

DANO NA MEMBRANA CELULAR E PIGMENTOS FOTOSSINTÉTICOS DO MARACUJAZEIRO SOB ESTRESSE SALINO E ADUBAÇÃO POTÁSSICA

Geovani Soares de Lima¹, Maria Geisa da Silva Soares², Lauriane Almeida dos Anjos Soares³, Reginaldo Gomes Nobre⁴, Hans Raj Gheyi⁵, Francisco Wesley Alves Pinheiro⁶

RESUMO: Objetivou-se com este trabalho avaliar o dano na membrana celular e os teores de pigmentos fotossintéticos do maracujazeiro roxo em função da irrigação com águas salinas e doses de potássio. O experimento foi desenvolvido sob condições de casa de vegetação do CCTA/UFCG, no município de Pombal-PB. Foi utilizado o delineamento de blocos casualizados em arranjo fatorial 5 x 2, sendo cinco níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (0,3; 1,1; 1,9; 2,7 e 3,5 dS m⁻¹) associados a duas doses de adubação potássica (50 e 100% da recomendação de K₂O), com duas plantas por parcela e quatro repetições. A dose referente a 100% da recomendação de K correspondeu a 150 mg K₂O kg⁻¹ de solo. A síntese de clorofila *a* e *b* das plantas de maracujazeiro ‘BRS Rubi do Cerrado’ reduziu de forma acentuada com água de CEa a partir de 0,3 dS m⁻¹. A irrigação com água salina induziu maior percentual de dano na membrana celular e no teor de carotenoides nas plantas de maracujazeiro. As doses de potássio não influenciaram nas variáveis analisadas do maracujazeiro, aos 60 dias após o semeio.

PALAVRAS-CHAVE: Salinidade da água, potássio, *Passiflora edulis* Sims.

DAMAGE TO CELL MEMBRANE AND PHOTOSYNTHETIC PIGMENTS OF PASSION UNDER SALT STRESS AND POTASSIUM FERTILIZATION

ABSTRACT: The objective of this study was to evaluate the content of photosynthetic pigments and the water status of purple passion fruit as a function of irrigation with salt water

¹Doutor, Universidade Federal de Campina Grande, E-mail: geovani.soares@pq.cnpq.br

²Graduanda em Agronomia, Universidade Federal de Campina Grande, E-mail: maria.geisasoares1977@gmail.com.

³Doutora, Universidade Federal de Campina Grande, E-mail: laurispo.agronomia@gmail.com

⁴Doutor, Universidade Federal Rural do Semiárido, E-mail: rgomesnobre@yahoo.com.br.

⁵Doutor, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, E-mail: hgheyi@gmail.com.

⁶Doutorando em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande, E-mail: wesley.ce@hotmail.com.

and potassium doses. The experiment was carried out under greenhouse conditions of the CCTA / UFCG, in the municipality of Pombal-PB. A randomized complete block design was used in a 5 x 2 factorial arrangement, with five irrigation water levels (0.3, 1.1, 1.9, 2.7 and 3.5 dS m⁻¹) associated with irrigation water to two doses of potassium fertilization (50 and 100% of the K₂O recommendation), with two plants per plot and four replications. The dose referring to 100% of the recommendation of K corresponded to 150 mg K₂O kg⁻¹ of soil. The chlorophyll a and b synthesis of passion fruit plants 'BRS Rubi do Cerrado' decreased markedly with EC_w water from 0.3 dS m⁻¹. Irrigation with saline water induced higher percentage of cell membrane damage and carotenoid content in passion fruit plants. Potassium doses did not influence the analyzed passion fruit variables at 60 days after sowing.

KEY WORDS: Salinity of water, potassium, *Passiflora edulis Sims*.

INTRODUÇÃO

O maracujazeiro (*Passiflora edulis Sims*) destaca-se como uma das frutíferas de maior expressão econômica no Brasil (Bezerra et al., 2016) e pelas potencialidades na geração de emprego e renda, com possibilidades do desenvolvimento da agroindústria processadora de frutas (Santos et al., 2017), com qualidades físico-químicas e fármaco-terapêuticas, tendo alta aceitação pelo mercado consumidor nacional e internacional (Rocha et al., 2017).

