



Desempenho fisiológico de cultivares de soja com regulação hídrica por Manitol

Physiological performance of soybean by regulating water Manitol

Ivan Ricardo Carvalho¹, Velci Queiróz de Souza², Diego Nicolau Follmann², Maicon Nardino¹, Denise Schmidt², Guilherme Pelissari², Diego Baretta¹

¹ Universidade Federal de Pelotas - UFPel. Campus Universitário. Caixa Postal 354. CEP 96001-970, Pelotas, RS. E-mail: carvalho.irc@gmail.com.

² Universidade Federal de Santa Maria UFSM, Campus Frederico Westphalen, Frederico Westphalen, RS

Recebido em: 23/07/2014

Aceito em: 29/09/2015

Resumo. A semente é considerada o elemento de sustentação do sistema produtivo, responsável pela germinação e estande de plantas na lavoura e caracteriza influências quantitativas ao rendimento final da cultura. Desse modo, o objetivo desta pesquisa foi avaliar as influências fisiológicas de diferentes níveis osmóticos através do uso de manitol em cultivares de soja. O estudo foi realizado em 2014 pelo Laboratório de Melhoramento Genético e Produção de Plantas da Universidade Federal de Santa Maria. O delineamento experimental utilizado foi blocos ao acaso organizado em esquema fatorial 7 x 4, sendo potenciais osmóticos x cultivares de soja, dispostos em oito repetições. Utilizou-se Manitol (C₆H₁₄O₆) para submeter às sementes aos potenciais osmóticos de 0 MPa⁻¹, -0,14MPa⁻¹, -0,28 MPa⁻¹, -0,42 MPa⁻¹, -0,56 MPa⁻¹, -0,70 MPa⁻¹ e -0,84 MPa⁻¹. Utilizaram-se quatro cultivares comerciais, sendo: FPS Paranapanema RR, FPS Solimões RR, BRS Tordilha RR e Fepagro 36 RR. A análise de variância revelou interação significativa entre potenciais osmóticos x cultivares de soja para as variáveis, primeira contagem de germinação, percentual de sementes germinadas, massa seca de plântulas, comprimento da radícula e hipocótilo. O aumento do potencial osmótico e estresse hídrico conferem menor percentual de germinação na primeira contagem, menor percentual de sementes germinadas, menor massa seca de plântulas e comprimento de radícula e hipocótilo. As cultivares FPS Paranapanema RR, BRS Tordilha RR revelam maior tolerância ao déficit hídrico, confirmado pela maior germinação na primeira contagem de germinação e massa seca de plântulas.

Palavras-chave: *Glycine max* L., qualidade fisiológica, potencial osmótico

Abstract. The seed is considered the sustaining element of the production system, responsible for germination and plant stand in the field, featuring the final yield quantitative culture influences. Therefore, the aim of this research was verifying the physiological influences of different osmotic levels through the use of mannitol in soybean cultivars. Study conducted in 2014 by the Laboratory of Genetic Breeding and Plant Production, Federal University of Santa Maria. The experimental design was randomized blocks arranged in factorial scheme 7 x 4 (osmotic potentials x soybean cultivars), arranged in eight replicates. Were used mannitol (C₆H₁₄O₆) to refer to the seeds to osmotic potentials of 0 MPa⁻¹, -0.14 MPa⁻¹, -0.28 MPa⁻¹, -0.42 MPa⁻¹, -0.56 MPa⁻¹, -0.70 MPa⁻¹ and -0.84 MPa⁻¹. Using four commercial cultivars, being: FPS Paranapanema RR, FPS Solimões RR, BRS Tordilha RR e Fepagro 36 RR. The analysis of variance revealed a significant interaction between osmotic potentials x soybean cultivars for the variables, first count, percentage of germinated seeds, seedlings dry weight, length of radicle and hypocotyl. The increase in osmotic potential and water stress confers a lower percentage of germination in the first count, a lower percentage of germinated seeds, lower seedling dry matter and radicle and hypocotyl. Cultivars FPS Paranapanema RR, BRS Tordilha RR show greater tolerance to drought, resulting in increased germination in the first germination and seedling dry matter.

Keywords: *Glycine max* L., physiological quality, osmotic potential

Introdução

A cultura da soja (*Glycine max* L.) está exposta a adversidades climáticas no decorrer do

ciclo, entre estas o estresse hídrico que caracteriza-se por comprometer os mecanismos fisiológicos em distintos estádios fenológicos (Muchow et al., 1993).



Do ponto de vista agrônômico a semente é considerada o elemento de sustentação do sistema produtivo, responsável pela germinação e *stand* de plantas na lavoura, caracterizando influências quantitativas ao rendimento final da cultura (Menon et al., 1993).

