

AÇÃO DE EXTRATOS DE *Zantedeschia aethiopica* NA QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES, PIGMENTOS FOTOSSINTÉTICOS E METABOLISMO ANTIOXIDATIVO DE PLÂNTULAS DE ARROZ VERMELHO

ACTION OF Zantedeschia Aethiopica EXTRACTS IN SEED PHYSIOLOGICAL QUALITY, PHOTOSYNTHETIC PIGMENTS AND ANTIOXIDATIVE METABOLISM OF RED RICE SEEDLINGS

Tiago Zanatta AUMONDE¹; Tiago PEDÓ²; Emanuela Garbin MARTINAZZO³; Junior BORELLA⁴; Luciano do AMARANTE⁵; Francisco Amaral VILLELA¹; Dario Munt de MORAES⁵

1. Professor, Doutor, PPG Ciência e Tecnologia de Sementes. Departamento de Fitotecnia/FAEM, Universidade Federal de Pelotas - UFPel, Pelotas, RS, Brasil. tiago.aumonde@gmail.com; 2. Engenheiro Agrônomo, Doutorando em C&T de Sementes, Bolsista CAPES. FAEM/UFPel, Pelotas, RS, Brasil; 3. Bióloga, Pós Doutoranda em Fisiologia Vegetal, Bolsista PNPd/CAPES; 4. Biólogo, Doutorando PPGFV/IB, UFPel, Pelotas, RS, Brasil; 5. Professor Doutor, DB/PPGFV, UFPel, Pelotas, RS, Brasil.

RESUMO: Objetivou-se com este trabalho avaliar a influência da concentração do extrato de folhas maduras de *Zantedeschia aethiopica* sobre atributos fisiológicos de sementes e plântulas de arroz vermelho. Os tratamentos foram extratos nas concentrações 0; 12; 25; 50 e 75%. Foram avaliados germinação, primeira contagem, comprimento de parte aérea e raiz, massa seca total de plântulas, condutividade elétrica, teores de clorofila *a*, *b* e *total*, atividade das enzimas superóxido-dismutase, catalase e ascorbato peroxidase, peroxidação lipídica e teor de peróxido de hidrogênio, emergência de plântulas, comprimento de parte aérea e de raiz e massa seca total das plântulas emergidas. Os teores de clorofila foram alterados quanti-qualitativamente, a emergência de plântulas, o comprimento de raiz e a massa seca total de plântulas emergidas foram reduzidos pelo aumento da concentração do extrato. A peroxidação de lipídeos, a atividade das enzimas superóxido-dismutase, ascorbato-peroxidase e catalase aumentaram com a concentração. Os resultados encontrados no trabalho demonstraram que o extrato de folhas maduras de *Z. aethiopica* altera diferentes atributos fisiológicos e apresenta toxicidade a sementes e a plântulas de arroz vermelho.

PALAVRAS-CHAVE: *Oryza sativa* L. Vigor. Crescimento inicial. Clorofila. Enzimas antioxidantes.

INTRODUÇÃO

O arroz irrigado, cultura de destaque no cenário agrícola nacional, tem como principal planta daninha o arroz vermelho que apresenta alta rusticidade e resistência a condições adversas de meio ambiente, sendo de difícil controle e de elevada taxa de degrane natural (LEITÃO FILHO et al., 1972). Seu controle é difícil pela similaridade morfofisiológica com genótipos cultivados (BALBINOT JUNIOR et al., 2003).

Diversos genótipos sintetizam compostos tóxicos via metabolismo secundário. Entre os principais estão esteróides, fenóis e terpenos, alcalóides e taninos, cumarinas e flavonóides (PUTNAM; DUKE, 1978). Estas substâncias podem atuar diretamente sobre estruturas da semente e da plântula, ou como sinalizadores em processos de degradação celular, desencadeando a produção e o acúmulo de formas reativas de oxigênio, influenciando a permeabilidade e a seletividade de membranas celulares com reflexo na redução da velocidade e da porcentagem de

germinação, ou ainda, promovendo modificações em nível hormonal, fotossintético (CARILLO et al., 2010; ABUGRE et al., 2011) e modificando o crescimento inicial de plântulas.

A espécie *Zantedeschia aethiopica*, pertencente à família Araceae, é cultivada com fins ornamentais e de propagação conhecida. Plantas do gênero produzem compostos aromáticos lignóides, flavonóides do tipo flavonol e flavona, especificamente as substâncias pironesinol, quercetina e drusas de oxalato de cálcio (DELLA GRECA et al., 1998), substâncias capazes de alterar processos fisiológicos e que tornam os extratos de plantas do referido gênero potencialmente tóxicos a outros genótipos.

As enzimas superóxido-dismutase, peroxidases e catalases estão envolvidas na remoção de radicais livres durante o processo de deterioração de sementes (ROSA et al., 2005), também em plântulas sob condições adversas de meio. A determinação conjunta da atividade de enzimas do metabolismo antioxidativo e a avaliação dos teores pigmentos fotossintéticos, da

qualidade fisiológica de sementes e do crescimento inicial, possibilita a melhor compreensão e avaliação do efeito de determinado extrato vegetal sobre sementes e plântulas.

Neste contexto, neste trabalho objetivou-se avaliar a influência da concentração do extrato de folhas maduras de *Z. aethiopica* sobre atributos fisiológicos de sementes e plântulas de arroz vermelho.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido no Laboratório de Fisiologia de Sementes do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes da Universidade Federal de Pelotas, situada na latitude 31°52' S, longitude 52°21' W e altitude 13 m.

