

DANIEL TEIXEIRA PINHEIRO

**ESTRESSE SALINO NO POTENCIAL FISIOLÓGICO DE SEMENTES E
NO DESENVOLVIMENTO VEGETATIVO DE MELÃO**
(Cucumis melo L.)

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Viçosa,
como parte das exigências do
Programa de Pós-Graduação em
Fitotecnia, para obtenção do título
de Magister Scientiae.

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2015

Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da
Universidade Federal de Viçosa - Campus Viçosa

T

P654e
2015 Pinheiro, Daniel Teixeira. 1988-
Estresse salino no potencial fisiológico de sementes e no
desenvolvimento vegetativo de melão (*Cucumis melo* L.) / Daniel
Teixeira Pinheiro. - Viçosa, MG, 2015.
xi, 61f. : il. (algumas color.) : 29 cm.

Orientador: Denise Cunha Fernandes dos Santos Dias.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.
Inclui bibliografia.

1. Melão. 2. Sementes - Efeito do sal. I. Universidade Federal de
Viçosa. Departamento de Fitotecnia. Programa de Pós-graduação em
Fitotecnia. II. Título.

CDD 22. ed. 635.61

DANIEL TEIXEIRA PINHEIRO

**ESTRESSE SALINO NO POTENCIAL FISIOLÓGICO DE SEMENTES E
NO DESENVOLVIMENTO VEGETATIVO DE MELÃO
(*Cucumis melo* L.)**

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Viçosa,
como parte das exigências do
Programa de Pós-Graduação em
Fitotecnia, para obtenção do título
de Magister Scientiae.

APROVADA: 17 de julho de 2015.


Laércio Junio da Silva


Marcelo Coelho Sekita


Carlos Nick Gomes


Denise Cunha Fernandes dos Santos Dias
(Orientadora)

Ao Jesus Cristo, pelo sacrifício na cruz.

Dedico

Aos meus pais Antônio L.
Pinheiro e Maria Rita C. T.
Pinheiro pelo amor, apoio e
incentivo.

Ofereço.

AGRADECIMENTOS

Ao Deus eterno, fonte de vida e auxílio diário.

À Universidade Federal de Viçosa e ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, pela formação e oportunidade.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de Mestrado.

À professora, pesquisadora e orientadora Dra. Denise Cunha Fernandes dos Santos Dias, pela amizade, ensinamentos e confiança.

Aos meus coorientadores, professores Carlos Nick Gomes (DFT/UFV) e Edson Marcio Mattiello (DPS/UFV), pela amizade, auxílio e ensinamentos essenciais para a condução dos experimentos.

Ao professor Dr. Laércio Junio da Silva e ao Dr. Marcelo Coelho Sekita, pelo apoio, paciência e ensinamentos.

Ao professor Eduardo Euclides de Lima e Borges (DEF/UFV) por disponibilizar a estrutura necessária para as análises enzimáticas.

Aos amigos do Grupo de Estudos em Sementes (GSEM): Eveline Alvarenga, Paulo Hilst, Dalcionei Pazzin, Tiago Viana, Aparecida Leonir, Eduardo Pacca, Antônio Mattos, Thaís Morais, Paola Hormaza, Rafaela Miranda, Hugo Tiago, Alisson Vinicius, Rafael Macedo, Gisela Chipenete, Guilherme, Joyce, Rômulo, Hamilton, Mateus, Cadore, Maicon, Rubens, Carol, Larissa e Marcus Junior pela ajuda e excelente convivência.

Aos técnicos de laboratório José Custódio da Silva, José Mauro Ferreira e José Mauricio pela constante disponibilidade.

Ao amigo Fábio Delazari, pela grande ajuda no experimento de campo.

À Fernanda Vieira Leite, pelo amor e companheirismo dos últimos quatro anos.

Às doutoras Andrea Miyasaka de Almeida e Caroline Müller, pelo incentivo no início da minha vida acadêmica.

Aos meus pais Antônio e Maria Rita, irmã Karoline, cunhado Gustavo e sobrinho Felipe pelo amor, amizade e incentivo.

A todos os amigos, tios, primos e avós que de certa forma contribuíram na minha caminhada.

Muito obrigado!

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS E TABELAS	vii
RESUMO	x
ABSTRACT	xi
INTRODUÇÃO GERAL	1
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	3
RESUMO (Capítulo I)	6
ABSTRACT (Chapter I)	7
INTRODUÇÃO	8
MATERIAL E MÉTODOS	10
Experimento 1 - Germinação de sementes de melão submetidas a estresse salino	10
Germinação	10
Primeira contagem de germinação	11
Comprimento de parte aérea e raiz de plântulas	12
Massa seca da parte aérea e raiz de plântulas	12
Delineamento experimental e análise estatística	12
Experimento 2. Atividade de enzimas antioxidativas de sementes de melão submetidas ao estresse salino	13
Extração e determinação da atividade enzimática	13
Determinação da atividade da enzima superóxido dismutase (SOD)	13
Determinação da atividade da enzima catalase (CAT)	14
Determinação da atividade da enzima peroxidase (POX)	14
Determinação de proteínas	14
Análise estatística	14
RESULTADOS E DISCUSSÃO	15
Experimento 1	15

Experimento 2	19
CONCLUSÕES	23
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	24
RESUMO (Capítulo II)	32
ABSTRACT (Chapter II)	33
INTRODUÇÃO	34
MATERIAL E MÉTODOS	36
Preparo do solo	36
Experimento 1 - Emergência de plântulas de melão submetidas a estresse salino	38
Porcentagem de Emergência	39
Índice de Velocidade de Emergência (IVE)	39
Velocidade de Emergência (VE)	39
Comprimento de parte aérea de plântulas	40
Massa seca da parte aérea de plântulas	40
Delineamento experimental e análise estatística	40
Experimento 2 – Desenvolvimento vegetativo de melão sob diferentes níveis de salinidade no solo	41
Calagem e adubação	41
Produção de mudas, incubação do solo e plantio	41
Irrigação	41
Crescimento de plantas	43
Área foliar	43
Índice de clorofila	44
Delineamento experimental e análise estatística	44
RESULTADOS E DISCUSSÃO	45
Experimento 1	45
Experimento 2	49

CONCLUSÕES	53
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	54

LISTA DE FIGURAS E TABELAS

Capítulo I

- Figura 1.** Padrão de plântulas normais adotado no teste de germinação. A, B e C) Plântulas vigorosas com hipocótilo e sistema radicular bem desenvolvidos. D e E) Plântulas com estruturas essenciais menos desenvolvidas.....11
- Figura 2.** Padrão de plântulas anormais adotado no teste de germinação. A) Geotropismo negativo do sistema radicular. B) Atrofiamento do sistema radicular. C) Hipocótilo mal estruturado e sistema radicular pouco desenvolvido. D e E) Hipocótilo pouco desenvolvido e ausência de sistema radicular.....11
- Figura 3.** Germinação de sementes de melão submetidas a estresse salino. A) Primeira contagem de germinação (PCG). B) Germinação (G). ns, **, *: não significativo e significativo a 1% e 5% pelo teste t, respectivamente.....15
- Figura 4.** Comprimento de plântulas de melão submetidas a estresse salino. A) Parte aérea (CPA). B) Raiz (CR). **: significativo a 1 % pelo teste t.....16
- Figura 5.** Aspecto de plântulas de melão sob diferentes potenciais osmóticos após 8 dias do teste de germinação.....17
- Figura 6.** Massa seca de plântulas de melão submetida a estresse salino. A) Parte aérea (MSPA). B) Raiz (MSR). *, **: significativo a 5 e 1% pelo teste t, respectivamente.....18
- Figura 7.** Atividade da enzima superóxido dismutase (SOD) em sementes de melão submetidas ao estresse salino em diferentes potenciais osmóticos e tempos de embebição. Barras: desvio padrão.....19
- Figura 8.** Atividade da enzima catalase (CAT) em sementes de melão submetidas ao estresse salino em diferentes potenciais osmóticos e tempos de embebição. Barras: desvio padrão.....20
- Figura 9.** Atividade de peroxidases (POX) em sementes de melão submetidas ao estresse salino em diferentes potenciais osmóticos e tempos de embebição. Barras: desvio padrão.....21

Tabela 1. Condutividade elétrica correspondente ao potencial osmótico.....	10
-----------------------------------------------------------------------------------	----

Capítulo II

Figura 1. Equação de regressão obtida para definição das doses de NaCl de acordo com a porcentagem de sódio trocável (PST).....	38
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

Figura 2. A) Semeadura a 1 cm de profundidade. B) Bandejas em casa de vegetação.....	38
---------------------------------------------------------------------------------------------	----

Figura 3. A) Incorporação das doses de NaCl no solo. B) Vasos montados após calagem, adubação e incubação das doses de NaCl. C) Estação meteorológica Irriplus E 5000 instalada na área do experimento. D) Mudanças de melão produzidas em substrato. E) Mudanças transplantadas com o sistema de irrigação por gotejamento. F) Experimento conduzido em ambiente protegido.....	42
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

Figura 4. Equação de regressão obtida para cálculo da área foliar (AF) das plantas sob diferentes doses de salinidade no solo.....	44
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

Figura 5. Emergência de plântulas de melão aos 20 dias após sementeira (DAS) sob diferentes doses de salinidade no solo. A) 0 PST. B) 20 PST. C) 25 PST. D) 30 PST. E) 35 PST.....	45
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

Figura 6. Emergência (E) de plântulas de melão submetidas ao estresse salino. **: significativo a 1% pelo teste t.....	45
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

Figura 7. Velocidade (VE) (A) e índice de velocidade de emergência (IVE) (B) de plântulas de melão submetidas ao estresse salino. *, **: significativo a 5 e 1% pelo teste t, respectivamente.....	46
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

Figura 8. Comprimento de parte aérea (CPA) (A) e massa seca de parte aérea (MSPA) (B) de plântulas de melão submetidas ao estresse salino. *: significativo a 5% pelo teste t.....	47
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

Figura 9. Crescimento de plantas de melão submetidas ao estresse salino. Barras: Erro padrão.....	49
----------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

Figura 10. Área foliar de plantas de melão submetidas ao estresse salino. **: significativo a 1% pelo teste t.....	50
Figura 11. Índice de clorofila de plantas de melão submetidas ao estresse salino. ns: não significativo pelo teste t.....	52
Tabela 1. Classificação de um solo quanto a porcentagem de sódio trocável (PST).....	36
Tabela 2. Análise granulométrica e classificação textural do solo utilizado. Capacidade de campo (CC), ponto de murcha permanente (PMP), disponibilidade de água no solo (f) e densidade do solo na profundidade de 20 cm.....	37
Tabela 3. Análise química completa do solo utilizado. pH em água, KCl e CaCl ₂ – Relação 1:2,5. P, Na, K, Fe, Zn, Mn, Cu: Extrator Mehlich 1. Ca, Mg, Al: Extrator KCl 1mol/l. H+Al: Extrator Acetato de Cálcio 0,5 mol/L e pH 7,0. B: Extrator água quente. S: Extrator fosfato monocálcico em ácido acético. SB: Soma de bases Trocáveis. CTC (t): Capacidade de Troca Catiônica Efetiva. CTC (T): Capacidade de troca catiônica a pH 7,0. V: Índice de saturação de bases. m: Índice de saturação d alumínio. ISNa: Índice de saturação de sódio. Mat. Org. (MO) – Oxidação: $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 4 N + H_2SO_4 10 N. P-rem: Fosóforo remanescente.....	37

RESUMO

PINHEIRO, Daniel Teixeira, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2015. **Estresse salino no potencial fisiológico de sementes e no desenvolvimento vegetativo de melão (*Cucumis melo* L.)**. Orientadora: Denise Cunha Fernandes dos Santos Dias.

A salinidade é citada como o principal fator abiótico limitante do crescimento e da produtividade de plantas. De maneira geral, causa redução do potencial osmótico do meio e efeitos tóxicos, causando distúrbios metabólicos em todos os estádios de crescimento e desenvolvimento, comprometendo eventos fisiológicos que vão desde a germinação à produção. Os mecanismos de tolerância ao estresse salino em plantas e sementes ainda não estão suficientemente compreendidos, fazendo com que o progresso no desenvolvimento de culturas tolerantes à salinidade seja lento. O objetivo do trabalho foi avaliar os efeitos do estresse salino no potencial fisiológico de sementes e no desenvolvimento vegetativo de melão (*Cucumis melo* L.). Para todas as avaliações, foram utilizadas sementes de melão amarelo Diplomata F₁. O estresse salino reduziu a germinação de sementes e o desenvolvimento de plântulas de melão, sendo mais crítico a partir do potencial de -0,2 MPa. De maneira geral, as atividades das enzimas antioxidativas SOD, CAT e POX aumentaram com a indução do estresse. O estresse salino reduz a emergência de plântulas de melão, mesmo em porcentagens de sódio trocável (PST) consideradas mais baixas, como em 20%. O aumento da PST no solo reduz emergência, comprimento e massa seca de plântulas de melão, principalmente em valores superiores a 20%. O híbrido Diplomata F₁ se mostrou mais sensível ao estresse salino na emergência de plântulas do que no desenvolvimento vegetativo ao longo do tempo.

ABSTRACT

PINHEIRO, Daniel Teixeira, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, July, 2015. **Salt stress on seeds potential physiological and vegetative development of melon (*Cucumis melo* L.)**. Adviser: Denise Cunha Fernandes dos Santos Dias.

Salinity is cited as the main limiting abiotic factor that affects growth and plant productivity. In general, reduces the osmotic potential and cause toxic effects, causing metabolic disorders in all growth stages and development, compromising physiological events from germination to production. Salt stress tolerance in plants and seeds are not yet sufficiently understood, making the progress in the development of tolerant crops to be slow. The objective was to evaluate the effects of salt stress on the physiological potential of seeds and vegetative growth of melon (*Cucumis melo* L.). For all the evaluations, yellow melon Diplomata F₁ seeds were used. Salt stress reduced seeds germination and seedling development in melon, being more critical potential from -0.2 MPa. In general, the activities of antioxidant enzymes SOD, CAT and POX were increased. Salt stress also reduced the emergence of melon seedlings, even in lowest sodium adsorption ratio (SAR), such as 20%. The increase in soil SAR reduces emergency, length and dry matter of melon seedlings, especially in doses more than 20%. The Diplomata F₁ hybrid is more sensitive to salt stress on seedling emergence than on vegetative growth over time.

INTRODUÇÃO GERAL

Os estresses abióticos são classificados como tensões causadas por condições ambientais, dentre as quais se incluem luminosidade, seca, radiação, metais pesados, hipoxia, temperatura e salinidade (Hirayama e Shinozaki, 2010). Segundo McCough (2013), a demanda mundial por alimentos será o dobro da atual até o ano de 2038, e as alterações climáticas, juntamente com este aumento da demanda, tornarão este desafio preocupante na agricultura. Estima-se que atualmente, os fatores abióticos afetam o desenvolvimento vegetal e a produção agrícola mundial em até 70% (Ahmad et al., 2012; Mantri et al., 2012). Desta forma, as plantas são constantemente exigidas quanto à capacidade de lidar com alterações ambientais, buscando evitar prejuízos no crescimento e desenvolvimento (Pyl et al., 2012).

A salinidade é citada como o principal fator abiótico limitante do crescimento e da produtividade de plantas (Allakhverdiev et al., 2000). De maneira geral, os efeitos da salinidade em plantas estão ligados à redução do potencial osmótico do meio e aos efeitos tóxicos, causando diversos distúrbios metabólicos (Parida e Das, 2005). Os efeitos da salinidade em sementes e plantas têm sido amplamente discutidos (Hasegawa et al., 2000; Zhu, 2002; Wahid et al., 2011) e podem causar limitações em todos os estádios de crescimento e desenvolvimento, comprometendo eventos fisiológicos que vão desde a germinação à produção (Secco et al., 2010). No entanto, os mecanismos de tolerância ao estresse salino em plantas e sementes ainda não estão suficientemente compreendidos, fazendo com que o progresso no desenvolvimento de culturas tolerantes à salinidade seja lento (Läuchli e Grattan, 2007).

O meloeiro (*Cucumis melo* L.) pertence à família Cucurbitaceae e está entre as espécies olerícolas mais produzidas do mundo, ocupando lugar de destaque no mercado nacional e internacional. Os principais países produtores de melão são China, Irã e Turquia, que juntos correspondem a mais de 60% da produção mundial (FAOSTAT, 2012). O melão possui diversas propriedades, como o alto teor de água, vitaminas e minerais, que fazem o fruto ser consumido principalmente in natura (Costa e Grangeiro, 2003). Comercialmente, os tipos de melão são classificados quanto à variedade botânica em: *Cucumis melo* var.

inodorus para os tipos Amarelo, Pele-de-Sapo e Honeydew; Cucumis melo var. reticulatus para o tipo Cantaloupe e Gália, e Cucumis melo var. cantalupensis para o tipo Charantais (Costa e Silva, 2003). As cultivares de melão do grupo inodorus são as mais ofertadas no mercado nacional, pela maior vida útil pós-colheita (Tomaz et al., 2009) e, entre estas, o tipo amarelo se destaca na preferência dos consumidores, principalmente devido a coloração atrativa dos frutos (Aroucha et al., 2012).