Períodos pós-semeadura com déficits hídricos prolongados podem causar a deterioração das sementes, prejudicando o potencial fisiológico, que passa a interferir na emergência de plântulas e podendo causar redução no *stand* de plantas a campo. A germinação consiste na embebição de água pelas sementes. O processo é eficiente quando a quantidade de água absorvida é satisfatória, deste modo, iniciam-se as atividades metabólicas, com reativação enzimática e degradação das substâncias de reservas contidas no endosperma, isso resulta em energia e conseqüentemente na formação de estruturas e desenvolvimento do embrião. Esta energia é primordial ao desenvolvimento e manutenção inicial das plântulas, por ser importante para que às plântulas diferenciem seus tecidos em fotossinteticamente ativos e proporcione o crescimento e desenvolvimento da plântula (Taiz e Zeiger, 2004).

O desempenho de genótipos quanto a capacidade de superar estresses durante o estabelecimento da cultura a campo, pode ser mais bem compreendido em laboratório. Para tanto, Braccini et al. (1996) caracterizaram a solução de manitol como estratégica para elucidar dúvidas vinculadas ao desempenho fisiológico inicial, simulando condições de baixa umidade no solo através da adição de manitol. Machado Neto et al. (2006) relatam que diversas soluções osmóticas são utilizadas para simular restrição hídrica, dentre elas o manitol. O manitol caracteriza-se como álcool hexanídrico, quando em solução com água é absorvido durante o processo de germinação revelando estresse às plântulas, desta maneira, seu uso é justificado por proporcionar diferenças aos níveis hídricos disponíveis à embebição das sementes.

Para o condicionamento osmótico uma das alternativas para simular o estresse hídrico às sementes é embeber as sementes na solução composta por água e manitol, pois ativam fisiologicamente o metabolismo das sementes, mas não permitem a conclusão do processo de germinação. Entre o início da germinação à emergência de plântulas, tanto o excesso quanto o déficit hídrico são prejudiciais ao estabelecimento e uniformidade da população de plantas. Para o

desempenho satisfatório da soja é necessário que a semente absorva no mínimo 50% de sua massa em água. Estudos conduzidos por Nunes et al. (2011) relatam que a amplitude de água disponível no solo não deve ser inferior a 50% e superior a 85% da razão água-solo. Braga (1999) revela que potenciais osmóticos de -0.4 e -0.6 MPa^{-1} causam decréscimos ao percentual de germinação e vigor das sementes de feijão. Neste sentido o trabalho teve o objetivo de verificar as influências fisiológicas de diferentes níveis osmóticos através do uso de manitol em cultivares de soja.

Material e Métodos

O experimento foi realizado em 2014 no Laboratório de melhoramento genético e produção de plantas na Universidade Federal de Santa Maria *campus* de Frederico Westphalen – RS. O delineamento experimental utilizado foi blocos ao acaso organizado em esquema fatorial 7×4 (potenciais osmóticos \times cultivares de soja), dispostos em oito repetições. Utilizou-se Manitol ($\text{C}_6\text{H}_{14}\text{O}_6$) para submeter as sementes aos potenciais osmóticos de 0 MPa^{-1} (sem manitol), $-0,14 \text{ MPa}^{-1}$ ($0,074 \text{ g L}^{-1}$ de água destilada), $-0,28 \text{ MPa}^{-1}$ ($0,743 \text{ g L}^{-1}$ de água destilada), $-0,42 \text{ MPa}^{-1}$ ($14,860 \text{ g L}^{-1}$ de água destilada), $-0,56 \text{ MPa}^{-1}$ ($29,720 \text{ g L}^{-1}$ de água destilada), $-0,70 \text{ MPa}^{-1}$ ($44,581 \text{ g L}^{-1}$ de água destilada) e $-0,84 \text{ MPa}^{-1}$ ($59,441 \text{ g L}^{-1}$ de água destilada).

Foram utilizadas quatro cultivares comerciais: FPS Paranapanema RR, FPS Solimões RR, BRS Tordilha RR e Fepagro 36 RR, ambas com umidade de 13% no início dos testes. Cada unidade experimental foi composta por três folhas de papel *germitest* utilizando-se 2,5 vezes a massa da solução em relação à massa do papel, procedendo-se a alocação dos mesmos em câmara de germinação tipo B.O.D. em temperatura constante de 25°C . As contagens foram realizadas aos cinco e oito dias após o início dos testes (Brasil, 2009).

Os caracteres avaliados foram:

- *Primeira contagem de germinação*: aferiu-se ao quinto dia o percentual de sementes que iniciaram o processo de germinação, aquelas consideradas como plântulas normais.

- *Percentual de sementes germinadas*: aferida no oitavo dia a contagem das sementes que emitiram primórdios radiculares e parte aérea normais.

- *Massa seca de plântulas*: dez plântulas normais por unidade experimental foram submetidas à secagem até massa constante em câmara de

ventilação forçada a 65 °C, resultados expressos em gramas.