No semiárido do Nordeste brasileiro um dos fatores limitantes para a produção do maracujazeiro é a escassez hídrica devido ao regime irregular de precipitações e à elevada taxa de evaporação (Lima et al., 2014). Além disso, a maior parte dos recursos hídricos disponíveis possui níveis de condutividade elétrica superior a 1,5 dS m⁻¹, situação que podem resultar em alterações morfológicas, na síntese de pigmentos fotossintéticos e induzir injúrias ao metabolismo das plantas devido o estresse oxidativo (Dias et al., 2011).

Uma alternativa capaz de minimizar os efeitos deletérios do estresse salino sobre as plantas de maracujazeiro é a adubação potássica, devido este macronutriente está envolvido em diversas reações bioquímicas necessárias ao metabolismo vegetal. Outrossim, a determinação de uma dose adequada de potássio é de extrema importância devido ao efeito antagônico que este nutriente exerce na absorção de outros cátions, especialmente Na⁺, Ca²⁺, Mg²⁺ (Nurzynska-Wierdak et al., 2012).

Diante do exposto, objetivou-se com este trabalho avaliar o dano celular e os teores de pigmentos fotossintéticos e o dano celular no maracujazeiro roxo ‘BRS Rubi do Cerrado’ em função da irrigação com águas de diferentes salinidades e doses de potássio.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido em ambiente protegido (casa de vegetação) do Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar - CCTA da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, localizado no município de Pombal, Paraíba, PB, nas coordenadas geográficas 6°47’20” de latitude e 37°48’01” de longitude, a uma altitude de 194 m.

Estudou-se a combinação entre cinco níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (0,3; 1,1; 1,9; 2,7 e 3,5 dS m⁻¹) e duas doses de adubação potássica - DK (50 e 100% da recomendação de K₂O), conforme Novais et al. (1991). O delineamento experimental foi em blocos casualizados em arranjo fatorial 5 x 2, com duas plantas por parcela e quatro repetições, perfazendo o total de oitenta unidades experimentais. A dose de potássio referente a 100% da recomendação correspondeu a 150 mg K₂O kg⁻¹ de solo.

Utilizaram-se sementes do maracujazeiro BRS Rubi do Cerrado. Para a obtenção das mudas de maracujazeiro foi realizado o semeio colocando-se 2 sementes em sacos de polietileno com dimensões de 15 cm de largura e 30 cm de comprimento, a 1,5 cm de profundidade e distribuídas de forma equidistante, apoiados em bancadas a uma altura de 0,8 m do solo. As sacolas foram preenchidas com uma proporção de 2:1:1 de um Neossolo de textura franco-arenosa, areia e matéria orgânica (esterco bovino bem curtido), proveniente da zona rural do município de São Domingos, PB, sendo as características físicas e químicas dispostas na tabela 1.

Tabela 1. Características químicas e físicas do solo utilizado no experimento.

pH H ₂ O) (1:2,5)	M.O. g kg ⁻¹	P (mg kg ⁻¹)	Características químicas					H ⁺
			K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	
5,58	2,93	39,2	0,23	1,64	9,07	2,78	0,0	8,61
.....Características químicas.....		Características físicas.....					
CE _{es} (dS m ⁻¹)	CTC cmol _c kg ⁻¹	RAS (mmol L ⁻¹) ^{0,5}	PST %	Fração granulométrica (g kg ⁻¹)			Umidade (dag kg ⁻¹)	
2,15	22,33	0,67	7,34	Areia	Silte	Argila	33,42 kPa ¹	1519,5 kPa ²
				572,7	100,7	326,6	25,91	12,96

pH – Potencial hidrogeniônico, M.O – Matéria orgânica: Digestão Úmida Walkley-Black; Ca²⁺ e Mg²⁺ extraídos com KCl 1 M pH 7,0; Na⁺ e K⁺ extraídos utilizando-se NH₄OAc 1 M pH 7,0; Al³⁺+H⁺ extraídos utilizando-se CaOAc 0,5 M pH 7,0; CE_{es} - Condutividade elétrica do extrato de saturação; CTC - Capacidade de troca catiônica; RAS - Relação de adsorção de sódio do extrato de saturação; PST - Percentagem de sódio trocável; ^{1,2} referindo a capacidade de campo e ponto de murchamento permanente.