Foram utilizadas sementes não dormentes de arroz vermelho (*Oryza sativa* L.), estado verificado previamente pela avaliação da germinação das sementes e pelo teste de tetrazólio. Os tratamentos foram compostos pelas concentrações 0; 12; 25; 50 e 75% do extrato de folhas de *Z. aethiopica*, empregando-se a relação v/v entre extrato vegetal e água destilada. Os extratos das diferentes concentrações tiveram o pH aferido e o potencial osmótico acompanhado pelo método de Schardakow, mantendo o limite não prejudicial à germinação de sementes e ao crescimento inicial de plântulas (BORELLA et al., 2012).

O extrato concentrado de plantas de *Z. aethiopica* foi obtido a partir de folhas maduras, completamente expandidas e provenientes de plantas de meia sombra. As folhas dotadas de pecíolo carnoso foram previamente lavadas em água destilada e secas com papel toalha. Pela natureza do material com elevada quantidade de água na constituição, as folhas foram trituradas sem adição de tal elemento e centrifugadas em aparelho comercial, onerando o tempo 30 minutos. O extrato obtido, correspondente à concentração 100% foi armazenado em recipiente âmbar sob temperatura de 10 °C, em refrigerador. Após 24 horas, o extrato concentrado foi submetido à filtração simples e o filtrado armazenado nas mesmas condições.

Para avaliação da influência das concentrações do extrato de folhas maduras sobre os atributos fisiológicos de sementes e plântulas de arroz vermelho, foram realizados os seguintes testes:

Teste de germinação o teste de germinação foi conduzido com quatro subamostras de 50 sementes. As sementes foram previamente

colocadas entre folhas de papel germitest umedecido com água destilada na proporção 2,5 vezes a massa do papel seco por 10 minutos, objetivando evitar a ocorrência do dano por embebição. Decorrido o tempo, foram embebidas nos extratos de diferentes concentrações por uma hora e a semeadura realizada em rolos formados por três folhas de papel germitest, umedecidas com água destilada. Os rolos foram transferidos para câmara de germinação tipo BOD a 25 °C sob fotoperíodo de 12 h. As avaliações foram efetuadas aos quatorze dias após a semeadura e os resultados expressos em porcentagem de plântulas normais, conforme indicado pelas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009).

Primeira contagem da germinação: a primeira contagem de germinação foi realizada conjuntamente ao teste de germinação, determinando-se a porcentagem média de plântulas normais obtidas aos cinco dias após a semeadura (BRASIL, 2009).

Teor de clorofila a, b e total de plântulas do teste de germinação: a quantificação dos teores de clorofila foi efetuada ao final do teste de germinação, utilizando-se quatro amostras de tecido vegetal por tratamento. O material vegetal fresco foi macerado em 10 mL de acetona 80% em gral e pistilo em sala escura, sob luz verde. O macerado foi submetido à filtração simples e o volume de acetona completado para 25 mL. As leituras foram efetuadas em espectrofotômetro nas absorvâncias 645 e 663 nm (ARNON, 1949). Os teores de clorofila foram alculados segundo Lichtenthaler (1987) e expressos em mg de clorofila g⁻¹ massa fresca.

Condutividade elétrica: ao teste de condutividade elétrica foi conduzido de acordo com metodologia descrita por Krzyzanowski et al. (1991) em quatro subamostras de 25 sementes. As sementes tiveram sua massa previamente aferida e foram submetidas à embebição nos extratos das diferentes concentrações, por uma hora. Decorrido esse tempo, foram lavadas com água destilada, transferidas para recipientes contendo 80 mL de água deionizada e mantidas em BOD à temperatura de 20 °C. A condutividade elétrica foi determinada em condutivímetro, após 3, 6 e 24 horas. Os resultados foram expressos em $\mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$ de sementes.

Comprimento de parte aérea e de raiz de plântulas: as medidas de crescimento foram avaliadas utilizando-se quatro subamostras de 10 plântulas, ao final do teste de germinação e de emergência em casa de vegetação, após 21 dias da semeadura. O comprimento de parte aérea foi

obtido pela medida da distância entre a inserção da porção basal da raiz ao ápice da parte aérea, enquanto, o comprimento de raiz foi mensurado pela medida da distância entre a parte apical e basal. Os resultados foram expressos em mm plântula⁻¹.

Massa seca total de plântulas: a alocação de massa seca foi obtida pela determinação da massa de quatro subamostras de 10 plântulas, ao final do teste de germinação e de emergência em casa de vegetação após 21 dias. As plântulas foram acondicionadas em envelopes de papel pardo e submetidas à secagem em estufa de ventilação forçada sob temperatura de 70 °C, por 72 horas. Os resultados foram expressos em mg plântula⁻¹.

Emergência de plântulas em casa de vegetação: o teste de emergência de plântulas foi conduzido utilizando-se quatro subamostras de 50 sementes. A semeadura foi efetuada em bandejas de poliestireno expandido de duzentas células, contendo como substrato areia lavada. As sementes foram previamente colocadas entre três folhas de papel germitest umedecido com água destilada em quantidade equivalente a 2,5 vezes a massa do papel por cinco minutos, objetivando evitar o dano por embebição. Decorrido esse tempo, as sementes foram embebidas nos extratos de diferentes concentrações por uma hora e, em seguida realizada semeadura. Vinte e um dias após a semeadura foi registrada a contagem final do número de plântulas emergidas, sendo os resultados expressos em porcentagem.

