

EFEITOS DO ESTRESSE SALINO NA GERMINAÇÃO E VIGOR DE SEMENTES DE MILHO

Amanda de Sousa Carvalho¹, Lígia Cristina Pereira Aguiar¹, Fernando Barnabé Cerqueira²

RESUMO

O estresse salino ocasionado pelo alto teor de sais nos solos, é um fator limitante para o cultivo de diversas culturas, devido a diminuição do potencial osmótico, sendo desta forma responsável em dificultar a absorção de água pelas raízes das plantas. Neste sentido, objetivou-se avaliar o efeito do estresse salino na germinação e vigor de sementes de milho com o uso de diferentes sais e potenciais osmóticos. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado em arranjo fatorial 2 x 5 (agentes osmóticos x potenciais osmóticos) e quatro repetições. As sementes utilizadas foram de híbrido de milho Impacto Vip3, tratadas com Cruiser® 350FS, colocadas para germinar em papel germitest umedecido com soluções cloreto de sódio (NaCl) e cloreto de potássio (KCl) nos potenciais osmóticos de 0,0, -0,2, -0,4, -0,8, e -1,2 Mpa. O desempenho das sementes e plântulas foi avaliado por meio das variáveis: primeira contagem, porcentagem de germinação, contagem de plântulas normais, índice de velocidade de germinação, comprimento de raiz e da parte aérea, relação parte aérea e raiz e matéria fresca e seca das plântulas. As sementes e plântulas de milho apresentaram maior sensibilidade ao estresse salino afetando a germinação, principalmente a partir do potencial -0,8 Mpa com o uso dos sais KCl e NaCl. O potencial osmótico de -1,2 Mpa ocasiona diminuição dos valores em todas as variáveis avaliadas, exceto em IVG.

Palavras-chave: *Zea mays*. Sais. Potencial osmótico.

INTRODUÇÃO

A salinidade do solo vem sendo uma das principais limitações para o cultivo de diversas culturas, ocorrendo em áreas salinizadas naturalmente, geralmente regiões áridas e semiáridas, devido a evaporação ser superior a precipitação o que gera um incremento do sódio trocável, além da concentração de sais solúveis no solo. Além disso, existe um crescente risco, gerado principalmente pelo uso inadequado de irrigação, a fertirrigação além de práticas de desmatamento, nomeada de salinização secundária (SOUZA et al., 2010)

Tal acontecimento pode ser ainda mais agravante quando levado em conta a demanda mundial por alimentos cada vez mais crescente e o limitado crescimento da produção, sendo que a maioria das espécies cultivadas tem sensibilidade ao sal (FLOWERS e FLOWERS, 2005; LOPES e MACEDO, 2008).

O alto teor de sais no solo é considerado fator de estresse às plantas, por reduzir o potencial osmótico e contribuir com a ação dos íons sobre o protoplasma. A água é absorvida pelo processo de osmose na solução salina, fazendo com que ela se torne cada vez menos disponível às plantas, com alta concentração de sais (RIBEIRO et al., 2001; SOUZA et al., 2010). Desta forma, o aumento da salinidade está associado à dificuldade da planta em absorver água pelas raízes, devido ocorrer diminuição do potencial osmótico (AMORIM et al., 2002; LOPES e MACEDO, 2008).

As sementes são afetadas de forma significativa com relação a condição de salinidade dos solos. Elevadas proporções de sais no solo, predominantemente de cloreto de sódio (NaCl),

¹Acadêmica do curso de Agronomia. Instituto Educacional Santa Catarina – Faculdade Guaraí

²Eng. Agrônomo. Doutor em Biodiversidade e Biotecnologia pela Bionorte-UFT. Professor titular do Instituto Educacional Santa Catarina – Faculdade Guaraí. E-mail: fernando.cerqueira@iescfag.edu.br

causam interferência na germinação por diminuir o potencial osmótico, acarretando agravamento nas demais fases do processo da planta (SOUZA et al., 2010; LIMA et al., 2005). Conforme, Lopes e Macedo (2008), além de interferir na velocidade e porcentagem da germinação, ressalta que para cada espécie vegetal existe um valor de potencial hídrico limitante no solo, podendo até inibir a germinação quando se encontra abaixo do estipulado.

A ampliação de tecnologias voltadas para exploração de áreas consideradas salinas, vem sendo crescente, assim também como a procura de plantas mais tolerantes ao sal, para melhor adequação a esses locais, porém a manipulação de uma característica de herança quantitativa, é de grande dificuldade, tornando mais complexa a seleção de cultivares de maior resistência (PARDO, 2010; DA SILVA R. C. et al., 2016). A tolerância pode ser uma característica herdada geneticamente, porém também pode ser influenciada pelas qualidades das sementes, assim como a fisiologia, desta forma, sementes de maior qualidade subentende-se que tenham um maior potencial para tolerar fatores infortunosos (DA SILVA, et al., 2016).

Segundo Lopes e Macedo (2008), soluções osmóticas com CaCl_2 , KCl , NaCl , manitol e polietileno glicol podem ser utilizadas para simular condições de estresse salino e hídrico, o que pode acarretar diferentes resultados de germinação e vigor de sementes, mesmo quando expostos a potenciais osmóticos similares, o que pode ser explicado em função das diferenças químicas de cada solução.