Os estudos dos efeitos da salinidade em meloeiro são de grande valia, pois em muitas regiões onde é produzido em larga escala, como na Turquia (Sivritepe et al., 2003); China (Huang et al., 2012) e região Nordeste do Brasil (Medeiros et al., 2007), são observados altos teores de sais no solo e/ou na água de irrigação. Embora o meloeiro seja citado como moderadamente sensível ao estresse salino (Tedeschi et al., 2011), podem existir variações entre cultivares, tempo de exposição ao estresse, condições ambientais e manejo (Ayers e Westcot, 1991; Hasanuzzaman, 2013).

A salinidade em sementes pode, de maneira geral, prejudicar a absorção de água, alterar a atividade enzimática e a síntese de proteínas, além de causar muitos outros distúrbios que poderão afetar de maneira negativa a germinação e o vigor. No meloeiro, além dos efeitos nas sementes, a salinidade pode causar modificações morfológicas, estruturais e metabólicas, inibindo o crescimento e o desenvolvimento, reduzindo a porcentagem de massa seca nas plantas e o tamanho e rendimento dos frutos (Sivritepe et al., 2003). Desta forma, torna-se de essencial importância o estudo dos efeitos do estresse salino nesta cultura, visando a seleção de materiais mais tolerantes e um manejo mais adequado.

Diante do exposto, o objetivo do trabalho foi avaliar os efeitos do estresse salino no potencial fisiológico de sementes e no desenvolvimento de plantas de melão (*Cucumis melo* L.).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AHMAD P.; HAKEEM K.R.; KUMAR A.; ASHRAF M.; AKRAM, N.A. Salt-induced changes in photosynthetic activity and oxidative defense system of three cultivars of mustard (*Brassica juncea* L.). **Afr J Biotechnol** 11:2694–2703. 2012.

ALLAKHVERDIEV, S.I., SAKAMOTO, A., NISHIYAMA, Y., INABA, M., MURATA, N. Ionic and osmotic effects of NaCl-induced inactivation of photosystems I and II in *Synechococcus* sp. **Plant Physiol.** 123, 1047–1056. 2000.

AROUCHA, E.M.M.; MESQUITA, H.C.; SOUZA, M.S.; TORRES, W.L., FERREIRA, R.M.A. Vida útil pós-colheita de cinco híbridos de melão amarelo produzidos no agropólo Mossoró-Assu. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.25, n.3, p.52-57. 2012.

AYERS, R.S., WESTCOT, D.W. **A qualidade da água na agricultura**. Campina Grande: UFPB. Estudos FAO Irrigação e Drenagem, 29. 218p. 1991.

COSTA, N.D.; GRANGEIRO, L.C. Composição química do fruto e usos. In: SILVA, H.R.; COSTA, N.D. (Org.). **Melão, Produção Aspectos Técnicos**. Embrapa. Brasília: Embrapa Hortaliças / Embrapa Semi-Árido / Embrapa Informação Tecnológica. Cap.4, p.22. (Frutas do Brasil, 33). 2003.

COSTA ND; SILVA HR. Cultivares. In: SILVA HR; COSTA ND. (Org.). **Melão, Produção - Aspectos Técnicos**. Embrapa. Brasília: Embrapa Hortaliças / Embrapa Semi-Árido / Embrapa Informação Tecnológica. (Frutas do Brasil, 33). Cap.6, p.29-34. 2003.

FAOSTAT. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS STATISTICAL DATABASE. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/342/default.aspx>> . 2012.

HASANUZZAMAN, M.; NAHAR, K.; FUJITA, M. **Plant Response to Salt Stress and Role of Exogenous Protectants to Mitigate Salt-Induced Damages** in: Ahmad et al. (eds.), *Ecophysiology and Responses of Plants under Salt Stress*, Springer Science+Business Media, LLC, 2013.

HASEGAWA, P.M.; BRESSAN, R.A.; ZHU, J.K.; BOHNERT, H.J. Plant cellular and molecular responses to high salinity. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 51, 463–499. 2000.

HIRAYAMA, T.; SHINOZAKI, K. Research on plant abiotic stress responses in the post-genome era: past, present and future. *The Plant Journal*. v. 61, 1041–1052. 2010.

LÄUCHLI, A.; GRATTAN, S.R. **Plant growth and development under salinity stress** in: M.A. Jenks et al. (eds.), *Advances in Molecular Breeding Toward Drought- and Salt Tolerant Crops*, 1 32. 2007.

MANTRI N.; PATADE V.; PENNA S.; FORD R.; PANG E. **Abiotic stress responses in plants: present and future**. In: Ahmad P, Prasad MNV (eds) *Abiotic stress responses in plants: metabolism, productivity and sustainability*. Springer, New York, pp 1–19. 2012.

MCCOUCH, S. Feeding the future. *Nature*. v. 499. p.p 23-24. 2013.

MEDEIROS, J.J.; SILVA, M.C.C.; SARMENTO, D.H.A.; BARROS, A.D. Crescimento do meloeiro cultivado sob diferentes níveis de salinidade, com e sem cobertura do solo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. v.11, n.3, p.248–255, 2007.

PARIDA, A.K.K; DAS, A.B. Salt tolerance and salinity effect on plants: a review. *Ecotoxicol Environ. Saf.* 60 : 324–349. 2005.

PYL, E.T.; PIQUES, M.; IVAKOV, A.; SCHULZE, W.; ISHIHARA, H.; STITT, M.; SULPICE, R. Metabolism and Growth in Arabidopsis Depend on the Daytime Temperature but Are Temperature-Compensated against Cool Nights. *The Plant Cell*, Vol. 24: 2443–2469, 2012.

SECCO, L.B.; QUEIROZ, S.O.; DANTAS, B.F.; SOUZA, Y.D.; SILVA, P.D. Germinação de sementes de melão (*Cucumis melo* L.) em condições de estresse salino. *Revista verde de agroecologia e desenvolvimento sustentável*. 4(4), 129-135. 2010.

SIVRITEPE, N., SIVRITEPE, H.O., ERIS, A. The effects of NaCl priming on salt tolerance in melon seedlings grown under saline conditions. **Sci. Hort.** 97, 229–237. 2003.

TEDESCHI, A.; LAVINI, A.; RICCARDI, M.; PULVENTO, C.; D'ANDRIA, R. Melon crops (*Cucumis melo* L., cv. Tendral) grown in a Mediterranean environment under saline-sodic conditions: part I. Yield quality. **Agricultural Water Management** . 98, 1329–1338. 2011.

TOMAZ, H.V.Q et al. Qualidade pós-colheita de diferentes híbridos de melão-amarelo armazenados sob refrigeração. **Revista Brasileira de Fruticultura.** v.31, n.4, p.987-994, 2009.

WAHID, A.; FAROOQ, M.; BASRA, S.M.A.; RASUL, E.; SIDDIQUE, K.H.M. **Germination of seeds and propagules under salt stress.** In: Pessarakli M (ed) Handbook of plant and crop stress, 3rd edn. CRC Press, Boca Raton, pp 321–337. 2011.

ZHU, J.K., Salt and drought stress signal transduction in plants. **Annu. Rev. Plant Biol.** 53, 247–273. 2002.

RESUMO

PINHEIRO, Daniel Teixeira, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2015. **Capítulo I. Efeitos do estresse salino na germinação e no vigor de sementes de melão.** Orientadora: Denise Cunha Fernandes dos Santos Dias.

A germinação de sementes é um fenômeno que envolve alterações celulares complexas e é considerada uma das fases fundamentais e vitais no crescimento e desenvolvimento de plantas. A salinidade tem influência em todas as etapas da germinação e pode afetar consideravelmente o estabelecimento de uma cultura. Os efeitos da salinidade estão relacionados à redução do potencial osmótico e a efeitos tóxicos que podem prejudicar a germinação, o desenvolvimento de plântulas e causar danos oxidativos nas células. O objetivo do trabalho foi avaliar os efeitos do estresse salino no potencial fisiológico de sementes de melão (*Cucumis melo* L.). Sementes de melão amarelo Diplomata F₁ foram submetidas ao estresse salino nos potenciais osmóticos de 0,0; -0,1; -0,2; -0,3; -0,4 e -0,5 MPa para análises de germinação, massa seca e comprimento de parte aérea e raiz, além da atividade das enzimas antioxidativas superóxido dismutase (SOD), catalase (CAT) e peroxidases (POX) à 24, 48 e 72 horas de embebição. O delineamento foi inteiramente casualizado (DIC). As médias de germinação foram ajustadas a equações de regressão e os dados de enzimas, foram submetidos à análise de variância e representados pela média \pm desvio padrão. O estresse salino reduz a germinação de sementes e o desenvolvimento de plântulas de melão. O híbrido Diplomata F₁ é sensível ao estresse salino na germinação e os efeitos são mais críticos a partir do potencial -0,2 MPa. Ocorre aumento na atividade das enzimas antioxidativas SOD, CAT e POX em sementes de melão submetidas ao estresse salino, estando ligadas aos mecanismos de tolerância à essas situações.

ABSTRACT

PINHEIRO, Daniel Teixeira, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, July, 2015.
Chapter I. Effects of salt stress on the germination and vigor of melon seeds.
Adviser: Denise Cunha Fernandes dos Santos Dias.

Seeds germination is a phenomenon that involves complex cellular changes and is considered an important stage in the growth and development of plants. The salinity affects all stages of germination and can prejudice the crop establishment. The salinity is involved to the osmotic potential reduction and toxic effects which can affect the germination, seedling development and induces oxidative stress. The aim of the project was to evaluate the effects of salt stress on the physiological potential of melon seeds (*Cucumis melo* L.). Yellow melon Diplomata F₁ seeds were submitted to salt stress on osmotic potentials of 0.0; -0.1; -0.2; -0.3; -0.4 and -0.5 MPa for germination tests, dry matter and shoot and root length. Also the activity of antioxidant enzymes superoxide dismutase (SOD), catalase (CAT) and peroxidases (POX) at 24, 48 and 72 hours of imbibition were evaluated. The design was completely randomized. The means of germination were adjusted to regression equations and the data enzymes data were subjected to analysis of variance and represented as mean \pm standard deviation. Salt stress damaged the seed germination and the development of melon seedlings. The Diplomata F₁ hybrid is sensitive to salt stress on germination, and the effects are most critical from the potential -0.2 MPa. The activities of antioxidant enzymes SOD, CAT and POX were increased with the induction of salt stress, being directly linked to the mechanisms of tolerance of melon seeds to these situations.

INTRODUÇÃO

A germinação é um fenômeno que se inicia com a embebição de água pela semente, culminando em diversos processos celulares que permitirão o crescimento e o desenvolvimento embrionário (Marcos Filho, 2005). Este processo envolve alterações celulares complexas, dentre as quais estão a hidratação de proteínas, o aumento da respiração, a síntese de macromoléculas e o alongamento celular (Bewley et al., 2013). É considerada uma fase fundamental e vital no crescimento de plantas, determinando o estabelecimento e o rendimento das culturas no campo (Hasanuzzaman et al., 2013).

Os fatores abióticos, como a água, temperatura, luz e salinidade, têm grande influência sobre a produção vegetal e afetam principalmente a germinação, o acúmulo de massa seca, o vigor, a viabilidade e a qualidade visual das sementes (Zimmer, 2006). Dentre estes fatores, a salinidade tem influência em todas as etapas da germinação desde a embebição de água (Wahid et al., 2011).

O efeito primário da salinidade em sementes é a redução do potencial osmótico do meio, reduzindo a absorção de água e alterando todos os eventos da germinação (Khan e Weber, 2008). O potencial osmótico da água é próximo a 0,0 MPa e o movimento da mesma é sempre em direção a um potencial mais baixo ou mais negativo, que por sua vez, é diretamente influenciado pela presença de sais (Bewley et al., 2013). Cada espécie possui um teor crítico de água para que ocorra a germinação e uma capacidade específica de absorvê-la no ambiente, determinando seu estabelecimento.

Em níveis elevados, a salinidade causa efeitos tóxicos devido ao acúmulo de íons. A toxidez iônica durante o processo germinativo pode causar diversos distúrbios fisiológicos e bioquímicos, dentre os quais estão a redução do metabolismo proteico (Yacoubi et al., 2013); o desbalanço hormonal (Ozhan e Hajibabaei, 2014); a redução da utilização de reservas (Othman et al., 2006) e alterações celulares e estruturais (Al-Tardeh e Iraki, 2013). Alterações na homeostase celular devido ao excesso de sais podem levar a produção de espécies reativas de oxigênio (EROs) em níveis prejudiciais para as células, tais como radical superóxido (O_2^-), radical hidroxila (OH^-) e peróxido de hidrogênio (H_2O_2) (Parida e Das, 2005; Ahmad et al., 2012). Se produzidas acima dos níveis adequados e se não houver uma capacidade da semente em manter a homeostase

celular, as EROs podem causar estresse oxidativo (Yao et al., 2012). Os efeitos do estresse oxidativo nas células são amplos e podem causar danos principalmente através da oxidação de lipídeos de membranas, proteínas e ácidos nucleicos, podendo levar à morte celular (Apel e Hirt, 2004; Yin et al., 2008; Ahmad, 2010).

Para superar o estresse oxidativo, diferentes mecanismos enzimáticos e não enzimáticos podem ser ativados nas células (Ismail et al., 2014). Os mecanismos não enzimáticos estão relacionados à ação de compostos que atuam como antioxidantes, como o ácido ascórbico, glutathiona, compostos fenólicos, alcalóides e amionácidos (Gill e Tuteja, 2010). Já os mecanismos enzimáticos são caracterizados pela atividade de enzimas do sistema antioxidativo, tais como a superóxido dismutase (SOD), catalase (CAT) e peroxidases (POX), que desempenham importantes funções na eliminação de EROs produzidas sob estresse salino (Seckin et al., 2010). A ação de enzimas antioxidativas em sementes sob condições de estresse salino tem sido relatada (Ribeiro et al., 2014; Dantas et al., 2014; Rasheed et al., 2015), porém estes mecanismos de tolerância ainda são pouco compreendidos quando comparados às informações disponíveis sobre plantas desenvolvidas (Zhang et al., 2012).

De acordo com Keling et al. (2013), o meloeiro (*Cucumis melo* L.) tem uma alta capacidade de ativar mecanismos protetores contra os danos oxidativos gerados pelo estresse salino. No entanto, sabe-se que os mecanismos de tolerância ao estresse salino em sementes são complexos e podem variar principalmente de acordo com o genótipo (Das, 2013), idade (Zhang et al., 2014), morfologia (Gholami et al., 2009), vigor (Hussain et al., 2013) e fatores do ambiente (Shaikh et al. 2013; Rasheed et al. 2015).

Diante do exposto, o objetivo do trabalho foi avaliar os efeitos do estresse salino na germinação e no vigor de sementes de melão (*Cucumis melo* L.).

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido no Laboratório de Análise de Sementes do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa. Para todas as avaliações, foram utilizadas sementes de melão híbrido amarelo (*Cucumis melo* var. inodorus) Diplomata F₁, produzidas pela empresa Agristar Brasil Ltda. Foram realizados dois experimentos para avaliações da germinação e da atividade enzimática das sementes submetidas ao estresse salino.

Experimento 1 - Germinação de sementes de melão submetidas a estresse salino

Para avaliação da germinação, cada potencial osmótico e sua respectiva condutividade elétrica (Tabela 1), foi definido de acordo com testes preliminares de germinação.

Tabela 1. Condutividade elétrica correspondente ao potencial osmótico.

Potencial osmótico (MPa)	Condutividade elétrica (dS.m ⁻¹)
0,0	0,0
-0,1	2,8
-0,2	5,6
-0,3	8,3
-0,4	11,2
-0,5	14,0

Foram feitas as seguintes avaliações:

Germinação

As sementes foram distribuídas em rolos de papel toalha, umedecidos com soluções de cloreto de sódio (NaCl) nos potenciais osmóticos de 0,0; -0,1; -0,2; -0,3; -0,4 e -0,5 MPa (Vilela et al., 1991). Para o umedecimento do papel, utilizou-se volume de solução equivalente a 2,5 vezes o peso do papel seco. No tratamento controle (0,0 MPa) foi utilizada somente água destilada. Os rolos foram mantidos em germinador à temperatura de 25°C. A avaliação da germinação consistiu na porcentagem de plântulas normais obtidas no oitavo dia após a semeadura, como determinado nas Regras para Análise de Sementes (Brasil, 2009).

Primeira contagem de germinação

Foi realizado juntamente com o teste de germinação, consistindo na porcentagem de plântulas normais (Figura 1) obtidas no quarto dia após a semeadura (Brasil, 2009).



Figura 1. Padrão de plântulas normais adotado no teste de germinação. A, B e C) Plântulas vigorosas com hipocótilo e sistema radicular bem desenvolvidos. D e E) Plântulas com estruturas essenciais menos desenvolvidas. Foto: Daniel T. Pinheiro. Arte e tratamento da imagem: Paulo C. Hilst.

