



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SOLOS E QUALIDADE DE
ECOSSISTEMAS**

**CRESCIMENTO E TEORES DE SOLUTOS INORGÂNICOS EM
GENÓTIPOS DE GIRASSOL**

KATIA NÚBIA AZEVEDO BARROS MOTA

**CRUZ DAS ALMAS - BAHIA
MAIO - 2014**

CRESCIMENTO E TEORES DE SOLUTOS INORGÂNICOS EM GENÓTIPOS DE GIRASSOL

KATIA NÚBIA AZEVEDO BARROS MOTA

Engenheira Agrônoma

Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2012.

Dissertação submetida ao Colegiado de Curso de Pós-Graduação em Solos e Qualidade de Ecossistemas da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia como requisito para obtenção do Grau de Mestre em Solos e Qualidade de Ecossistemas.

ORIENTADOR: PROF. DR. ANDRÉ DIAS DE AZEVEDO NETO

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA, MESTRADO EM SOLOS E QUALIDADE DE ECOSSISTEMAS, CRUZ DAS ALMAS, BAHIA, 2014.

FICHA CATALOGRÁFICA

M917c

Mota, Katia Núbia Azevedo Barros.

Crescimento e teores de solutos inorgânicos de girassol /
Katia Núbia Azevedo Barros Mota._ Cruz das Almas, BA,
2014.
41f.; il.

Orientador: André Dias de Aze vedo Neto.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do
Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias,
Ambientais e Biológicas.

1.Girassol – Cultivo. 2.Girassol – Variabilidade
genética. 3.Estresse salino – Análise. I. Universidade
Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências
Agrárias, Ambientais e Biológicas. II.Título.

CDD: 633.85

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SOLOS E QUALIDADE DE
ECOSSISTEMAS**

**COMISSÃO EXAMINADORA DA DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE
KATIA NÚBIA AZEVEDO BARROS MOTA**

Prof. Dr. André Dias de Azevedo Neto
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - UFRB
(Orientador)

Prof^a. Dra. Rafaela Simão Abrahão Nóbrega
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - UFRB

Prof. Dr. Rogério Ferreira Ribas
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - UFRB

Dissertação homologada pelo Colegiado do Curso de Mestrado em Solos e
Qualidade de ecossistemas em,
conferindo o Grau de Mestre em Solos e Qualidade de Ecossistemas em
.....

Aos meus pais, Moacir e Jucélia, pelo apoio,
carinho, confiança e amor.

DEDICO

Aos meus irmãos, Max e Mendenson,
pelo companheirismo, torcida e amizade
compartilhados sempre.

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, rendo louvor a Deus por iluminar os meus caminhos e se fazer sempre presente em minha vida e tornar tudo possível.

Sou grata aos meus pais, Moacir e Jucélia, por me educar e me conduzir no caminho da sabedoria, pela dedicação e compreensão oferecido a mim, além do amor incondicional e apoio nos momentos mais importantes da minha vida. Acreditem que sou o espelho de vocês no caráter e me orgulho de ser a filhinha de vocês!!!

Aos meus irmãos, Max e Mendenson, pela proteção e palavras de incentivo sempre, amo vocês!!!

A minha tia Katia Cirlene pelo carinho de mãe, torcida, orações diárias e palavras de incentivo em todas as etapas por mim vivida.

À Universidade Federal do Recôncavo da Bahia e ao Programa de Pós-Graduação em Solos e Qualidade de Ecossistemas pela oportunidade concedida de aprimoramento dos meus ínfimos conhecimentos nesta área.

À FAPESB, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia, pelo apoio financeiro concedido.

Ao meu querido orientador, Prof^o. Dr. André Dias de Azevedo Neto, pela paciência, disponibilidade em transmitir tanto conhecimento e por acreditar em minha capacidade. Serei eternamente agradecida!!!

Aos amigos do laboratório de Bioquímica, Pedro Paulo e Bárbara, que me deram grande apoio nos momentos iniciais da minha caminhada no curso de mestrado.

Ao corpo docente do Programa de Solos e Qualidade de Ecossistemas, pela atenção e apoio nos momentos de dificuldades.

Aos meus grandes amigos Agdemar Santos, Jamile Ferreira, Juliana Fernandes e Renata Velasques que estiveram ao meu lado me animando e sempre dispostos a me ajudar nos momentos de dificuldades.

Aos colegas de curso de pós-graduação SQE, turma 2012.1, agradeço pela amizade e auxílio sempre, vocês estarão sempre em meu coração!!!

A todos que de forma direta ou indireta contribuíram para o desenvolvimento do meu trabalho e que não foram supracitados, os meus agradecimentos.

SUMÁRIO

PÁGINA

RESUMO

ABSTRACT

INTRODUÇÃO GERAL.....1

CRESCIMENTO E TEORES DE SOLUTOS INORGÂNICOS EM GENÓTIPOS
DE GIRASSOL COM TOLERÂNCIA DIFERENCIADA À
SALINIDADE.....6

 INTRODUÇÃO.....7

 MATERIAIS E MÉTODOS.....8

 RESULTADO E DISCUSSÃO.....12

CONCLUSÕES.....27

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....28

Crescimento e teores de solutos inorgânicos em genótipos de girassol com tolerância diferenciada à salinidade

Autor: Katia Núbia Azevedo Barros Mota

Orientador: Prof. Dr. André Dias de Azevedo Neto

Resumo: Este trabalho teve como objetivo identificar genótipos de girassol com tolerância diferenciada ao estresse salino, bem como estudar a distribuição de íons Na^+ , K^+ e Cl^- em folhas de diferentes idades. No primeiro experimento foi avaliada a produção de massa seca e os teores de Na^+ nas folhas, caules e raízes de 26 diferentes genótipos de girassol cultivados em solução nutritiva contendo 0 ou 100 mM de NaCl. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, em um arranjo fatorial 2 (níveis de salinidade) x 26 (genótipos de girassol), com quatro repetições. Os resultados obtidos mostraram que genótipos H360, H863, AG963, BRS321, AG967, H251, AG972 e BRS324 apresentaram as maiores reduções de massa seca sendo considerados sensíveis à salinidade. Em contraste, os genótipos que apresentaram as menores reduções na massa seca total foram Olisum 5, EXP60050, Catisol, EXP11-26, EXP44-49, EXP887, HLA860HO e BRS323, ficando caracterizados como tolerantes ao estresse salino, os demais foram considerados moderados a salinidade. Os maiores teores de Na^+ foram encontrados nas folhas dos genótipos sensíveis, enquanto os menores foram observados nas folhas dos tolerantes. No segundo experimento, foi avaliado o efeito do estresse salino nos teores de Na^+ , K^+ e Cl^- em folhas de diferentes idades de um genótipo tolerante (BRS323) e um sensível (AG967) à salinidade. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, em um arranjo fatorial 2 (níveis de salinidade) x 2 (genótipos de girassol), com cinco repetições. O genótipo sensível apresentou maiores teores de Na^+ e Cl^- e menores teores de K^+ em comparação ao tolerante. As concentrações de Na^+ , K^+ e Cl^- nas folhas de diferentes idades cronológicas do BRS323 foram semelhantes, ao contrário do observado no AG967. Os sintomas visuais de toxidez foram mais pronunciados no genótipo AG967, principalmente nos pares de folhas mais velhas.

Palavras-chave: *Helianthus annuus*, estresse salino, íons tóxicos.

Growth and inorganic solute content in sunflower genotypes with different tolerance to salinity

Author: Katia Nbia Azevedo Barros Mota

Advisor: Prof. Dr. André Dias de Azevedo Neto

Abstract: This study aimed to identify sunflower genotypes differing in salt tolerance and study the Na⁺, K⁺ and Cl⁻ distribution in leaves of different ages. In the first experiment we evaluated the dry mass production and the Na⁺ levels in leaves, stems and roots of 26 different sunflower genotypes grown in nutrient solution containing 0 or 100 mM NaCl. The experimental design was a completely randomized in a factorial arrangement 2 (salinity levels) x 26 (sunflower genotypes), with four replications. The genotypes that showed the greatest reductions in dry mass were H360, H863, AG963, BRS321, AG967, H251, AG972 and BRS324 and were considered sensitive to salinity. In contrast, Olisum 5, EXP60050, Catisol, EXP11-26, EXP44-49, EXP887, HLA860HO and BRS323 genotypes showed the smaller reductions in total dry mass, and were characterized as tolerant to salt stress, the rest were considered moderate salinity. The higher Na⁺ contents were found in the leaves in salt-sensitive genotypes, whereas the lowest leaf Na⁺ concentrations were found in salt-tolerant ones. In stems and roots, no substantial differences were observed among the Na⁺ levels of the genotypes. In the second experiment, the effect of salt stress on Na⁺, K⁺ and Cl⁻ contents in leaves of different ages of a tolerant (BRS323) and a sensitive (AG967) genotype were evaluated. The experimental design was a completely randomized in a factorial arrangement 2 (salinity levels) x 2 (sunflower genotypes), with five replications. The sensitive genotype showed higher Na⁺ and Cl⁻ levels, and lower K⁺ levels with compared to salt-tolerant. In BRS323, the Na⁺, K⁺ and Cl⁻ contents in the leaves of different age were similar, in contrast with that observed in AG967. The visible symptoms of toxicity were more pronounced in the AG967 genotype, mainly in older leaves.

Keywords: *Helianthus annuus*, salt stress, ion toxicity

INTRODUÇÃO

O girassol (*Helianthus annuus* L.) é uma glicófita que pertence a classe das dicotiledôneas, família *Asteraceae* (SILVA et al., 2010). Originária da América do Norte (SILVA et al., 2010), o girassol é cultivado em todos os cinco continentes, em uma área de 18 milhões de hectares (CORREIA et al., 2014).

É uma cultura anual que apresenta um ciclo fenológico economicamente importante, sendo considerada uma das culturas mais promissoras para o agronegócio brasileiro (LEITE e CASTRO, 2006), permitindo, desta forma, um melhor aproveitamento das áreas agrícolas. A cultura do girassol tem sido considerada versátil (DICKMANN et al., 2005; LEITE e CASTRO, 2006), pois todos os seus produtos e subprodutos são aproveitados economicamente, tanto na alimentação humana quanto na animal (DICKMANN et al., 2005). O girassol é utilizado na produção de mel, com a introdução de colmeias na plantação; pode ser matéria-prima para fabricação de silagem e forragem, na adubação verde, no mercado de plantas ornamentais, além de proporcionar melhoria ao solo (VIEIRA, 2005; LEITE e CASTRO, 2006). Com a produção de óleo que esta oleaginosa se destaca (VIEIRA, 2005, LEITE e CASTRO, 2006), com a possibilidade de se obter entre 30 e 40% de óleo, tornando esta cultura uma opção para a produção de biocombustível (LEITE et al., 2005). Com o intuito de se reduzir a utilização do petróleo, como fonte de energia, muitos estudos estão sendo realizados com girassol, soja, mamona, dendê, entre outras culturas (MDA, 2014), impelido pelo Programa Nacional do Biodiesel (SILVA et al., 2008). Este programa também apresenta como propósito à inclusão da agricultura familiar na geração de agroenergia (SILVA et al., 2008).