Todas as adubações foram realizadas em cobertura, conforme recomendação de adubação para ensaios em vasos, contida em Novais et al. (1991), colocando-se as quantidades de 100 e 300 mg kg⁻¹ de solo de nitrogênio e fósforo (P₂O₅), respectivamente, na forma de Fosfato Monoamônio (MAP); aplicado via água de irrigação, aos 15 e 30 dias após a semeadura (DAS). O fator adubação potássica foi parcelado em aplicações via fertirrigação, em intervalos de dez dias, sendo aplicados por recipiente nos tratamentos K₁ e K₂ foram 75 e 150 mg de K₂O kg⁻¹ de solo, respectivamente, utilizando como fonte o cloreto de potássio sendo a dose K₂ correspondente a 100% da recomendação de Novais et al. (1991).

A água utilizada na irrigação do tratamento de menor salinidade (0,3 dS m⁻¹) foi proveniente do sistema público de abastecimento de Pombal - PB; os demais níveis salinos foram preparados de modo a se ter uma proporção equivalente de 7:2:1, entre Na:Ca:Mg, respectivamente, a partir dos sais NaCl, CaCl₂.2H₂O e MgCl₂.6H₂O, relação está predominante em fontes de água utilizada para irrigação, em pequenas propriedades do Nordeste brasileiro (Medeiros, 1992). No preparo da água de irrigação dos maiores níveis de salinidade, foi considerada a relação entre CEa e concentração de sais (mmol_c L⁻¹ = 10*CEa (dS m⁻¹)), extraída de Richards (1954).

Após a semeadura, a irrigação foi realizada aplicando-se, em cada sacola, o volume correspondente ao obtido pelo balanço de água, tomando-se como base volume consumido (VC), considerando o volume de água aplicado às plantas (VA) no dia anterior; VD é o volume drenado, quantificado na manhã do dia seguinte e a fração de lixiviação – FL desejada (20%), a fim de evitar a acumulação excessiva dos sais na zona radicular.

Aos 60 dias após o semeio (DAS) se avaliaram os teores de clorofila *a*, *b* e carotenoides, o percentual de dano na membrana celular e o potencial osmótico. O percentual de dano na membrana celular foi obtido conforme metodologia de Scotti-Campos et al. (2013). Foram quantificados os teores de clorofila e carotenóides nas soluções por meio do espectrofotômetro no comprimento de onda de absorvância (ABS) 470, 646, e 663 nm, por meio das seguintes equações: Clorofila *a* (Cl *a*) = 12,21 ABS₆₆₃ – 2,81 ABS₆₄₆; Clorofila *b* (Cl *b*) = 20,13 A₆₄₆ – 5,03 ABS₆₆₃; Carotenóides totais (Car) = (1000 ABS₄₇₀ – 1,82 Cl *a* – 85,02 Cl *b*)/198. Os valores obtidos para os teores de clorofila *a*, *b* e carotenoides nas folhas foram expressos em mg g⁻¹ de matéria fresca (mg g⁻¹ MF).

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F e quando significativo foram realizados análise de regressão polinomial para o fator níveis salinos e teste de comparação de médias de Tukey (p<0,05) para as doses de potássio e, quando houve interação significativa entre os fatores realizou-se o desdobramento do fator níveis salinos

dentro das doses de potássio, utilizando-se do software estatístico SISVAR-ESAL (Ferreira, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme resumo da análise de variância (Tabela 2), verifica-se que os níveis de salinidade da água afetaram significativamente a porcentagem de danos na membrana celular (%D), teores de clorofila *a* (*Cl a*), *b* (*Cl b*) e carotenoides (*Car*) das plantas de maracujazeiro. As doses de potássio e a interação entre os fatores (NS x DK) não influenciaram nenhuma das variáveis analisadas.