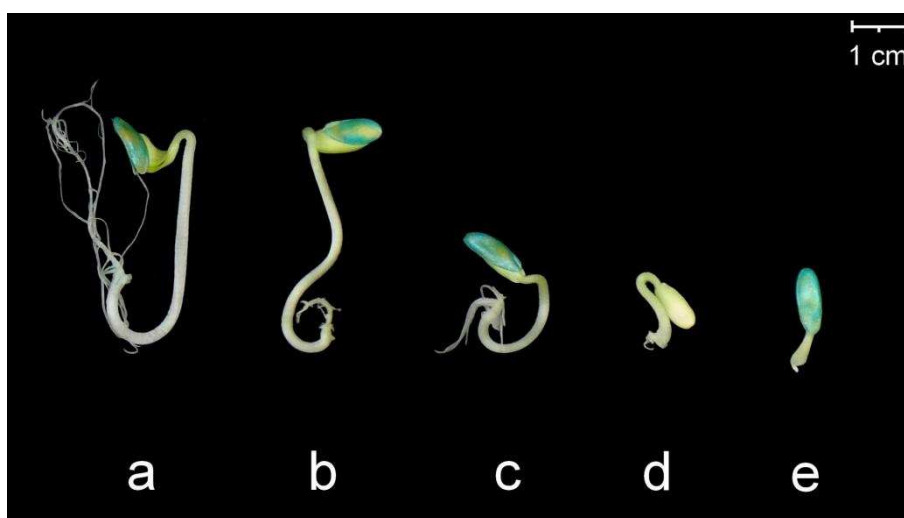


Figura 2. Padrão de plântulas anormais adotado no teste de germinação. A) Geotropismo negativo do sistema radicular. B) Atrofiamento do sistema radicular. C) Hipocótilo mal estruturado e sistema radicular pouco desenvolvido. D e E)

Hipocótilo pouco desenvolvido e ausência de sistema radicular. Foto: Daniel T. Pinheiro. Arte e tratamento da imagem: Paulo C. Hilst.

Comprimento de parte aérea e raiz de plântulas

Após o oitavo dia, procedeu-se a medição da parte aérea e raiz das plântulas normais com o auxílio de uma régua e os resultados foram expressos em centímetros (cm) por plântula.

Massa seca da parte aérea e raiz de plântulas

Após a avaliação do comprimento, as amostras de parte aérea e raiz das plântulas normais foram secas em estufa de circulação forçada de ar a 70°C durante 48 horas. Efetuou-se então, a determinação de massa seca da parte aérea e raiz com o uso de uma balança de precisão com 3 casas decimais e os resultados expressos em gramas (g) por plântula.

Delineamento experimental e análise estatística

O experimento de germinação foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC) com 6 tratamentos (0,0; -0,1; -0,2; -0,3; -0,4 e -0,5 MPa) e 8 repetições. Cada unidade experimental foi composta por 25 sementes. Os dados foram submetidos à análise de variância. As médias foram ajustadas a equações de regressão. Os coeficientes de regressão foram avaliados pelo teste t a 1 e 5% de probabilidade.

Experimento 2. Atividade de enzimas antioxidativas de sementes de melão submetidas ao estresse salino

As atividades das enzimas antioxidativas foram determinadas durante a germinação das sementes. Para isso, as sementes foram colocadas para germinar em soluções de NaCl com diferentes potenciais osmóticos (0,0; -0,1; -0,2; -0,3; -0,4 e -0,5 MPa) conforme metodologia descrita para o teste de germinação. Nos tempos de 24, 48 e 72 horas após a semeadura, os embriões (cotilédones e eixo embrionário) foram congelados em nitrogênio líquido e armazenados a -20°C até o momento das avaliações.

Extração e determinação da atividade enzimática

Para a determinação da atividade das enzimas antioxidativas catalase (CAT), superóxido dismutase (SOD) e peroxidases (POX), os extratos enzimáticos brutos foram obtidos por meio da maceração de 0,3 g de embriões em nitrogênio líquido, seguida de adição de 2 mL de meio de extração, tampão fosfato de potássio (0,1M, pH 6,8), contendo ácido etilenodiaminotetracético (EDTA) (0,1 mM), fluoreto de fenilmetilsulfônico (PMSF) (1,0 mM) e polivinilpolipirrolidona (PVPP) 1% (p/v) (Peixoto et al., 1999). O homogeneizado foi centrifugado a 19.000 g por 15 min., a 4°C.

Determinação da atividade da enzima superóxido dismutase (SOD)

A atividade da SOD foi determinada pela adição de 50 µL do extrato enzimático bruto a 2,95 mL de meio de reação, constituído de tampão fosfato de sódio 50 mM, pH 7,8, contendo metionina 13 mM, azul de p-nitro tetrazólio (NBT) 75 µM, EDTA 0,1 mM e riboflavina 2 µM (Del Longo et al., 1993). A reação foi conduzida a 25°C, em uma câmara de reação iluminada com uma lâmpada fluorescente de 15 W. Após 5 min de exposição à luz, a iluminação foi interrompida e a formazana azul, produzida pela fotorredução do NBT, foi medida pela absorvância a 560 nm. O valor da absorvância de um meio de reação igual ao anterior, mas mantido no escuro pelo mesmo período, serviu como branco e foi subtraído da leitura de cada amostra que recebeu iluminação (Giannopolitis e Ries, 1977). Uma unidade de SOD foi definida como a quantidade de enzima necessária para inibir em 50% a fotorredução do NBT (Beauchamp e Fridovich, 1971). O resultado foi expresso em $U \text{ min}^{-1} \mu\text{g}^{-1}$ proteína.

Determinação da atividade da enzima catalase (CAT)

A atividade da catalase foi determinada pela adição de 50 µL do extrato enzimático bruto a 2,95 mL de meio de reação, constituído de tampão fosfato de potássio 50 mM, pH 7,0 e H₂O₂ 12,5 mM (adaptado de Havir e Mchale, 1987). O decréscimo na absorbância a 240 nm a 25°C foi medido durante o primeiro minuto de reação. A atividade enzimática foi calculada utilizando-se o coeficiente de extinção molar de 36 M⁻¹ cm⁻¹ (Anderson et al., 1995) e o resultado expresso em µmol min⁻¹ mg⁻¹ proteína.

Determinação da atividade da enzima peroxidase (POX)

A atividade da peroxidase foi determinada pela adição de 30 µL do extrato enzimático bruto a 2,97 mL de meio de reação, constituído de tampão fosfato de potássio 25 mM, pH 6,8, pirogalol 20 mM e H₂O₂ 20 mM (adaptado de Kar e Mishra, 1976). A produção de purpurogalina foi medida por meio do incremento da absorbância a 420 nm a 25°C. A atividade enzimática foi calculada utilizando-se o coeficiente de extinção molar de 2,47 M⁻¹ cm⁻¹ (Chance e Maehley, 1955) e o resultado expresso em µmol min⁻¹ mg⁻¹ proteína.

Determinação de proteínas

Foi determinado o teor de proteínas utilizando-se albumina bovina (BSA) como padrão (Bradford, 1976). Utilizou-se de 50 µL do extrato enzimático adicionado a 1 mL do reagente de Bradford, seguido de agitação. Após 20 minutos, foi realizada a leitura da absorbância da amostra em espectrofotômetro a 595 nm.

Análise estatística

O experimento de análise enzimática foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC) em esquema fatorial, com 6 potenciais osmóticos (0,0; -0,1; -0,2; -0,3; -0,4 e -0,5 MPa), 3 tempos de embebição (24, 48 e 72 horas) e 4 repetições. Os dados foram submetidos à análise de variância e representados pela média ± desvio padrão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Experimento 1

Houve redução na germinação e no comprimento e massa seca de plântulas com a redução do potencial osmótico (Figuras 3, 4, 5 e 6).

A germinação das sementes foi nula no potencial de -0,5 MPa. Observa-se na primeira contagem (Figura 3A) e na germinação (Figura 3B), quedas de aproximadamente 90 pontos percentuais (p.p.) quando se compara o controle (0,0 MPa) com o potencial de -0,4 MPa. Na germinação (Figura 3B), verifica-se que os valores obtidos nos potenciais 0,0; -0,1 e -0,2 MPa foram semelhantes e com queda mais acentuada entre os potenciais de -0,2 e -0,3 MPa. Ao se comparar estes dados (Figura 3B) com os da primeira contagem (Figura 3A), que é um indicativo da velocidade de germinação (Nakagawa, 1999), observa-se que esta característica foi mais afetada no potencial de -0,2 MPa, indicando redução na velocidade de germinação ao se comparar os potenciais de 0,0 e -0,1 MPa e queda mais acentuada a partir de -0,1 MPa.

Nos potenciais de -0,1 e -0,2 MPa foram obtidos valores de primeira contagem de 84 e 66% (Figura 3A), enquanto os valores de germinação foram de 91 e 85% (Figura 3B).

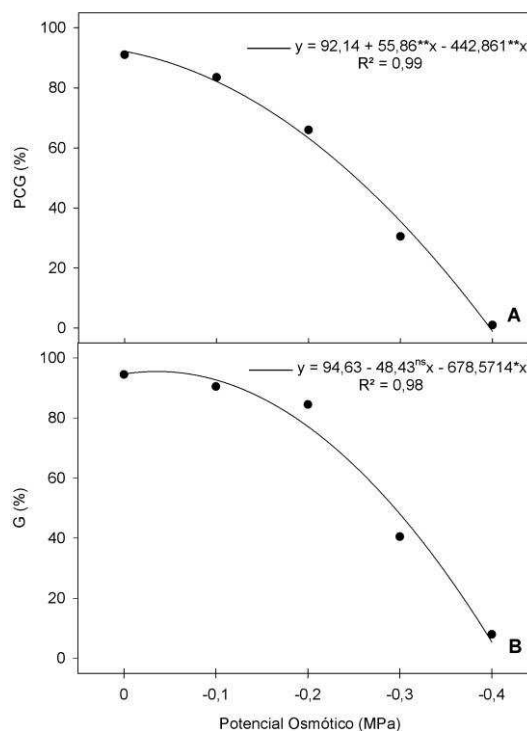


Figura 3. Germinação de sementes de melão submetidas a estresse salino. A) Primeira

contagem de germinação (PCG). B) Germinação (G). ns, **, *: não significativo e significativo a 1% e 5% pelo teste t, respectivamente.

Os efeitos do estresse salino na primeira contagem de germinação (Figura 3A) foram mais evidentes a partir do potencial de -0,1 MPa, enquanto que na germinação, foram a partir de -0,2 MPa (Figura 3B). Estes resultados diferem dos observados em sementes de melão (Secco et al., 2010), melancia (Torres, 2007) e pepino (Torres et al., 2000), onde quedas acentuadas da germinação foram observadas principalmente a partir do potencial de -0,4 MPa, o qual aumentou significativamente o número de plântulas anormais devido os efeitos deletérios do NaCl.

Foram observadas reduções lineares no comprimento de parte aérea e raiz (Figuras 4 e 5) e na massa seca de raízes (Figura 6B) com a redução do potencial osmótico, ou seja, com o aumento do estresse salino. O aumento do comprimento de raízes é comumente observado em condições de restrição hídrica, pois faz parte do mecanismo de adaptação à seca (Magalhães-Filho et al., 2008). No entanto, esta situação pode não ocorrer em situação de estresse salino devido aos efeitos tóxicos do NaCl, que afeta tecidos jovens de maneira mais severa do que outras fontes de sal (Tipton, 1988).

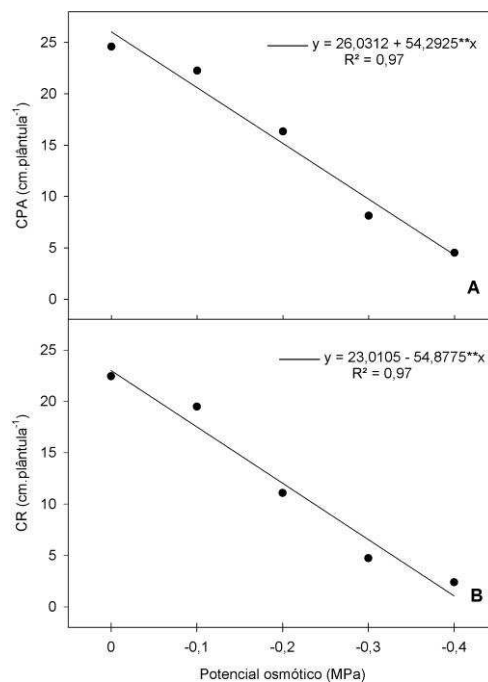


Figura 4. Comprimento de plântulas de melão submetidas a estresse salino. A) Parte aérea (CPA). B) Raiz (CR). **: significativo a 1 % pelo teste t.

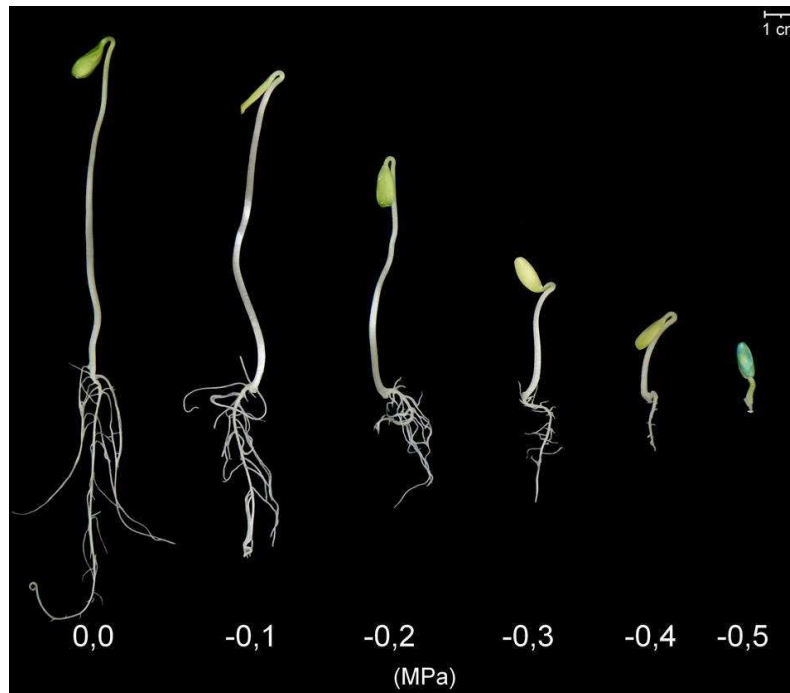


Figura 5. Aspecto de plântulas de melão sob diferentes potenciais osmóticos após 8 dias do teste de germinação. Foto: Daniel T. Pinheiro. Arte e tratamento da imagem: Paulo C. Hilst.

Os efeitos do estresse salino em plantas dependem principalmente da concentração, tempo de exposição ao sal, genótipo e fatores ambientais associados (Hasanuzzaman, 2013). As variações observadas para os mecanismos de tolerância ao estresse salino em meloeiro são importantes para trabalhos visando o controle genético de características avaliadas em ambientes salinos (Maia et al., 2011).

Em síntese, além dos efeitos tóxicos, a redução na germinação e no desenvolvimento de plântulas sob estresse salino é devido, principalmente, à diminuição na absorção de água, seguida por hidrólise limitada das reservas e da translocação destas reservas para o eixo embrionário (Khan e Panda, 2008; Wahid et al., 2011). Nos potenciais de -0,1 e -0,2 MPa houve um pequeno acúmulo de massa seca da parte aérea, seguida de reduções nos demais potenciais (Figura 6A). Resultados semelhantes foram observados por Harter et al. (2014) trabalhando com germinação de sementes de mogango sob estresse salino. De acordo com Shannon e Grieve (1998), em condições de baixa salinidade, o desenvolvimento

da parte aérea muitas vezes é afetado de maneira mais severa do que raízes, mas a indução do estresse salino com uso de soluções de NaCl pode causar efeitos tóxicos que diferenciam estas respostas. As reduções no comprimento e na massa seca de plântulas de melão submetidas ao estresse salino (Figuras 4 e 6) são semelhantes aos resultados observados por Kaya et al. (2007), Sivritepe et al. (2008) e Kusvuran (2013).

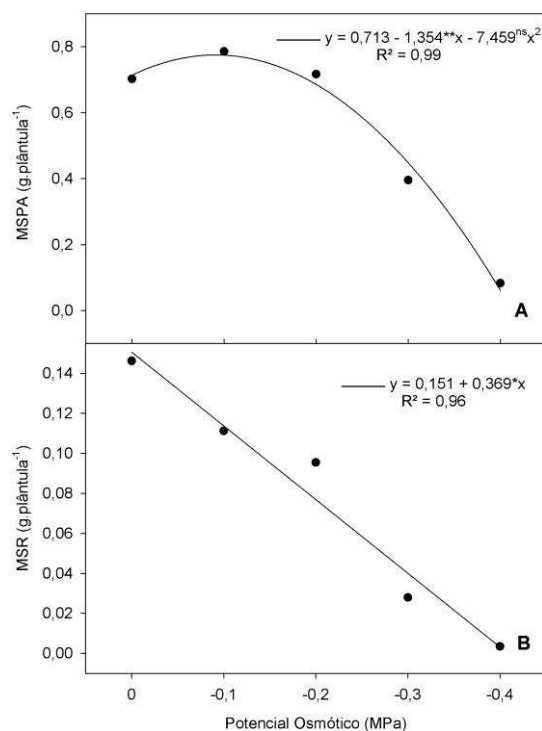


Figura 6. Massa seca de plântulas de melão submetida a estresse salino. A) Parte aérea (MSPA). B) Raiz (MSR). *, **: significativo a 5 e 1% pelo teste t, respectivamente.