Conteúdo de H₂O₂ e peroxidação lipídica: amostras de plântulas obtidas ao final do teste de germinação, foram maceradas em nitrogênio líquido e homogeneizadas em 2 mL de ácido tricloroacético (TCA) a 0,1%. O homogenato foi centrifugado a 13.000 g, durante 20 min a 4 °C, e o sobrenadante utilizado para determinar o conteúdo de H₂O₂ e malondialdeído (MDA). Os níveis de peróxido de hidrogênio foram determinados de acordo com Velikova et al. (2000). Em tubos de ensaio contendo 0,7 mL de tampão fosfato de potássio 10 mM (pH 7,0) e 1 mL de iodeto de potássio 1 M, foi adicionado 0,3 mL do sobrenadante e a mistura incubada por 10 minutos a 30 °C. Posteriormente, as leituras foram efetuadas em espectrofotômetro a 390 nm e a concentração de H₂O₂ expressa em µmol de H₂O₂ g⁻¹ de massa fresca. A peroxidação lipídica foi obtida via acúmulo de malondialdeído (MDA) e determinada pela metodologia descrita por Cakmak e Horst (1991). Em tubos de ensaio contendo 0,3 mL do sobrenadante foram adicionados a 1,7 mL do meio de reação constituído por de ácido

tiobarbitúrico (TBA) 0,5% (p/v) em TCA 10% (p/v), em seguida incubado a 90 °C, por 20 minutos. A reação foi paralisada por resfriamento rápido em gelo e após, centrifugadas novamente a 10.000 rpm durante cinco minutos, a 4 °C e as absorvâncias do sobrenadante determinadas em espectrofotômetro a 535 e 600 nm. A quantidade de complexos MDA-TBA (pigmento vermelho) foi calculado a partir do coeficiente de extinção molar $\epsilon = 155 \times 10^3 \text{ M}^{-1} \text{ cm}^{-1}$.

Determinação da atividade das enzimas antioxidantes: as análises enzimáticas foram efetuadas utilizando-se amostras de massa fresca de plântulas obtidas ao final do teste de germinação, maceradas em gral e pistilo com nitrogênio líquido, em presença de polivinilpolipirrolidona (PVPP) 20% e homogeneizados em 1,8 mL de tampão fosfato de potássio 100 mM (pH 7,8) contendo EDTA 0,1 mM e ácido ascórbico 20 mM. O extrato foi centrifugado a 13.000 rpm por 20 min à 4 °C e o sobrenadante utilizado para mensuração da atividade enzimática.

Superóxido dismutase (SOD - EC 1.15.1.1): a atividade da enzima SOD foi avaliada pela determinação da capacidade de inibição da fotorredução do azul de nitrotetrazólio (NBT) a 560 nm em meio de reação contendo tampão fosfato de potássio 50 mM (pH 7,8), metionina 14 mM, EDTA 0,1 µM, NBT 75 µM e riboflavina 2 µM, conforme Giannopolitis & Ries (1977). Uma unidade de atividade da SOD foi definida como a quantidade de enzima que produz uma inibição de 50% da redução fotoquímica do NBT.

Catalase (CAT - EC 1.11.1.6): a determinação da atividade da enzima CAT foi efetuada conforme descrito por Azevedo et al. (1998). A atividade foi monitorada pelo decréscimo na absorvância a 240 nm ($\epsilon = 39,4 \times 10^3 \text{ M}^{-1} \text{ cm}^{-1}$), durante 2 minutos em meio de reação de 4 mL incubado a 30 °C, contendo extrato enzimático, tampão fosfato de potássio 100 mM (pH 7,0) e peróxido de hidrogênio 12,5 mM.

Ascorbato peroxidase (APX - EC 1.15.1.1): a determinação da atividade da APX foi realizada empregando-se a metodologia proposta por Nakano e Asada (1981) pelo monitoramento da taxa de oxidação do ascorbato (ASA) por 2 min a 290 nm ($\epsilon = 2,80 \times 10^3 \text{ M}^{-1} \text{ cm}^{-1}$). O meio de reação foi incubado a 30 °C e composto por tampão fosfato de potássio 100 mM (pH 7,0) ácido ascórbico 0,5 mM, H₂O₂ 0,1 mM e extrato enzimático.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados com cinco tratamentos e quatro repetições. Os dados foram submetidos à análise de

variância e havendo significância a 5%, ajustados por polinômios ortogonais.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O extrato de *Z. aethiopica*, de acordo com a concentração, proporcionou alterações fisiológicas em sementes e plântulas de arroz vermelho, representadas por funções quadráticas (Figuras 1, 2 e 3).