Apesar do cultura do girassol apresentar excelentes incentivos para produção em larga escala, o Brasil é considerado pouco expressivo na produção do girassol

em escala comercial, ocupando a 26ª posição mundial e a terceira posição da América Latina, atrás da Argentina e do Paraguai (CONAB, 2013). Na safra brasileira de 2011/2012, a área plantada foi de 68.900 ha e a produção alcançou 110.400 toneladas, com produtividade média de 1.600 kg ha⁻¹, onde o estado de Mato Grosso contribuiu com aproximadamente 73% da produção nacional, seguido por Goiás e Rio Grande do Sul (CONAB, 2013). A região Nordeste, nos últimos anos, aparece como região produtora incipiente, contribuindo com 0,2% da produção nacional, sendo os principais estados produtores a Bahia e o Ceará (CONAB, 2013).

O girassol é considerado uma espécie de moderada tolerância a seca e a salinidade (CATERINA et al., 2007). Porém, a existência de solos salinos e a irregularidade pluviométrica, em regiões áridas e semiáridas, constituem o maior impedimento para expansão da cultura na região Nordeste e consequentemente a produtividade, quando comparados aos outros estados produtores brasileiros (RIBEIRO, 2010).

Com a diminuição na disponibilidade de água de boa qualidade na região semiárida do Nordeste brasileiro, devido ao aumento dos períodos de estiagem, uma grande porcentagem destas terras poderão ser prejudicadas em alto grau, até o ano de 2050, o que a conduzirá para desertificação (MARENGO, 2008). Considerando-se que a região semiárida ocupa 10% do território brasileiro, possui uma extensão de aproximadamente, 970.000 km², correspondendo a 62% do território nordestino, incluindo o semiárido mineiro (SANTOS et al., 2007), a salinidade torna-se um problema de grande importância para a produção agrícola da região, sobretudo porque acarreta danos socioeconômicos (OLIVEIRA et al., 2010). Para que a produção nesta região possa prosseguir, será importante introduzir culturas resistentes, objetivando aumento no rendimento (LEITE e CASTRO, 2006).

Além do problema de reduzida disponibilidade hídrica, a região semiárida apresenta problemas com a salinidade. Os sais solúveis do solo é composto, em grande parte e em proporções variadas de cloretos, sulfatos e bicarbonatos dos cátions Na⁺, Ca⁺² e Mg⁺² e os demais, K⁺, nitrato, amônio e carbonatos, geralmente são encontrados em concentrações reduzidas (RIBEIRO, 2010). O aumento na concentração de sais na solução do solo é influenciado pelo baixo índice pluviométrico, pela elevada evaporação, por uma drenagem deficiente e devido ação

antrópica no manejo do solo (FERREIRA et al., 2010). O excesso de sais diminui o potencial hídrico da solução e aumenta a condutividade elétrica (CE), de forma que um solo é considerado salino quando a CE do seu extrato de saturação é superior a 4 dS.m^{-1} , $\text{pH} < 8,5$ e porcentagem de sódio trocável (PST) $< 15\%$ (OLIVEIRA et al., 2010).

Neste ambiente, o NaCl é o sal que prepondera e que acarreta danos às culturas (FAGERIA et al., 2010) que pode ser resultado da restrição na absorção hídrica e da toxicidade relacionada a íons Na^+ e Cl^- , causando interferência nos processos fisiológicos (PRISCO e GOMES FILHO, 2010), sendo capaz de inibir o crescimento vegetal (FAGERIA et al., 2010).

Os distintos cultivares de uma mesma cultura, podem se comportar de forma diferenciada quando submetidos a um mesmo ambiente, variando nos parâmetros de crescimento, como na produtividade ou em outras características de interesse agrônômico (HECKLER, 2002). O ajustamento osmótico é um relevante mecanismo de tolerância em condições de salinidade (OLIVEIRA et al., 2006), sendo este mecanismo compreendido por dois processos: absorção e acúmulo de íons (PRISCO e GOMES FILHO, 2010). Os elevados teores de Na^+ podem substituir o K^+ nas folhas maduras, porém, as plantas sensíveis não suportam esse tipo de substituição, certamente pela ineficiência na exclusão de sódio (EPSTEIN e BLOOM, 2004). Sendo assim, quanto menor o acúmulo dos íons tóxicos nos tecidos foliares, maior será a contribuição para o aumento da tolerância (TRINDADE et al., 2006).

No decorrer da exposição ao estresse, os processos vitais, como a fotossíntese, síntese de proteína e metabolismo do lipídio são alterados, sendo porém as respostas iniciais, a restrição do crescimento foliar, seguida da interrupção da expansão com a intensificação do estresse (PRISCO e GOMES FILHO, 2010).

Neste cenário, fica evidente a necessidade de estudos fisiológicos do girassol sob condições adversas, os quais se constituem em uma ferramenta importante para indicação de materiais promissores e identificação de caracteres que subsidiarão os programas de melhoramento vegetal, viabilizando a implantação desta cultura em áreas não convencionais de cultivo. Somando a tudo isso, os resultados poderão permitir o aumento na participação desta cultura na cadeia produtiva do biodiesel,

bem como aumentar os níveis de emprego e de renda dos agricultores no semiárido da Bahia.

REFERÊNCIAS

CATERINA, R.D.; GIULIANI, M.M.; ROTUNNO, T.; CARO, A.; FLAGELLA, Z. Influence of salt stress on seed yield and oil quality of two sunflower hybrids. **Annals of Applied Biology**, v.151, p.145-154, 2007.

CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira: grãos, quarto levantamento, janeiro de 2013**. CONAB - Companhia nacional de Abastecimento, Brasília, p.28, 2013.

CORREIA, I.M.S.; ARAUJO, J.S.; PAULO, J.B.A.; SOUSA, E.M.B.D. Avaliação das potencialidades físico-químicas do óleo de girassol (*Helianthus annuus* L.) e coco (*Cocos nucifera* L.) produzidos no Nordeste brasileiro. **Scientia Plena**, v.10, p.1-7, 2014.

DICKMANN, L.; CARVALHO, M.A.C.; BRAGA, L.F.B.; SOUSA, M.P. Comportamento de sementes de girassol (*Helianthus annuus* L.) submetidas a estresse salino. **Revista Ciência Agro-Ambientais**, v.3, p.64-75, 2005.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. **Nutrição mineral de Plantas: Princípios e perspectivas**. Ed. Planta, 2^oed., p.393, 2004.

FAGERIA, N.K.; STONE, L.F.; SANTOS, A.B. Melhoramento para tolerância à salinidade. In: FRISTCHER-NETO, R.; BORÉM, A. **Melhoramento de plantas para condições de estresses abióticos**. Visconde do Rio Branco: Suprema, p.151-176, 2010.

FERREIRA, P.A.; SILVA, J.B.L.; RUIZ, H. Aspectos físicos e químicos de solos em regiões áridas e semiáridas. In: GHEYI, H.R.; DIAS, N.S.; LACERDA, C.F. **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos e aplicações**. Fortaleza, INCTSal, p.21-41, 2010.

HECKLER, J.C. Sorgo e girassol no outono-inverno, em sistema plantio direto, no Mato Grosso do Sul, Brasil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.32, p.517-520, 2002.

LEITE, R.M.V.B.C.; BRIGHENTI, A.M.; CASTRO, C. **Girassol no Brasil**. Londrina: Embrapa Soja, p.641, 2005.

LEITE, R.C. e CASTRO, C. Girassol: uma opção para a diversificação no sistema de rotação e produção de biocombustíveis. **Revista Plantio Direto**, v.93, 2006. Disponível em: <http://www.plantiodireto.com.br/?body=cont_int&id=716>. Acesso em: 22 ago. 2013

MARENGO, J.A. Água e mudanças climáticas. **Estudos Avançados**, v.22, p.83-96, 2008.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO AGRÁRIO - MDA. **Programa Nacional de Produção e uso de Biodiesel: inclusão social e desenvolvimento territorial.** Disponível em: < http://portal.mda.gov.br/portal/saf/arquivos/view/biodisel/arquivos-2011/Biodiesel_Book_final_Low_Completo.pdf> Acesso em 04 de Fev. de 2014.

OLIVEIRA, L.A.A; BARRETO, L.P.; NETO, E.B.; SANTOS, M.V.F.; COSTA, J.C.A. Solutos orgânicos em genótipos de sorgo forrageiro sob estresse salino. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, p.31-35, 2006.

OLIVEIRA, A.B.; GOMES FILHO, E.; ENÉAS FILHO, J. O problema de salinidade na agricultura e as adaptações das plantas ao estresse salino. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.6, p.01- 16, 2010.

PARIDA, A.K.; DAS, A.B. Salt tolerance and salinity effects on plants: a review. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v.60, p.324-349, 2005.

PRISCO, J.T.; GOMES FILHO, E. Fisiologia e bioquímica do estresse salino em plantas. In: GHEYI, H.R.; DIAS, N.S.; LACERDA, C.F. **Manejo da Salinidade na Agricultura: Estudos Básicos e Aplicados.** Fortaleza: Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade, p.143-159, 2010.

RIBEIRO, M.R.; Origem e classificação dos solos afetados por sais. In: GHEYI, H.R.; DIAS, N.S.; LACERDA, C.F. **Manejo da Salinidade na Agricultura: Estudos Básicos e Aplicados.** Fortaleza: Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade, p.12-19, 2010.

SANTOS, C.F.; SCHISTEK, H.; OBERHOFER, M. **No semiárido, viver pé aprender a conviver: conhecendo o semiárido em busca da convivência.** Juazeiro: IRPAA, 2007. Disponível em: <<http://www.irpaa.org/publicacoes/cartilhas/no-semiarido-viver-e-aprender-a-conviver.pdf>> Acesso em 05 de dezembro de 2013.

SILVA, H.P.; NEVES, J.M.G; REIS, A.P.D.; BRANDÃO JUNIOR, D.S.; SAMPAIO, R.A.; COLEN, F. Desenvolvimento da cultura do girassol em diferentes doses de lodo de esgoto e silicato de cálcio e magnésio. In: **Congresso Brasileiro de Agrobioenergia e Simpósio Internacional de Biocombustíveis.** Anais, Uberlândia - MG, 2008.

SILVA, H.P.; GAMA, J.C.M.; NEVES, J.M.C.; BRANDAO JUNIOR, D.S.; KARAM, D. Levantamento das plantas espontâneas na cultura do girassol. **Revista Verde**, Mossoró - RN, v.5, p.162-167, 2010.

TRINDADE, A.R.; LACERDA, C.F.; GOMES FILHO, E.; PRISCO, J.T.; BEZERRA, M. A. Influência do acúmulo e distribuição de íons sobre a aclimação de plantas de sorgo e feijão de corda ao estresse salino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande - PB, v.10, p.804-810, 2006.

VIEIRA, O.V. Característica da cultura do girassol e sua inserção em sistemas de cultivos no Brasil. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo - RS, 2005.

CAPÍTULO 1

Crescimento e teores de solutos inorgânicos em genótipos de girassol com tolerância diferenciada à salinidade

INTRODUÇÃO

É usual a utilização de água com elevada concentração de sais, principalmente Na^+ , nas regiões áridas e semiáridas (NEVES et al., 2009, BEZERRA et al., 2010), a disponibilidade limitada e mal distribuídos dos recursos hídricos de qualidade têm se tornando um problema para a produção agrícola nestas regiões. Segundo Sousa et al. (2012), a utilização de água de baixa qualidade na agricultura pode ser uma alternativa importante na utilização dos recursos naturais escassos.