Desta forma, estudar os possíveis efeitos deletérios do estresse salino que limitam o desenvolvimento inicial da cultura do milho, tendo em vista que a salinidade do solo, depende de diversos fatores intrínsecos e extrínsecos, sendo eles a espécie e cultivar escolhida, estágio fenológico que se encontra a planta, tipo de saís, o manejo, as condições edafoclimáticas e principalmente o manuseio correto de irrigação.

Desta forma, o trabalho é justificado em razão de uma pequena quantidade de estudos voltadas à avaliação dos efeitos do estresse salino na germinação e pré-emergência de plântulas de milho, sendo que a maioria dos demais trabalhos visam apenas avaliar esses efeitos após o estabelecimento da planta, além disso, é de extrema importância estudos sobre esses efeitos, pois somente assim é possível verificar se eles apresentam interferência ou não na produção em solos com maiores teores salinos.

O trabalho teve como objetivo geral avaliar o efeito do estresse salino na germinação e vigor de sementes de milho com o uso de diferentes saís e potenciais osmóticos. Apresentando os seguintes objetivos específicos, consistindo em definir a variedade de semente de milho, saís e as concentrações de potenciais osmóticos; preparar as soluções salinas; testar diferentes saís e concentrações salinas em sementes de milho; avaliar a germinação e vigor das sementes de milho em diferentes saís e concentrações salinas e parâmetros biométricos e biomassa fresca e seca das plântulas.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no laboratório de sementes da Faculdade Guarai IESC/FAG, no mês de agosto de 2019. Para o desenvolvimento do trabalho foram utilizadas sementes de híbrido de milho Impacto Vip3, tratadas com Cruiser® 350FS. O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado dispostos em arranjo fatorial 2×5 (agentes osmóticos x potenciais osmóticos) com quatro repetições.

Para germinação das sementes, foram utilizadas caixas gerbox $11 \times 11 \times 3,5$ cm, papel germitest e 25 sementes por repetição, na qual a testemunha foi constituída na ausência dos saís e os demais tratamentos com soluções contendo os agentes osmóticos cloreto de sódio (NaCl) e cloreto de potássio (KCl) para assemelhar estresse salino, em concentrações de 0,0, -0,2, -0,4, -0,8, e -1,2 Mpa, preparadas a partir da equação de Van't Hoff, que é citada por Salisbury e os (1991), representada da seguinte forma:

$$\psi_{os} = - RTC$$

Em que, ψ_{os} = potencial osmótico (atm);

R= constante geral dos gases perfeitos ($0,082 \text{ atm. l. mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$);

T= temperatura ($^{\circ}\text{K}$);

C= concentração (mol L^{-1}); e

T (K)= $273+T (^{\circ}\text{C})$.

As caixas gerbox foram esterilizadas com hipoclorito, numa solução de 2%, e álcool 70%, enquanto os demais materiais, a água e o papel germitest foram esterilizados na autoclave a uma temperatura de 121°C . Os substratos foram umedecidos com soluções na dosagem de 3 vezes a massa do papel, conforme a metodologia proposta por BRASIL (2009). Posteriormente, foram colocados na germinadora B.O.D onde permaneceram em condições ideais para a germinação sob uma temperatura de 25°C , recebendo 12 horas de luz, para serem coletados os dados quantitativos de sementes germinadas.

Para avaliar o índice de velocidade de germinação (IVG), realizou-se, a partir do quarto dia após a semeadura e no sétimo dia, a contabilização da porcentagem de germinação (BRASIL, 2009). Os índices foram obtidos mediante fórmula de Edmond e Drapala (1958):

$$VG = \frac{[(D1 \times P1) + (D2 \times P2)]}{(P1 + P2)}$$

Em que, V.G.= velocidade de germinação, que foi representada em número de dias médios à germinação;

D1= número de dias da semeadura à primeira contagem;

D2= número de dias da semeadura à segunda contagem;

P1= número de plântulas normais referente a primeira; e

P2= número de plântulas da segunda contagem de germinação.

No sétimo dia após a semeadura, foi realizada contagem de plântulas, onde foram contabilizadas as plântulas normais, sendo desconsideradas plântulas anormais e sementes não germinadas. Após a identificação das plântulas normais, foram separadas 10 plântulas de cada uma das repetições dos respectivos tratamentos, para coleta dos valores de comprimento de raiz, que foi obtido medindo-se desde a coleorriza até a extremidade da raiz primária, e o comprimento da parte aérea foi medido da base da plúmula até a sua extremidade, com o uso de uma régua milimetrada, onde os resultados foram expressos em centímetros.

Para avaliar a massa fresca das plântulas, foram utilizadas as plântulas anteriormente selecionadas, as quais tiveram seus cotilédones removidos e posteriormente foram pesadas, a fim de quantificar o peso da massa fresca. Logo após, foram postas em sacos de papel para secarem em estufa de circulação de ar a uma temperatura de $80 \pm 3^{\circ}\text{C}$, durante 24 horas, sendo que após esse processo foram novamente pesadas para obtenção do peso da massa seca das plântulas, as quais foram divididas pelo número de plântulas que cada repetição continha, fornecendo assim, o valor da massa da matéria seca por plântula, que é dada em mg.plântula^{-1} (NAKAGAWA, 1999).