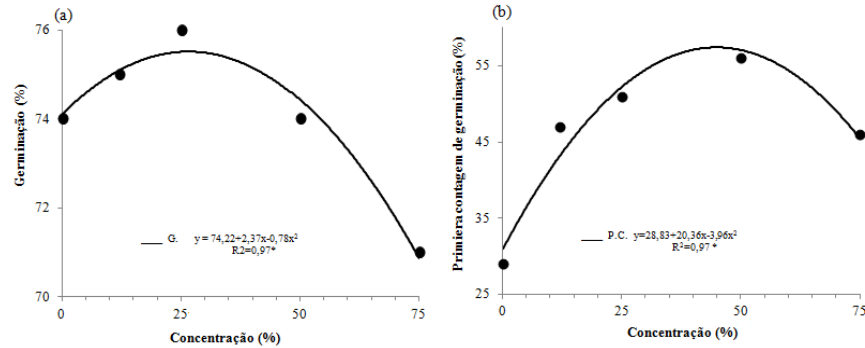


Figura 1. Germinação (G) e primeira contagem de germinação (PC), de sementes de arroz vermelho sob diferentes concentrações do extrato de *Z. aethiopica* (significativo a 5% *).

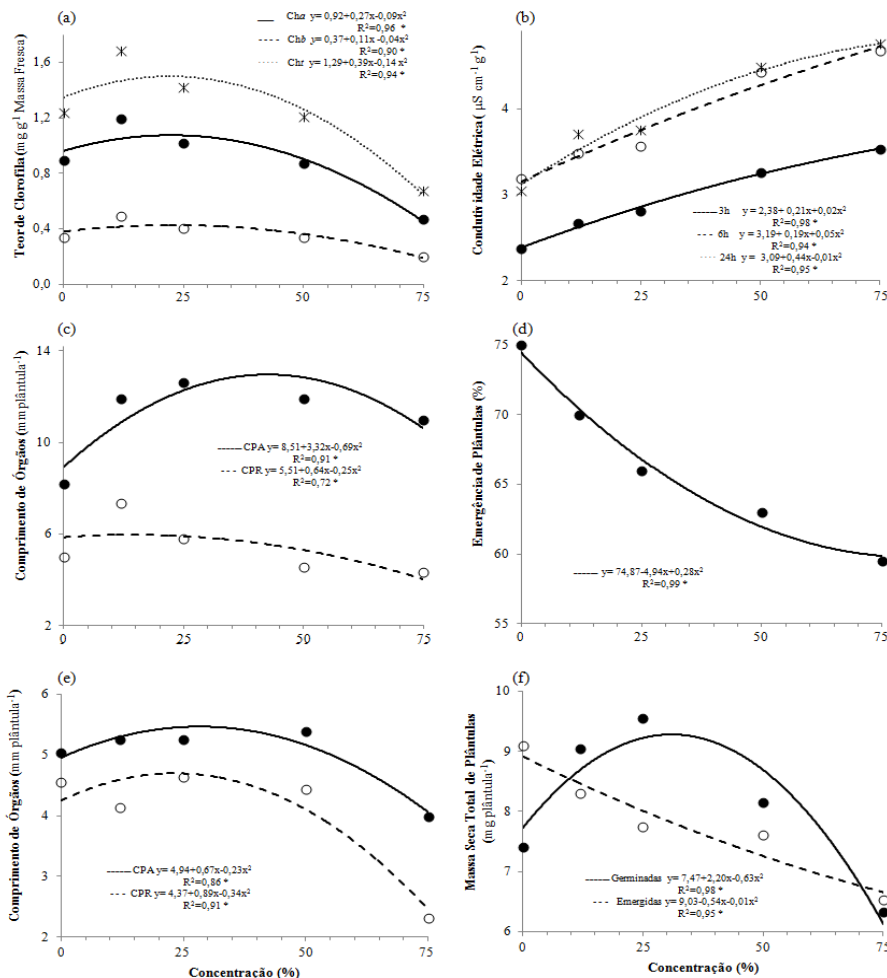


Figura 2. Teores de clorofila *a*, *b* e total de plântulas (a), condutividade elétrica de sementes (b), comprimento de parte aérea (CPA) e de raiz (CPR) de plântulas na germinação (c), emergência de plântulas em casa de vegetação (d), comprimento de parte aérea (CPA) e de raiz (CPR) de plântulas na emergência (e) e massa seca total de plântulas (f) sob diferentes concentrações do extrato de *Z. aethiopica* (significativo a 5%*).