O cultivo hidropônico têm se tornado uma alternativa de sistema de cultivo, buscando solucionar os problemas relativos a salinidade (JÚNIOR et al., 2011). É uma prática que favorece a redução dos custos com fertilizantes, já que possibilita a reciclagem de nutrientes, e a economia com água (JÚNIOR et al., 2013). Como não existe interferência da matriz do solo e a tensão com que a água é retida é exclusivamente osmótica (JÚNIOR et al, 2011; 2013).

O excesso de sais diminui o potencial hídrico da solução e aumenta a condutividade elétrica (CE), de forma que um solo é considerado salino quando a CE do seu extrato de saturação é superior a 4 dS.m^{-1} , $\text{pH} < 8,5$ e porcentagem de sódio trocável (PST) $< 15\%$ (OLIVEIRA et al., 2010). A grande disponibilidade de NaCl prejudica o crescimento, o desenvolvimento e a produtividade das plantas, sendo uma ameaça à produção agrícola (FAGERIA et al., 2011a). Isto ocorre por consequência do estresse osmótico, do desequilíbrio na absorção de nutrientes e devido ao acúmulo de íons tóxicos que causam danos aos tecidos foliares (CHA-UM et al., 2007). Segundo Parida e Das (2005), a resposta inicial das plantas quando submetidos ao estresse salino é uma diminuição na expansão foliar.

A salinidade causa elevação nos teores de íons tóxicos (Na^+ e Cl^-) e provoca injúrias que se manifesta inicialmente como clorose, evoluindo para necrose e abscisão foliar (MUNNS, 2002).

Para se desenvolverem em ambientes salinos, as plantas devem evitar o acúmulo excessivo de íons tóxicos (Na^+ e Cl^-) nos tecidos foliares ou acumular de forma compartimentalizada, evitando a interferência nos processos metabólicos (TRINDADE et al., 2006). Pois o aumento na concentração de Na^+ leva a redução na concentração de K^+ no citosol, resultando em aumento da relação Na^+/K^+ .

Muitas pesquisas (MORAES et al., 2011; NOBRE et al., 2011; TRAVASSOS et al., 2012) têm demonstrado que os genótipos de girassol comerciais respondem de forma diferente à salinidade e que as plantas de uma mesma espécie se mostram com tolerância diferenciada à salinidade.

É importante se obter informações que auxiliem na seleção de genótipos adaptados a este ambiente específico, aumentando a possibilidade de sucesso na produção. Desta forma, este trabalho teve como objetivo estudar aspectos fisiológicos de genótipos de girassol (*Helianthus annuus* L.) quando cultivados sob condições de salinidade.

MATERIAIS E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos em casa de vegetação, e as análises químicas realizadas no Laboratório de Bioquímica, da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), Campus de Cruz das Almas -BA.

Foram realizados dois experimentos: no primeiro, conduzido de março a junho de 2012, avaliou-se nível de tolerância à salinidade em 26 genótipos de girassol, bem como os teores de Na^+ nas diferentes partes das plantas (folhas, caules e raízes). No segundo experimento, conduzido de fevereiro a junho de 2013, foram avaliados os teores de Na^+ , K^+ e Cl^- em folhas de diferentes idades cronológicas, sendo analisados os 6º, 7º, 8º e 9º pares de folhas, a contar da base, de dois genótipos com tolerância diferenciada à salinidade, obtidos no primeiro experimento.

Experimento I: Seleção de genótipos

Foram utilizados 26 genótipos comerciais de girassol: AG862, AG963, AG967, AG975, AG972, BRS 321, BRS322, BRS323, BRS324, BRS-G27, Catissol, EXP887, EXP11-26, EXP44-49, EXP44-63, EXP60050, Hélio 250 (H250), Hélio 251 (H251), Hélio 360 (H360), Hélio 358 (H358), Hélio 863 (H863), HLA860HO, IAC-Uruguai, Olisum 3, Olisum 5, TC 8122. Estas sementes foram obtidas nas empresas detentoras das sementes EMBRAPA CEAPAR, CELENA, EMBRAPA-SNT, Coordenadoria de Assistência Técnica Integral (CATI), *Helianthus* do Brasil e no Instituto Agrônomo de Campinas (IAC).

A partir de alguns trabalhos, (SILVA et al., 2009; 2012; JÚNIOR et al., 2011; TRAVASSOS et al., 2012), foi possível basear-nos em uma concentração salina pudesse ser considerada sub-letal para a cultura do girassol, afetando ou diminuindo a produção de massa seca da espécie, auxiliando na seleção de genótipos com tolerância diferenciada à salinidade (FAGERIA et al., 2011b). A concentração estipulada foi de 100 mM de NaCl.

O experimento foi conduzido em um delineamento experimental inteiramente casualizado, com arranjo fatorial 26 x 2, correspondente a 26 genótipos de girassol em dois níveis de NaCl e com quatro repetições. O tratamento controle foi composto apenas de solução nutritiva (sem adição de NaCl) e o tratamento salino foi composto de solução nutritiva com adição 100 mM de NaCl.

Para obtenção das plântulas, as sementes foram selecionadas (Figura 1A), desinfestadas superficialmente com uma solução de hipoclorito de sódio comercial diluída 1:3 com água destilada, durante 5 minutos. Em seguida as sementes passaram por três lavagens sucessivas em água destilada e, por fim, foram colocadas para germinar em papel do tipo Germitest (Figura 1B), onde as sementes foram dispostas em duas camadas de papel umedecidas com água destilada (em volume correspondente a 2,5 vezes da massa do papel seco), organizadas em fileiras contendo 10 sementes cada e cobertas por uma terceira folha para formação dos rolos (Figura 1C) (BRASIL, 2009), estes foram mantidos em câmara para germinação (Figura 1D) a 25°C (BRASIL, 2009).

Após a germinação (Figura 1E), as plântulas foram transplantadas para copos descartáveis com capacidade para 200 mL (Figura 1F), contendo areia lavada, e irrigada diariamente com solução nutritiva de Hoagland e Arnon (1950) diluída 1:2 e modificada para uma relação $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ 6,5:1, apresentando a seguinte composição: 2,5 mL.L⁻¹ KNO₃ (1M), 2,0 mL.L⁻¹ Ca(NO₃)₂ (1M), 0,5 mL.L⁻¹ NH₄H₂PO₄ (1M), 1,0 mL.L⁻¹ MgSO₄ (1M), 0,25 mL.L⁻¹ (NH₄)₂SO₄ (1M), 0,5 mL.L⁻¹ Fe-EDTA, 0,5 mL.L⁻¹ Micronutrientes sem Fe.

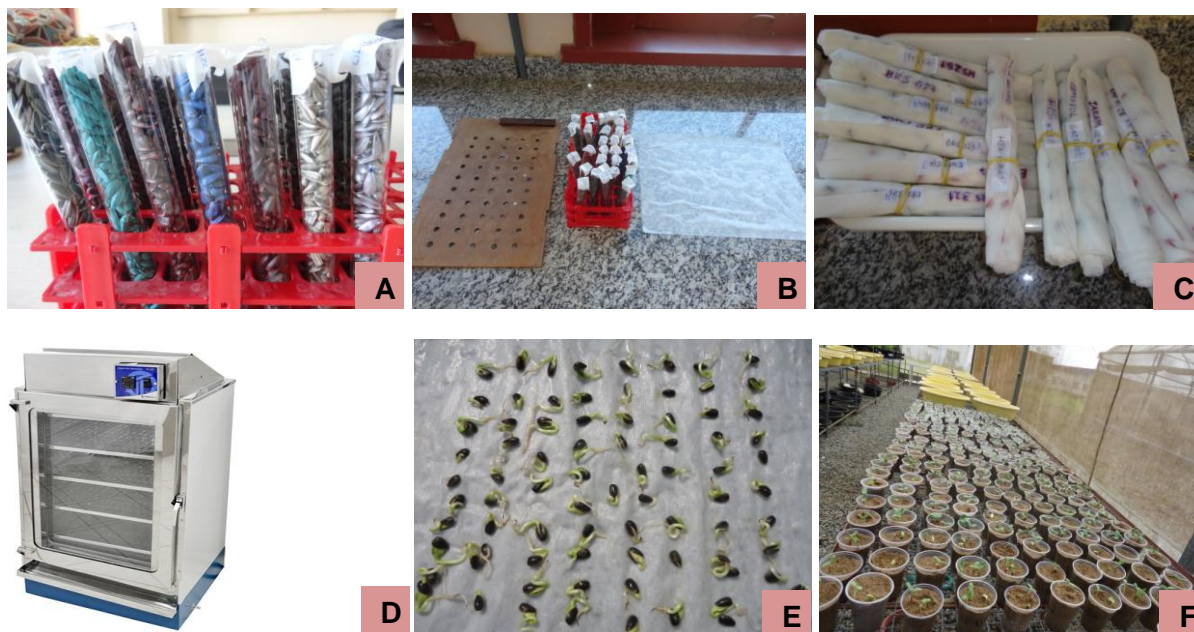


Figura 1 - Metodologia para obtenção das plântulas de girassol. A - Seleção dos genótipos, B - Materiais para a preparação dos rolos: régua para enfileirar as sementes, papel germitest umedecido e sementes de girassol, C - Rolos com sementes para germinação, D - Germinadora, E - Sementes após três dias na germinadora, F - Plântulas de girassol em copos descartáveis (200mL) com areia lavada.

Após sete dias, as plântulas foram transferidas para bacias plásticas contendo 10 L de solução nutritiva de Hoagland e Arnon (1950) diluída 1:2 e modificada para uma relação $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ 6,5:1, permanecendo nesta solução por um período de oito dias, para aclimatação. Após o período de aclimatação, foram delimitados um tratamento controle (sem adição de NaCl) e um tratamento salino (100 mM de NaCl). Este tratamento foi obtido pela adição parcelada de 25 mM de NaCl a cada 24 horas, até ser atingida a concentração de 100 mM.

O nível da solução nutritiva foi completado diariamente com água destilada, a aeração promovida por meio de compressor de ar acoplado a um temporizador, sendo o tempo de oxigenação de 15 minutos a cada três horas, e a renovação da solução realizada a cada cinco dias. As plantas permaneceram nessas condições por um período de 10 dias, após o término das adições de sal.

As plantas foram coletadas 25 dias após a germinação (DAG) e particionadas em raiz, caule e folhas. O material vegetal foi acondicionado em sacos de papel e levado à estufa com circulação forçada de ar, a 60°C, por 72 h, para obtenção das

massas secas (MS) das partes das plantas. Após a secagem, o material vegetal foi triturado em moinho de facas tipo Willye.

Os dados da produção de massa seca foram expressos em percentagem do controle, sendo o cálculo realizado através da fórmula:

$$\% \text{ do controle} = 100 - (M_2 \cdot 100) / M_1$$

Onde: MS_1 = média da MS das raízes, caule e folhas das plantas do tratamento controle de cada genótipo;

MS_2 = MS das raízes, caule e folhas das plantas do tratamento de estresse salino de cada genótipo.

Para a determinação dos teores minerais, os extratos brutos foram preparados de acordo com Rinne et al. (2012), com pequenas modificações. Em tubos de ensaio, foram adicionados 100 mg do material triturado de folhas, caule ou raízes e 8 mL de água deionizada. Os tubos foram mantidos em incubadora Shaker, sob agitação contínua (60 rpm) e temperatura de 65 °C, por 24 horas. Após este período, o extrato foi filtrado em tecido de musselina, transferido para um balão volumétrico e o volume completado para 50 mL com água deionizada. O extrato foi armazenado em frascos plásticos a -20°C, até sua utilização. Os teores de Na^+ e de K^+ foram determinados por fotometria de chama (MALAVOLTA et al., 1989).

Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Scoot-Knott com $p < 0,05$, utilizando o software estatístico SISVAR (FERREIRA, 2003).

Experimento II: Efeito da distribuição de solutos inorgânicos em genótipos de girassol com diferente sensibilidade ao estresse salino

Utilizou-se neste experimento dois genótipos de girassol, AG967 e BRS323, previamente selecionados e classificados no experimento I como sensível e tolerante à salinidade, respectivamente. O critério adotado para classificar os genótipos como tolerantes ou sensíveis foi a produção de massa seca total. Segundo Fageria et al. (2011b), esse é o melhor método para avaliação em experimento composto por tratamento em dois níveis de salinidade: um testemunha e outro em um nível sub-letal que afete ou diminua a produção de massa seca das plantas.

O experimento foi conduzido em um delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 2 (genótipos de girassol) x 2 (níveis de salinidade), com 5 repetições por tratamento. O tratamento controle foi composto apenas pela solução nutritiva, sem adição de NaCl, e o tratamento salino foi composto de 100 mM de NaCl, adicionado de forma parcelada, sendo 25 mM de NaCl à solução nutritiva, a cada 24 horas. O experimento foi conduzido da mesma forma como relatado no experimento I.

A coleta foi realizada após 20 dias o término das adições de sal, quando as plantas estavam com 35 DAG. Coletou-se, separadamente, o 6º, 7º, 8º e 9º pares de folhas a contar da base, pois estes foram os pares de folhas que se apresentavam completamente expandidos. A secagem do material vegetal e o preparo dos extratos brutos foram realizadas conforme descrito no experimento I.

Os teores de Na⁺ e de K⁺ foram determinados por fotometria de chama (MALAVOLTA et al., 1989). Os teores de Cl⁻ foram determinados por espectrofotometria, segundo o método de Gaines et al. (1984).

Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey com $p < 0,05$, utilizando o software estatístico SISVAR (FERREIRA, 2003).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Experimento I: Seleção de genótipos

Produção de massa seca

De forma geral, todos os parâmetros de crescimento avaliados foram influenciados significativamente ($p < 0,05$), pelo incremento de 100 mM de NaCl na solução nutritiva, nos 26 genótipos de girassol. Analisando a figura 2, é possível observar a redução no crescimento das plantas estressadas em comparação àquelas submetidas ao tratamento controle.

Os genótipos H360, H863, AG963, H321, AG967, H251, AG972 e BRS324 apresentaram as maiores reduções em relação às plantas que foram submetidas ao tratamento controle na produção de MSF, 39, 38, 28, 40, 38, 26, 30 e 37%; enquanto que os genótipos Olisum 05, EXP 60050, Catisol, EXP11-26, EXP44-49, EXP887, HLA860HO e BRS323 foram os que apresentaram as menores reduções, 11, 13, 11,

19, 26, 17, 5 e 4% e os demais genótipos, AG862, AG975, BRS322, BRS-G27, EXP44-63, H250, H358, IAC-Uruguai, Olisum 3, TC8122, apresentaram os valores intermediários da redução na MSF, 38, 18, 17, 28, 26, 18, 23, 20, 25, 34%, respectivamente.

Analisando a produção de MSC, dos genótipos, H863, AG963, H321, AG967, H251, AG972 e BRS324 decresceram, 49, 41, 35, 50, 50, 49, 46 e 56%, respectivamente, com o aumento da concentração salina. Os genótipos Olisum 05, EXP 60050, Catisol, EXP11-26, EXP44-49, EXP887, HLA860HO e BRS323, apresentaram as menores reduções na MSC, 14, 25, 34, 17, 48, 37, 31 e 15%; enquanto que os valores intermediários na redução foram observados nos genótipos AG862, AG975, BRS322, BRS-G27, EXP44-63, H250, H358, IAC-Uruguai, Olisum 3, TC8122, 14, 25, 34, 17, 48, 37, 31 e 15%, respectivamente.

Um comportamento semelhante ao apresentado para a MSF e MSC foi observado na MSR e MST, onde os genótipos H863, AG963, H321, AG967, H251, AG972 e BRS324, apresentaram respectivamente as maiores reduções em relação às plantas que foram submetidas ao tratamento controle, respectivamente, 40, 27, 46, 44, 33, 24, 33, 18% e 43, 36, 35, 44, 40, 34, 35 e 40%. As menores reduções foram observadas nas plantas dos genótipos Olisum 05, EXP 60050, Catisol, EXP11-26, EXP44-49, EXP887, HLA860HO e BRS323, 7, 9, 15, 14, 19, 5, 12 e 7% e 11, 16, 22, 17, 16, 17, 7 e 8%, respectivamente. Os demais genótipos, AG862, AG975, BRS322, BRS-G27, EXP44-63, H250, H358, IAC-Uruguai, Olisum 3, TC8122, apresentaram as seguintes reduções na MSR, 29, 38, 37, 10, 18, 27, 28, 25, 21, 18% e na MST, 30, 26, 26, 26, 30, 29, 27, 25, 27, 32%, respectivamente.

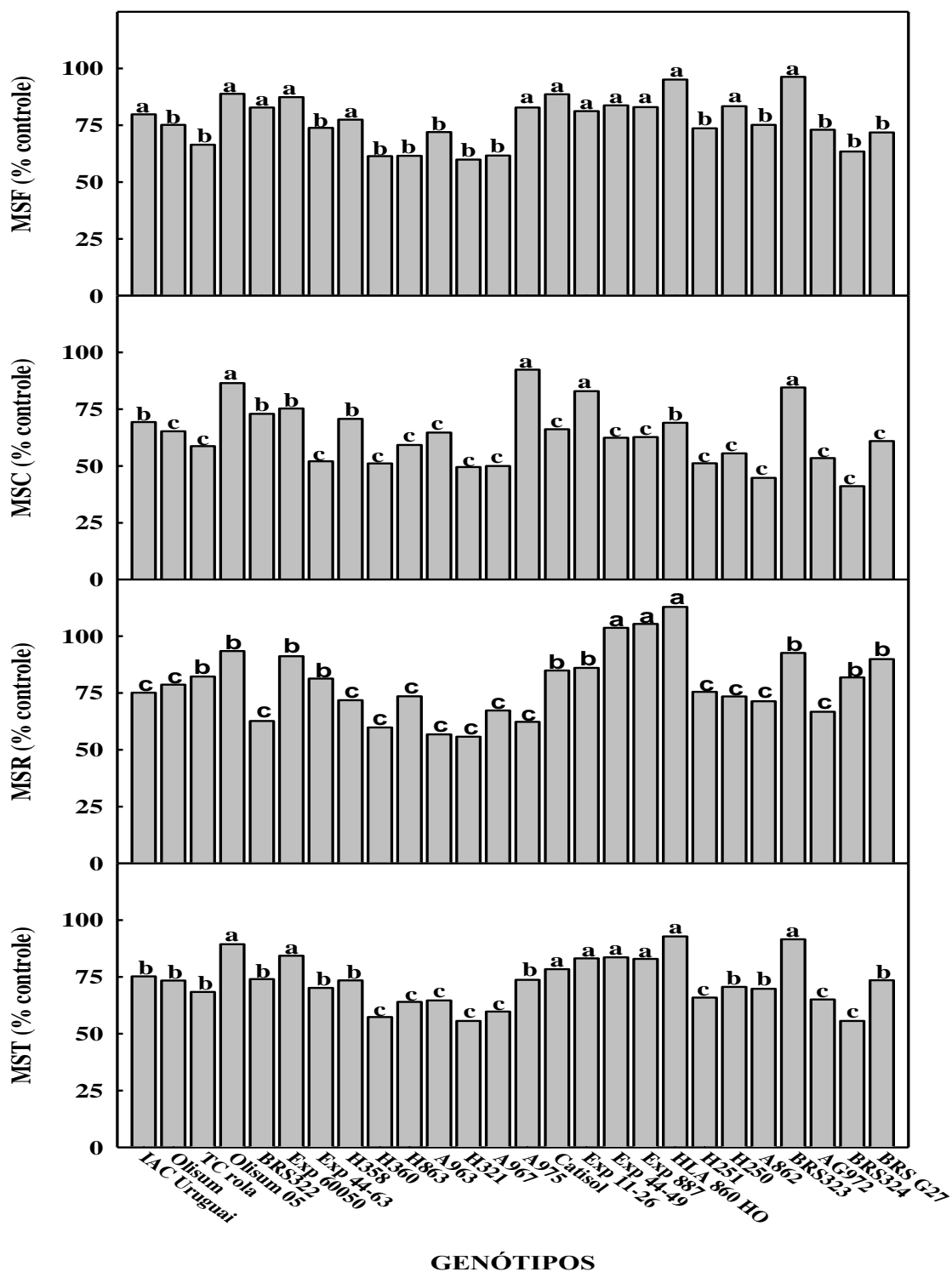


Figura 2. Reduções da massa seca da folha (MSF), massa seca do caule (MSC), massa seca da raiz (MSR) e massa seca total (MST), expressas como porcentagem do controle de plantas de 26 diferentes genótipos de girassol, cultivados em casa de vegetação por 10 dias, sob efeito do estresse salino. Médias seguidas mesmas letras, não diferem entre si pelo teste de Scott Knott, a 5% de probabilidade.

A partir dos resultados obtidos, é possível classificar os genótipos H360, H863, AG963, H321, AG967, H251, AG972 e BRS324 como os mais sensíveis, enquanto que os genótipos Olisum 05, EXP 60050, Catisol, EXP11-26, EXP44-49, EXP887, HLA860HO e BRS323 foram classificados como os mais tolerantes à salinidade. Os demais genótipos, AG862, AG975, BRS322, BRS-G27, EXP44-63, H250, H358, IAC-Uruguai, Olisum 3, TC8122, foram considerados de tolerância moderada à salinidade quando comparados entre si.

A salinidade influencia grandemente o transporte de seiva da raiz para a parte aérea, pois diminui a ascensão de água nos elementos de vasos, refletindo na redução do fornecimento de seiva xilemática para a parte aérea da planta (VIANA et al., 2001). Essa redução acarreta uma menor pressão de turgescência, levando à diminuição no volume das células, da área foliar, da taxa fotossintética e da produção de massa seca (CARNEIRO et al., 2002).

As resposta ao estresse salino pode ocorrer de forma distinta entre os genótipos de uma mesma espécie e entre estádios de desenvolvimento de um mesmo genótipo (PRISCO e GOMES FILHO, 2010). A explicação mais aceita é que redução do potencial osmótico na solução, provocada pela alta concentração de sais, o que propicia a acumulação de determinados íons tóxicos, como o Na^+ e o Cl^- , nos tecidos vegetais, ocasionando alteração na permeabilidade de membranas, promovendo desbalanço nutricional e hídrico do vegetal, causando inibição da atividade meristemática e do alongamento celular e podendo resultar em danos permanentes nos tecidos foliares (PRISCO e GOMES FILHO, 2010).

Acúmulo de solutos inorgânicos

Houve efeito da concentração de sais ($p < 0,05$) nos genótipos cultivados em solução nutritiva contendo 100 mM de NaCl (Tabela 2). Os teores de Na^+ nas diversas partes da planta foram afetados pela salinidade e pelo tempo de exposição ao estresse.