Experimento 2

De maneira geral, as atividades das enzimas SOD, CAT e POX aumentaram com a indução do estresse salino nos diferentes tempos de embebição, sendo que estes aumentos foram mais evidentes nos potenciais de -0,4 e -0,5 MPa (Figuras 7, 8 e 9).

A atividade da SOD foi maior nos potenciais de 0,0; -0,1; -0,2 e -0,3 MPa com 24 e 48 horas de embebição (Figura 7). A SOD atua na primeira linha de defesa contra as EROs, dismutando o radical superóxido (O_2^-) em peróxido de hidrogênio (H_2O_2) (Harter et al., 2014). Desta forma, a redução da atividade da SOD pode estar relacionada ao acúmulo de H_2O_2 , que ao mesmo tempo ativa enzimas peroxidases (Sivritepe et al., 2008).

Observa-se um aumento acentuado na atividade da SOD no potencial de -0,4 MPa seguido de quedas no potencial de -0,5 MPa nos tempos de 24 e 72 horas de embebição (Figura 7). Por se tratar do menor potencial osmótico avaliado, -0,5 MPa foi o que mais restringiu a absorção de água pelas sementes. Segundo Celikkol-Akcaý et al. (2010), esta baixa disponibilidade de água somada à alta produção de EROs pode levar a oxidação e inativação de enzimas antioxidativas, como a SOD. Estes resultados estão de acordo com os observados por Fan et al. (2013), que analisaram o efeito do estresse salino em sementes de pepino e atribuíram um papel essencial da SOD como mecanismo de defesa antioxidativo.

Por outro lado, Sevengor et al. (2011) analisando o efeito do estresse salino em plântulas de abóbora (situação semelhante ao tempo de 72 horas de embebição), observaram reduções na atividade da SOD.

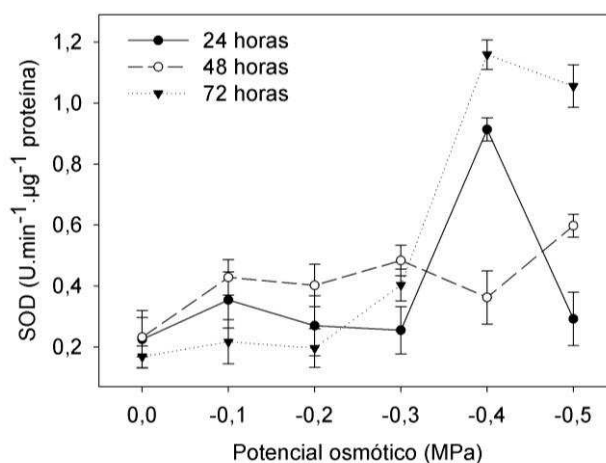


Figura 7. Atividade da enzima superóxido dismutase (SOD) em sementes de melão submetidas ao estresse

salino em diferentes potenciais osmóticos e tempos de embebição. Barras: desvio padrão.

A CAT neutraliza o efeito tóxico do H_2O_2 , convertendo-o em água e oxigênio (Mhamdi et al., 2010). A máxima atividade da CAT foi observada no potencial de -0,5 MPa com 72 horas de embebição, considerado o maior nível de estresse avaliado (Figura 8). Assim como o observado para a SOD, a atividade da CAT nos tempos de 24 e 48 horas de embebição foi maior nos potenciais de 0,0; -0,1; -0,2 e -0,3 MPa (Figura 8). Isto pode ser explicado devido ao fato desta enzima ser particularmente importante nos primeiros eventos da germinação e crescimento de plântulas, removendo o H_2O_2 produzido durante a β -oxidação de ácidos graxos (Bewley et al., 2013).

Aumentos na atividade da CAT em sementes e plântulas de cucurbitáceas sob estresse salino foram recentemente relatados em abóbora (Sevengor et al., 2011), melão (Keling et al., 2013), pepino (Fan et al., 2013) e melancia (Dantas et al., 2015), evidenciando a importância desta enzima no mecanismo de defesa ao estresse oxidativo sob essas condições.

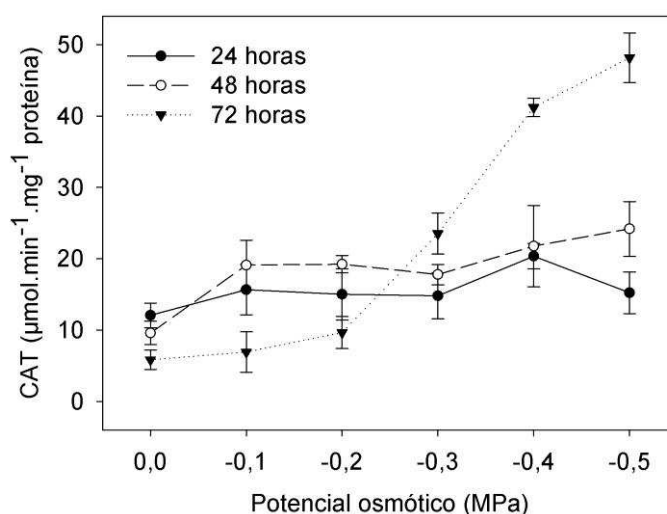


Figura 8. Atividade da enzima catalase (CAT) em sementes de melão submetidas ao estresse salino em diferentes potenciais osmóticos e tempos de embebição. Barras: desvio padrão.

Diferentemente do observado para a SOD e CAT, o aumento da atividade da POX foi proporcional ao tempo de embebição (Figura 9). A partir do potencial osmótico de -0,3 MPa com 72 horas de embebição, observa-se aumento da

atividade da POX se mantendo até o potencial de -0,5 MPa (Figura 9). As peroxidases oxidam substratos orgânicos tendo o H_2O_2 como molécula receptora de elétrons, resultando na liberação de água (Mittler, 2002). O aumento da atividade destas enzimas pode indicar papel protetor contra o estresse salino (Harter et al., 2014).

No entanto, assim como outras enzimas antioxidativas, a POX pode ter diferentes padrões de atividade. Fan et al. (2013) observaram que a atividade da POX não foi afetada em sementes de pepino sob estresse salino. Por outro lado, também avaliando estresse salino em sementes de mogango, Harter et al. (2014) observaram aumentos significativos na atividade desta enzima.

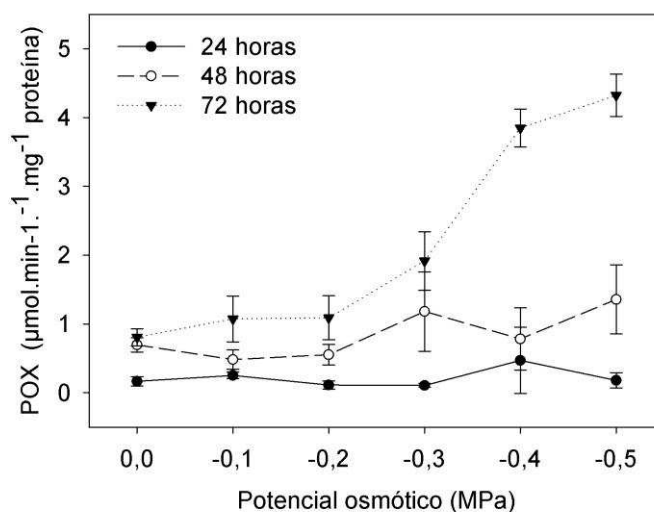


Figura 9. Atividade de peroxidases (POX) em sementes de melão submetidas ao estresse salino em diferentes potenciais osmóticos e tempos de embebição. Barras: desvio padrão.

É importante ressaltar que as EROs são subprodutos normais do metabolismo aeróbico, como a respiração (Mittler, 2006). Desta forma, a atividade de enzimas antioxidativas é comum mesmo em condições não estressantes, como observado no potencial de 0,0 MPa para todas as enzimas analisadas (Figuras 7, 8 e 9). As EROs, dentre as quais pode-se destacar o peróxido de hidrogênio (H_2O_2), em níveis adequados nas células são benéficas em diversos processos metabólicos, como sinalização celular na resposta a estresses, restauração de tecidos e processo germinativo de sementes (Bailly, 2004; Rhee, 2006; Gill e Tuteja, 2010). De acordo com Willekens et al. (1997), a POX age cooperativamente com a CAT na remoção do excesso de H_2O_2 na célula e a

atividade destas enzimas dependem principalmente da intensidade, duração e natureza do estresse (Sharma et al., 2012).

Em síntese, as diferenças observadas nas atividades das enzimas antioxidativas em relação aos diferentes potenciais osmóticos e tempos de embebição evidenciam a série de fatores que interferem ou favorecem a atividade destas enzimas, como os efeitos osmóticos e/ou tóxicos pelo excesso de sais (Sivritepe et al., 2008; Kavas et al., 2013) e o equilíbrio entre os níveis de EROs e os sistemas antioxidativos na prevenção do estresse oxidativo nas células (Scandalios, 2005).

CONCLUSÕES

O estresse salino reduz a germinação de sementes e o desenvolvimento de plântulas de melão.

O híbrido Diplomata F₁ é sensível ao estresse salino na germinação e os efeitos são mais críticos a partir do potencial -0,2 MPa.

Ocorre aumento na atividade das enzimas antioxidativas SOD, CAT e POX em sementes de melão submetidas ao estresse salino.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AHMAD, P. Growth and antioxidant responses in mustard (*Brassica juncea* L.) plants subjected to combined effect of gibberellic acid and salinity. **Arch Agron Soil Sci** 56:575–588. 2010.

AHMAD, P., HAKEEM, K.R.; KUMAR, A.; ASHRAF, M.; AKRAM, N.A. Salt induced changes in photosynthetic activity and oxidative defense system of three cultivars of mustard (*Brassica juncea* L.). **Afr. J. Biotechnol.** 11:2694–2703. 2012.

AL-TARDEH, S.; IRAKI, N. Morphological and anatomical responses of two Palestinian tomato (*Solanum lycopersicon* L.) cultivars to salinity during seed germination and early growth stages. **African Journal of Biotechnology.** 12.30. 4788-4797. 2013.

ANDERSON, M.D.; PRASAD, T.K.; STEWART, C.R. Changes in isozyme profiles of catalase, peroxidase, and glutathione reductase during acclimation to chilling in mesocotylus of maize seedlings. **Plant Physiology**, v.109, p.1247-1257, 1995.

APEL, K.; HIRT, H. Reactive oxygen species: metabolism, oxidative stress, and signal transduction. **Annual Review of Plant Biology.** 55, 373–399. 2004.

BAILLY, C. Active oxygen species and antioxidants in seed biology. **Seed Science Research**, v. 14, n. 02, p. 93-107, 2004.

BEAUCHAMP, C.; FRIDOVICH, I. Superoxide dismutase: Improved assays and an assay applicable to acrylamide gels. **Analytical Biochemistry**, v.44, p.276-287, 1971.

BEWLEY, J.D.; BRADFORD, K.J.; HENK, W.M.; NONOGAKI, H. **Seeds: Physiology of Development, Germination and Dormancy 3rd ed.** New York: Springer Science + Business Media. 407 p. 2013.

BRADFORD, M. M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. **Analytical Biochemistry**, v.72, p.248-254, 1976.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**, Brasília: SNAD/DNDV/CLAV, 398 p. 2009.

CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. Jaboticabal: FUNEP, 5ed. 590p. 2012.

CELIKKOL-AKCAY, U.; ERCAN, O.; KAVAS, M.; YILDIZ, L.; YILMAZ, C.; OKTEM H.A.; YUCEL M. Drought-induced oxidative damage and antioxidant responses in peanut (*Arachis hypogaea* L.) seedlings. **Plant Growth Regulation** 61: 21-28. 2010.

CHANCE, B.; MAEHLEY, A.C. Assay of catalases and peroxidases. **Methods in Enzymology**, v.2, p.764-775, 1995.

DANTAS, B.F.; DA SILVA, R.D.C.B.; RIBEIRO, R.C.; ARAGÃO, C.A. Respiration and Antioxidant Enzymes Activity in Watermelon Seeds and Seedlings Subjected to Salt and Temperature Stresses. **American Journal of Experimental Agriculture**. 7(2), 70. 2015.

DANTAS, B.F.; RIBEIRO, R.C.; MATIAS, J.R.; ARAUJO, G.G.L. Germinative metabolism of Caatinga forest species in biosaline agriculture. **J Seed Sci**. 36 (2): 194-203. 2014.

DAS, A.B. Bioprospecting and Genetic Engineering of Mangrove Genes to Enhance Salinity Tolerance in Crop Plants. **Biotechnology of Neglected and Underutilized Crops**. pp 385-456. 2013.

DEL LONGO, O.T.; GONZÁLEZ, A.; PASTORI, G.M.; TRIPPI, V.S. Antioxidant defenses under hyperoxygenic and hyperosmotic conditions in leaves of two lines of maize with differential sensitivity to drought. **Plant and Cell Physiology**, v.34, p.1023-1028, 1993.

FAN, H.F.; DU, C.X.; DING, L.; XU, Y.L. Effects of nitric oxide on the germination of cucumber seeds and antioxidant enzymes under salinity stress. **Acta physiologiae plantarum**, 35(9), 2707-2719. 2013.

GHOLAMI, A.; SHARAFI, S.; AMIR SHARAFI, A.; GHASEMI, S. Germination of different seed size of pinto bean cultivars as affected by salinity

and drought stress. **Journal of Food, Agriculture & Environment**. v.7 (2) : 555-558. 2009.

GIANNOPOLITIS, C.N.; RIES, S.K. Superoxide dismutases. **Plant Physiology**, v.59, p.309-314, 1977.

GILL, S.S.; TUTEJA, N. Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 48, n. 12, p. 909-930, 2010.

HARTER, L.S.; HARTER, F.S.; DEUNER, C.; MENEGHELLO, G.E. VILLELA, F.A. Salinidade e desempenho fisiológico de sementes e plântulas de mogango. **Hortic. Bras.** v. 32. n.1. 2014.

HASANUZZAMAN, M.; NAHAR, K.; FUJITA, M. **Plant Response to Salt Stress and Role of Exogenous Protectants to Mitigate Salt-Induced Damages** in: Ahmad et al. (eds.), *Ecophysiology and Responses of Plants under Salt Stress*, Springer Science+Business Media, LLC, 2013.

HAVIR, E.A.; McHALE, N.A. Biochemical and developmental characterization of multiple forms of catalase in tobacco leaves. **Plant Physiology**, v.84, p.450-455, 1987.

HUSSAIN, S.; KHALIQ, A.; MATLOOB, A.; WAHID, M.A.; AFZAL, I. Germination and growth response of three wheat cultivars to NaCl salinity. **Soil Environ.** 32(1): 36-43, 2013.

ISMAIL, D.A.; TAKEDA, S.; NICK, P. Review Life and death under salt stress: same players, different timing?. **Journal of Experimental Botany**. 159. 17p. 2014.

KAR, M.; MISHRA, D. Catalase, peroxidase, and polyphenoloxidase activities during rice leaf senescence. **Plant Physiology**, v.57, p.315-319, 1976.

KAVAS, M.; BALOĞLU, M. C.; AKÇA, O.; KÖSE, F. S.; GÖKÇAY, D. Effect of drought stress on oxidative damage and antioxidant enzyme activity in melon seedlings. **Turk J Biol.** 37. p.p. 491-498. 2013.

KAYA, C.; TUNA, A.; ASHRAF, M.; ALTUNLU, H. Improved salt tolerance of melon (*Cucumis melo* L.) by the addition of proline and potassium nitrate. **Environmental and Experimental Botany**. **60**, 397-403. 2007.

KELING, H.; LING, Z.; JITAO, W.; YANG, Y. Influence of selenium on growth, lipid peroxidation and antioxidative enzyme activity in melon (*Cucumis melo* L.) seedlings under salt stress. **Acta Societatis Botanicorum Poloniae**. 82(3), 193-197. 2013.

KHAN, M.A.; WEBER, D.J. **Ecophysiology of high salinity tolerant plants** (tasks for vegetation science), 1st edn. Springer, Amsterdam. 2008.

KHAN, M.H.; PANDA, S.K. Alterations in root lipid peroxidation and antioxidative responses in two rice cultivars under NaCl-salinity stress. **Acta Physiologiae Plantarum**, v.30, n.1, p.81-89, 2008.

KUSVURAN, S. Effects of drought and salt stresses on growth, stomatal conductance, leaf water and osmotic potentials of melon genotypes (*Cucumis melo* L.). **African Journal of Agricultural Research**. vol. 7(5), pp. 775-781. 2012.

MAGALHÃES-FILHO, J.R.; AMARAL, L.R.D.; MACHADO, D.F.S.P.; MEDINA, C.L.; MACHADO, E.C. Deficiência hídrica, trocas gasosas e crescimento de raízes em laranjeira ‘valência’ sobre dois tipos de porta-enxerto Laranjeira “Valência” sobre dois tipos de porta-enxertos. **Rev. Bragantia**. v.67. n.1, p.75-82. 2008.

MAIA, L.K.R.; FILHO, J.H.C.; COSTA, G.G.; DANTAS, A.C.A.; MEDEIROS, A.C.; NUNES, H.S. Efeito da salinidade sobre a germinação de acessos de meloeiro. **J. Interamer. Soc. Trop. Hort.** 53:127-131. 2011.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ, 495p. 2005.