Após a coleta de dados, estes foram analisados através do programa SISVAR (FERREIRA, 2011), e análise de variância pelo teste F comparados ao Teste de Scott-Knott aos níveis de 5% de probabilidade ($p < 0,05$) e análise de regressão a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os dados coletados foram submetidos a análise de variância pelo teste de F a nível de 5% de probabilidade, conforme tabela 1. Somente para as variáveis primeira contagem, germinação, contagem de plântulas normais e comprimento de raiz teve efeito significativo ($p < 0,05$) nas fontes de variações sais, concentrações e interação sais x concentração. Enquanto para comprimento de parte aérea, relação parte aérea/raiz, peso de massa fresca e peso de massa seca houve efeito apenas na fonte de variação concentrações de sais, exceto para variável IVG.

Tabela 1. Síntese da análise de variância para as variáveis primeira contagem (PC), germinação (G), contagem de plântulas normais (CPN), comprimento de raiz (CR), comprimento parte aérea (CPA), relação parte aérea/raiz (PA/R), peso massa fresca (PMF) e peso massa seca (PMS).

FV										
	GL	PC	G	CPN	IVG	CR	CPA	PA/R	PMF	PMS
Sais	1	126,0*	108,9*	50,62*	0,020 ^{ns}	0,90*	0,20 ^{ns}	0,0001 ^{ns}	0,11 ^{ns}	0,003 ^{ns}
Conc	4	480,3*	477,4*	463,5*	0,015 ^{ns}	36,59*	14,59*	0,16*	2,40*	0,11*
S * C	4	36,77*	27,4*	28,93*	0,015 ^{ns}	0,43*	0,04 ^{ns}	0,006 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,001 ^{ns}
Rep	3	10,09 ^{ns}	4 ^{ns}	6,22 ^{ns}	0,016 ^{ns}	0,17 ^{ns}	0,12 ^{ns}	0,004 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,0002 ^{ns}
Erro	27	6,18	4,14	4,24	0,009	0,11	0,07	0,003	0,02	0,001
CV (%)		13,68	10,83	11,99	1,78	9,17	15,32	14,11	19,35	19,17

FV=Fonte de variação; Fonte; Doses; S*C= Sais* Concentrações; Rep=Repetição; CV(%)= Coeficiente de Variação; GL = Grau de liberdade; ^{ns} = não significativa ao nível de 5% de probabilidade pelo teste Scott-Knott; * = significativo ao nível 5% de probabilidade pelo teste Scott-Knott.

Os valores médios das variáveis apresentadas nos desdobramentos das interações, entre sais x concentrações, apresentaram diferença significativa ($p < 0,05$) apenas em PC, G, CPN, CR, PMF e PMS, as quais apresentaram resultados superiores com o uso do KCL (Tabela 2). Isso pode ser explicado em razão do potássio apresentar efeitos benéficos para germinação e desenvolvimento das plântulas, o qual favoreceu a formação das paredes celulares, absorção de água e regulação de nutrientes. Resultados obtidos por Maia et al., (2011) indica que o potássio está diretamente ligado a diversas atividades bioquímicas, atua como ativador de enzimas e regulador da pressão osmótica

A análise de regressão foi representada por meio de gráficos para todas variáveis avaliadas, com exceção ao IVG e PA/R, pois seus valores não permitiram ajustes de equação de regressão, por esse motivo, seus resultados foram trabalhados de acordo com médias do teste de Scott-Knott, conforme tabela 2.

Tabela 2. Desdobramentos da interação entre sais e níveis de potencial osmótico para primeira contagem (PC), germinação (G), contagem de plântulas normais (CPN), índice de velocidade de germinação (IVG), comprimento de raiz (CR), comprimento de parte aérea (CPA), relação parte aérea/raiz (PA/R), peso de massa fresca (PMF) e peso de massa seca (PMS) de milho sob o efeito de estresse salino induzido por soluções de NaCl e KCl.

Nível de Ψ_{os}^*	Solução	PC	G	CPN	IVG	CR	CPA	PA/R	PMF	PMS
(Mpa)		(%)			(dias)	(cm)		(cm)	(g plântula ⁻¹)	
0,0	T	100 aA	100 aA	23,25 aA	5,5 aB	6,26 aA	3,26 aA	0,52 aB	1,16 aB	0,33 aA
- 0,2	NaCl	85 aA	90 aA	22,25 aA	5,5 aB	4,67 bB	2,73 aB	0,59 aA	1,47 aA	0,28 aB
	KCl	93 aA	99 aA	21,25 aA	5,5 aB	5,37 aB	3,1 aA	0,58 aA	1,53 aA	0,30 aA
- 0,4	NaCl	91 aA	93 aA	21,75 aA	5,52 aB	4,08 aC	1,93 aC	0,47 aB	1,15 aB	0,25 aB
	KCl	95 aA	96 aA	22 aA	5,51 aB	3,73 aC	2,02 aB	0,54 aA	1,16 aB	0,24 aB
-0,8	NaCl	33 bB	40 bB	9,5 bB	5,7 aA	1,58 bD	0,38 aD	0,24 aD	0,33 bC	0,08 bC
	KCl	76 aB	59 aB	17,75 aB	5,51 aB	2,31 aD	0,58 aC	0,26 aB	0,61 aC	0,13 aC
- 1,2	NaCl	19 bB	20 bC	3,5 bC	5,58 aB	0,86 bE	0,31 aD	0,27 aC	0,08 aC	0,02 bC
	KCl	35 aC	37 aC	7,25 aC	5,56 aB	1,3 aE	0,36 aC	0,36 aB	0,26 aD	0,06 aD

* - ψ_{os} - Potencial osmótico; ¹ - Médias seguidas por letras distintas minúsculas nas colunas e maiúscula nas linhas de cada variável diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade ($p < 0,05$).