Os teores de Na^+ nas folhas, caule e raízes aumentaram com o nível elevado de NaCl no meio de cultivo. Sendo que os menores teores de Na^+ foram encontrados nas folhas dos genótipos caracterizados como tolerantes à salinidade e as maiores concentrações, nas folhas dos sensíveis, com base na MST que foi discutida anteriormente.

Tabela 2. Teores de sódio (Na^+) em folhas, caule e raízes de 26 diferentes genótipos de girassol após 10 dias de cultivo em casa de vegetação em solução nutritiva sem NaCl (controle – C) ou solução nutritiva contendo 100 mM de NaCl (estresse salino – E).

Genótipos	Folhas		Caule		Raízes	
	C	E	C	E	C	E
IAC-Uruguai	0,02Ab	1,74Fa	0,20Ab	3,50Ba	1,01Bb	4,40Da
Olisum 3	0,01Ab	2,37Da	0,13Ab	3,36Ba	1,15Ab	4,31Da
TC8122	0,01Ab	2,45Da	0,12Ab	3,32Ba	0,82Bb	4,65Ca
Olisum 5	0,01Ab	1,93Ea	0,11Ab	3,30Ba	0,77Bb	4,66Ca
BRS322	0,01Ab	1,73Fa	0,13Ab	3,38Ba	0,91Bb	4,62Ca
EXP60050	0,01Ab	1,79Fa	0,22Ab	3,75Aa	1,28Ab	4,41Da
EXP44-63	0,01Ab	2,09Ea	0,15Ab	3,60Ba	0,90Bb	4,63Ca
H358	0,01Ab	2,07Ea	0,20Ab	3,61Ba	1,32Ab	4,23Da
H360	0,02Ab	2,70Ca	0,36Ab	3,59Ba	1,03Bb	5,10Aa
H863	0,02Ab	2,91Ba	0,16Ab	3,41Ba	1,22Ab	4,82Ba
AG963	0,02Ab	2,72Ca	0,23Ab	3,47Ba	1,16Ab	4,42Da
BRS321	0,01Ab	2,61Ca	0,16Ab	3,43Ba	1,02Bb	4,87Ba
AG967	0,01Ab	3,23Aa	0,21Ab	3,63Aa	1,23Ab	4,52Ca
AG975	0,01Ab	2,02Ea	0,20Ab	3,33Ba	1,59Ab	4,75Ba
Catissol	0,01Ab	1,60Fa	0,17Ab	3,68Aa	1,22Ab	4,85Ba
EXP11-26	0,01Ab	1,89Ea	0,18Ab	3,74Aa	1,19Ab	4,16Da
EXP44-49	0,01Ab	1,67Fa	0,18Ab	3,75Aa	1,02Bb	4,54Ca
EXP887	0,01Ab	2,03Ea	0,19Ab	3,87Aa	1,09Bb	4,82Ba
HLA860HO	0,02Ab	2,05Ea	0,25Ab	3,54Ba	1,04Bb	4,39Da
H251	0,02Ab	2,62Ca	0,16Ab	3,65Aa	1,61Ab	4,20Da
H250	0,02Ab	1,83Fa	0,15Ab	4,00Aa	1,30Ab	4,14Da
AG862	0,01Ab	2,19Ea	0,25Ab	3,76Aa	1,24Ab	4,67Ca
BRS323	0,01Ab	1,60Fa	0,15Ab	3,86Aa	1,35Ab	5,01Aa
AG972	0,01Ab	2,15Ea	0,17Ab	3,85Aa	1,36Ab	5,14Aa
BRS324	0,01Ab	2,41Da	0,16Ab	4,07Aa	1,11Bb	5,16Aa
BRS-G27	0,01Ab	2,33Da	0,19Ab	3,71Aa	1,20Ab	5,20Aa

Médias seguidas de mesmas letras maiúsculas (entre genótipos em cada tratamento de NaCl) e mesmas letras minúsculas (entre tratamentos de NaCl em cada genótipo), não diferem estatisticamente pelo teste de Scott Knott ao nível de 5% de probabilidade. Os valores de CV para folhas, caule e raízes foram, 16,65; 13,65 e 9,04%, respectivamente.

No caule e nas raízes os teores de Na^+ variaram entre os genótipos, entretanto não foi observada uma relação entre o teor deste íon e o grau de tolerância ao estresse salino quando se avaliou os tratamentos dentro de cada genótipo. O que se esperava era que o teor deste íon fosse mais elevado tanto no caule como nas raízes dos genótipos sensíveis e se mantivesse mais baixos no genótipo tolerante.

Os teores de K^+ , por sua vez, nas folhas, caule e raízes não foram afetados pela salinidade, independentemente do genótipo avaliado (Tabela 3). Entretanto, quando comparou-se os teores de K^+ nas folhas dos genótipos que foram submetidos ao tratamento salino com as que foram submetidas ao tratamento controle, verificou-se que todos os genótipos classificados como tolerantes apresentaram os maiores teores desse íon. No caule e raízes, não se observou uma relação entre o nível de tolerância dos genótipos estudados ao estresse e os teores de K^+ . O resultado esperado era que os genótipos considerados tolerantes apresentassem um teor mais elevado deste íon em relação aos genótipos considerados sensíveis.

Analisando conjuntamente os dados de Na^+ e K^+ , pode-se verificar que contrariamente ao observado nos caules e nas raízes, os teores de Na^+ nas folhas das plantas do tratamento salino foram altamente correlacionados ($p < 0,01$) com os de K^+ (Figura 4).

A salinidade afetou significativamente os teores de Na^+ nas folhas das plantas e, de modo inverso ao observado com os teores de K^+ , as plantas sob 10 dias de estresse apresentaram os menores teores desse íon em suas folhas. Desta forma, em função dos teores destes íons, os genótipos foram agrupados quanto ao nível de tolerância à salinidade, tolerantes, moderados e sensíveis. Os genótipos Olisum 05, EXP 60050, Catisol, EXP11-26, EXP44-49, EXP887, HLA860HO e BRS323, classificados como tolerantes, foram os que apresentaram os menores teores de Na^+ e os maiores de K^+ nas folhas, sendo agrupados no segundo quadrante. Os genótipos classificados como moderados à salinidade, AG862, AG975, BRS322, BRS-G27, EXP44-63, H250, H358, IAC-Uruguai, Olisum 3 e TC8122, apresentaram os teores de Na^+ como os de K^+ baixos nas folhas das plantas, sendo agrupados no terceiro quadrante. Os genótipos H360, H863, AG963, H321, AG967, H251, AG972 e BRS324, classificados como sensível à salinidade, apresentaram elevado teor de Na^+ e baixo teor de K^+ , sendo agrupados no quarto quadrante.

Tabela 3. Teores de potássio (K^+) em folhas, caule e raízes de 26 diferentes genótipos de girassol após 10 dias de cultivo em casa de vegetação em solução nutritiva sem NaCl (controle – C) ou solução nutritiva contendo 100 mM de NaCl (estresse salino – E).

Genótipos	Folhas		Caule		Raízes	
	C	E	C	E	C	E
IAC Uruguai	0,64Aa	0,64Aa	0,58Ca	0,49Ca	0,47Ca	0,52Ca
Olisum 3	0,60Aa	0,60Ba	0,48Da	0,51Ca	0,38Ca	0,39Da
TC8122	0,66Aa	0,62Aa	0,55Da	0,52Ca	0,50Ca	0,55Ca
Olisum 5	0,63Aa	0,67Aa	0,50Da	0,40Ca	0,49Ca	0,55Ca
BRS322	0,58Aa	0,53Ba	0,45Da	0,53Ca	0,45Ca	0,50Ca
EXP60050	0,64Aa	0,69Aa	0,72Ba	0,76Aa	0,58Ba	0,64Ba
EXP44-63	0,65Aa	0,62Aa	0,78Aa	0,82Aa	0,66Aa	0,64Ba
H358	0,58Aa	0,52Ba	0,53Da	0,48Ca	0,64Aa	0,69Aa
H360	0,61Aa	0,57Ba	0,53Da	0,58Ba	0,54Cb	0,63Ba
H863	0,63Aa	0,55Ba	0,74Ba	0,63Ba	0,57Bb	0,67Ba
AG963	0,64Aa	0,56Ba	0,49Da	0,43Ca	0,50Ca	0,58Ba
BRS321	0,60Aa	0,52Ba	0,82Aa	0,75Aa	0,65Ab	0,77Aa
AG967	0,61Aa	0,53Ba	0,75Ba	0,81Aa	0,49Cb	0,63Ba
AG975	0,60Aa	0,57Ba	0,69Ba	0,74Aa	0,54Cb	0,63Ba
Catissol	0,63Aa	0,65Aa	0,51Da	0,50Ca	0,47Cb	0,56Ca
EXP11-26	0,63Aa	0,65Aa	0,63Ca	0,56Ba	0,47Ca	0,50Ca
EXP44-49	0,64Aa	0,70Aa	0,62Ca	0,47Cb	0,64Aa	0,70Aa
EXP887	0,60Ab	0,74Aa	0,88Aa	0,82Aa	0,68Aa	0,63Ba
HLA860HO	0,63Aa	0,71Aa	0,70Ba	0,52Cb	0,50Ca	0,54Ca
H251	0,62Aa	0,57Ba	0,55Da	0,53Ca	0,46Ca	0,47Ca
H250	0,61Aa	0,57Ba	0,48Da	0,46Ca	0,45Ca	0,44Da
AG862	0,60Aa	0,55Ba	0,52Da	0,59Ba	0,49Cb	0,58Ba
BRS323	0,61Aa	0,68Aa	0,72Ba	0,70Aa	0,45Ca	0,40Da
AG972	0,60Aa	0,58Ba	0,60Ca	0,59Ba	0,46Ca	0,52Ca
BRS324	0,66Aa	0,60Ba	0,62Ca	0,64Ba	0,48Ca	0,51Ca
BRS-G27	0,66Aa	0,64Aa	0,55Da	0,63Ba	0,44Ca	0,49Ca

Médias seguidas de mesmas letras maiúsculas (entre genótipos em cada tratamento de NaCl) e mesmas letras minúsculas (entre tratamentos de NaCl em cada genótipo), não diferem estatisticamente pelo teste de Scott Knott ao nível de 5% de probabilidade. Os valores de CV para folhas, caule e raízes foram, 12,44; 13,54 e 10,16%, respectivamente.