MHAMDI, A.; QUEVAL, G.; CHAOUCH, S.; VANDERAUWERA, S.; VAN BREUSEGEM, F.; NOCTOR, G. Catalase function in plants: a focus on *Arabidopsis* mutants as stress-mimic models. **Journal of Experimental Botany Advance Access**. 24 p. 2010.

- MITTLER, R. Abiotic stress, the field environment and stress combination. **Trends Plant Sci.** 11 (1):15–19. 2006.
- MITTLER, R. Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. **Trends in Plant Science**, v.7, p.405-410, 2002.
- NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B.. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES. p.2-1–2-24. 1999.
- OTHMAN, Y.; AL-KARAKI, G.; AL-TAWAHA, A.R.; AL-HORANI, A. Variation in germination and ion uptake in barley genotypes under salinity conditions. **World J. Agric. Sci.** 2:11–15. 2006.
- OZHAN, N.; HAJIBABAEI, M. Studies on Effectiveness of Plant Phytohormones in Reduction of Salinity Effects on Germination of Some Cultivar of Spring Wheat. **Int. J. Adv. Biol. Biom. Res.** 2 (12), 2860-2866. 2014.
- PARIDA, A.KK, DAS, A.B. Salt tolerance and salinity effect on plants: a review. **Ecotoxicol Environ. Saf.** 60 : 324–349. 2005.
- PEIXOTO, P.H.P.; CAMBRAIA, J.; SANT'ANA, R.; MOSQUIM, P.R.; MOREIRA, M.A. Aluminum effects on lipid peroxidation and on activities of enzymes of oxidative metabolism in sorghum. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.11, p.137-143, 1999.
- RASHEED, A.; HAMEED, A.; KHAN, M. A.; GUL, B. Variation in temperature and light but not salinity invoke antioxidant enzyme activities in germinating seeds of *Salsola drummondii*. **Plant Biosystems-An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology**, 1-26. 2015.
- RHEE, S.G. H₂O₂ , a necessary evil for cell signaling. **Science.** 312:1882–1883. 2006.
- RIBEIRO, R.C.; MATIAS, J.R.; PELACANI, C.R.; DANTAS, B.F. Activity of antioxidant enzymes and proline accumulation in *Erythrina velutina* Willd. seeds subjected to abiotic stresses during germination. **J Seed Sci**, 36 (2): 231-239. 2014.

- SCANDALIOS, J.G. Oxidative stress: Molecular perception and transduction of signals triggering antioxidant gene defenses. **Braz J Med Biol Res** 38:995-1014. 2005.
- SECCO, L.B.; QUEIROZ, S.O.; DANTAS, B.F.; SOUZA, Y.D.; SILVA, P.D. Germinação de sementes de melão (*Cucumis melo* L.) em condições de estresse salino. **Revista verde de agroecologia e desenvolvimento sustentável**. 4(4), 129-135. 2010.
- SECKIN, B.; TURKAN, I.; SEKMEN, A.H.; OZFIDAN, C. The role of antioxidant defense systems at differential salt tolerance of *Hordeum marinum* Huds. (sea barleygrass) and *Hordeum vulgare* L. (cultivated barley). **Environ Exp Bot** 69:76–85. 2010.
- SEVENGOR, S.; YASAR, F.; KUSVURAN, S.; ELLIALTIOGLU, S. The effect of salt stress on growth, chlorophyll content, lipid peroxidation and antioxidative enzymes of pumpkin seedling. **African Journal of Agricultural Research**, 6(21), 4920-4924. 2011.
- SHAIKH, F.; GUL, B.; ANSARI, R.; ALATAR, A.R.; HEGAZY, A.K.; AJMAL KHAN, M. Comparative effects of nacl and sea salt on seed germination of two halophytic grasses under various light and temperature regimes. **Pak. J. Bot.**, 45(3): 743-754, 2013.
- SHANNON, M. C.; GRIEVE, C. M. Tolerance of vegetable crops to salinity. **Scientia horticulturae**, v. 78, n. 1, p. 5-38, 1998.
- SHARMA, P.; JHA, A.B.; DUBEY, R.S.; PESSARAKLI, M. Reactive oxygen species, oxidative damage, and antioxidative defense mechanism in plants under stressful conditions. **Journal of Botany**, 2012.
- SIVRITEPE, N.; SIVRITEPE, H.Ö.; TÜRKAN, I.; BOR, M.; ÖZDEMİR, F. NaCl pre-treatments mediate salt adaptation in melon plants through antioxidative system. **Seed Science and Technology**, v. 36, n. 2, p. 360-370, 2008.
- TIPTON, J.L. Drought and salinity stress effects on guayule seedling emergence. **J Am Soc Hort Sci**. 113:129–133, 1988.

TORRES, S.B. Germinação e desenvolvimento de plântulas de melancia em função da salinidade. **Revista Brasileira de Sementes**. v. 29. n. 3. p. 77-82. 2007.

TORRES, S.B.; VIEIRA, E.L.; MARCOS FILHO, J. Efeitos da salinidade na germinação e no desenvolvimento de plântulas de pepino. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.22, n.2, p.39- 44, 2000.

VILLELA, F.A.; DONI FILHO, L.; SEQUEIRA, E. L. Tabela de potencial osmótico em função da concentração de polietileno glicol 6.000 e da temperatura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 1957-1968. 1991.

WAHID, A.; FAROOQ, M.; BASRA, S.M.A.; RASUL, E.; SIDDIQUE, K.H.M. **Germination of seeds and propagules under salt stress**. In: Pessarakli M (ed) Handbook of plant and crop stress, 3rd edn. CRC Press, Boca Raton, pp 321–337. 2011.

WILLEKENS, H.; CHAMNONGPOL, S.; DAVEY, M.; SCHRAUDNER, M.; LANGEBARTELS, C.; VAN MONTAGU, M.; INZE´, D.; VAN CAMP, W. Catalase is a sink for H₂O₂ and is indispensable for stress defence in C₃ plants. **EMBO Journal**. 16, 4806–4816. 1997.

YACOUBI, R.; JOB, C.; BELGHAZI, M.; CHAIBI, W.; JOB, D. Proteomic analysis of the enhancement of seed vigour in osmoprimed alfalfa seeds germinated under salinity stress. **Seed Science Research**. v. 23, p. 99-110. 2013.

YAO, Z.; LIU, L.; GAO, F.; RAMPITSCH, C.; REINECKE, D. M.; OZGA, J. A.; AYELE, B. T. Developmental and seed aging mediated regulation of antioxidative genes and differential expression of proteins during pre- and post-germinative phases in pea. **Journal of Plant Physiology**, v.169, p.1477-1488, 2012.

YIN, H.; CHEN, Q.; YI, M. Effects of short-term heat stress on oxidative damage and responses of antioxidant system in *Lilium longiflorum*. **Plant Growth Regul**. 54:45–54. 2008.

ZHANG, H.; IRVING, L.J.; TIAN, Y.; ZHOU, D. Influence of salinity and temperature on seed germination rate and the hydrotimic model parameters for the

halophyte, *Chloris virgata*, and the glycophyte, *Digitaria sanguinalis*. **South African Journal of Botany**. v. 78. p. 203–210. 2012.

ZHANG, H.; ZHANG, G.; LU, X.; HAN, X. Salt tolerance during seed germination and early seedling stages of 12 halophytes. **Plant and Soil**. v. 388, issue 1-2, pp 229-241. 2014.

ZIMMER, P.D. **Fundamentos da Qualidade da Semente**. In: PESKE, S.T.; FILHO, A.L.; BARROS, A.C.S.A. **Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos**. 2 ed. ver. E ampl. Pelotas: Ed. Universitária/UFPel, 2006.

RESUMO

PINHEIRO, Daniel Teixeira, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2015. **Capítulo II. Emergência e desenvolvimento vegetativo de plantas de melão sob diferentes níveis de salinidade no solo.** Orientadora: Denise Cunha Fernandes dos Santos Dias.

A salinidade dos solos é um dos principais fatores que limitam o desenvolvimento e a produtividade agrícola mundial. A salinidade causa desestruturação e redução do potencial osmótico do solo, além de efeitos tóxicos, que podem afetar a emergência, o desenvolvimento vegetativo e a produtividade das plantas. No Brasil, o meloeiro (*Cucumis melo* L.) no Brasil é produzido em regiões áridas e semiáridas, que favorecem o acúmulo de sais solúveis no solo. O objetivo do trabalho foi avaliar a emergência e o desenvolvimento vegetativo de plantas de melão (*Cucumis melo* L.) sob diferentes níveis de salinidade no solo. Foram realizados testes preliminares para definições de doses de NaCl de 0, 20, 25, 30 e 35% de sódio trocável (PST). As avaliações foram realizadas em dois experimentos. As médias de emergência, comprimento, matéria seca, área foliar e clorofila foram ajustadas a equações de regressão. Os dados de crescimento foram submetidos à análise de variância e representados pela média \pm desvio padrão. O estresse salino reduz a emergência e o desenvolvimento vegetativo de melão. O híbrido Diplomata F₁ é sensível ao estresse salino mesmo em porcentagens de sódio trocável (PST) mais baixas, como em 20%. O aumento da PST no solo reduz emergência, comprimento e massa seca de plântulas de melão, principalmente em valores superiores a 20%. O híbrido Diplomata F₁ se mostrou mais sensível ao estresse salino na emergência de plântulas do que no desenvolvimento vegetativo ao longo do tempo.

ABSTRACT

PINHEIRO, Daniel Teixeira, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, July, 2015. **Chapter II. Emergence and vegetative development of melon plants under different levels of soil salinity.** Adviser: Denise Cunha Fernandes dos Santos Dias.

Soil salinity is a major factor limiting the development and global agricultural productivity. Salinity causes disruption and reduction of osmotic potential of the soil, as well as toxic effects, which can affect the plants emergence and vegetative growth affecting the production process. In Brazil, melon (*Cucumis melo* L.) is produced in arid and semi-arid regions, favoring the accumulation of soluble salts in the soil. The aim of this project was to evaluate the emergence and vegetative development of melon plants under different levels of salinity in the soil. Preliminary tests were conducted to get the doses of NaCl 0, 20, 25, 30 and 35% of sodium adsorption ratio (SAR). Seedlings emergency, growth, leaf area and chlorophyll index evaluations of yellow hybrid “Diplomat F₁” melon were divided into two experiments. Emergence, length and dry leaf matter, leaf area and chlorophyll index were adjusted to regression equations. Growth data were submitted to analysis of variance and represented as mean \pm standard deviation. Salt stress reduced the emergence of melon seedlings, even in lowest sodium adsorption ratio (SAR), such as 20%. The increase in soil SAR reduces emergency, length and dry matter of melon seedlings, especially in doses more than 20%. The Diplomata F₁ hybrid is more sensitive to salt stress on seedling emergence than on vegetative growth over time.

INTRODUÇÃO

O meloeiro (*Cucumis melo* L.) é uma cultura de importância crescente no Brasil, cujas exportações na safra 2014/15 corresponderam a, aproximadamente, 199 mil toneladas e uma renda US\$ 148,3 milhões (CEPEA, 2015). Essa produção tem destaque na região Nordeste, principalmente nos estados do Rio Grande do Norte e Ceará, que são regiões caracterizadas como áridas e semiáridas, de clima quente e seco, com elevadas taxas de evapotranspiração e baixos índices pluviométricos (Alves, 2012). Ao mesmo tempo em que essas características contribuem na redução da incidência de doenças e aumento na qualidade dos frutos produzidos (Silva e Costa, 2003), favorecem o acúmulo de sais solúveis e o incremento de sódio trocável na superfície dos solos (Barros et al., 2004).

A salinização dos solos é um dos principais fatores que limitam a produção agrícola em nível mundial (Läuchli e Grattan, 2007). Estima-se que a área global de solos com elevada concentração de sais seja de, aproximadamente, 80 milhões de hectares (Munns e Tester, 2008). A salinização tem diferentes causas e pode ser classificada como primária e secundária. A salinização primária é relacionada ao acúmulo natural de sais, principalmente através do intemperismo de rochas e da deposição pelas chuvas (Hasanuzzaman, 2013). Já a salinização secundária, é mais recorrente nas áreas agrícolas e é causada pela ação antrópica, principalmente através da irrigação com águas salinas (Pitman e Läuchli 2002), adubação excessiva (Holanda et al., 2010) e manejo inadequado do solo (Garg e Manchanda 2008).

Os principais efeitos do acúmulo de sais no solo são a desestruturação, aumento da densidade aparente, diminuição da fertilidade físico-química e aumento da retenção e redução da infiltração de água (Rhoades et al., 2000; Dias e Blanco, 2010). Os principais íons acumulados nos solos são cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}), sódio (Na^+), potássio (K^+), cloreto (Cl^-), sulfato (SO_4^{2-}), bicarbonato (HCO_3^-), carbonato (CO_3^{2-}) e nitrato (NO_3^-), (Fageria et al., 2011) e dentre estes, o Na^+ e o Cl^- são considerados os mais prejudiciais às plantas (Saqib et al., 2008; Tavakkoli et al. 2010).

De acordo com Munns (2002), os mecanismos pelos quais a salinidade afeta o crescimento e o desenvolvimento das plantas dependem da escala temporal

de exposição ao estresse. O efeito primário da salinidade é a redução do potencial osmótico do solo, reduzindo a disponibilidade de água (Parida e Das, 2005). O déficit hídrico causado pelo excesso de sais acarreta em respostas imediatas nas plantas, tais como o fechamento estomático (Flexas et al., 2007), a redução da expansão foliar (Munns, 2002) e a limitação do crescimento de raízes (Bengough et al., 2011).

Os efeitos secundários da salinidade estão relacionados à toxidez iônica causada pela absorção dos sais (Flowers et al., 2015). Estes efeitos são observados a médio e longo prazo e incluem a degradação de clorofila (Tavakkoli et al., 2011), alteração na absorção de nutrientes (Zhu, 2003), inativação de enzimas (Ismail et al., 2014) e danos à membranas celulares (Sivritepe et al., 2008). Todas estas respostas prejudicam o crescimento e o desenvolvimento das plantas se os mecanismos de tolerância não forem eficientes na superação do estresse (Munns et al., 2006). Os mecanismos de tolerância das plantas ao estresse salino são amplos e envolvem estratégias fisiológicas e/ou moleculares que atuam principalmente na exclusão e/ou na compartimentalização dos sais (Esteves e Suzuki, 2008).

No meloeiro, o excesso de sais causa distúrbios que podem inibir o crescimento e o desenvolvimento, além de reduzir a porcentagem de massa seca nas plantas e o tamanho e rendimentos dos frutos (Sivritepe et al., 2003). Vale ressaltar que, de maneira geral, as plantas são mais sensíveis à salinidade durante as fases de emergência e desenvolvimento vegetativo (Maas e Grattan, 1999) e a tolerância ao estresse salino durante estas fases pode estar diretamente relacionada com a tolerância na fase produtiva (Läuchli e Grattan, 2007).

Diante do exposto, o objetivo do trabalho foi avaliar a emergência e o desenvolvimento vegetativo de plantas de melão (*Cucumis melo* L.) sob diferentes níveis de salinidade no solo.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido em área experimental do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa (UFV). Para todas as avaliações foram utilizadas sementes de melão híbrido amarelo (*Cucumis melo* var. inodorus) Diplomata F₁, produzidas pela empresa Agristar Brasil Ltda. Foram realizados dois experimentos para avaliações da emergência e desenvolvimento vegetativo das plantas sob diferentes níveis de salinidade no solo.

Preparo do solo

O solo utilizado no experimento foi um Latossolo Vermelho com características físicas e químicas apresentadas nas Tabelas 2 e 3. O solo foi classificado como não salino e não sódico em função da sua baixa porcentagem de sódio trocável (PST) (Tabela 1), que é calculada através da equação proposta por Richards (1954):

$$PST = \frac{Na}{(Ca + Mg + K + Na + H + Al)} \cdot 100$$

Tabela 1. Classificação de um solo quanto a porcentagem de sódio trocável (PST). Fonte: Massoud (1971).

Classe	PST
Não sódicos	< 7%
Ligeiramente sódicos	7-10%
Mediamente sódicos	11-20%
Fortemente sódicos	21-30%
Excessivamente sódicos	> 30%

Com o objetivo de elevar a PST, amostras do solo foram incubadas com doses de 0; 1,07; 1,27 e 1,51 g.dm⁻³ de cloreto de sódio (NaCl) durante sete dias com a umidade mantida na capacidade de campo (CC). As amostras foram secas e os teores de Na, Ca, Mg, K, e H+Al foram analisados. A PST foi calculada e uma equação de regressão foi obtida em função das doses de NaCl (Figura 1). A partir da equação de regressão, foram estimadas doses de NaCl de 1,239; 1,558; 1,876 e 2,194 mg.dm⁻³ para obtenção de uma PST de 20, 25, 30 e 35%, respectivamente.

Tabela 2. Análise granulométrica e classificação textural do solo utilizado. Capacidade de campo (CC), ponto de murcha permanente (PMP), disponibilidade de água no solo (f) e densidade do solo na profundidade de 20 cm.