A partir do potencial osmótico de -0,8 Mpa as variáveis PC e G sofreram reduções significativas ($p < 0,05$) (Tabela 2) com o uso dos sais KCl e NaCl. Estas mesmas variáveis apresentaram diferenças significativas entre os sais, onde evidenciou-se que o uso do KCl proporciona a obtenção de resultados superiores aos encontrados com o uso de NaCl. Isso ocorreu devido à dificuldade que as sementes tiveram para absorver água em altas concentrações de sais, graças ao aumento da pressão osmótica externa das células. Resultados semelhantes foram obtidos por Machado Neto et al. (2006), que ao trabalharem com sementes de feijão, não encontraram diferenças significativas entre sais CaCl_2 , NaCl e KCl considerando o potencial até -0,6Mpa para a variável germinação, porém no potencial osmótico -1,2MPa apresentaram efeitos negativos, exceto com o uso do CaCl_2 .

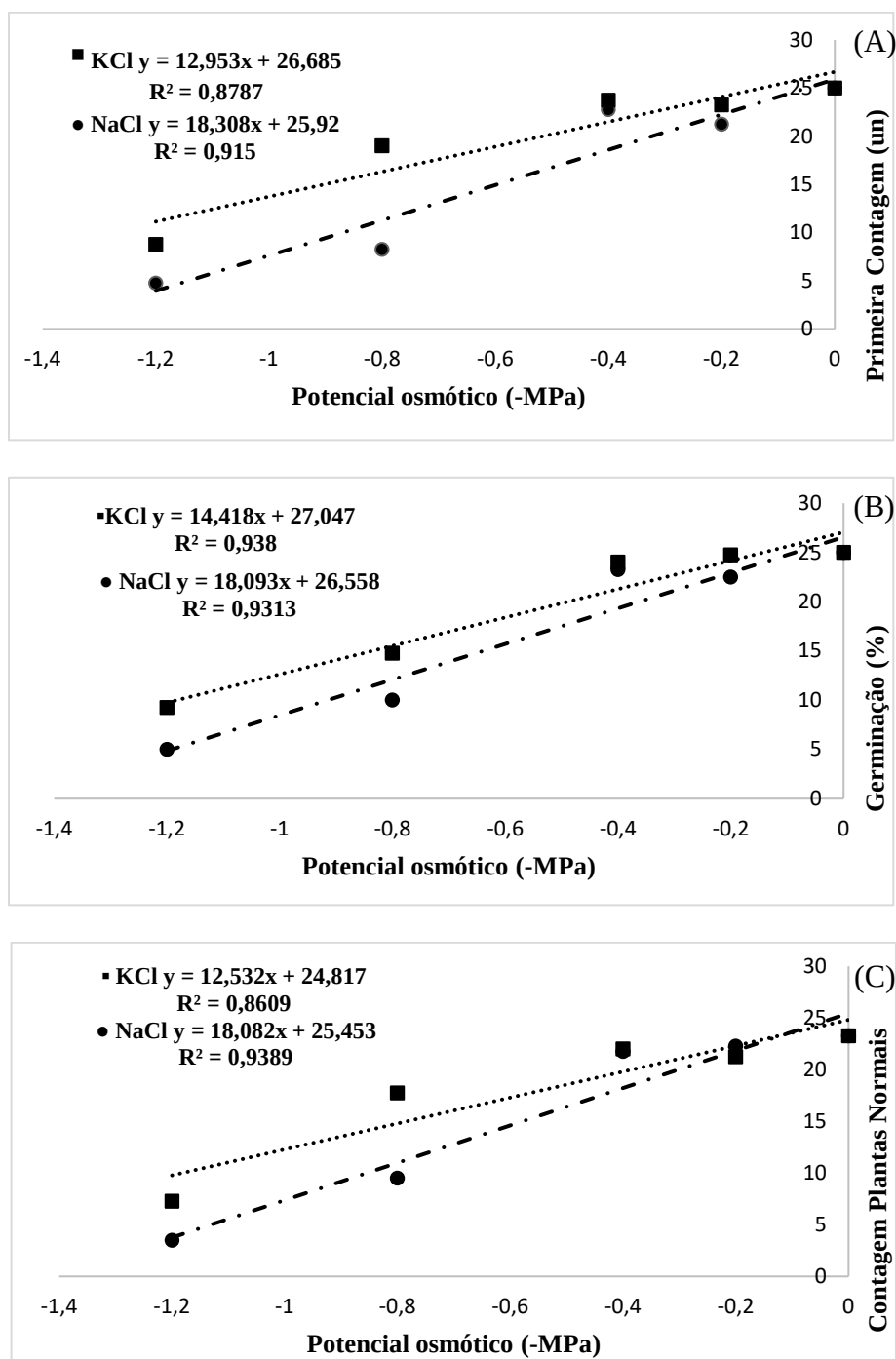


Figura 1. Primeira contagem (A), Germinação (B) Contagem de plântulas normais (C). Submetidos às soluções de KCl e NaCl em função do potencial osmótico.