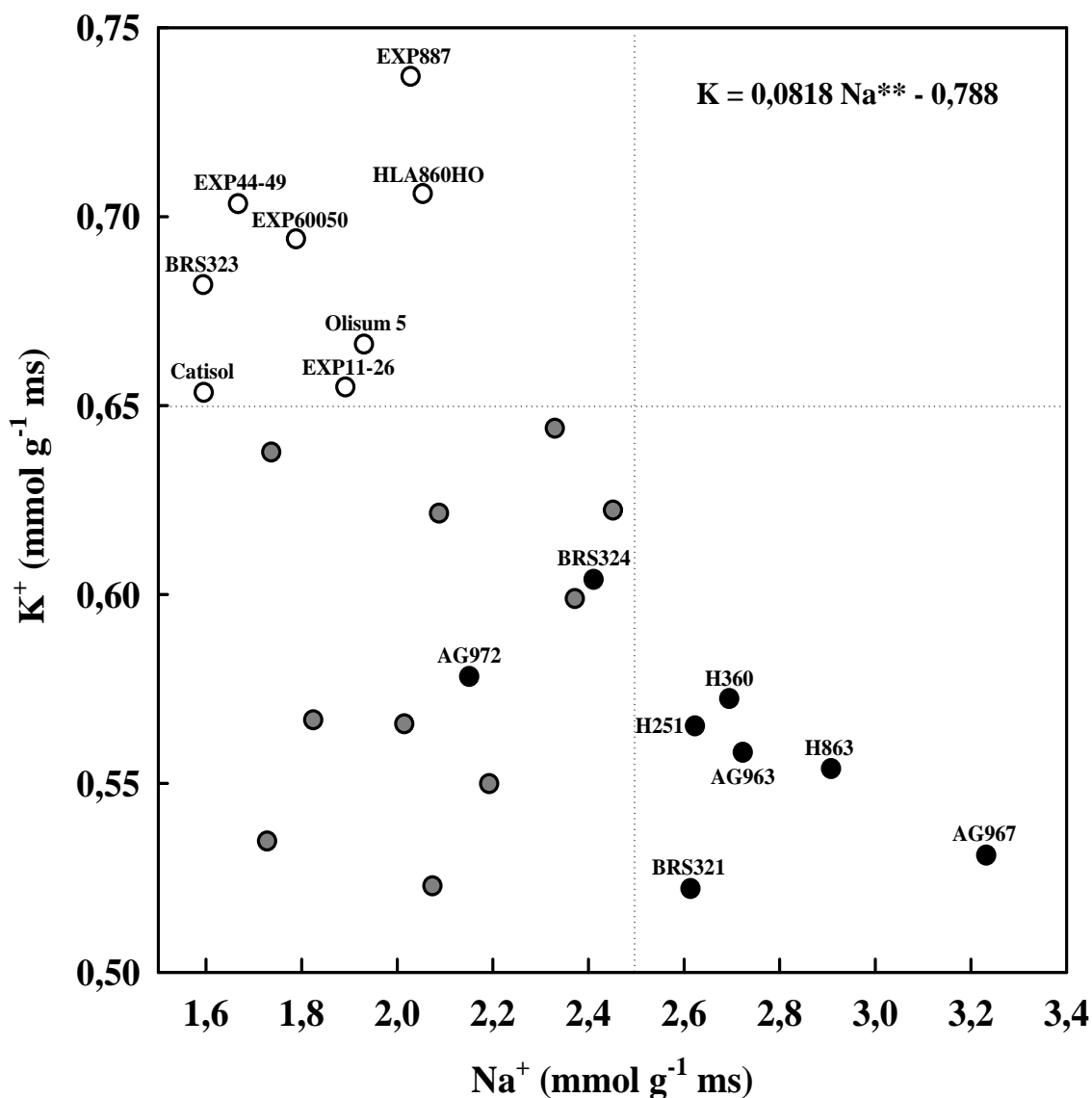


Figura 4. Corelação entre os teores de Na^+ e de K^+ nas folhas de 26 diferentes genótipos de girassol, após 10 dias de cultivo em casa de vegetação, em solução nutritiva contendo 100 mM NaCl. Genótipos tolerantes (○), moderadamente tolerantes (◐) e sensíveis (●) à salinidade. r = coeficiente de correlação; ** = estatisticamente significativo ($p < 0,01$).

Desta forma, é confirmado que a classificação de tolerância diferenciada baseada na massa seca estavam corretos. Os genótipos tolerantes tiveram os mais baixos teores de Na^+ e os mais altos de K^+ , em contraste com os sensíveis que

tiveram os mais altos teores de Na^+ e os mais baixos de K^+ . Os genótipos com tolerância intermediária, apresentaram baixos teores de ambos os íons.

Resultados semelhantes foram reportados em sorgo (LACERDA et al., 2003), feijão de corda (DULTRA et al., 2011), cevada (VENKATA et al., 2012), arroz (KANAWAPEE et al., 2012), milho (RAO et al., 2013) e trigo (YOUSEFNEJAD et al., 2013). Nessas espécies, os genótipos tolerantes apresentam valores mais baixos da razão Na^+/K^+ o que contribui para manutenção da homeostase iônica nas células.

A concentração elevada de NaCl ocasiona a redução na absorção de K^+ , aumentando a relação Na^+/K^+ (SILVA JÚNIOR et al., 2012), o que na maioria dos casos são verificados em genótipos sensíveis à salinidade (DIAS e BLANCO, 2010). A redução do íon K^+ é devido a competição deste com Na^+ pelo mesmo sítio de absorção, já que os transportadores de K^+ tem sua especificidade por este íon diminuído em elevadas concentrações de Na^+ (CASTILLO et al., 2007). Em genótipos classificados como tolerantes, observa-se um aumento na absorção do íon K^+ com consequente diminuição na absorção do íon Na^+ , contribuindo para uma manutenção da relação Na^+/K^+ baixa (DIAS e BLANCO, 2010).

A capacidade em manter a relação Na^+/K^+ relativamente baixa no citoplasma e transportar os íons tóxicos (Na^+ e o Cl^-) para distante dos sítios do metabolismo primário são duas das necessidades mais decisivas para o crescimento do vegetal em condição de salinidade (SILVA JÚNIOR et al., 2012). Assim, a análise da correlação mostra que, sob estresse salino, genótipos de girassol que conseguem manter uma baixa razão Na^+/K^+ nas folhas tendem a ser mais tolerantes à salinidade e, dessa forma, os teores foliares de Na^+ e K^+ podem ser marcadores nutricionais importantes na identificação de genótipos de girassol tolerantes ao estresse salino.

Experimento II: Efeito da distribuição de solutos inorgânicos em genótipos de girassol com diferente sensibilidade ao estresse salino

Produção de massa seca

Observa-se que o incremento de 100 mM de NaCl na solução nutritiva causou redução no crescimento de ambos os genótipos de girassol, que foram selecionados

no experimento I, em comparação às plantas que foram submetidas ao tratamento controle (0 mM de NaCl).

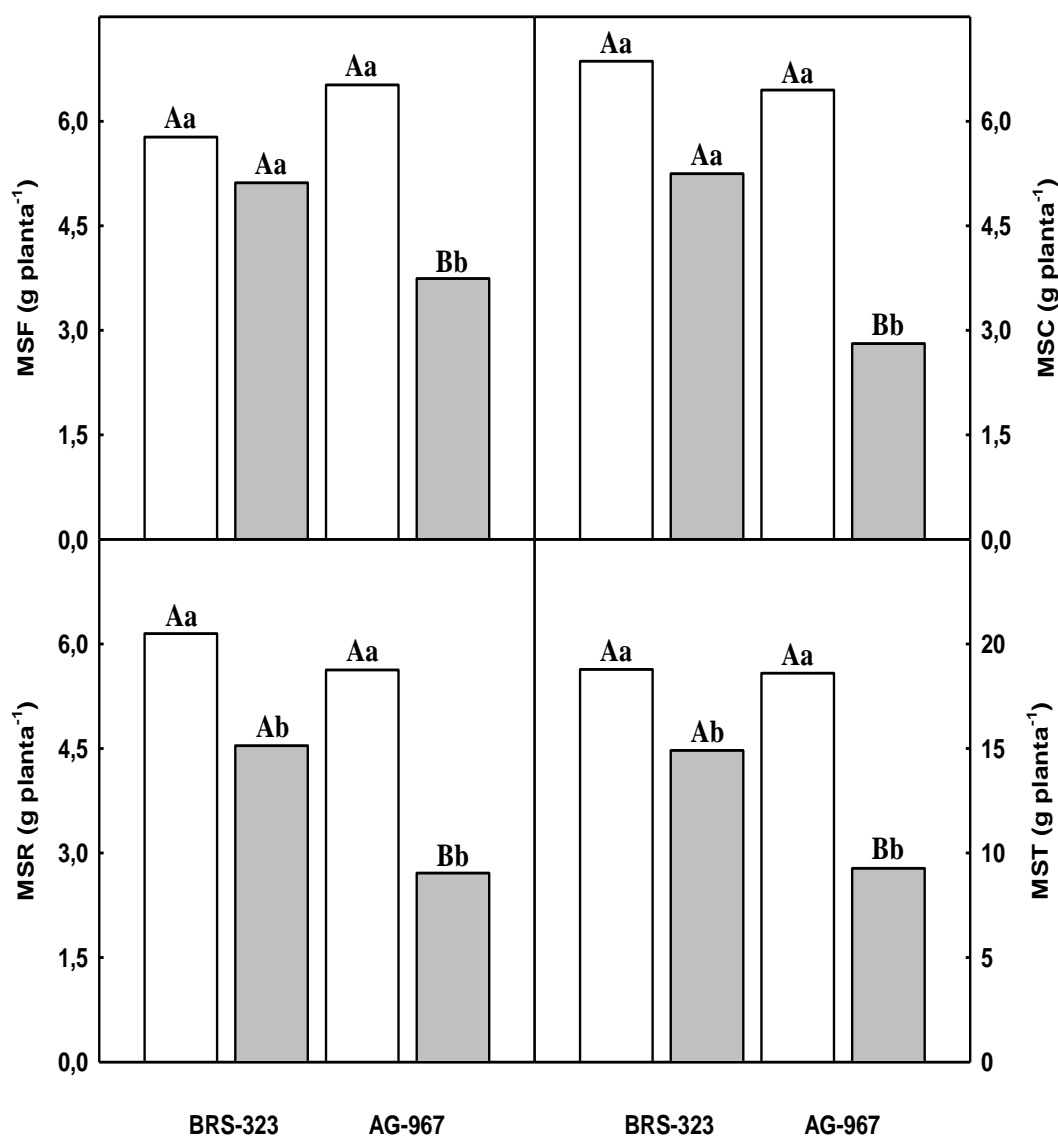


Figura 5. Massa seca da folha (MSF), do caule (MSC), da raiz (MSR) e massa seca total (MST) de plantas de dois diferentes genótipos de girassol, cultivados em solução nutritiva em condições controle (□) e de estresse salino (■) por 20 dias.

Foram avaliados a produção de massa seca da folha (MSF), massa seca do caule (MSC), massa seca da raiz (MSR) e massa seca total (MST). O genótipo AG967, apresentou as maiores reduções em todos os parâmetros avaliados. Para a MSF, a redução foi de 43 %, a MSC apresentou redução de 56%, a MSR foi 52%

menor e a MST apresentou uma redução de 50%, em comparação às plantas do tratamento controle.

Para o genótipo BRS323, as reduções foram de 11% para da MSF, 24% da MSC, 26% da MSR e 21% da MST, quando comparado as plantas que foram submetidas ao tratamento controle.

Estes resultados confirmam que a seleção foi feita de forma acertada e que existe tolerância diferenciada entre os genótipos escolhidos, onde a maior sensibilidade à salinidade foi observada no genótipo AG967 em relação ao BRS323.

Acúmulo de solutos inorgânicos

Verificou-se o aumento nos teores dos íons Na^+ , K^+ e Cl^- em todos os pares de folhas de ambos os genótipos de girassol (Figura 6). Entretanto, estes aumentos foram mais pronunciado nos pares de folhas do genótipo AG967.

O genótipo BRS323 apresentou os teores de Na^+ semelhantes, independentemente da idade da folha considerada. Em contraste, no AG967 os teores desse íon aumentaram progressivamente com o avanço da idade da folha. Assim, os teores de Na^+ nos 6º, 7º, 8º e 9º pares de folhas do AG967 foram 76, 52, 56 e 17% mais elevados do que nos respectivos pares do BRS323.