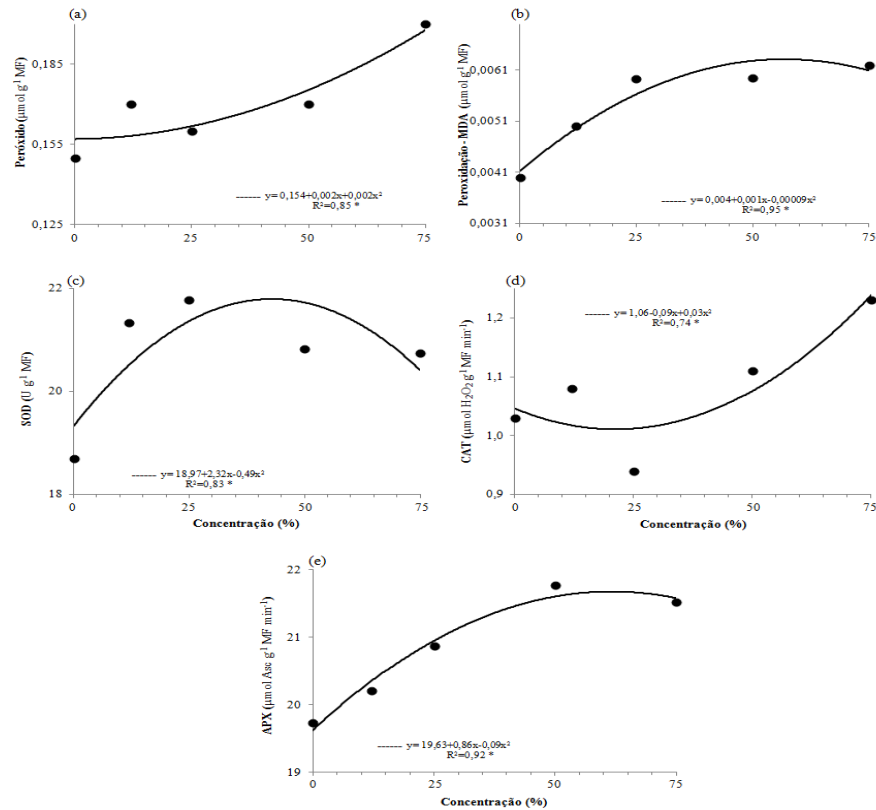


Figura 3. Peróxido de hidrogênio (a), peroxidação lipídica - MDA (b), atividade das enzimas: superóxido-dismutase - SOD (c), catalase - CAT (d), ascorbato-peroxidase - APX (e) em plântulas arroz vermelho obtidas em laboratório sob diferentes concentrações do extrato de *Z. aethiopica* (significativo a 5% *).

O aumento na concentração do extrato, tanto no teste de germinação quanto na primeira contagem, alterou a germinação de sementes de arroz vermelho (Figura 1). No teste de germinação, tal processo fisiológico foi favorecido até a concentração de 25%, havendo posterior tendência à redução até a concentração de 75%. Na primeira contagem, as diferentes concentrações do extrato proporcionaram elevação da germinação em relação à dose zero (Figura 1a). O aumento da germinação pode estar relacionado à tentativa de aclimação da espécie frente ao agente estressor, assim como, a menor sensibilidade do processo germinativo a

Os teores de clorofila foram afetados quantitativamente pelo aumento na concentração do extrato (Figura 2a). As clorofilas *a* e *b* mostraram tendência de aumento até a concentração 25% e colaboraram para o incremento da clorofila *total*, com posterior decréscimo. A redução nos teores de clorofila mantém relação ao fato de compostos tóxicos interferirem na fotossíntese, pela alteração no teor de clorofila em processos envolvendo enzimas clorofilases, influenciando negativamente na eficiência do fotossistema II, reduzindo a absorção de fótons pelo sistema antena (HUSSAIN;

compostos tóxicos, comparativamente ao crescimento inicial (ZHANG et al., 2010), a alteração da atividade de enzimática ou à elevada tolerância de plantas daninhas às condições adversas de meio (AARESTRUP et al., 2008; SANTOS et al., 2008). A redução da germinação em sementes submetidas às maiores concentrações do extrato foi ocasionada em parte, pela diminuição do número de plântulas normais. Cabe salientar que, o efeito tóxico depende da concentração do composto no tecido vegetal, da espécie, do órgão de extração e da interação genótipo e ambiente (WU et al., 2009).

REIGOSA, 2011) ou pela inibição da síntese de precursores da porfirina (RICE, 1984). Flavonóides, ácidos fenólicos, cumarinas e polifenóis estão entre os aleloquímicos que podem alterar o transporte de elétrons e a fosforilação nos fotossistemas (RIZVI et al., 1992).

A condutividade elétrica apresentou tendência de aumento em resposta ao incremento da concentração do extrato, nos três tempos de incubação (Figura 2b). O aumento da condutividade elétrica em sementes sob ação do extrato mantém relação ao aumento dos níveis de peróxido de

hidrogênio e a peroxidação de lipídios em plântulas (Figura 3a e 3b). Tais processos podem ter refletido na alteração da seletividade do sistema de membranas celulares e colaborado para o extravasamento acentuado de eletrólitos, reduzindo o número de plântulas normais e a germinação de sementes nas concentrações mais elevadas do extrato.

O comprimento de parte de aérea em plântulas obtidas no laboratório apresentou tendência ao aumento com o incremento da concentração do extrato, enquanto o de raiz foi reduzido nas concentrações superiores a 50%, evidenciando a toxidez (Figura 2c). Plântulas emergidas em casa de vegetação apresentaram tendência similar às de laboratório quanto ao crescimento de órgãos, porém, foram influenciadas de forma mais drástica. Na concentração de 75% houve redução no crescimento de parte aérea em 21% e de raiz em 49%, em comparação à concentração zero. Segundo Alves e Santos (2002), a alteração no comprimento de órgãos da plântula está relacionada a alterações no balanço hormonal, sendo resultados mais drásticos observados sobre a raiz comparativamente à parte aérea, devido sua exposição direta à ação do extrato (ALVES; SANTOS, 2002; DAILIRI et al., 2011) e pela maior sensibilidade dos tecidos deste órgão (LABBAFY et al., 2009). Manoel et al. (2009) verificaram que plântulas de tomateiro sob ação das maiores concentrações do extrato de *Stryphnodendron adstringens* reduziram o comprimento da raiz. De forma distinta, Silva et al. (2011) observaram que extratos de *Dicranopteris flexuosa* proporcionaram aumento no crescimento da raiz de plântulas de alface, não modificando o comprimento de parte aérea.