- *Comprimento de hipocótilo e radícula:* aferiu-se o comprimento das estruturas de dez plântulas normais por unidade experimental, com auxílio de paquímetro digital, resultados expressos em milímetros.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F. Quando significativo as variáveis foram desmembradas para comparação dos efeitos simples entre potenciais osmóticos x cultivares de soja. As variáveis que não apresentaram efeitos significativos para interação foram desmembradas aos efeitos principais. As médias para o fator qualitativo foram comparadas pelo teste de Tukey com 5% de probabilidade de erro. Os potenciais osmóticos foram submetidos à análise de regressão linear. As análises foram realizadas com o software estatístico Genes (Cruz, 2006).

A análise de variância revelou interação significativa entre potenciais osmóticos x cultivares de soja para as variáveis, primeira contagem de germinação, percentual de sementes germinadas, massa seca de plântulas, comprimento da radícula e hipocótilo.

Em relação ao desempenho da variável primeira contagem de germinação utilizada na indicação do vigor do lote, pode-se observar a redução gradual do potencial fisiológico das sementes submetidas a potenciais osmóticos mais severos (Figura 1). A cultivar FPS Solimões RR, apresentou redução do vigor das sementes no potencial osmótico de $-0,70\text{MPa}^{-1}$. O maior nível de potencial osmótico revela respostas não explicáveis biologicamente, onde o incremento na magnitude do caráter é atribuída ao ajuste errôneo na equação, desta forma, melhores respostas para potenciais osmóticos extremos podem ser obtidos através do aumento do número de níveis, e menor amplitude entre níveis osmóticos.

Resultados e Discussão

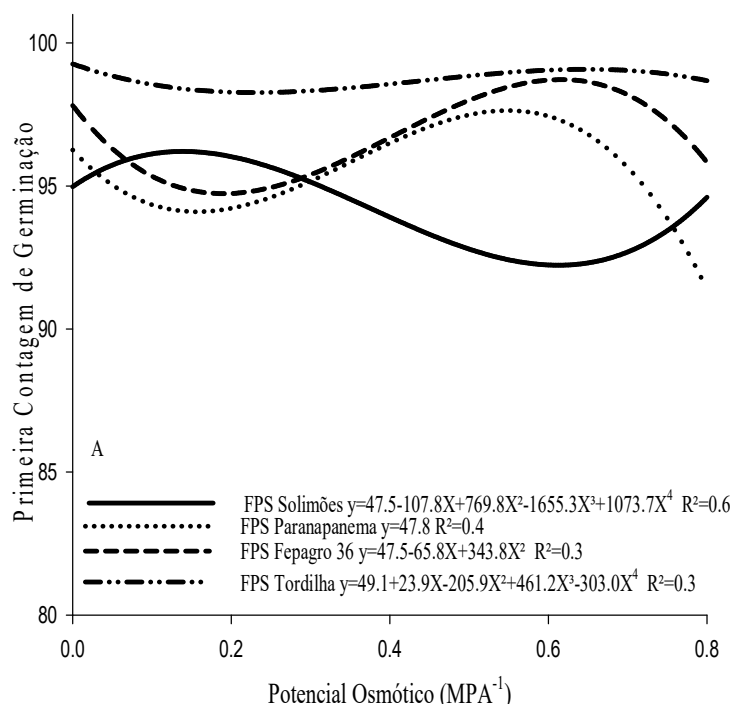


Figura 1. Interação cultivares x níveis osmóticos para a primeira contagem de germinação. Frederico Westphalen - RS, 2014.

O déficit hídrico causado pelos diferentes potenciais osmóticos é justificável pela regressão de quarto grau, que revela visíveis oscilações ao parâmetro analisado. Pelas fundamentações estatísticas um fator quantitativo deve ser submetido

ao teste de significância para o maior grau significativo, neste caso obtivemos equação de quarto grau, esta por sua vez não revela explicação biológica sendo que o ajuste da equação não é



possível, pois o coeficiente de determinação dos graus quadrático e cúbico é baixo.

Segundo Oliveira e Gomes-Filho (2009) o estresse hídrico e salino afeta negativamente o vigor das sementes. Em relação ao desempenho das cultivares (Tabela 1) nos potenciais osmóticos de -

0,28 MPa⁻¹ e -0,56 MPa⁻¹ para o caráter primeira contagem de germinação todas as cultivares apresentam-se similares. Os potenciais osmóticos 0 MPa⁻¹, -0,70 MPa⁻¹ e 0,84 MPa⁻¹ expressam respostas similares para as cultivares Fepagro 36 RR e BRS Tordilha RR.

Tabela 1. Médias da variável primeira contagem de germinação entre interação potenciais osmóticos x cultivares de soja. Universidade Federal de Santa Maria *Campus* Frederico Westphalen – RS. 2014.