Mesmo com a redução na porcentagem de germinação e contagem de plântulas normais nas soluções de sais NaCl e KCl, conforme decrescia o potencial osmótico, as concentrações salinas com -1,2 MPa apresentaram maior redução dos valores dessas variáveis, sendo mais expressivo com o uso de NaCl (Figura 1 B e C). Os coeficientes de regressão linear ajustados variaram entre 0,87 e 0,93 (Figura 1A:1C). Esta variação pode ser justificada pelo fato de o uso dos sais interferir no processo de embebição de água pelas sementes, alterando comportamento dos processos metabólicos da semente afetando diretamente germinação ou mesmo formação de plântulas anormais. Segundo Munns & Tester, (2008) e Barbieri et al., (2014), o aumento quantitativo de sais no substrato limita a absorção de água de pelo tegumento da semente, prejudicando, a velocidade de germinação o que pode impedir que o processo ocorra.

Nas concentrações de -0,2 e -0,4 Mpa dos sais KCl e NaCl, a germinação não teve efeito significativo ($p < 0,05$) em relação à testemunha. Barbieri et al., (2014) em seu estudo também comprovou que até o potencial -0,4 MPa, a porcentagem de germinação dos híbridos de milho fora condizente para comercialização. Além disso, Conus et al., (2009) observaram que o milho apresenta moderada tolerância às condições de estresse salino na fase de germinação.

Segundo Morteale et al., (2006), ocorrem diminuições na porcentagem de plântulas normais em função do declínio nos níveis de potencial osmótico de KCl (-0,1; -0,3; -0,6 e -0,9 MPa), o que evidencia o efeito negativo do estresse salino sobre o desenvolvimento inicial das plântulas. Usando NaCl nas quantidades de 0, 5, 15, 30, 60 e 120 mmol. De Carvalho et al., (2012) obteve resultados similares, quando realizou testes em soja transgênica e convencional.

Com relação ao índice de velocidade de germinação não foi verificado diferenças significativas com o uso de KCl e NaCl nos potenciais osmóticos, conforme tabela 2. Porém, com o uso de NaCl, constatou-se um maior período para germinação e menor quantidade de plântulas normais, podendo estar associado ao fato de a salinidade causar toxicidade iônica inibindo o desenvolvimento das plântulas de milho, sem que haja interferência direta na velocidade de germinação. Em contrapartida, em seus estudos com sementes de milho doce, Oliveira et al., (2014), constataram que a velocidade do processo germinativo das sementes diminuí à medida que ocorre declínio dos níveis de potencial osmótico das soluções de PEG 6000 e KCl, nas concentrações 0,0; -0,2; -0,4; -0,6; -0,8 e -1,0 MPa.

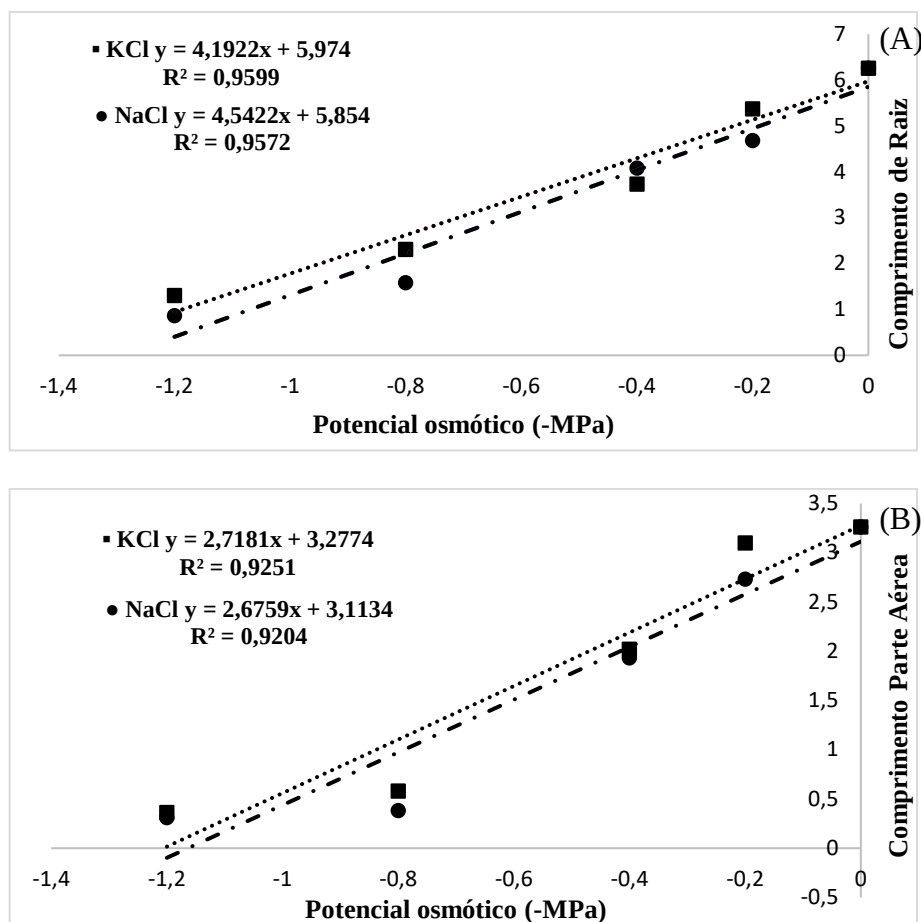


Figura 2 – Comprimento de raiz (A), Comprimento parte aérea (B). Submetidos às soluções de KCl e NaCl em função do potencial osmótico.