Analisando o teor de K^+ nos pares de folhas do genótipo AG967, observamos que este íon diminui com o envelhecimento da folha, sendo mais elevado nas folhas jovens em comparação as folhas mais velhas. O estresse salino reduziu os teores de K^+ nos 6º e 7º pares de folhas do genótipo AG967, em 77 e 54%, respectivamente, em comparação aos mesmos pares de folhas do genótipo BRS323. Neste genótipo o íon K^+ não foi afetado pelo estresse salino, apresentando-se uniformemente distribuído entre os pares.

Observa-se apenas no genótipo AG967 que o incremento dos teores de Na^+ nos pares folhas de diferentes idades cronológicas ocorreu paralelamente à redução dos teores de K^+ nos mesmos pares. A redução dos teores de K^+ no cultivar AG967, com o aumento da salinidade pode ser explicada pela relação antagônica que ocorre entre os íons de mesma carga e a competição existente entre os íons Na^+ e K^+ pelo mesmo sítio de absorção nas raízes dos vegetais (SILVA et al., 2009).

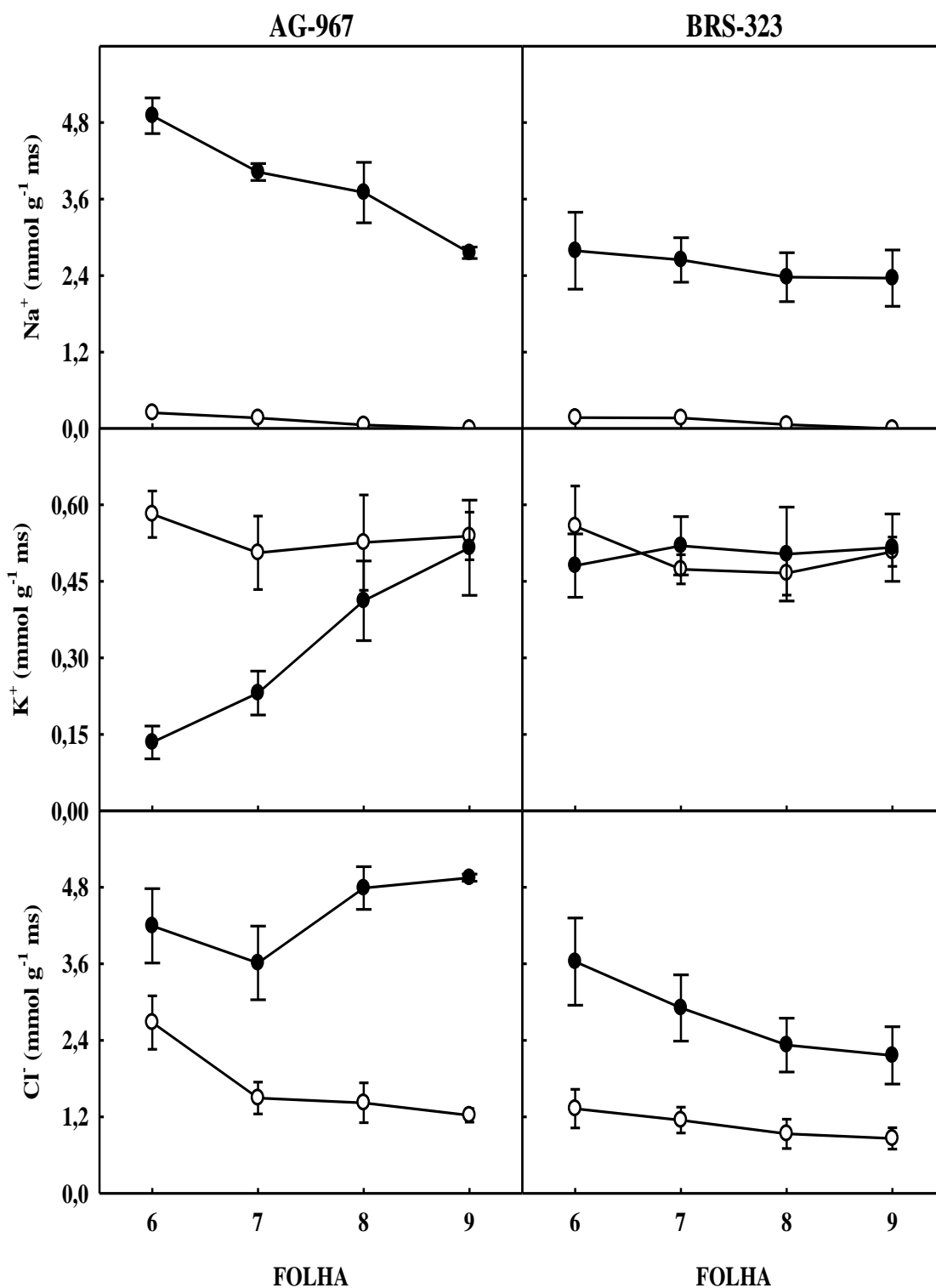


Figura 6. Teores de Na⁺, K⁺ e Cl⁻ em folhas de dois cultivares de girassol, AG967 e BRS323 cultivados em condições controle (○) ou de estresse salino (●).

O tempo de exposição ao estresse e a idade da folha são fatores que devem ser levados em consideração quando se analisa as respostas com relação ao

acúmulo de K^+ , uma vez que ambos podem produzir diferentes resultados, segundo Lacerda (2005). Segundo Haro et al. (2010), o potássio é o cátion mais abundante no citoplasma das células e já foi comprovado que a substituição de uma parte significativa de deste por Na^+ no citoplasma produz toxicidade.

Para o Cl^- , verifica-se que o acúmulo também foi mais evidente no genótipo AG967, particularmente nas folhas mais novas. Por outro lado, o genótipo tolerante (BRS323) apresentou teores mais baixos de Cl^- no 8º e 9º pares de folhas. Dessa forma, os teores deste íon no 8º e 9º pares de folhas do AG967 foram 111 e 131%, mais elevados que nos mesmos pares do BRS323.

Segundo Costa et al. (2003), o acúmulo de Cl^- em tecidos foliares jovens, torna-se um grande problema para o seu desenvolvimento devido à danos nos cloroplastos e, conseqüentemente no processo fotossintético (TAIZ e ZEIGER, 2004). Assim, os teores de Cl^- mais baixos nas folhas do BRS323 sugerem um mecanismo mais eficiente deste genótipo em evitar injúrias induzidas por este íon aos tecidos fotossintetizantes mais novos, permitindo uma maior produção de fotoassimilados.

As alterações na distribuição dos íons Na^+ , Cl^- e K^+ nos pares de folhas, têm suas respostas influenciadas tanto pelo genótipo como pela idade cronológica dos pares de folhas. Os dados também sugerem que a diferença no grau de tolerância entre os genótipos está relacionada, ao menos em parte, à uniformidade na distribuição destes íons nas folhas, associada à manutenção de uma menor razão Na^+/K^+ e baixos teores de Cl^- .

Efeitos da toxidez

Ao final dos 20 dias de exposição ao estresse salino, as plantas que foram submetidas a estes tratamento apresentaram sintomas toxidez, porém de forma diferenciada entre os genótipos e pares de folhas.

Analisando a figura 7, observa-se que as folhas mais velhas (Figura 7A e 7B) do genótipo AG967, apresentaram necrose nas bordas, com expansão progressiva das bordas para o centro. Avaliando as folhas mais novas, observamos o surgimento pequenas manchas na borda da folha do 8º par (Figura 7C), não sendo observado sinais de toxidez no 9º par (Figura 7D). Estes resultados são compatíveis com os teores de Na^+ previamente descritos na figura 6, nos distintos pares de folhas.

Isto sugere que não houve um mecanismo de exclusão dos íons tóxicos (Na^+ e Cl^-) após a absorção, acumulando-se no tecido foliar, resultando no aparecimento de clorose e necroses.

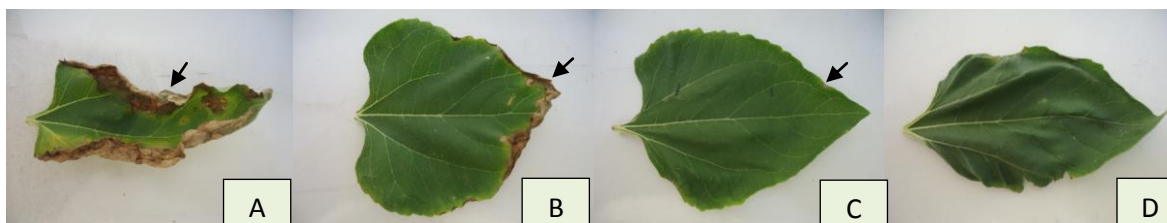


Figura 7. Sintomas de toxicidade em pares de folhas de girassol do genótipo AG967, após 20 dias de exposição à 100 mM de NaCl. A – 6º par de folha (folha mais velha), B - 7º par de folha, C - 8º par de folha e D - 9º par de folha de plantas (folha mais nova).

Visualmente os sinais de toxidez observados no genótipo BRS323, foram bastante reduzidos. Neste genótipo, apenas pequenas manchas necróticas na bordadura da folha do 6º par (folha mais velha) foram observadas ao final do período de avaliação (Figura 8A). Analisando-se as folhas mais novas, o 7º par (Figura 8B), o 8º par (Figura 8C) e o 9º par (Figura 8D) de folhas, não apresentaram sintomas visíveis de toxidez.

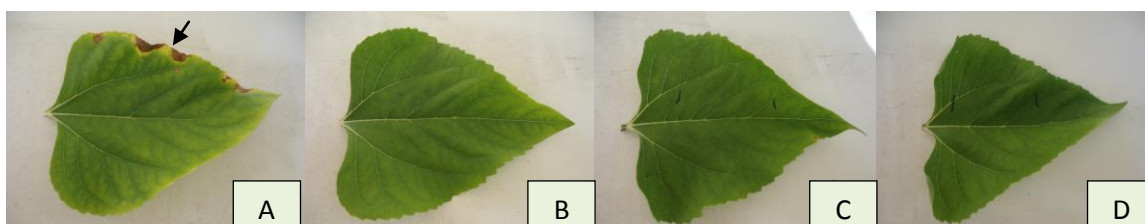


Figura 8. Sintomas de toxicidade em pares de folhas de girassol do genótipo BRS323, após 20 dias de exposição à 100 mM de NaCl. A – 6º par de folha (folha mais velha), B - 7º par de folha, C - 8º par de folha e D - 9º par de folha de plantas (folha mais nova).

Estas observações evidenciam a toxidez induzida pelo elevado teor de íons Na^+ e Cl^- nos tecidos foliares. O efeito tóxico devido destes íons depende de diferentes fatores, sendo os mais importantes a capacidade de armazenamento de Na^+ nos vacúolos, a manutenção de níveis elevados de K^+ no citosol e a resistência

tecidual à toxidez ao Na^+ (MUNNS E TESTER, 2008). É importante ressaltar, que o sintoma de toxidez é consequência de danos bioquímicos, fisiológicos e anatômicos irreversíveis nas plantas (FAQUIM, 2002).

Em trabalhos com sorgo (LACERDA et al., 2001; SILVA et al., 2003) e com feijão de corda (TRINDADE et al., 2006) sob estresse salino, concluíram que a capacidade das plantas em reter os íons tóxicos em tecidos não fotossintetizantes parece ser um mecanismo adaptativo importante para a proteção dos ápices foliares. Esta mesma ideia foi corroborada por Mian et al. (2011), concluindo que culturas resistentes ao estresse salino inibem a translocação do sal para os tecidos da parte aérea e são, portanto, classificadas como “excluseras”.