Potencial Osmótico	FPS Solimões RR	FPS Paranapanema RR	Fepagro 36 RR	BRS Tordilha RR
0 MPa ⁻¹ *	95,75 B	95,25 B	97,75 AB	99,25 A
-0,14 MPa ⁻¹	98,25 AB	99,50 A	96,75 B	99,50 A
-0,28 MPa ⁻¹	97,50 A	98,25 A	97,50 A	99,00 A
-0,42 MPa ⁻¹	95,00 B	93,50 B	94,00 B	99,00 A
-0,56 MPa ⁻¹	99,25 A	97,25 A	97,75 A	97,50 A
-0,70 MPa ⁻¹	91,50 C	97,00 B	98,00 AB	99,75 A
-0,84 MPa ⁻¹	96,25 A	91,50 B	96,00 A	98,50 A
CV(%)	4,13			

*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha não diferem estatisticamente para as cultivares pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

A cultivar FPS Solimões RR demonstra efeitos negativos com redução do vigor quando submetida ao potencial osmótico de -0,70 MPa⁻¹, sendo esta cultivar inferior aos demais para a variável. A cultivar FPS Paranapanema RR difere estatisticamente das demais cultivares por revelar menor resposta ao estresse hídrico, oriundo do maior potencial osmótico -0,84 MPa⁻¹. Segundo Krzyzanowski et al. (1991), a determinação do vigor é adequada para avaliar os atributos fisiológicos das sementes e a capacidade destas em resistir a condições adversas, justificando as respostas obtidas pelas cultivares ao déficit hídrico.

Com relação ao desempenho das cultivares BRS Tordilha RR, FPS Solimões RR e FPS Paranapanema RR pode-se observar redução do percentual de germinação das sementes em relação ao aumento do déficit hídrico (Figura 2). As cultivares utilizadas em potenciais osmóticos negativos revelam redução no percentual de germinação. O processo de hidratação, ativação do metabolismo e emissão de primórdios são dependentes de níveis mínimos de umidade para que ocorra satisfatoriamente a germinação, grande contribuição para estes processos são oriundos da constituição química e permeabilidade das membranas das sementes (Verslues et al., 2006).

O potencial osmótico de -0,84 MPa⁻¹ resultou em intenso estresse hídrico a cultivar BRS Tordilha RR, com redução abrupta de 16% no percentual de germinação em relação à 0 MPa⁻¹, esta cultivar possivelmente necessita maior volume hídrico para ocorrência do processo de germinação. Segundo Hadas (1976) quando o processo de germinação é exposto a estresses hídricos ocorre a redução da atividade enzimática e problemas ao desenvolvimento meristemático.

Em relação ao desempenho das cultivares (Tabela 2) observa-se que todos os genótipos foram similares nos potenciais osmóticos de -0,14 MPa⁻¹ e -0,28 MPa⁻¹. No potencial osmótico 0 MPa⁻¹ as cultivares FPS Paranapanema RR, Fepagro 36 RR, BRS Tordilha RR diferem estatisticamente da cultivar FPS Solimões RR, esta última com menor magnitude no percentual de sementes germinadas. Para os potenciais osmóticos de -0,56 MPa⁻¹ e -0,70 MPa⁻¹ verificou-se superioridade das cultivares Fepagro 36 RR e BRS Tordilha RR em relação a FPS Solimões RR e FPS Paranapanema RR para o caráter avaliado. No potencial osmótico de -0,84 MPa⁻¹ revelou-se que a cultivar BRS Tordilha RR diferencia-se das demais cultivares. Os menores percentuais de germinação foram expressos para as cultivares FPS Paranapanema RR e FPS Solimões RR nestas condições.

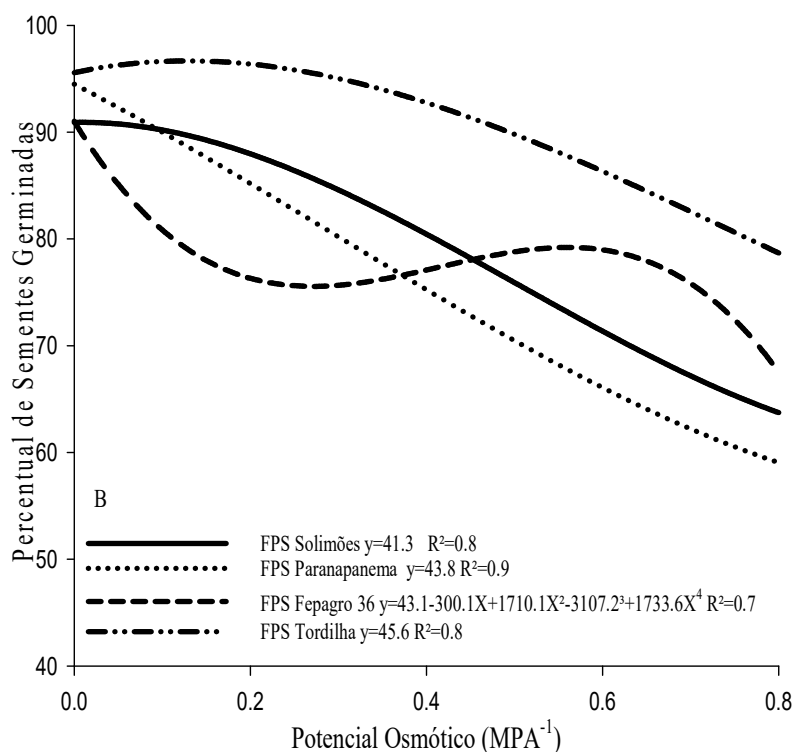


Figura 2. Interação cultivares x níveis osmóticos para a percentagem de sementes germinadas. Frederico Westphalen - RS, 2014.