Tabela 2. Resumo da análise de variância referente a porcentagem de danos na membrana celular (%D), teores de clorofila *a* (*Cl a*), *b* (*Cl b*) e carotenoides (*Car*) das plantas de maracujazeiro ‘BRS Rubi do Cerrado’ cultivada com águas salinas e doses de potássio, aos 60 dias após o semeio (DAS).

Fonte de variação	GL	Quadrados médios			
		%D	<i>Cl a</i>	<i>Cl b</i>	<i>Car</i>
Níveis salinos (NS)	4	417,37**	18,68**	1,26**	11,54**
Regressão linear	1	1415,04**	72,00**	3,68**	44,83**
Regressão quadrática	1	201,32**	0,80 ^{ns}	1,02 ^{ns}	0,14 ^{ns}
Doses de K (DK)	1	0,004 ^{ns}	2,66 ^{ns}	0,44 ^{ns}	3,58 ^{ns}
Interação NS*DK	4	17,60 ^{ns}	2,79 ^{ns}	0,29 ^{ns}	0,12 ^{ns}
Blocos	3	21,97 ^{ns}	0,71 ^{ns}	0,14 ^{ns}	0,03 ^{ns}
Resíduo	27	10,25	1,07	0,07	0,66
CV (%)		15,98	25,74	48,82	28,53

^{ns}, **, * respectivamente não significativo, significativo a $p < 0,01$ e $p < 0,05$.

O aumento da salinidade da água resultou em incremento linear no percentual de danos na membrana celular das plantas de maracujazeiro, aos 60 DAS. De acordo com a equação de regressão (Figura 1A), verifica-se acréscimo de 52,29% nas plantas cultivadas sob CEa de 3,5 dS m⁻¹ em comparação as que estavam submetidas ao menor nível salino (0,3 dS m⁻¹). O aumento no percentual de danos na membrana celular das plantas de maracujazeiro ocorre devido à liberação de eletrólitos em níveis severos de estresse salino, refletindo-se a extensão da peroxidação de lipídios causados por espécies reativas de oxigênio e, por consequências promovem alterações na homeostase celular ocasionando instabilidade da membrana (Sharma et al., 2012).