Argila (%)	Silte (%)	Areia (%)	Classificação Textural	Tipo de solo	CC (%)	PMP (%)	Disp. de água no solo (f)	Densidade (g/cm ³)
24	17	59	Franco-argilo-arenoso	Textura Média	24,1	15,2	0,25	1,1

Tabela 3. Análise química completa do solo utilizado. pH em água, KCl e CaCl₂ – Relação 1:2,5. P, Na, K, Fe, Zn, Mn, Cu: Extrator Mehlich 1. Ca, Mg, Al: Extrator KCl 1mol/l. H+Al: Extrator Acetato de Cálcio 0,5 mol/L e pH 7,0. B: Extrator água quente. S: Extrator fosfato monocálcico em ácido acético. SB: Soma de bases Trocáveis. CTC (t): Capacidade de Troca Catiônica Efetiva. CTC (T): Capacidade de troca catiônica a pH 7,0. V: Índice de saturação de bases. m: Índice de saturação d alumínio. ISNa: Índice de saturação de sódio. Mat. Org. (MO) – Oxidação: Na₂Cr₂O₇ 4 N + H₂SO₄ 10 N. P-rem: Fosóforo remanescente.

pH	P	K	Na	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	CTC (t)	CTC (T)
H ₂ O	mg/dm ³			cmolc/dm ³						
5,8	7,2	98	7	2,3	1,4	0	3,8	3,98	3,98	7,78
V	M	ISNa	MO	P-Rem	Zn	Fe	Mn	Cu	B	S
	%		dag/kg	mg/L	mg/dm ³					
51	0	0,76	2,98	23,8	1,5	95,3	107,2	1,6	0,2	15,5

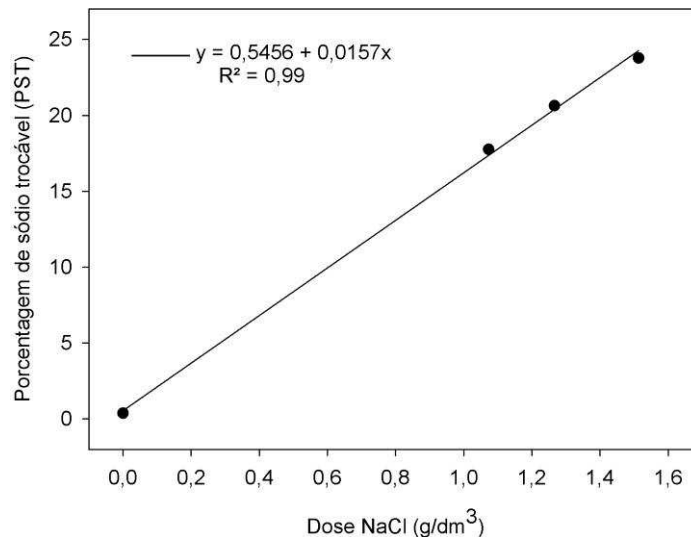


Figura 1. Equação de regressão obtida para definição das doses de NaCl de acordo com a porcentagem de sódio trocável (PST).

Experimento 1 - Emergência de plântulas de melão submetidas a estresse salino

Foi conduzido em casa de vegetação com o uso de bandejas de polietileno de 8 dm³ (Figura 2B) contendo o mesmo solo utilizado descrito nas análises preliminares. Sete dias antes da semeadura, foram incorporadas doses de NaCl (1,239; 1,558; 1,876 e 2,194 mg.dm⁻³) correspondendo a quatro níveis de PST (20, 25, 30 e 35%) e um controle (0 PST), sem adição de NaCl. As sementes de melão foram dispostas a 1 cm de profundidade distribuídas de maneira equidistantes (Figura 2A). O solo foi mantido com umidade próxima à capacidade de campo (Tabela 2) por meio de irrigações diárias.

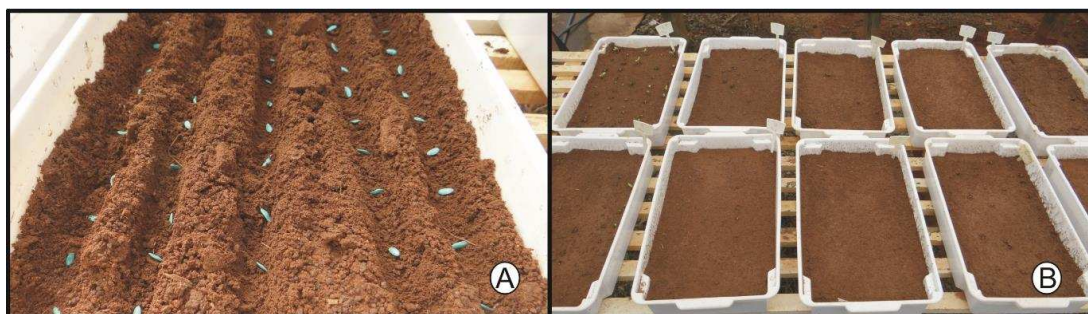


Figura 2. A) Semeadura a 1 cm de profundidade. B) Bandejas em casa de vegetação. Fotos: Daniel T. Pinheiro.

Foram realizadas as seguintes avaliações:

Porcentagem de Emergência

Após a semeadura, foram procedidas contagens diárias de plântulas normais emergidas até a estabilização de todas as repetições. Os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais (Brasil, 2009).

Índice de Velocidade de Emergência (IVE)

O índice de velocidade de emergência (IVE) foi calculado utilizando-se os dados de contagens diárias, empregando-se a fórmula proposta por Maguire (1962):

$$\text{IVE} = \frac{E_1}{N_1} + \frac{E_2}{N_2} + \dots + \frac{E_n}{N_n}$$

Onde:

IVE = Índice de velocidade de emergência (plântulas/dia);

E_1, E_2, E_n = Número de plântulas normais computadas na primeira contagem, na segunda contagem e na última contagem;

N_1, N_2, N_n = Número de dias da semeadura a primeira contagem, à segunda contagem e à última contagem.

Velocidade de Emergência (VE)

A velocidade de emergência (VE) foi calculada utilizando-se os dados de contagens diárias, empregando-se a fórmula proposta por Edmond e Drapala (1958):

$$\text{VE} = \frac{(N_1 E_1) + (N_2 E_2) + \dots + (N_n E_n)}{E_1 + E_2 + \dots + E_n}$$

Onde:

VE = Velocidade de emergência (dias);

E_1, E_2, E_n = Número de plântulas normais computadas na primeira contagem, na segunda contagem e na última contagem;

N_1, N_2, N_n = Número de dias da semeadura à primeira contagem, à segunda contagem e à última contagem.

Comprimento de parte aérea de plântulas

Após a estabilização das contagens, procedeu-se a medição da parte aérea das plântulas com o auxílio de uma régua. Os resultados foram expressos em centímetros (cm) por plântula.

Massa seca da parte aérea de plântulas

Após medidas, as amostras de parte aérea foram secas em estufa de circulação forçada de ar a 70°C durante 48 horas. Efetuou-se então, a determinação de massa seca da parte aérea com o uso de uma balança de precisão. Os resultados foram expressos em gramas (g) por plântula.

Delineamento experimental e análise estatística

O experimento de emergência de plântulas foi conduzido em delineamento em blocos casualizados (DBC) com 5 tratamentos (0, 20, 25, 30 e 35 PST) e 4 repetições. Cada unidade experimental foi composta por 50 sementes. Os dados foram submetidos à análise de variância. As médias foram ajustadas a equações de regressão. Os coeficientes de regressão foram avaliados pelo teste t a 1 e 5% de probabilidade.

Experimento 2 – Desenvolvimento vegetativo de melão sob diferentes níveis de salinidade no solo

O desenvolvimento vegetativo do melão foi avaliado em vasos de 9 dm³ de solo com diferentes níveis de salinidade. O experimento foi conduzido no campo experimental Diogo Alves de Melo do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa (UFV), conforme descrito abaixo.

Calagem e adubação

No solo (Tabela 3) foi realizada a aplicação de carbonato de cálcio (CaCO₃) e carbonato de magnésio (MgCO₃) na proporção 4:1 (Trindade et al., 2001), vinte dias antes do plantio, visando elevar a saturação por bases para 80% (Mendes et al., 2010). A adubação de plantio consistiu na aplicação de 200; 350; 200; 40; 0,81; 1,33; 1,55; 3,66; 0,15 e 4,0 mg/dm³ de N, P, K, S, B, Cu, Fe, Mn, Mo e Zn, respectivamente (adaptado de Novais et al., 1991).

Produção de mudas, incubação do solo e plantio

As mudas foram produzidas em bandejas de polietileno de 20 células com uso de substrato comercial Tropstrato HT® (Figura 3D) colocando-se uma semente por célula. As irrigações foram feitas diariamente. As doses de NaCl de modo a elevar a PST foram aplicadas 10 dias antes do plantio (Figura 3A). Os tratamentos corresponderam a quatro níveis de PST (20, 25, 30 e 35%) e um controle (0 PST), sem adição de NaCl. As mudas foram transferidas para vasos em ambiente protegido quando apresentaram de 2 a 3 folhas expandidas (Figura 3E). Cada vaso recebeu uma planta (Figura 3F), que foi tutorada com o uso de fio de polietileno preso a um fio de arame a 10 cm e 2 metros de altura em relação aos vasos (Genuncio et al., 2010) e conduzidas em uma haste.

Irrigação

Foi utilizado um sistema de irrigação por gotejamento (Figura 3E) com vazão real de 1,03 L.h⁻¹ e pressão de 7 mca. Para o manejo da irrigação foi utilizado o software Irriplus versão 2.25 que utiliza coeficientes de ajuste sobre a evapotranspiração de referência (ET_o). A lâmina bruta de irrigação foi calculada por meio de um balanço hídrico, com as informações sobre a entrada (irrigação) e

saída (evapotranspiração da cultura (ET_c)) de água. O método de estimativa da ET_o utilizado pelo Irriplus, de acordo com os elementos meteorológicos disponíveis (radiação solar, temperatura média, velocidade do vento, umidade relativa) segue o modelo de Penman-Monteith-FAO 56 (Allen et al., 1998).

Os dados meteorológicos utilizados para a realização do experimento foram obtidos em uma estação agrometeorológica automática (Irriplus E 5000), instalada na área do experimento (Figura 3C). Para a obtenção do coeficiente dual de cultura (K_c), aplicou-se o método proposto por Allen et al. (1998), no qual o coeficiente de cultura K_c pode ser decomposto em dois coeficientes separados, um para a transpiração das plantas – o coeficiente basal da cultura (K_{cb}) – e outro para a evaporação da água do solo (K_e).

Para o cálculo do K_c foi utilizada a planilha do Excel disponibilizada no boletim 56 da FAO (Food and Agriculture Organization). Nesta planilha, os dados de entrada são: as temperaturas máximas e mínimas, para a caracterização da umidade da região, velocidade do vento, evapotranspiração de referência, precipitação diária, o dia, mês e ano de plantio da cultura.



Figura 3. A) Incorporação das doses de NaCl no solo. B) Vasos montados após calagem, adubação e incubação das doses de NaCl. C) Estação meteorológica Irriplus E 5000 instalada

na área do experimento. D) Mudanças de melão produzidas em substrato. E) Mudanças transplantadas com o sistema de irrigação por gotejamento. F) Experimento conduzido em ambiente protegido. Fotos: Daniel T. Pinheiro.

Foram realizadas as seguintes avaliações:

Crescimento de plantas

Semanalmente, da primeira à sétima semana, foi avaliada a altura das plantas, medindo-se da superfície do solo à gema apical, com o auxílio de uma fita métrica. Os resultados foram expressos em centímetros (cm) por planta.

Área foliar

Os dados de área foliar foram coletados da quarta à sétima semana após o plantio (SAP) quando já se observava visualmente os efeitos dos tratamentos. Semanalmente, com o uso de uma régua graduada, obteve-se a medição do comprimento (C) e largura (L) das folhas basal, mediana e apical de cada tratamento e repetição, além do número de folhas. O cálculo foi efetuado utilizando-se a média das 3 folhas multiplicado pelo número de folhas. O comprimento correspondeu à distância entre a base distal do pecíolo e a extremidade do folíolo terminal, assim como a largura, que correspondeu à distância entre as duas maiores bordas do limbo, ambos expressos em centímetros (cm).

Ao final da sétima semana, folhas em diferentes estádios de crescimento foram colhidas e tomadas as suas medidas com auxílio de uma régua milimétrica. As medidas de Comprimento x Largura foram obtidas. Determinou-se então a área foliar (AF) com auxílio do aparelho LAI-3100C (LI-COR) e uma equação de regressão foi obtida em função deste parâmetro (Figura 4). A partir da equação de regressão e dos dados disponíveis, foram estimadas a área foliar (AF) de cada tratamento, com os resultados expressos em cm^2 por planta.

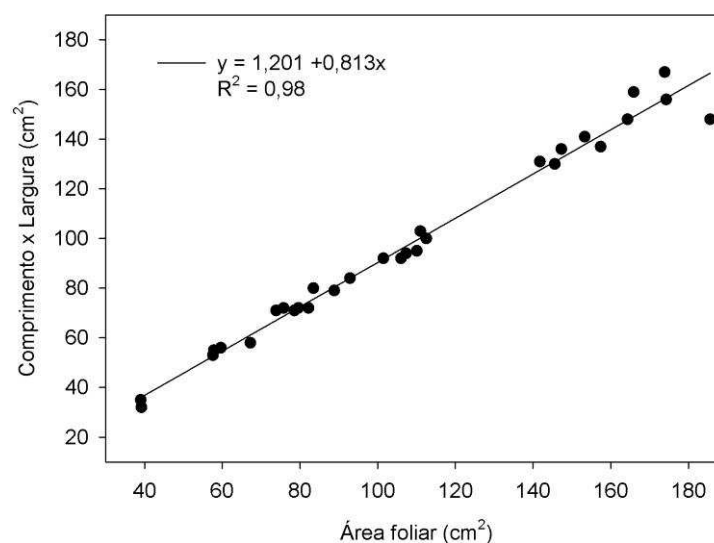


Figura 4. Equação de regressão obtida para cálculo da área foliar (AF) das plantas sob diferentes doses de salinidade no solo.

Índice de clorofila

Na última semana do experimento (50 dias após o plantio), foram realizadas determinações dos índices de clorofila com o uso do clorofilômetro ClorofiLOG®. Este aparelho emite três comprimentos de onda (635, 660 e 880 nm), permitindo a distinção entre as clorofilas a, b e totais (FALKER, 2008). As medições foram realizadas na quinta folha a partir do ápice (Coelho e Fontes, 2005) em dois pontos distintos, obtendo-se a média aritmética entre estes. Os resultados foram expressos Índice de Clorofila Falker (ICF), proporcionais à absorvância das clorofilas.

Delineamento experimental e análise estatística

O experimento de desenvolvimento vegetativo foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC) com 5 tratamentos (0, 20, 25, 30 e 35 PST) e 10 repetições. Cada unidade experimental foi composta por uma planta. Os dados foram submetidos à análise de variância. As médias da área foliar e índice de clorofila foram ajustadas a equações de regressão. Os coeficientes de regressão foram avaliados pelo teste t a 1 e 5% de probabilidade. Os dados de crescimento de plantas foram submetidos à análise de variância e representados pela média \pm desvio padrão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Experimento 1

A emergência de plântulas de melão foi significativamente afetada pelo estresse salino (Figura 5). Foram observadas reduções na porcentagem de emergência, índice de velocidade de emergência (IVE), velocidade de emergência (VE), comprimento e matéria seca da parte aérea, com o aumento da porcentagem de sódio trocável (PST) (Figuras 6, 7 e 8).

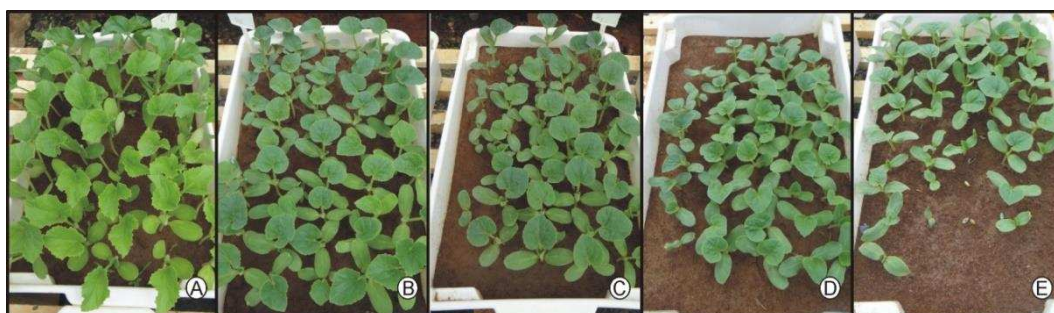


Figura 5. Emergência de plântulas de melão aos 20 dias após semeadura (DAS) sob diferentes doses de salinidade no solo. A) 0 PST. B) 20 PST. C) 25 PST. D) 30 PST. E) 35 PST. Fotos: Daniel T. Pinheiro.

O valor da porcentagem de emergência obtido no controle (0 PST) foi de aproximadamente 97% e semelhante ao obtido em 20 PST. Valores semelhantes (próximos a 90%) também foram observados entre os tratamentos 25 e 30 PST (Figura 6). No tratamento de 35 PST observa-se queda acentuada da emergência, obtendo-se valor aproximado de 65%, com diferenças de aproximadamente 30 pontos percentuais (p.p.) em relação ao controle (0 PST) e 25 p.p. em relação a 30 PST (Figura 6).