Tabela 2. Médias da variável percentual de sementes germinadas entre interações potenciais osmóticos x cultivares de soja. Universidade Federal de Santa Maria *Campus* Frederico Westphalen – RS. 2014.

Potencial Osmótico	FPS Solimões RR	FPS Paranapanema RR	Fepagro 36 RR	BRS Tordilha RR
0 MPa ⁻¹ *	85,00 B	91,25 A	91,50 A	94,75 A
-0,14 MPa ⁻¹	95,25 A	96,00 A	91,00 A	96,25 A
-0,28 MPa ⁻¹	93,25 A	94,75 A	94,25 A	96,00 A
-0,42 MPa ⁻¹	85,50 B	86,25 B	88,75 C	96,00 A
-0,56 MPa ⁻¹	83,75 B	73,50 C	92,75 A	93,25 A
-0,70 MPa ⁻¹	69,25 B	67,25 B	82,00 A	86,00 A
-0,84 MPa ⁻¹	64,25 BC	58,75 C	66,75 B	78,75 A
CV(%)	12,66			

*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha não diferem estatisticamente à Tukey com 5% de probabilidade de erro.

A massa seca de plântulas caracteriza-se como indicadora do vigor inicial das sementes, da taxa de crescimento inicial e do desempenho das plântulas a campo. A cultivar BRS Tordilha RR (Figura 3) apresentou resposta ascendente quanto aos níveis osmóticos para a variável massa seca de plântulas. O desempenho diferenciado deste caráter para esta cultivar pode estar atrelado às sementes apresentarem dimensões superiores em relação às demais cultivares. A cultivar FPS Solimões RR, apresentou redução do acúmulo de massa seca a partir de potenciais osmóticos superiores à -0,56

MPa⁻¹. As respostas podem estar associadas à constituição tegumentar intrínseca de cada material. Costa (2004) relata que sementes de soja induzidas a estresses hídricos por adição de manitol tendem a reduzir as dimensões e massa de plântulas à medida que o estresse aumenta. As cultivares FPS Paranapanema RR e Fepagro 36 RR, não mostraram respostas quanto aos potenciais osmóticos para este caráter.

Ao comparar o desempenho dos materiais, observa-se superioridade da cultivar BRS Tordilha RR (Tabela 3) ao nível 0 MPa⁻¹ no acúmulo de

massa seca de plântulas. Para o potencial osmótico de $-0,28 \text{ MPa}^{-1}$ as cultivares FPS Solimões RR, Fepagro 36 RR e BRS Tordilha RR, expressam inferioridade em relação ao acúmulo de massa seca nas plântulas. No potencial osmótico $-0,56 \text{ MPa}^{-1}$, a cultivar FPS Solimões RR destaca-se

significativamente sendo superior às demais cultivares. Em potenciais osmóticos superiores $-0,70 \text{ MPa}^{-1}$ e $-0,84 \text{ MPa}^{-1}$ as cultivares FPS Solimões RR, FPS Paranapanema RR e Fepagro 36 RR expressam redução considerável na massa seca de plântulas.

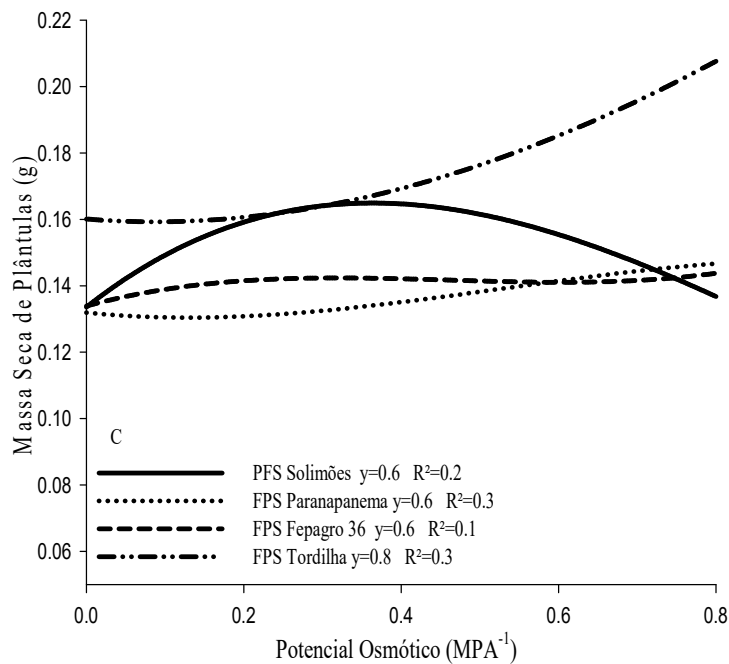


Figura 3. Interação cultivares x níveis osmóticos para a massa seca de plântulas. Frederico Westphalen - RS, 2014.