O comprimento de raiz apresentou redução linear com o uso dos sais KCl e NaCl, em função da diminuição dos níveis de potenciais osmóticos (Figura 2 A). Os coeficientes de regressão linear variaram de 0,92 a 0,95 (Figura 2). Ao visualizar a tabela 2, verifica-se que nas concentrações -0,2, -0,8 e -1,2 MPa houve diferença significativa ($p < 0,05$) em CR, que apontou menores valores com o uso NaCl, exceto no potencial de -0,4 MPa, em que as médias, não se diferiram. O uso de sais em elevadas concentrações apresenta efeitos tóxicos, de modo a prejudicar o desenvolvimento de radicular e de parte aérea de híbrido de milho. Barbieri et al., (2014), obtiveram resultados semelhantes de decréscimo linear na raiz e parte aérea com o uso de NaCl em sementes de híbridos de milho, enquanto Mortele et al., (2006), obtiveram resultados similares a partir do uso de KCl em milho-pipoca.

O comprimento de parte aérea apresentou comportamento similar ao comprimento de raiz, onde foi possível verificar uma redução linear dos valores (Figura 2 B). Entretanto, não apresentaram diferença significativa ($p < 0,05$) com o uso dos sais KCl e NaCl e potenciais osmóticos (0; -0,2; -0,4; -0,8; e -1,2 MPa), os resultados foram influenciados pelos efeitos tóxicos do excesso de sais às raízes, que consequentemente, inibem o desenvolvimento da parte aérea. Estudos apontam que, na cultura do milho, a parte aérea é mais sensível do que as raízes aos efeitos deletérios da salinidade, o que é justificado pelo rápido ajustamento osmótico e a perda mais demorada de turgor pelas raízes (BARBIERI, 2014; SHALHEYET et al., 1995).

Para a relação parte aérea e raiz das plântulas, verificou-se comportamento similar em todos os tratamentos com o uso dos sais KCl e NaCl, não havendo diferença significativa ($p < 0,05$) (Tabela 2), o que pode ser explicado em função do sistema radicular estar diretamente relacionado à parte aérea, que apresentou baixo desenvolvimento. Contradizendo Kappes et al.,

(2010), que ao trabalharem com híbridos de milho, constatou que a relação parte aérea/raiz decrescia à medida que os potenciais osmóticos eram diminuídos.

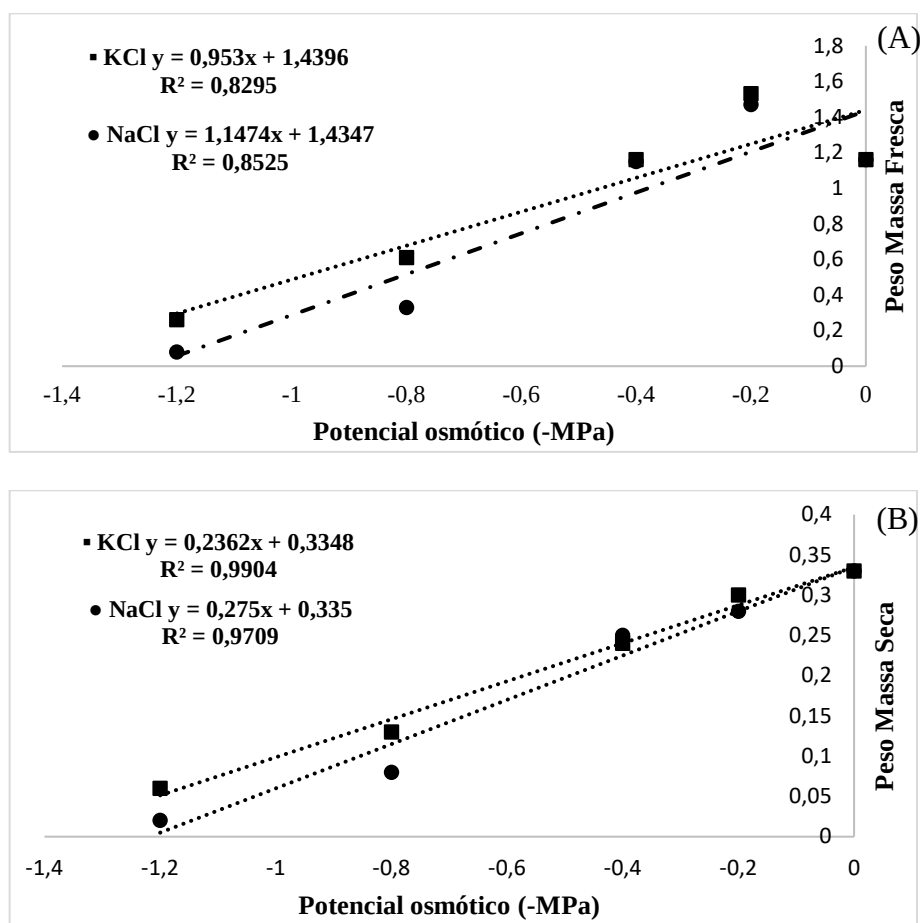


Figura 3 – Peso de massa fresca (A) e Peso de massa seca Comprimento parte aérea (B). Submetidos às soluções de KCl e NaCl em função do potencial osmótico.