CONCLUSÕES

1. Os genótipos H360, H863, AG963, H321, AG967, H251, AG972 e BRS324 foram caracterizados como sensíveis e Olisum 05, EXP60050, Catisol, EXP11-26, EXP44-49, EXP887, HLA860HO e BRS323 como tolerantes à salinidade;
2. Os genótipos sensíveis apresentaram maiores teores de Na^+ e menores teores de K^+ nas folhas, em contraste com o observado nas folhas dos tolerantes;
3. A relação Na^+/K^+ nas folhas pode ser utilizada como um marcador nutricional para a tolerância à salinidade em girassol;
4. O acúmulo e a distribuição dos íons tóxicos (Na^+ e Cl^-) e de K^+ nas folhas de diferentes idades cronológicas podem, ao menos em parte, explicar a maior tolerância do genótipo BRS323 ao estresse salino em comparação ao AG967.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BEZERRA, A.K.P.; LACERDA, C.F.; HERNANDEZ, F.F.F.; SILVA, F.B.; GHEYI, H.R. Rotação cultural feijão caupi/milho utilizando-se águas de salinidades diferentes. **Revista Ciência Rural**, v.40, p.1075-1082, 2010.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília: Mapa / ACS, p.147- 169, 2009.

CARNEIRO, P.T.; FERNANDES, P.D.; GHEYI, H. R.; SOARES, F.A.L. Germinação e crescimento inicial de genótipos de cajueiro anão-precoce em condições de salinidade. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.6, p.199-206, 2002.

CAVALCANTE, L.F.; CORDEIRO, J.C.; NASCIMENTO, J.A.M.; CAVALCANTE, I.H.L.; DIAS, T.J. Fontes e níveis da salinidade da água na formação de mudas de mamoeiro cv.Sunrise solo. **Semina: Ciências Agrárias**, v.31, p.1281-1290, 2010.

CHA-UM, S.; VEJCHASARN, P.; KIRDMANEE, C. An effective defensive response in Thai aromatic rice varieties (*Oryza sativa* L. spp.indica) to salinity. **Journal of Crop Science Biotechnology**, v.10, p.257-264, 2007.

COSTA, P.H.; SILVA, J.V.; BEZERRA, M.A.; ENÉAS-FILHO, J.; PRISCO, J.T.; GOMES-FILHO, E. Crescimento em níveis de solutos orgânicos e inorgânicos em cultivares de *Vigna unguiculata* submetidos à salinidade. **Revista Brasileira de Botânica**, v.26, p.289-297, 2003.

DIAS, N.S.; BLANCO, F.F. Efeitos dos sais no solo e na planta. In: GHEYI, H.R.; DIAS, N.S.; LACERDA, C.F. **Manejo da Salinidade na Agricultura: Estudos Básicos e Aplicados**. Fortaleza: Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade, p.130-141, 2010.

DULTRA, A.T.B.; SILVA, E.N.; RODRIGUES, C.R.F.; VIEIRA, S.A.; ARAGÃO, R.M.; SILVEIRA, J.A.G. Temperaturas elevadas afetam a distribuição de íons em plantas de feijão caupi pré-tratadas com NaCl. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, p.403–409, 2011.

FAGERIA, N.K.; BALIGAR, V.C.; JONES, C.A. **Growth and mineral nutrition of field crops**. Boca Raton: CRC Press. p.560, 2011a.

FAGERIA, N.K.; STONE, L.F.; SANTOS, A.B. Melhoria para tolerância à salinidade. In: FRITSCH NETO, R.; BORÉM, A. **Melhoramento de plantas para condições de estresses abióticos**. Visconde do Rio Branco: Suprema, p.151-176, 2011b.

FAQUIM, V. **Diagnose do estado nutricional das plantas**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2002.

FERREIRA, D. F. **SISVAR 4.6 sistema de análises estatísticas**. Lavras: UFLA, 2003.

GAINES, T.P.; PARKER, M.B.; GASCHO, G.J. Automated determination of chlorides in soil and plant tissue by sodium nitrate. **Agronomy Journal**, v.76, p.371-374, 1984.

HARO, R.; BAÑUELOS, M.A.; RODRÍGUEZ NAVARRO, A. High affinity sodium uptake in land plants. **Plant and Cell Physiology**, v.51, p.68-79, 2010.

HOAGLAND, D.R.; ARNON, D.I. **The water culture method for growing plants without soils**. Berkeley: California Agricultural Experimental Station, p.347, 1950.

JÚNIOR, J.A.S.; GHEYI, H.R.; GUEDES FILHO, D.H.; SOARES, F.A.L.; da SILVA DIAS, N. Eficiência do uso da água no girassol cultivado em sistema hidropônico sob estresse salino. **Revista Ciência Agronômica**, v.42, p.842-849, 2011.

JÚNIOR, J.A.S.; GHEYI, H.R.; GUEDES FILHO, D.H.; da SILVA DIAS, N.; SOARES, F.A.L. Efficiency of water use in sunflower grown in hydroponic system under saline stress. **Engenharia Agrícola**, v.33, p.718-729, 2013.

LACERDA, C.F.; CAMBRAIA, J.; CANO, M.A.O.; RUIZ, H.A, PRISCO, J.T. Solute accumulation and distribution during shoot and leaf development in two sorghum genotypes under salt stress. **Environmental and Experimental Botany**, v.49, p.107-120, 2001.

LACERDA, C.F.; CAMBRAIA, J.; CANO, M.A.O.; RUIZ, H.A. Plant growth and solute accumulation and distribution in two sorghum genotypes, under NaCl stress. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**. v.3, p.270-284, 2003.

LACERDA, C.F. Interação salinidade x nutrição mineral. In: NOGUEIRA, R. J. M. C.; ARAÚJO, E.L.; WILLADINO, L.G.; CAVALCANTE, U.M.T. **Estresses ambientais: danos e benefícios em plantas**, p.127-137, 2005.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, p.201, 1989.

MIAN, A.A.; SENADHEERA, P.; MAATHUIS, F.J. Improving Crop Salt Tolerance: Anion and Cation Transporters as Genetic Engineering Targets. **Plant Stress**, v.5, p.64-72, 2011.

MORAES, F.A.; GURGEL, M.T.; OLIVEIRA, F.H.T.; MOTA, A.F. Influência da irrigação com água salina na cultura do girassol. **Revista Ciência Agrônômica**, v.42, p.327-336, 2011.

MUNNS, R. Comparative physiology of salt and water stress. **Plant, Cell and Environment**, v.25, p.239-250, 2002.

MUNNS, R. e TESTER, M. Mechanisms of Salinity Tolerance. **Annual Reviews Plant Biology**. v.59, p.651-681, 2008.

NOBRE, R.G.; GHEYI, H.G.; SOARES, F.A.L.; CARDOSO, J.A.F. Produção de girassol sob estresse salino e adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, p.929-937, 2011.

OLIVEIRA, A.B.; GOMES FILHO, E.; ENEAS FILHO, J. O problema da salinidade na agricultura e as adaptações das plantas ao estresse salino. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.6, p.1-16, 2010.

PARIDA, A.K.; DAS, A.B. Salt tolerance and salinity effects on plants: a review. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v.60, p.324-349, 2005.

PRISCO, J.T.; GOMES FILHO, E. Fisiologia e bioquímica do estresse salino em plantas. In: **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**. Fortaleza, INCTSal, p.143-159, 2010.

RAO, P.S.; MISHRA, B.; GUPTA, S.R. Zinc/phosphorous ratio in shoot as an index of evaluating rice salt tolerance. **African Journal of Agricultural Research**, v.8, p.70-76, 2013.

RINNE, J.; MARKKANEN, T.; RUUSKANEN, T.M.; PETAJA, T.; KERONEN, P.; TANG, M.J.; CROWLEY, J.N.; RANNIK, U.; VESALA, T. Efeito da degradação química sobre fluxos de reativos compostos um estudo com um modelo de transporte lagrangiano estocástica, **Atmospheric Chemistry and Physics**, v.12, p.4843-4854, 2012.

SILVA, J.V.; LACERDA, C.F.; AZEVEDO NETO, A.D.; COSTA, P.H. A.; PRISCO, J.T.; ENEAS FILHO, J.; GOMES-FILHO, E. Crescimento e osmorregulação em dois genótipos de sorgo submetidos a estresse salino. **Revista Ciência Agronômica**, v.34, p.125-131, 2003.

SILVA, E.N.; SILVEIRA, J.A.G.; RODRIGUES, C.R.F.; LIMA, C.S.; VIEGAS, R.A. Contribuição de solutos orgânicos e inorgânicos no ajustamento osmótico de pinhão-mansão submetido à salinidade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, p.437-445, 2009.

SILVA JÚNIOR, G.S.; CAMARA, T.R.; WILLADINO, L.G.; MARTINS, L.S.S.; SILVA, L.E. Parâmetros biométricos, nutricionais e bioquímicos em cultivares e somaclones de bananeira submetidos à salinidade. **Revista de Ciência, Tecnologia e Humanidades do IFPE**, v.4, p.11-36, 2012.

SOUSA, G.G.; MARINHO, A.B.; ALBUQUERQUE, A.H.P.; VIANA, T.V.A.; AZEVEDO, B.M. Crescimento inicial do milho sob diferentes concentrações de biofertilizante bovino irrigado com águas salinas. **Revista Ciência Agronômica**, v.43, p.237-245, 2012.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**, 2 ed., p.719, 2004.

TRAVASSOS, K.D.; GHEYI, H.R.; SOARES, F.A.L.; BARROS, H. MM.; DIAS, N.S.; UYEDA, C.A.; SILVA, F.V. Crescimento e desenvolvimento de variedades de girassol irrigado com água salina. **Irriga**, p.324-339, 2012.

TRINDADE, A.R.; LACERDA, C.F.; GOMES FILHO, E.; PRISCO, J.T.; BEZERRA, M.A. Influência do acúmulo e distribuição de íons sobre a aclimação de plantas de sorgo e feijão de corda ao estresse salino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, p.804-810, 2006.

VENKATA, A.R.P.; KUMARI, P.K.; DEV, T.S.S.M.; RAO, M.V.S.; MANGA, V. Genetic analysis of sodium content and Na/K ratio in relation to salinity tolerance in Pearl

Millet *Pennisetum glaucum* (L.) R.Br. **Journal of Crop Science and Biotechnology**, v.15, p.195-203, 2012.

VIANA, A.P.; BRUCKNER, C.H.; MARTINEZ, H.E.P.; HUAMAN, C.A.M.; MOSQUIM, P.R. Características fisiológicas de porta-enxertos de videira em solução salina. **Scientia Agricola**, v.58, p.139-143, 2001.

YEMM, E.W.; COCKING, E.C. The determination of amino-acids with ninhydrin. **Analyst**, v.80, p.209-213, 1955.

YOUSSEF, A.M. Salt tolerance mechanisms in some halophytes from Saudi Arabia and Egypt. **Research Journal of Agriculture and Biological Sciences**, v.5, p.191-206, 2009.

YOUSEFNEJAD, S.; POUSTINI, K.; ALIZADEH, H.; TAVAKOLI, M. Na⁺ and K⁺ relations in shoot of early growth wheat cultivars (*Triticum aestivum* L.). **Elixir Agriculture**, v.55, p.13638-13640, 2013.