, nos diferente níveis de potencial.