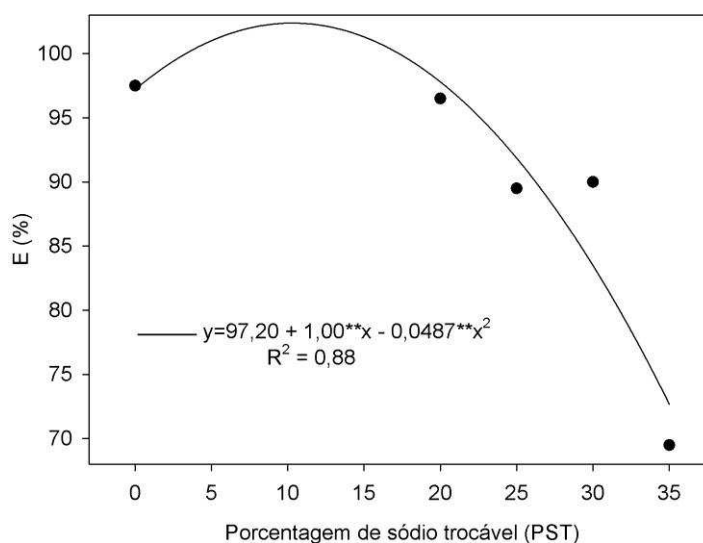


Figura 6. Emergência (E) de plântulas de melão submetidas ao estresse salino. **: significativo a 1% pelo teste t.

Na avaliação da velocidade de emergência (VE), as plântulas emergiram cerca de 5 dias após a semeadura (DAS) no tratamento controle (0 PST) e aproximadamente 6, 7, 8 e 11 dias nos tratamentos de 20, 25, 30 e 35 PST, respectivamente (Figura 7A). No tratamento controle (0 PST), o índice de velocidade de emergência (IVE) foi próximo a 10 plântulas/dia, tendo estes valores reduzidos para aproximadamente 7, 6, 5 e 3 plântulas/dia nos tratamentos 20, 25, 30 e 35 PST, respectivamente (Figura 7B).

Segundo Costa et al. (2004), os sais sódicos possuem elevada capacidade de migração no perfil do solo e se concentram principalmente na superfície, formando crostas nos locais de evaporação da água. Desta forma, a maior resistência na superfície do solo atua como uma barreira física que pode acarretar em um fraco estabelecimento de emergência de plântulas (Läuchli e Grattan, 2007). A redução do potencial osmótico do solo pelo excesso de sais é outro importante fator ligado à emergência de plântulas, pois prejudica a absorção de água pelas sementes e reduz a utilização das reservas para o crescimento do embrião e alongamento de tecidos jovens (Wahid et al., 2011).

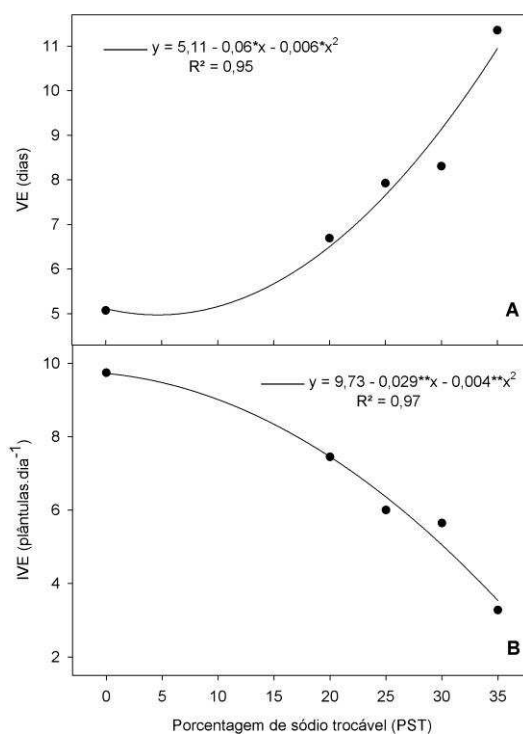


Figura 7. Velocidade (VE) (A) e índice de velocidade de emergência (IVE) (B) de plântulas de melão submetidas ao estresse salino. *, **: significativo a 1%, 5% pelo teste t.

significativo a 5 e 1% pelo teste t, respectivamente.

Por estarem ligados à absorção excessiva de íons, os efeitos tóxicos da salinidade estão menos relacionados às avaliações de emergência de plântulas, pois fazem parte de repostas secundárias de plantas mais desenvolvidas e com um maior tempo de exposição ao estresse salino (Munns, 2005). O teste de emergência de plântulas, no qual se incluem o IVE e o VE, é comumente realizado na cultura do melão e ajuda a avaliar o comportamento das plântulas no campo sob diferentes condições (Donoso et al., 2014).

O comprimento e a massa seca da parte aérea também foram reduzidos de maneira semelhante com o aumento da concentração de NaCl no solo (Figura 8). Diferentemente do observado para os dados de emergência (Figura 6), a redução nestes parâmetros foi mais acentuada a partir de 20 PST. Tal fato indica que, mesmo quando emergidas, as plântulas de melão sofreram com os efeitos deletérios da salinidade, mesmo nos menores valores de PST. Comparando-se o controle (0 PST) com a maior dose de NaCl (35 PST), estas reduções foram de aproximadamente 7 e 8 p.p. no comprimento e massa seca, respectivamente (Figura 8).

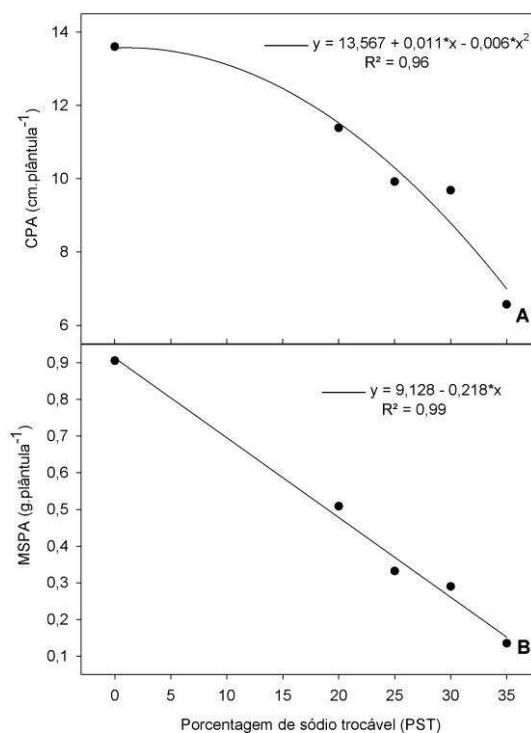


Figura 8. Comprimento de parte aérea (CPA) (A) e massa seca de parte aérea (MSPA) (B) de plântulas de melão submetidas ao estresse salino. *: significativo a 5% pelo teste t.

Os resultados observados na emergência, comprimento e massa seca de parte aérea corroboram os observados em melão sob condições de estresse salino (Queiroga et al., 2006; Soares et al., 2010; Farhoudi et al., 2011), diferindo no geral, na metodologia de indução ao estresse e nas cultivares analisadas. A redução na difusão de oxigênio no solo devido o excesso de sais (Grattan e Oster, 2003), o gasto energético para adaptação à salinidade (Larré et al., 2011) e a diferença entre o potencial osmótico do solo e os tecidos vegetais (Esechie et al., 2002), são alguns dos fatores que fazem com que as plântulas recém-emergidas em ambientes salinos tenham menor capacidade em acumular massa seca.

Experimento 2

O crescimento das plantas de melão foi afetado negativamente pelo estresse salino, sendo superior no controle (0 PST) a partir da primeira semana após o plantio (SAP) em relação aos tratamentos com NaCl (Figura 9). Ao fim do experimento, a diferença na altura de plantas entre o controle e os tratamentos com NaCl foi de aproximadamente 20 pontos percentuais (p.p.). Entre os tratamentos com NaCl (20, 25, 30 e 35 PST) não foram observadas diferenças significativas no crescimento das plantas ao longo do tempo, obtendo-se, aproximadamente, 60 cm de altura na sétima semana após o plantio (SAP) (Figura 9). Esses resultados diferem dos observados nos dados de emergência de plântulas, onde foram observadas diferenças mais acentuadas entre os tratamentos com NaCl (Figura 6).

Vale ressaltar que plantas mais desenvolvidas e expostas a um maior tempo ao estresse salino possuem maior capacidade em ativar os mecanismos de tolerância à salinidade, nos quais se incluem a homeostase iônica, eliminação de radicais tóxicos e transporte mais eficiente de água (Hasegawa et al., 2000).

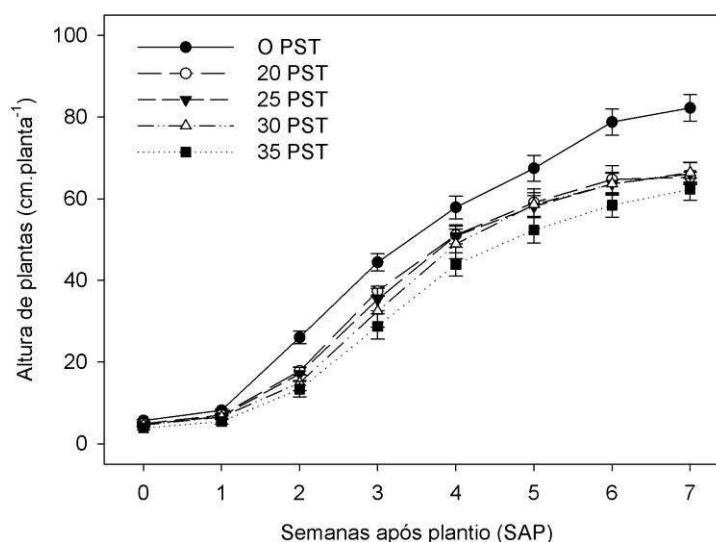


Figura 9. Crescimento de plantas de melão submetidas ao estresse salino. Barras: Erro padrão.

Além dos efeitos no potencial osmótico do solo e tóxicos sobre as plantas, a salinidade pode causar desequilíbrio nutricional e afetar indiretamente o crescimento e o desenvolvimento (Grattan e Grieve, 1999; Hu e Schmidhalter 2005). Os distúrbios nutricionais causados pelo excesso de sais no solo são principalmente relacionados à disponibilidade, absorção competitiva, transporte

ou mobilização dos nutrientes na planta (Hasanuzzaman, 2013). Nutrientes essenciais para o crescimento de plantas, como o fósforo (P), potássio (K) e nitrogênio (N) são, de maneira geral, afetados pelo excesso de íons Na^+ e Cl^- na captação, absorção e mobilização via xilema (Navarro et al., 2000; Essah et al., 2003; Abdelgadir et al. 2005; Chen et al., 2010). Além destes e outros macronutrientes, o excesso de sais pode causar deficiência de micronutrientes, como cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e molibdênio (Mo), principalmente devido a alteração do pH do solo (Zhu et al., 2004).

Observa-se que para todos os tratamentos, a área foliar (AF) aumentou entre as semanas 4 e 7 após o plantio (Figura 10). Em muitas espécies, a redução do desenvolvimento foliar é um efeito primário do estresse salino, que depois de um tempo é recuperado parcialmente através dos mecanismos de tolerância (Munns et al., 2006). No entanto, a AF das plantas controle (0 PST) foi ligeiramente superior em relação as plantas submetidas ao estresse salino (20, 25, 30 e 35 PST) (Figura 10). Reduções na área foliar de plantas sob estresse salino também foram observadas por Rouphael et al. (2012) em melão e pepino.

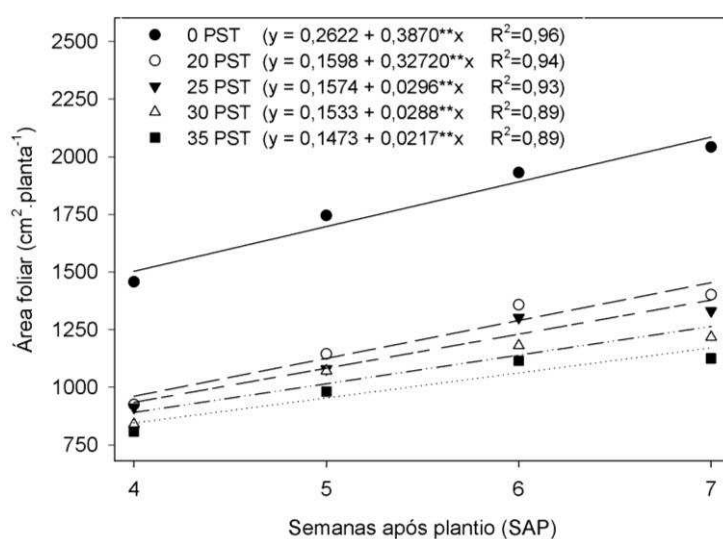


Figura 10. Área foliar de plantas de melão submetidas ao estresse salino. **: significativo a 1% pelo teste t.

A desidratação das células, a redução nas divisões celulares, as alterações no pH intracelular, além da extensibilidade, condutividade e turgor das paredes celulares são importantes componentes do processo de desenvolvimento foliar que podem ser afetados pelo estresse salino (Hu e Schmidhalter, 2004; Läuchli e Grattan, 2007).

Outro fator importante a ser considerado na avaliação do crescimento e da área foliar (AF) das plantas de melão submetidas ao estresse salino é a realização da calagem. O cálcio (Ca) tem papel fundamental na permeabilidade e infiltração de água do solo e está diretamente envolvido na integridade estrutural e funcional de células e membranas, além de regular o transporte e seletividade de íons em plantas (Lazof e Bernstein, 1999; Blankenau, 2007). Segundo Lacerda et al. (2004), o Ca^{2+} e o Na^+ têm dinâmica semelhante, e um aumento no teor de Na^+ está diretamente ligado a um decréscimo na concentração de Ca^{2+} trocável, resultando em um desequilíbrio iônico que pode afetar o crescimento e o desenvolvimento vegetal. Desta forma, a realização da calagem gera uma suplementação de Ca^{2+} , diminuindo a relação Na:Ca e amenizando os efeitos do excesso de NaCl (Cramer, 2002; Munns et al., 2002).

Vale ressaltar que, apesar dos efeitos tóxicos na célula, o Na^+ também pode desempenhar um importante papel através de um influxo intracelular nos momentos iniciais do estresse salino, atuando como um sinalizador da adaptação à salinidade (Ismail et al., 2014). No entanto, esta contribuição positiva de Na^+ somente é efetiva se houver uma capacidade de extrusão citoplasmática e/ou compartimentalização nos vacúolos, a fim de se evitar os efeitos que poderão levar à morte celular (Läuchli e Grattan, 2007). Estas estratégias são comumente observadas em diferentes espécies, mas devem ser acompanhadas de outras respostas adaptativas, pois podem acarretar na desidratação das células devido a redução do potencial osmótico causado pelo acúmulo de Na^+ (Ji et al., 2013; Ismail et al., 2014).

De maneira geral, a principal consequência da redução do crescimento e da área foliar de plantas submetidas ao estresse salino é a redução da área fotossinteticamente ativa, que reduz a oferta de fotoassimilados e conseqüentemente afeta o desenvolvimento e a produção (Hasanuzzaman et al., 2013).

Não foram observadas reduções significativas induzidas pelo estresse salino nos teores de clorofila a, b e total (Figura 11). O excesso de sais geralmente acarreta em redução no teor de clorofila em melão (Kaya et al., 2007), abóbora (Sevengor et al., 2011) e pepino (Baninasab e Baghbanha, 2013). O acúmulo de Na^+ e Cl^- ocorre principalmente nas folhas mais velhas, onde se acumulam na transpiração, resultando em uma concentração elevada que pode exceder a

capacidade de compartimentalização nos vacúolos e causar toxidez (Munns et al., 2006). Desta forma, os resultados observados podem ser explicados devido ao fato da quinta folha a partir do ápice (Coelho e Fontes, 2005) ser considerada uma folha nova no momento da medição, onde as plantas apresentavam valor superior a 10 folhas.

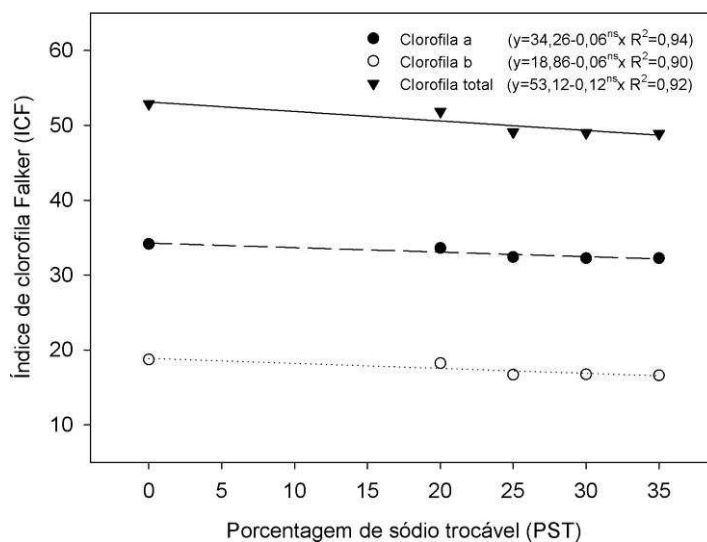


Figura 11. Índice de clorofila de plantas de melão submetidas ao estresse salino. ^{ns}: não significativo pelo teste t.