Tabela 3. Médias da variável massa seca de plântulas para interação entre potenciais osmóticos x cultivares de soja. Universidade Federal de Santa Maria campus Frederico Westphalen – RS. 2014.

Potencial Osmótico	FPS Solimões RR	FPS Paranapanema RR	Fepagro 36 RR	BRS Tordilha RR
0 MPa ⁻¹ *	0,12 B	0,13 B	0,13 B	0,17 A
-0,14MPa ⁻¹	0,13 B	0,13 B	0,12 B	0,18 A
-0,28 MPa ⁻¹	0,16 A	0,14 B	0,15 AB	0,12 C
-0,42 MPa ⁻¹	0,14 B	0,13 B	0,14 B	0,18 A
-0,56 MPa ⁻¹	0,19 A	0,13 B	0,15 B	0,14 B
-0,70 MPa ⁻¹	0,14 B	0,14 B	0,14 B	0,20 A
-0,84 MPa ⁻¹	0,14 B	0,14 B	0,14 B	0,20 A
CV(%)	8,07			

*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha não diferem estatisticamente à Tukey com 5% de probabilidade de erro.

O sistema radicular é extremamente importante para a absorção de água, nutrientes e sustentação da planta. Problemas de formação em sua estrutura podem acarretar prejuízos ao seu estabelecimento e por consequência no rendimento da cultura. O comprimento da radícula (Figura 4) apresenta reduções consideráveis à medida que o

potencial osmótico aumenta e consequentemente o estresse hídrico, este comportamento é observado para todas as cultivares.

Em condições de estresse hídrico as plântulas apresentam menores comprimentos devido à redução de dimensões celulares através da redução de sua turgidez, os tecidos formados a partir das

condições com maior estresse hídrico possuem menor alongamento e as substâncias de reserva são menos aproveitadas devido ao estresse osmótico ocorrido. Esses resultados são corroborados por pesquisas realizadas por Machado Neto et al. (2004), onde potenciais osmóticos de $-0,30 \text{ MPa}^{-1}$ a $-0,90 \text{ MPa}^{-1}$ ocasionaram decréscimos gradativos ao comprimento de parte aérea e radícula, devido a utilização de soluções com manitol e cloreto de sódio em sementes de soja.

Ao relacionar-se o desempenho das cultivares (Tabela 4), observa-se ao nível osmótico $-0,14 \text{ MPa}^{-1}$ comportamento similar para todas as cultivares quanto ao comprimento de radícula. Aos níveis osmóticos de $-0,42 \text{ MPa}^{-1}$ a $-0,84 \text{ MPa}^{-1}$, a cultivar BRS Tordilha RR expressa superioridade no comprimento de radícula em relação aos demais materiais. Estes resultados indicam que esta cultivar expressa maior tolerância ao estresse hídrico. Em contra partida, a cultivar FPS Solimões RR apresenta-se mais sensível.

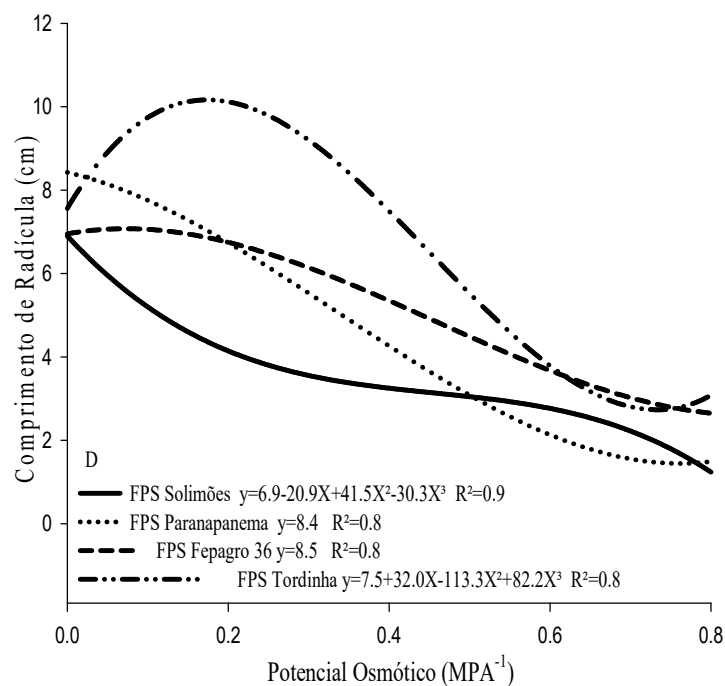


Figura 4. Interação cultivares x níveis osmóticos para a comprimento de radícula. Frederico Westphalen - RS, 2014.

Tabela 4. Médias da variável comprimento de radícula para interação entre potenciais osmóticos x cultivares de soja. Universidade Federal de Santa Maria *Campus* Frederico Westphalen – RS, 2014.