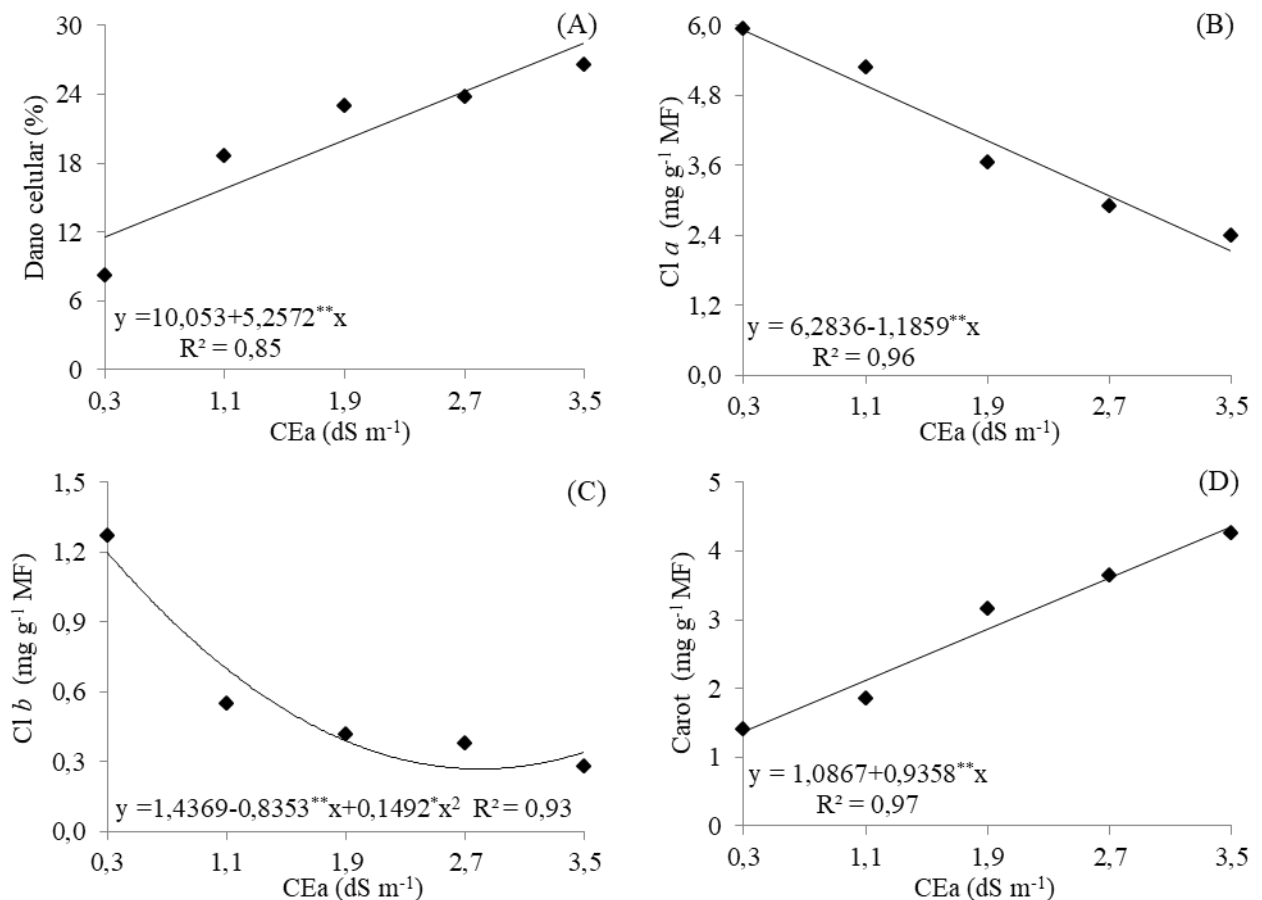


Figura 1. Percentagem de danos na membrana celular (A), teores de clorofila *a* – *Cl a* (B), *b* – *Cl b* (C) e carotenoides – *Car* (D) das plantas de maracujazeiro ‘Rubi do Cerrado’ em função da salinidade da água – CEa, aos 60 dias após o semeio.

O teor de clorofila *a* decresceu de forma linear com o aumento da salinidade da água, sendo a redução de 18,87% por aumento unitário da CEa. Comparativamente, verifica-se que as plantas submetidas à CEa de 3,5 dS m⁻¹ diminuiram a síntese de clorofila *a* em 64,01% (3,794 mg g⁻¹ MF) em relação as que receberam 0,3 dS m⁻¹. Cavalcante et al. (2011) em pesquisa avaliando os efeitos de diferentes salinidades da água de irrigação (CEa de 0,5 a 4,5 dS m⁻¹) sobre os teores de pigmentos fotossintéticos do maracujazeiro-amarelo, verificaram que o aumento da salinidade das águas de 0,5 até 2,5 dS m⁻¹ não comprometeu os teores de clorofila *a* e *b*.

O estresse salino provocado pela salinidade da água também inibiu a síntese de clorofila *b* nas plantas de maracujazeiro. Conforme a equação de regressão (Figura 1C) constata-se que o valor máximo estimado para *Cl b* (1,3 mg g⁻¹ MF) foi alcançado nas plantas irrigadas com CEa de 0,3 dS m⁻¹ e o mínimo de 0,3 mg g⁻¹ MF nas que receberam o menor nível de condutividade elétrica da água (0,3 dSm⁻¹). De acordo com Cavalcante et al. (2011) o estresse salino inibe a síntese do ácido 5-aminolevulínico, molécula precursora da clorofila e induz a

atividade enzimática da clorofilase e atua na degradação das moléculas do pigmento fotossintetizante e ocasionando a destruição estrutural dos cloroplastos, provocando também o desbalanceamento e perda de atividade das proteínas de pigmentação.

Já o teor de carotenoides aumentou de forma linear com a salinidade da água e através da equação de regressão (Figura 1D), verifica-se acréscimo de 68,65% (2,994 mg g⁻¹ MF). O incremento na síntese de carotenoides nas plantas cultivadas sob estresse salino, destaca-se como mecanismo de dissipação do excesso de energia luminosa e uma alternativa para manter os agentes antioxidantes protegendo os lipídios de membrana do estresse oxidativo (Falk; Munné-Bosch, 2010).