A emergência de plântulas em casa de vegetação foi afetada negativamente pelo aumento da concentração do extrato (Figura 2d), apresentando ajustamento quadrático. Em relação à concentração zero, houve redução na emergência de plântulas de 7; 12; 16 e 20%, respectivamente, para sementes expostas às concentrações 12; 25; 50 e 75% do extrato. É possível verificar que o extrato afetou o vigor da semente, processo que possui estreita relação à perda de seletividade do sistema de membranas celulares, conforme evidenciado pelo aumento da condutividade elétrica em sementes (Figura 2a) e peroxidação de lipídeos em plântulas (Figura 3b). A emergência de plântulas de caruru-de-mancha foi reduzida em resposta ao aumento da concentração do extrato de casca de arroz (SANTOS et al., 2002).

A massa seca total de plântulas na germinação e na emergência de plântulas foi alterada de maneira distinta (Figura 2f). Durante a germinação, as plântulas obtidas incrementaram a massa seca total e atingiram o maior acúmulo na concentração de 25% com acréscimo de 29% de massa, em relação à concentração zero. Em contraste, a concentração 75% do extrato acarretou em redução de 15% na massa seca, fato que pode estar relacionado à toxidez pelo acúmulo de peróxido de hidrogênio (Figura 3a). O aumento na quantidade de carbono alocado na plântula via degradação e mobilização de reservas do endosperma, em parte, tem relação à eficiência do sistema antioxidativo da plântula frente ao estresse ocasionado por baixas concentrações do extrato (Figura 3c, 3d e 3e).

Nas plântulas submetidas ao teste de emergência ocorreu redução linear da massa seca total em resposta ao aumento da concentração do extrato. Nas concentrações 6% e 75% houve diminuição de 9% e 28% na massa seca total alocada. A redução na alocação de massa seca é evidencia de que o alongamento dos órgãos não refletiu em maior alocação de carbono na plântula. A redução da massa seca total pode estar associada à inibição da atividade da enzima α -amilase ou da síntese de ácido giberélico (POLITYCKA; GMEREK, 2008), ou ainda, ao baixo aproveitamento de reservas da semente pelo acentuado extravasamento de eletrólitos ocasionado pela ação estressora do extrato sobre a integridade e seletividade do sistema de membranas celulares (Figura 2b; Figura 3b).

O teor de peróxido de hidrogênio aumentou em resposta ao incremento da concentração do extrato, apresentando ajustamento quadrático (Figura 3a). As elevações nos níveis desta espécie reativa de oxigênio corroboraram ao aumento na peroxidação de lipídeos em plântulas (Figura 3b). Este processo pode conduzir a danificação de membranas celulares e comprometer a permeabilidade, o potencial químico e o transporte de solutos para o interior de compartimentos celulares, alterando o adequado crescimento da planta (Figura 2c, 2e, 2f).

A atividade da enzima superóxido dismutase (SOD) foi mais expressiva em plântulas sob ação do extrato (Figura 3c), sendo a atividade crescente até concentração aproximada de 40%, em plântulas submetidas a tal condição de meio. A tendência de elevação na atividade da SOD pode ser explicada pelo efeito do extrato sobre os níveis do radical superóxido (O_2^{\bullet}) produzido pelo bloqueio da cadeia de transporte de elétrons aliado à geração

de elétrons livres ou, pela reação de transferência de elétrons do NADPH para o oxigênio molecular. A SOD converte o superóxido ($O_2^{\bullet-}$) em peróxido de hidrogênio (SINHA; SAXENA, 2006).

A elevação na atividade da enzima ascorbato-peroxidase (Figura 3), ocorreu possivelmente, pelo incremento nos níveis de peróxido de hidrogênio, visando sua degradação em água e oxigênio molecular (BARREIROS et al., 2006). Entretanto, é possível que a ação isolada da enzima ascorbato-peroxidase não tenha sido suficiente pra manter o equilíbrio entre a quantidade de peróxido de hidrogênio produzido e degradado (MATÊS, 2000), ocasionando seu acúmulo (Figura 3a).

O aumento da atividade da enzima catalase (Figura 3d) pode ter degradado parcialmente, o peróxido de hidrogênio em água (BARREIROS et al., 2006). A elevação da atividade da enzima catalase, de forma mais expressiva em plântulas sob concentrações mais elevadas do extrato, pode ser explicada pela sua baixa afinidade ao peróxido de hidrogênio (CARVALHO et al., 2011), sendo necessária a elevação do H_2O_2 para aumentar a atividade de tal enzima.

Cabe salientar que o aumento na atividade das enzimas antioxidantes possivelmente tenha sido eficiente na eliminação de radicais livres nos materiais mantidos sob concentrações mais baixas do extrato. Todavia, houve aumento no teor de peróxido de hidrogênio e na peroxidação de lipídeos nos tecidos, evidenciando, que o metabolismo enzimático antioxidativo não foi capaz de evitar a toxidez provocada pelo extrato, resultando em reflexos sobre os diferentes atributos fisiológicos.

CONCLUSÃO

O extrato de folhas maduras de *Z. aethiopica* proporciona, conforme a concentração, alterações em diferentes atributos fisiológicos de sementes e plântulas de arroz vermelho com efeito negativo sobre o vigor da semente, o metabolismo enzimático antioxidante, o crescimento inicial e os teores de clorofila em plântulas sob maiores concentrações do extrato testadas.

AGRADECIMENTOS

À CAPES, pela concessão de Bolsa de Doutorado.