Potencial Osmótico	FPS Solimões RR	FPS Paranapanema RR	Fepagro 36 RR	BRS Tordilha RR
0 MPa^{-1} *	6,87 B	7,85 AB	8,40 A	7,12 AB
$-0,14 \text{ MPa}^{-1}$	7,07 A	8,45 A	8,43 A	8,25 A
$-0,28 \text{ MPa}^{-1}$	6,55 C	8,82 AB	9,02 A	7,55 BC
$-0,42 \text{ MPa}^{-1}$	4,12 C	7,23 B	6,01 B	10,47 A
$-0,56 \text{ MPa}^{-1}$	3,30 C	3,45 C	5,95 AB	6,99 A
$-0,70 \text{ MPa}^{-1}$	2,73 AB	2,68 B	3,00 AB	4,11 A
$-0,84 \text{ MPa}^{-1}$	1,25 B	1,35 AB	2,35 AB	2,72 A
CV(%)	17,38			

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha não diferem estatisticamente à Tukey com 5% de probabilidade de erro.

As cultivares FPS Solimões RR, Fepagro 36 RR e FPS Paranapanema RR (Tabela 4) expressam menores magnitudes de comprimento de radícula em relação as demais cultivares, quando submetidas aos níveis osmóticos de $-0,42 \text{ MPa}^{-1}$ a $-0,84 \text{ MPa}^{-1}$. Os resultados obtidos são justificáveis por Sá (1987), que relata a baixa disponibilidade de água como fator primordial para reduzir o comprimento da raiz primária de plântulas de soja.

O hipocótilo é extremamente importante ao desempenho inicial da plântula, quando vigoroso, torna mais rapidamente os tecidos tegumentares e fotossintéticos, propiciando que as plântulas sintetizem assimilados e não mais sustentam-se

através da energia provinda de substâncias do endosperma da semente.

Houve redução gradual do comprimento do hipocótilo (Figura 5), devido ao aumento do potencial osmótico e restrição hídrica. Os níveis osmóticos de $-0,56 \text{ MPa}^{-1}$, $-0,70 \text{ MPa}^{-1}$ e $-0,84 \text{ MPa}^{-1}$, expressam-se críticos ao caráter, pois tendem a modificar a turgescência celular e assim prejudicar o alongamento dos tecidos. Ao nível osmótico $-0,14 \text{ MPa}^{-1}$ (Tabela 5), observa-se que a cultivar BRS Tordilha RR demonstra menores magnitudes de comprimento de hipocótilo em relação aos demais materiais. Superioridade a este caráter é evidenciado via FPS Solimões RR e FPS Paranapanema RR.

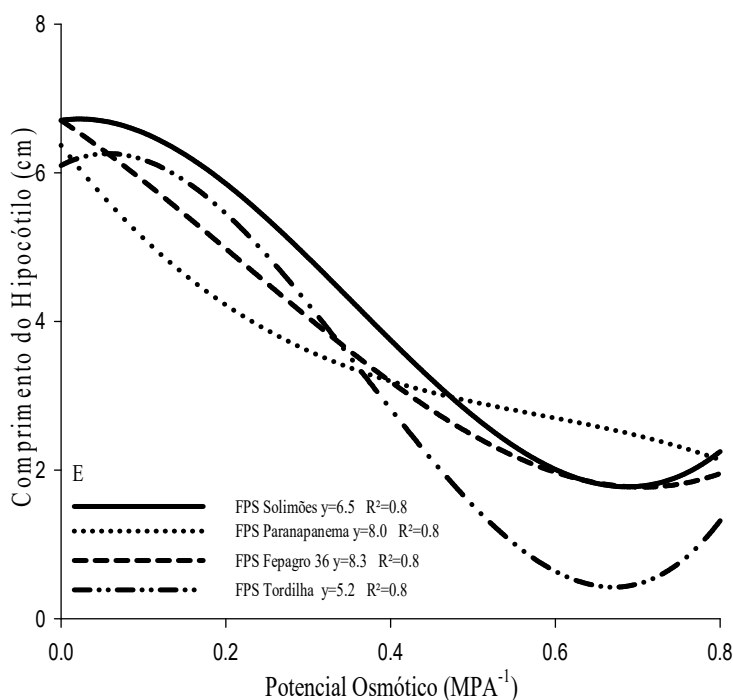


Figura 5. Interação cultivares x níveis osmóticos para a comprimento do hipocótilo. Frederico Westphalen - RS, 2014.

O potencial osmótico de $-0,56 \text{ MPa}^{-1}$ (Tabela 5) promoveu respostas de inferioridade das cultivares FPS Solimões RR, FPS Paranapanema RR e Fepagro 36 RR, onde estas apresentam maior comprimento de hipocótilo em relação a cultivar BRS Tordilha RR nas condições de maior potencial osmótico. O potencial osmótico de $-0,84 \text{ MPa}^{-1}$ proporcionou à cultivar BRS Tordilha RR redução do comprimento de hipocótilo. Estudos conduzidos por Braga (1984) retratam que este caráter é altamente dependente das características da cultivar e do vigor atribuído ao lote de sementes.