CONCLUSÃO

A síntese de clorofila *a* e *b* das plantas de maracujazeiro ‘BRS Rubi do Cerrado’ é reduzida de forma acentuada com água de salinidade a partir de 0,3 dS m⁻¹. A irrigação com água salina induz maior percentual de dano na membrana celular e no teor de carotenoides nas plantas de maracujazeiro. As doses de potássio não influenciam nas variáveis analisadas do maracujazeiro, aos 60 dias após o semeio.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arnon, D. I. Copper enzymes in isolated cloroplasts: polyphenoloxidases in *Beta vulgaris*. *Plant Physiology*, v.24, n.1, p.1-15, 1949.
- Bezerra, J. D.; Pereira, W. E.; Silva, J. M. da; Raposo, R. W. C. Crescimento de dois genótipos de maracujazeiro-amarelo sob condições de salinidade. *Revista Ceres*, v. 63, n.4, p.502-508, 2016.
- Cavalcante, L. F.; Dias, T. J.; Nascimento, R.; Freire, J. L. de O. Clorofila e carotenoides em maracujazeiro-amarelo irrigado com águas salinas no solo com biofertilizante bovino. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Volume Especial, E. 699-705, 2011.

Dias, T. J.; Cavalcante, L. F.; Leon, M. J.; Santos, G. P.; Albuquerque, R. P. de F. Produção do maracujazeiro e resistência mecânica do solo com biofertilizante sob irrigação com águas salinas. *Revista Ciência Agronômica*, v. 42, n. 3, p. 644-651, 2011.

Falk, J.; Munné-Bosch, S. Tocochromanol functions in plants: antioxidation and beyond. *Journal of Experimental Botany*, v.61, n.6, p. 9-1566, 2010.

Ferreira, D. F. Sisvar: A computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia*, v.35, n.6, p.1039-1042, 2011.

Lima, G. S. de; Nobre, R. G.; Gheyi, H. R.; Soares, L. A. dos A.; Silva, A. O. da. Crescimento e componentes de produção da mamoneira sob estresse salino e adubação nitrogenada. *Engenharia Agrícola*, v.34, n.5, p.854-866, 2014.

Medeiros, J. F. Qualidade da água de irrigação utilizada nas propriedades assistidas pelo “GAT” nos Estados do RN, PB, CE e avaliação da salinidade dos solos. Campina Grande: UFPB, 1992. 173p. Dissertação Mestrado.

Novais, R. F.; Neves, J. C. L.; Barros, N. F. Ensaio em ambiente controlado. In: Oliveira, A. J. (ed.). *Métodos de pesquisa em fertilidade do solo*. Brasília: Embrapa-SEA. p.189-253. 1991.

Nurzynska-Wierdak, R.; Dzida, k.; Rozek, E.; Jarosz, Z. Effects of nitrogen and potassium fertilization on growth, yield and chemical composition of garden rocket. *Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus*, v.11, n.2, p.289-300, 2012.

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

Rocha, C. W.; Reis, M. de A.; Silva, M. A. da; Saraiva, T. S.; Dayrell, D. M. Uso de diferentes substratos na produção de mudas de maracujazeiro amarelo. *Revista Agroveterinária, Negócios e Tecnologias*, v.2, n.1, p. 38-51, 2017.

Santos, V. A. dos; Ramos, J. D.; Laredo, R. R.; Silva, F. O. dos R.; Chagas, E. A.; Pasqual, M. Produção e qualidade de frutos de maracujazeiro-amarelo provenientes do cultivo com mudas em diferentes idades. *Revista de Ciências Agroveterinárias*, v.16, n.1, p.33-40, 2017.

Scotti-Campos, P; Pham-Thi, Anh-Thu; Semedo, J. N.; PAIS, I. P.; Ramalho, J. C.; Matos, M. C. Physiological responses and membrane integrity in three *Vigna* genotypes with contrasting drought tolerance. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, v.25, n.12, p.1002-1013, 2013.

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*, v. 2012, n. 1, p. 1-26, 2012.