ABSTRACT: The work aimed to evaluate the leaves extract concentration influence *Zantedeschia aethiopica* on physiological attributes of red rice seeds and seedlings. Treatments were mature leaf extracts at concentrations of 0; 12; 25; 50 and 75%. Were evaluated the germination, first count germination, length of shoot and root, seedling total dry mass, chlorophyll content, electrical conductivity, activity of the enzymes superoxide dismutase, catalase and ascorbate peroxidase, lipid peroxidation, content of hydrogen peroxide and seedling emergence, length of organs and total dry mass of seedlings emerged. Chlorophyll contents were changed quantitatively and qualitatively, seedling emergence, the root length and total dry mass of seedlings was reduced by increasing the concentration of the extract. There was increase in lipid peroxidation, the activity increase of enzymes superoxide dismutase, ascorbate peroxidase and catalase with the concentration of the extract. The results of the work demonstrated that extract of mature leaves of *Z. aethiopica* alters different physiological attributes and features toxicity of red rice seeds and seedlings.

KEYWORDS: *Oryza sativa* L. Vigor. Initial growth. Chlorophyll. Antioxidant enzymes.

REFERÊNCIAS

- ABUGRE, S.; APETORGBOR, A. K.; ANTWIWAA, A.; APETORGBOR, M. M. Allelopathic effects of ten tree species on germination and growth of four traditional food crops in Ghana. **Journal of Agricultural Technology**, Tehran, v. 7, n. 3, p. 825-834, 2011.
- AARESTRUP, J. R.; KARAM, D.; CORREA, E. J. A.; FERNANDES, G. W. Análise da viabilidade de sementes de *Euphorbia heterophylla*. **Planta daninha**, Viçosa, v. 26, n. 3, p. 515-519, 2008.
- ALVES, S. M.; SANTOS, L. S. Natureza química dos agentes alelopáticos. In: SOUZA FILHO, A. P. S.; ALVES, S. M. (Eds.). **Alelopatia: princípios básicos e aspectos gerais**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2002, p. 25-47.
- ARNON, D. I. Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. **Plant Physiology**, Rockville, v. 24, n. 1, p. 1-15, 1949.

- AZEVEDO, R. A.; ALAS, R. M.; SMITH, R. J.; LEA, P. J. Response from elevated carbon dioxide to air and ozone fumigation in leaves and roots of wild type and a catalase-deficient mutant of barley. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 104, n. 2, p. 280-292, 1998.
- BALBINOT JUNIOR, A. A.; FLECK, N. G.; BARBOSA NETO, J. F.; RIZZARDI, M. A. Características de plantas de arroz e a habilidade competitiva com plantas daninhas. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 21, n. 2, p. 165-174, 2003.
- BARREIROS, A. L. B. S.; DAVID, J. M.; DAVID, J. P. Estresse oxidativo: relação entre geração de espécies reativas e defesa do organismo. **Química Nova**, São Paulo, v. 29, n. 1, p. 113-123, 2006.
- BORELLA, J.; MARTINAZZO, E. G.; AUMONDE, T. Z.; AMARANTE, L.; MORAES, D. M.; VILLELA, F. A. Respostas na germinação e no crescimento inicial de rabanete sob ação de extrato aquoso de *Piper mikanianum* (Kunth) Steudel. **Acta Botânica Brasílica**, Feira de Santana, v. 26, n. 2, p. 404-409, 2012.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para Análise de Sementes**. Brasília: SNAD/CLAV, 2009, 398p.
- CARILLO, P.; COZZOLINO, C.; D'ABROSCA, B.; NACCA, F.; DELLA GRECA, M.; FIORENTINO, A.; FUGGI, A. Effects of the allelochemicals Dihydrodiconiferyl Alcohol and Lariciresinol on metabolism of *Lactuca sativa*. **The Open Bioactive Compounds Journal**, Saskatoon, v. 3, n. 1, p. 18-24, 2010.
- CAKMAK, I.; HORST, W. J. Effect of aluminium on lipid peroxidation, superoxide dismutase, catalase, and peroxidase activities in root tips of soybean (*Glycine max*). **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 83, n. 3, p. 463-468, 1991.
- CARVALHO, F. E. L.; LOBO, A. K. M.; BONIFACIO, A.; MARTINS, M. O.; LIMA NETO, M. C.; SILVEIRA, J. A. G. Aclimação ao estresse salino em plantas de arroz induzida pelo pré-tratamento com H₂O₂. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 4, p. 416-423, 2011.
- DAILIRI, M. S.; MAZLOOM, P.; TOUDAR, S.; ABOLFATHI, H. Inhibitive effects of barley on germination and growth of seedling thorn-apple. **American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences**, Dubai, v. 10, n. 6, p. 10000-10005, 2011.
- DELLA GRECA, M.; FERRARA, M.; FIORENTINO, A.; MONACO, P.; PREVITERA, L. Antialgal compounds from zantedeschia aethiopica. **Phytochemistry**, New York, v. 49, p. 1299-1304, 1998.
- GIANNOPOLITIS, C. N.; RIES, S. K. Superoxide dismutase. I. Occurrence in higher plants. **Plant Physiology**, Rockville, v. 59, n. 2, p. 309-314, 1977.
- HUSSAIN, M. I.; REIGOSA, M. J. Allelochemical stress inhibits growth, leaf water relations, PSII photochemistry, non-photochemical fluorescence quenching, and heat energy dissipation in three C3 perennial species. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 62, n. 13, p. 453-4545, 2011.
- KRZYZANOWSKI, F. C.; FRANÇA-NETO, J. B.; HENNING, A. A. Relato dos testes de vigor disponíveis para grandes culturas. **Informativo ABRATES**, Londrina, v. 1, n. 2, p. 15-50, 1991.
- LABBAFY, F.; MAIGHANY, F.; HEJAZY, A.; KHALAJ, H.; BAGHESTANY, A.M.; ALLAHDADY, I.; MEHRAFARIN, A. Study of allelopathic interaction of wheat (*Triticum aestivum* L.) and rye (*Secale cereal* L.) using equal-compartment-agar method. **Asian Journal of Agricultural Sciences**, Taiwan, v. 1, n. 2, p. 25-28, 2009.
- LEITÃO FILHO, H. F.; BANZATO, N. V.; AZZINI, L. E. Estudos de competição entre o arroz vermelho e o arroz cultivado. **Bragantia**, Campinas, v. 31, n. 21, p. 249-258, 1972.