Em síntese, a influência da salinidade na emergência e desenvolvimento vegetativo de cucurbitáceas já foi diversas vezes relatada e, em geral, causa efeitos negativos em melão (Queiroga et al., 2006), melancia (Torres, 2007); abóbora (Sevengor et al., 2011) e pepino (Baninasab e Baghbanha, 2013). No entanto, diferentes métodos de indução do estresse salino, como o uso de água salina e a adubação excessiva, podem dificultar as comparações entre estudos (Läuchli e Grattan, 2007). Além disso, os efeitos do estresse salino dependem de outros fatores, como a espécie, cultivar, estágio fenológico, tipos de sais, intensidade e duração do estresse e condições edafoclimáticas associadas (Tester e Davenport, 2003).

CONCLUSÕES

O estresse salino reduz a emergência e o desenvolvimento vegetativo de melão.

O híbrido Diplomata F₁ é sensível ao estresse salino mesmo em porcentagens de sódio trocável (PST) consideradas mais baixas, como em 20%.

O aumento da PST no solo reduz emergência, comprimento e massa seca de plântulas de melão, principalmente em valores superiores a 20%.

O híbrido Diplomata F₁ se mostrou mais sensível ao estresse salino na emergência de plântulas do que no desenvolvimento vegetativo ao longo do tempo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDELGADIR, E.M.; OKA, M.; FUJIYAMA, H. Characteristics of nitrate uptake by plants under salinity. **J Plant Nutr** 28:33– 46. 2005.
- ALLEN R. G.; PEREIRA L. S.; RAES D.; SMITH M. Guidelines for computing crop water requirements. Rome: **FAO Irrigation and Drainage**. 56. 308 p. 1998
- ALVES, S.S.V. Desempenho de culturas sob estresse salino em solos representativos do agropólo Mossoró-Assu. Tese de Doutorado. **Universidade Federal Rural do Semiárido**. MOSSORÓ – RN. 2012.
- BANINASAB, B.; BAGHBANHA, M.R. Influence of salicylic acid pre-treatment on emergence and early seedling growth of cucumber (*Cucumis sativus*) under salt stress. **International Journal of Plant Production**. 7 (2), 187-206. 2013.
- BARROS, M. DE F. C.; FONTES, M. P. F.; ALVAREZ, V. H.; RUIZ, H.A. Recuperação de solos afetados por sais pela aplicação de gesso de jazida e calcário no Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.8, p.59-64, 2004.
- BENGOUGH, A.G.; MCKENZIE, B.M.; HALLETT, P.D.; VALENTINE, T.A. Root elongation, water stress, and mechanical impedance: a review of limiting stresses and beneficial root tip traits. **Journal of Experimental Botany**. v. 62. n. 1. pp. 59–68. 2011.
- BLANKENAU, K. Otimização da produção: Cálcio nos solos e nas plantas. **Informações Agrônomicas**. n. 117. p.p. 17-19. 2007.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**, Brasília: SNAD/DNDV/CLAV, 398 p. 2009.
- CEPEA. **CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA - ESALQ/USP**. HORTIFRUTI BRASIL pág. 31 Disponível em: <<http://cepea.esalq.usp.br/hfbrasil/edicoes/145/melao.pdf>> Acesso em 16/06/2015. 2015.
- CHEN, W.; HOU, Z.; WU, L.; LIANG, Y.; WEI, C. Effects of salinity and nitrogen on cotton growth in arid environment. **Plant Soil**. 326:61–73. 2010.

COELHO, E.L.; FONTES, P.C.R. Índices agrônômico de meloeiro associados à dose adequada de nitrogênio, em ambiente protegido e no campo. **Ciênc. agrotec.** v.29, n.5, p. 974-979. 2005.

COSTA, D.M.A.; HOLANDA, J.S.; FIGUEIREDO FILHO, O.A. Caracterização de solos quanto a afetação por sais na bacia do rio Cabugí - Afonso Bezerra-RN. **Holos.** 1:12-21. 2004.

CRAMER, G.R. Sodium-calcium interactions under salinity stress. In: **Salinity. Environment-Plants-Molecules.** A. Läuchli and U. Lüttge (Eds) . Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp. 205–227. 2002.

DIAS, N.S.; BLANCO, F.F. **Efeitos dos sais no solo e na planta.** EMBRAPA Meio Norte. 13 p. 2010.

DONOSO, G.R.; NASCIMENTO, W.M.; SILVA, P.P. Produção de sementes de melão. In: NASCIMENTO, W.M. **Produção de Sementes de Hortaliças.** Brasília, 342p. 2014.

EDMOND, J.B.; DRAPALA, W.J. The effects of temperature, sand and soil, and acetone on germination of okra seeds. **Proc. Am. Soc. Hort. Sci.**, v. 71, p. 428-434. 1958.

ESECHIE, H.A.; AL-SAIDI, A.; AL-KHANJARI, S. Effect of sodium chloride salinity on seedling emergence in chickpea. **J. Agron. and Crop. Sci.** 188:155–160. 2002.

ESTEVEZ, B.S.; SUZUKI, M.S. Efeito da salinidade sobre as plantas. **Oecol. Bras.** 12(4): 662-679. 2008.

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

FALKER, Automação agrícola. **Manual do medidor eletrônico de teor clorofila (ClorofiLOG/CFL 1030).** Porto Alegre. 33p. 2008.

FARHOUDI, R.; SAEEDIPOUR, S.; MOHAMMADREZA, D. The effect of NaCl seed priming on salt tolerance, antioxidant enzyme activity, proline and carbohydrate accumulation of Muskmelon (*Cucumis melo* L.) under saline

condition. **African Journal of Agricultural Research**. vol. 6(6), pp. 1363-1370. 2011.

FLEXAS, J.; DIAZ-ESPEJO, A.; GALME`S, J.; KALDENHOFF, R.; MEDRANO, H.; RIBAS-CARBO, M. Rapid variations of mesophyll conductance in response to changes in CO₂ concentration around leaves. **Plant, Cell and Environment**. 30: 1284-1298. 2007.

FLOWERS, T.J.; MUNNS, R.; COLMER, T.D. Sodium chloride toxicity and the cellular basis of salt tolerance in halophytes. **Annals of botany**. 115(3), 419-431. 2015.

GARG, N.; MANCHANDA, G. Salinity and its effects on the functional biology of legumes. **Acta Physiol. Plant**. 30:595–618. 2008.

GENUNCIO, G.C.; SILVA, R.A.C.; SÁ, N.M.; ZONTA, E.; ADELSON P ARAÚJO, A.P. Produção de cultivares de tomateiro em hidroponia e fertirrigação sob razões de nitrogênio e potássio. **Hortic. Bras.** vol.28 no.4 Brasília. 2010.

GRATTAN, S.R.; GRIEVE, C.M. Salinity-mineral nutrient relations in horticultural crops. **Sci Hortic** 78:127–157. 1999.

GRATTAN, S.R.; OSTER, J.D. Use and reuse of saline-sodic waters for irrigation of crops. In: S.S. Goyal, S.K. Sharma and D.W. Rains (eds.), **Crop Production in Saline Environments: Global and Integrative Perspectives**. Haworth Press, New York. pp 131–162. 2003.

HASANUZZAMAN, M.; NAHAR, K.; FUJITA, M. **Plant Response to Salt Stress and Role of Exogenous Protectants to Mitigate Salt-Induced Damages** in: Ahmad et al. (eds.), *Ecophysiology and Responses of Plants under Salt Stress*, Springer Science+Business Media, LLC, 2013.

HASEGAWA, P.M.; BRESSAN, R.A.; ZHU, J.K.; BOHNERT, H.J. Plant cellular and molecular responses to high salinity. **Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.** 51:463–499. 2000.

HOLANDA, J. S.; AMORIM, J.R.A.; FERREIRA NETO, M. HOLAMDA, A. C. Qualidade de água para irrigação. In: GHEI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C.

F. Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados. Fortaleza, INCTSal, 472p. 2010

HU, Y.; SCHMIDHALTER, U. Drought and salinity: a comparison of their effects on mineral nutrition of Plants. **J Plant Nutr Soil Sci.** 168:541–549. 2005.

HU, Y.; SCHMIDHALTER, U. Limitation of salt stress to plant growth. In: **Plant Toxicology** (Hock, B. and E.F. Elstner (eds) Marcel Dekker, New York pp 191–224. 2004.

ISMAIL, D.A.; TAKEDA, S.; NICK, P. Review Life and death under salt stress: same players, different timing? **Journal of Experimental Botany.** 17p. 2014.

ISMAIL, D.A.; TAKEDA, S.; NICK, P. Review Life and death under salt stress: same players, different timing?. **Journal of Experimental Botany.** 159. 17p. 2014.

JI, H.; PARDO, J.M.; BATELLI, G.; VAN OOSTEN, M.J.; BRESSAN, R.A.; LI, X. The Salt Overly Sensitive (SOS) pathway: established and emerging roles. **Molecular Plant.** 6, 275–286. 2013.

KAYA, C.; TUNA, A.; ASHRAF, M.; ALTUNLU, H. Improved salt tolerance of melon (*Cucumis melo* L.) by the addition of proline and potassium nitrate. **Environmental and Experimental Botany.** 60, 397-403. 2007.

LACERDA, C.F.; CAMBRAIA, J.; OLIVA, M.A.; RUIZ, H.A. Influência do cálcio sobre o crescimento e solutos em plântulas de sorgo estressadas com cloreto de sódio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo,** 28(2), 289-295. 2004.

LARRÉ, C.F.; MORAES, D.M.; LOPES, N.F. Qualidade fisiológica de sementes de arroz tratadas com solução salina e 24-epibrassinolídeo. **Revista Brasileira de Sementes** 33(1): 86-94. 2011.

LÄUCHLI, A.; GRATTAN, S.R. **Plant growth and development under salinity stress** in: M.A. Jenks et al. (eds.), *Advances in Molecular Breeding Toward Drought. and Salt Tolerant Crops,* 1 32. 2007.

- LAZOF, D.B; BERNSTEIN, N. The NaCl induced inhibition of shoot growth: The case for disturbed nutrition with special consideration of calcium. **Advances in Botanical Research**. 29:113–189. 1999.
- MAAS, E.V.; GRATTAN, S.R. Crop yields as affected by salinity. In R. W. Skaggs and J. van Schilfgaarde (eds) **Agricultural Drainage**. Agron. Monograph 38. ASA, CSSA, SSA, Madison, WI pp. 55–108. 1999.
- MAGUIRE, J.D. Seeds germination-aid selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, v.2, p.176, 1962.
- MASSOUD, F.I. A note on the need for accepted definitions and methods of characterization of salt-affected soils. IRYDA: **Information. International Society of Soil Science**. Sevilla. 1971.
- MENDES, A.M.S.; SILVA, D.J.; FARIA, C.M.B. **Sistema de Produção de Melão**. EMBRAPA SEMINÁRIO. Sistemas de Produção 5. 2010.
- MUNNS, R. Genes and salt tolerance: bringing them together. **New Phytol**. 167:645–663. 2005.
- MUNNS, R. Salinity, growth and phytohormones. In: Lauchli A, Luttge U (eds) **Salinity: environment –plants – molecules**. Kluwer, The Netherlands, pp 271–290. 2002.
- MUNNS, R.; JAMES, R.A.; LAUCHLI, A. Approaches to increasing the salt tolerance of wheat and other cereals. **Journal of Experimental Botany**. 57: 1025-1043. 2006.
- MUNNS, R.; JAMES, R.A.; LÄUCHLI, A. Approaches to increasing the salt tolerance of wheat and other cereals. **J. Exp. Bot.** 57:1025–1043. 2006.
- MUNNS, R.; TESTER, M. Mechanisms of Salinity Tolerance. **Annual Review of Plant Biology**. 59: 651-81. 2008.
- NAVARRO, J.M.; BOTELLA, M.A.; CERDÁ, A.; MARTINEZ, V. Phosphorus uptake and translocation in salt-stressed melon plants. **J. Plant Physiol**. 158. 375–381. 2001. ESSAH, P.A.; DAVENPORT, R.; TESTER, M. Sodium influx and accumulation in Arabidopsis. **Plant Physiology**. 133, 307–318. 2003.

NOVAIS, R. F. de; NEVES, J. C. L.; BARROS, N. F. de. Ensaio em ambiente controlado. In: OLIVEIRA, A. J. de; GARRIDO, W. E.; ARAUJO, J. D. de; LOURENÇO, S. (Coord.). **Métodos de pesquisa em fertilidade do solo**. Brasília: EMBRAPA – SEA, p.189 – 246. 1991.

PARIDA, A.KK, DAS, A.B. Salt tolerance and salinity effect on plants: a review. **Ecotoxicol Environ. Saf.** 60 : 324–349. 2005.

PITMAN, M.G.; LÄUCHLI, A. Global impact of salinity and agricultural ecosystems. In: **Salinity: Environment – Plants – Molecules**, A. Läuchli and U. Lüttge (Eds.). Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp. 3–20. 2002.

QUEIROGA, R.C.F.; ANDRADE NETO, R.C.; NUNES, G.H.S.; MEDEIROS, J.F.; ARAÚJO, W.B.M. Germinação e crescimento inicial de híbridos de meloeiro em função da salinidade. **Horticultura Brasileira** 24: 315-319. 2006.

RHOADES, J.D.; KANDIAH, A.; MASHALI, A.M. **Uso de águas salinas para produção agrícola**. Campina Grande: UFPB. Estudos FAO Irrigação e Drenagem, 48. 117 p. 2000.

RICHARDS, L. A. (Ed.). **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washington: U. S. Department of Agriculture. 160 p. (Handbook, 60). 1954.

ROUPHAEL, Y.; CARDARELLI, M.; REA, E.; COLLA, G. Improving melon and cucumber photosynthetic activity, mineral composition, and growth performance under salinity stress by grafting onto Cucurbita hybrid rootstocks. **Photosynthetica**. 50(2), 180-188. 2012.

SAQIB, M.; AKHTAR, J.; QURESHI, R.H. Sodicyty intensifies the effect of salinity on grain yield and yield components of wheat. **Journal of plant nutrition**. v.31. pp. 689-701. 2008.

SEVENGOR, S.; YASAR, F.; KUSVURAN, S.; ELLIALTIOGLU, S. The effect of salt stress on growth, chlorophyll content, lipid peroxidation and antioxidative enzymes of pumpkin seedling. **African Journal of Agricultural Research**,6(21), 4920-4924. 2011.

SILVA, H.R.; COSTA, N.D. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Embrapa Hortaliças Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **MELÃO: Produção Informação Tecnológica**, Brasília, DF. 146 p.; (Frutas do Brasil; 33). 2003.

SIVRITEPE, N., SIVRITEPE, H.O., ERIS, A. The effects of NaCl priming on salt tolerance in melon seedlings grown under saline conditions. **Sci. Hort.** 97, 229–237. 2003.

SIVRITEPE, N.; SIVRITEPE, H.Ö.; TÜRKAN, I.; BOR, M.; ÖZDEMİR, F. NaCl pre-treatments mediate salt adaptation in melon plants through antioxidative system. **Seed Science and Technology**, v. 36, n. 2, p. 360-370, 2008.

SOARES, A.N.R.; RIBEIRO, M.C.C.R.; BENEDITO, C.P.; OLIVEIRA, F.N.; GUIMARÃES, L.M.S. Crescimento inicial de plântulas de acesso de melão (*Cucumis melo* L.) crioulo submetido ao estresse salino. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**. 5(3). 2010.

TAVAKKOLI, E.; FATEHI, F.; COVENTRY, S.; RENGASAMY, P.; MCDONALD, G.K. Additive effects of Na⁺ and Cl⁻ ions on barley growth under salinity stress. **Journal of Experimental Botany**. v. 62. n. 6. pp. 2189–2203. 2011.

TAVAKKOLI, E.; RENGASAMY, P.; MCDONALD, G.K. High concentrations of Na⁺ and Cl⁻ ions in soil solution have simultaneous detrimental effects on growth of faba bean under salinity stress. **J Exp Bot** 61:4449–4459. 2010.

TESTER, M.; DAVENPORT, R. Na⁺ tolerance and Na⁺ transport in higher plants. **Ann. Bot.** 91:503–527. 2003.

TORRES, S.B. Germinação e desenvolvimento de plântulas de melancia em função da salinidade. **Revista Brasileira de Sementes**. v. 29. n. 3. p. 77-82. 2007.

TRINDADE, A.V.; SIQUEIRA, J.O.; ALMEIDA, F.P. Dependência micorrízica de variedades comerciais de mamoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n. 12, p. 1485-1494, 2001.

WAHID, A.; FAROOQ, M.; BASRA, S.M.A.; RASUL, E.; SIDDIQUE, K.H.M. **Germination of seeds and propagules under salt stress.** In: Pessarakli M (ed) Handbook of plant and crop stress, 3rd edn. CRC Press, Boca Raton, pp 321–337. 2011.

ZHU, J.K. Regulation of ion homeostasis under salt stress. **Current Opinion in Plant Biology.** 6: 441-445. 2003.

ZHU, Z.J.; WEI, G.Q.; LI, J.; QIAN, Q.Q.; YU, J.Q. Silicon alleviates salt stress and increases antioxidant enzymes activity in leaves of salt-stressed cucumber (*Cucumis sativus* L.). **Plant Sci** 167:527–533. 2004.