As variáveis de peso de massa fresca e peso de massa seca expressaram diferença significativa ($p < 0,05$) a partir das concentrações salinas de -0,8 MPa, sendo inferiores os valores expressos na solução de NaCl (Figura 3). Os coeficientes de regressão linear variaram de 0,82 a 0,99. Esta variação pode estar relacionada a restrição hídrica ocasionada por uma elevada quantidade de sais no substrato, que interfere nos processos fisiológicos e bioquímicos das sementes. Além disso, nos potenciais osmóticos de -2,0 MPa ao -4,0 MPa em ambos os sais, as plântulas apresentaram maior flexibilidade para se desenvolverem em condições de estresse, no entanto, não se obteve diferença significativa ($p < 0,05$), (Tabela 2).

Um fator interessante ocorreu na concentração -0,2 MPa, onde os valores de PMF em ambos os sais foram superiores a testemunha, com um acréscimo de 24% (Tabela 2), que apresentou diferença significativa ($p < 0,05$) entre as concentrações (Tabela 1). Exemplo parecido ocorreu no estudo de Dantas et al. (2007) ao trabalharem com feijão, verificou que um aumento da matéria seca com a adição de sal até a concentração de 50 mol m^{-3} , podendo ser justificado devido ao controle da entrada de água nas sementes, que seria um suposto benefício do sal, prevenindo, assim, possíveis danos às membranas celulares.

Conforme os resultados obtidos no presente estudo, o milho pode ser afetado pelo estresse salino, na maioria das variáveis, como primeira contagem, germinação, contagem de plântulas normais, comprimento de raiz e peso de massa seca, em alguns níveis de potencial osmóticos, mais precisamente a partir de concentrações menores de -0,8 MPa. Na PC, G e CPN houve diferença expressiva entre o potencial osmótico -1,2 Mpa dos sais NaCl e KCl com

relação a testemunha, com redução de 81% e 65% para primeira contagem, 80% e 63% para germinação e 85% e 69% para o número de plântulas normais, respectivamente, conforma mostra tabela 2.

O uso de NaCl e KCl, fez com que o CR fosse reduzido de forma significativa ($p < 0,05$) em todos os níveis de potencial osmótico com relação a testemunha, sendo mais crítico no potencial -1,2 MPa onde houve redução de 86% e 79%. Já nas variáveis CPA e PMS essa redução aconteceu de forma mais acentuada a parti do potencial -0,2 MPa para o sal NaCl e -0,4 MPa para o KCl, onde apresentou um decréscimo de 90% e 89% de comprimento parte aérea e 93% e 82% de peso de massa seca no potencial -1,2 MPa quando comparado a testemunha (Tabela 2).

Para PA/R houve uma redução significativa ($p < 0,05$) apenas com o uso do sal NaCl, com uma variação de 48% de relação parte aérea e raiz no potencial -1,2 Mpa quando comparado a testemunha. No PMF a redução ocorreu nos dois sais a partir do potencial -0,8 MPa, apresentando uma diferença comparada a testemunha de 93% para NaCl e 77% para KCl no potencial de -1,2 MPa (Tabela 2).

O estudo também permite observar que o vigor das sementes não influenciou na germinação quando as condições de estresse salino são extremas, tendo em vista que até no menor potencial (-1,2 MPa) houve germinação, apontando que a flexibilidade da cultura do milho ao estresse salino tem maior associação à genética do que à sua fisiologia.

CONCLUSÃO

As sementes e plântulas de milho apresentaram maior sensibilidade ao estresse salino afetando a germinação, principalmente a partir do potencial -0,8 Mpa em ambos sais testados, no entanto, o uso de NaCl apresentou maior severidade as sementes de híbrido de milho Impacto Vip3 quando comparado ao uso de KCl.

A redução do potencial osmótico nas soluções de KCl e NaCl ocasiona diminuição dos valores em todas as variáveis avaliadas, sendo de forma mais expressiva no potencial osmótico de -1,2 MPa, exceto em IVG.

REFERÊNCIAS

BARBIERI, A. P. P.; HUTH, C.; ZEN, H. D.; BECHE, M.; MERTZ, L. M.; LOPES, S. J. Tratamento de sementes de milho sobre o desempenho de plântulas em condições de estresse salino. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 57, n. 3, p. 305-311, jul./set. 2014. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1001691/tratamento-de-sementes-de-milho-sobre-o-desempenho-de-plantulas-em-condicoes-de-estresse-salino>. Acesso em: 05 de outubro de 2019.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regras para análises de sementes. Brasília: MAPA/SDA/ACS, 2009.