LICHTENTHALER, H. K. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. **Methods in Enzymology**, San Diego, v. 148, n. 22, p. 350-382, 1987.

MANOEL, D. D.; DOICHE, C. F. R.; FERRARI, T. B.; FERREIRA, G. Atividade alelopática dos extratos fresco e seco de folhas de barbatimão (*Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville) e pata-de-vaca (*Bauhinia forficata* link) sobre a germinação e desenvolvimento inicial de plântulas de tomate. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 30, n. 1, p. 63-70, 2009.

MATÉS, J. M. Effects of antioxidant enzymes in the molecular control of reactive oxygen species toxicology. **Toxicology**, Limerick, v. 153, p. 83-104, 2000.

NAKANO, Y.; ASADA, K. Hydrogen peroxide is scavenged by ascorbate-specific peroxidase in spinach chloroplasts. **Plant and Cell Physiology**, Tokyo, v. 22, n. 5, p. 867-880, 1981.

POLITYCKA, B.; GMEREK, J. Effect of ferulic and p-coumaric acidson the activity of hydrolytic enzymes and growth of radicals in germinating seeds of cucumber and pea. **Allelopathy Journal**, Haryana, v. 21, n. 2, p. 227-238, 2008.

PUTNAM, A. R.; DUKE, W. B. Allelopathy in Agroecosystems. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v. 16, n. 1, p. 43-451, 1978.

ROSA, S. D. V. F.; REZENDE, E. V. R. V. P.; VIEIRA, E. S. N.; VEIGA, R. D.; VEIGA, A. D. Enzimas removedoras de radicais livres e proteínas *lea* associadas à tolerância de sementes milho à alta temperatura de secagem. **Revista Brasileira de Sementes**, Viçosa, v. 27, n. 2, p. 91-101, 2005.

RICE, E. L. **Allelopathy**. 2 ed. Academic Press: New York, 1984, 422p.

RIZVI, S. J. H.; HAQUE, H.; SINGH, V. K.; RIZVI, V. A discipline called allelopathy. In: RIZVI, S. J. H.; RIZVI, V. (Eds.). **Allelopathy: basic and applied aspects**. London: Chapman & Hall, 1992, 504p.

SANTOS, J. B.; LÁZARI, T. M.; CAMELO, G. N.; OLIVEIRA, T. A.; FIGUEIREDO, J. L. A. Competição entre soja resistente ao glyphosate e plantas daninhas em solo compactado. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 26, n. 1, p. 123-130, 2008.

SANTOS, J. C. F.; SOUZA, I. F.; MENDES, A. N. G.; MORAIS, A. R.; CONCEIÇÃO, H. E. O.; MARINHO, J. T. S. Efeito de extratos de cascas de café e de arroz na emergência e no crescimento do caruru-de-mancha. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 6, p. 783-790, 2002.

SILVA, V. S.; CÂNDIDO, A. C. S.; MULLER, C.; LAURA, V. A.; FACCENDA, O.; SIMIONATTO, E.; HESS, S. C.; PERES, M. T. L. P. Potencial fitotóxico de *Dicranopteris flexuosa* (Schrad.) Underw. (Gleicheniaceae). **Acta Botânica Brasílica**, Feira de Santana, v. 25, n. 1, p. 95-104, 2011.

SINHA, S.; SAXENA, R. Effect of iron on lipid peroxidation, and enzymatic and nonenzymatic antioxidants and bacoside-a content in medicinal plant bacopa monnieri l. **Chemosphere**, Oxford, v. 62, n. 8, p. 1340-1350, 2006.

VELIKOVA, V.; YORDANOV, I.; EDREVA, A. Oxidative stress and some antioxidant systems in acid rain-treated bean plants. **Plant Science**, Limerick, v. 151, n. 1, p. 59-66, 2000.

ZHANG, D.; ZHANG, J.; YANG, W.; WU, F. Potential allelopathic effect of *Eucalyptus grandis* across a range of plantation ages. **Ecological Research**, Yokohama, v. 25, n.1, p. 13-23, 2010.

WU, A. P.; YU, H.; GAO, S. Q.; HUANG, Z. Y.; HE, W. M.; MIAO, S. L.; DONG, M. Differential belowground allelopathic effects of eaf and root of *Mikania micrantha*. **Trees Structure and Function**, Berlin, v. 23, n. 1, p. 11-17, 2009.