Portanto o trabalho proporcionou resultados interessantes devido aos principais danos que o estresse hídrico proporciona nas plântulas, que posteriormente podem vir a comprometer o estabelecimento da cultura no campo. Também demonstra divergência quanto à tolerância de vigor nas condições diferentes nas quais os genótipos foram submetidos, assim para condições em que as baixas precipitações ocorram com frequência pode-se indicar as cultivares FPS Paranapanema RR, BRS Tordilha RR por possuírem maior vigor na superação do estresse.



Tabela 5. Médias da variável comprimento de hipocótilo para interação entre potenciais osmóticos x cultivares de soja, Universidade Federal de Santa Maria campus Frederico Westphalen – RS, 2014.

Potencial Osmótico	FPS Solimões RR	FPS Paranapanema RR	Fepagro 36 RR	BRS Tordilha RR
0 MPa ^{-1*}	5,31 B	5,39 B	5,51 AB	6,30 A
-0,14MPa ⁻¹	7,98 A	8,27 A	5,78 B	4,35 C
-0,28 MPa ⁻¹	6,86 B	5,31 C	8,93 A	7,65 B
-0,42 MPa ⁻¹	5,81 A	3,97 B	4,67 B	5,91 A
-0,56 MPa ⁻¹	3,77 A	3,67 A	3,32 A	1,94 B
-0,70 MPa ⁻¹	2,00 AB	2,35 A	1,94 AB	1,26 B
-0,84 MPa ⁻¹	2,25 A	2,22 A	1,95 AB	1,15 B
CV(%)	12,73			

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha não diferem estatisticamente a Tukey com 5% de probabilidade de erro.

Conclusões

O aumento do potencial osmótico e estresse hídrico conferem menor percentual de germinação na primeira contagem, menor percentual de sementes germinadas, menor massa seca de plântulas e comprimento de radícula e hipocótilo.

As cultivares FPS Paranapanema RR, BRS Tordilha RR revelam maior tolerância ao déficit hídrico, confirmado pela maior germinação na primeira contagem de germinação e massa seca de plântulas.

Referências

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

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regras para Análise de Sementes. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília: Mapa/ACS, 2009. 399 p.

BRAGA, L. F. Efeito da disponibilidade hídrica do substrato na qualidade fisiológica de sementes de feijão. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 21, n. 2, p. 95-102, 1999.

BRAGA, N.R. Efeito térmico no alongamento do hipocótilo de sete cultivares de soja. EMBRAPA, Londrina, p. 938-43, 1984.

CRUZ, C. D. Programa Genes – Estatística Experimental e Matrizes. Viçosa: Editora UFV. 285p. 2006.

COSTA, P. R. Estresse hídrico induzido por manitol em sementes de soja de diferentes tamanhos. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 26, n. 2, p. 105-113, 2004.

HADAS, A. Water uptake and germination of leguminous seeds under changing external water potential in osmotic solution. **Journal of Experimental Botany**. v.1, p.27-48, 1976.

MACHADO NETO, N.B.; SATURNINO, S.M.; BOMFIM, D.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.

MACHADO NETO, N. B.; CUSTÓDIO, C. C.; COSTA, P. R. Deficiência hídrica induzida por diferentes agentes osmóticos na germinação e vigor de sementes de feijão. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 28, n. 1, p. 142-148, 2006.

MENON, J.C.M.; BARROS, A.C.S.A.; MELLO, V.D.C. Avaliação da qualidade física e fisiológica da semente de soja produzida no estado do Paraná na safra 1989/90. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 15, n.2, p. 203-208, 1993.

MUCHOW, R.C.; ROBERTSON, M.J.; PENGELLY, B.C. Radiation-use efficiency of soybean, mungbean and cowpea under different environmental conditions. **Field Crops Research**, v. 32 p.1- 6, 1993.

NUNES, J.L.S. Características da Soja. Disponível em: www.agrolink.com.br/culturas/soja/caracteristicas. Acesso em: 21 jul. 2013.



Revista Agrarian

ISSN: 1984-2538

OLIVEIRA, A. B.; GOMES, E.F. Germinação e vigor de sementes de sorgo forrageiro sob estresse hídrico e salino. **Revista Brasileira de Sementes**. v.31, n. 3, p. 48-56, 2009.

SÁ, M.E. **Relações entre qualidade fisiológica, disponibilidade hídrica e desempenho de sementes de soja (*Glycine max* (L.) Merrill)**. 1987. Ano de obtenção: 1987. 147p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de

Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1987.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia vegetal. 3. ed. Porto Alegre: ARTMED, 2004, 719 p.

VERSLUES, P.E.; AGARWAL, M.; KATIYAR, S.A. Methods and concepts in quantifying resistance to drought, salt and freezing, abiotic stress that affect plant water status. **The Plant Journal**, v.45, n.4, p.523-539, 2006.