CONUS, L. A.; CARDOSO, P. C.; VENTUROSIO, L. D. R.; SCALON, S. D. P. Q. Germinação de Sementes e Vigor de Plântulas de Milho Submetidas ao Estresse Salino Induzido por Diferentes Sais. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, vol. 31, nº 4, p.067-074, 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbs/v31n4/08.pdf>. Acesso em: 02 de maio de 2019.

DANTAS, B. F.; RIBEIRO, L. DE S.; ARAGAO, C. A. Germinação, crescimento inicial e teor de proteínas cotiledonares de cultivares de feijão sob estresse de salinidade. **Rev. bras. sementes**, Londrina, v. 29, n. 2, p. 106-110, agosto de 2007. Disponível em http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-31222007000200014. Acesso em: 09 de outubro de 2019.

DA SILVA, R. C.; DE SOUZA GRZYBOWSKI, C. R.; PANOBIANCO, M. Vigor de sementes de milho: influência no desenvolvimento de plântulas em condições de estresse salino. **Revista Ciência Agronômica**, v. 47, n. 3, p. 491-499, jul-set, 2016. Disponível em: <http://www.scielo.br/-pdf/rca/v47n3/1806-6690rca-47-03-04-91.pdf>. Acesso em: 9 de março de 2019.

DE CARVALHO, T. C.; DA SILVA, S. S.; DA SILVA, R. C.; PANOBIANCO, M. Germinação e desenvolvimento inicial de plântulas de soja convencional e sua derivada transgênica RR em condições de estresse salino. **Ciência Rural**, v. 42, n. 8, p. 1366-1371, 2012. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S010384782012000800006&lng=en&nrm=iso&tlng=pt. Acesso em: 05 de outubro de 2019.

EDMOND, J. B.; DRAPALA, W. J. The effects of temperature, sand, soil, and acetone on germination of okra seeds. *Proceedings of the American Society for Horticultural Science*, v. 71, n. 5, p. 428-434, 1958.

FERREIRA, D. F. Sisvar: um sistema de análise estatística por computador. **Ciênc. agrotec.**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, dezembro de 2011. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-70542011000600001. Acesso em: 06 de outubro de 2019.

KAPPES, C.; DA COSTA ANDRADE, J. A.; HAGA, K. I.; FERREIRA, J. P.; ARF, M. V. Germinação, vigor de sementes e crescimento de plântulas de milho sob condições de déficit hídrico. **Scientia Agraria**, Curitiba, v.11, n.2, p.125-134, Mar./Apr. 2010. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/ab59/3ea78d37de25c58f7c00476a-2c76a38eadcd.pdf>. Acesso em: 06 de outubro de 2019.

LOPES, J. C.; MACEDO C. M. P. Germinação de sementes de couve chinesa sob influência do teor de água, substrato e estresse salino. **Revista Brasileira de Sementes**, vol. 30, nº 3, p. 079-085, 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbs/v30n3/11.pdf>. Acesso em: 06 de outubro de 2019.

MAIA, P. M. E.; AROUCHA, E. M. M.; SILVA, O. M. P.; SILVA, R. C. P.; OLIVEIRA, F. A. Desenvolvimento e qualidade do rabanete sob diferentes fontes de potássio. **Revista Verde**. Mossoró/RN. v.6, n.1, p. 148 – 153, janeiro/março, 2011. Disponível em: <https://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS/article/view/531>. Acesso em: 09 de outubro 2019.

MACHADO NETO, N. B.; CUSTÓDIO, C. C.; COSTA, P. R.; DONÁ, F. L. 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. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbs/v28n1/a20v28n1.pdf>. Acesso em: 09 de outubro 2019.

MOTERLE, L. M.; LOPES, P. D. C.; BRACCINI, A. D. L.; SCAPIM, C. A. Germinação de Sementes e Crescimento de Plântulas de Cultivares de Milho-pipoca Submetidas ao Estresse Hídrico e Salino. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, vol. 28, nº 3, p.169-176, 2006. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbs/v28n3/24.pdf>. Acesso em: 02 de maio de 2019.

NAKAGAWA, J. Teste de vigor baseado na avaliação das plântulas. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. (Ed.) **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. p.2-1 - 2-21

OLIVEIRA, E. A. D. P.; ZUCARELI, C.; PRETE, C. E.; ZAMUNER, D. Potencial osmótico do substrato na germinação de sementes e desenvolvimento inicial de plântulas de milho doce. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**. Recife, v.9, n.4, p.477-482, 2014. Disponível em: http://www.agraria.pro.br/ojs-2.4.6/index.php?journal=agraria&page=article&op=view&path%5B%5D=agraria_v9i4a2625. Acesso em: 05 de outubro de 2019.

SALISBURY, F. B., ROSS, C. W. **Plant Physiology**. 4th ed. California: Wadsworth Publishing Company, Inc., 1991, 682p.

SOUZA, Y. A.; PEREIRA, A. L.; DA SILVA, F. F. S.; REIS, R. C. R.; EVANGELISTA, M. R. V.; DE CASTRO, R. D.; DANTAS, B. F. Efeito da salinidade na germinação de sementes e no crescimento inicial de mudas de pinhão-mansão. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, nº 2 p. 083-092, 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbs/v32n2/v32n2a10.pdf>. Acesso em: 09 de março de 2019.