

Composição bioquímica e vigor de sementes de soja sob diferentes condições de envelhecimento acelerado

Resumo

A deterioração das sementes é um processo natural e envolve a interação de mudanças citológicas, fisiológicas, bioquímicas e físicas, resultando na perda de vigor e viabilidade. O objetivo do trabalho foi avaliar os efeitos de diferentes soluções no teste do envelhecimento acelerado de sementes de soja sobre a mobilização de reservas, germinação e o desempenho inicial das plântulas. Foram utilizadas 200 sementes por tratamento que consistiram de testemunha (sem envelhecimento), solução tradicional (água destilada), solução salina (1,8 M) e solução salina saturada (6,8 M). Os recipientes foram incubados a 41 °C, durante 24, 48 e 72 horas. A germinação diminuiu com o tempo de incubação e aumento da concentração de NaCl, enquanto a condutividade elétrica aumentou. Os teores de açúcares totais, açúcares redutores e proteínas aumentaram com o tratamento tradicional, após 24 horas. O tratamento com solução salina saturada foi o que resultou no maior acúmulo de matéria fresca de plântulas aos 14 dias. Conclui-se que no caso da soja a utilização da solução salina saturada teve efeitos mais severos em relação ao envelhecimento tradicional de sementes.

Aquelis Armiliato Emer¹

Marisa de Cacia Oliveira²

Amanda Izabel dos Passos³

Douglas Junior Bertonecelli⁴

Palavras chave: *Glycine max*; açúcares; germinação; proteínas.

Biochemical composition and vigor of soybean seeds under different conditions of accelerated aging

Abstract

The deterioration of the seeds is a natural process and involves the interaction of cytological, physiological, biochemical, and physical changes, resulting in the loss of vigor and viability. The objective of this work was to evaluate the effects of different solutions in the accelerated aging test of soybean seeds on the mobilization of reserves, germination, and early seedling performance. Two hundred seeds were used for treatment that consisted of witness (without aging), traditional solution (distilled water), saline solution (1.8 M), and saturated saline solution (6.8 M). The containers were incubated at 41° C for 24, 48 and 72 hours. Germination reduced with the incubation time and increasing the concentration of NaCl, while the electrical conductivity increased. The concentration of total and reducing sugars, and proteins have increased with the traditional treatment, after 24 hours. Treatment with saturated saline solution was what resulted in the largest accumulation of fresh matter of seedlings to 14 days. It is concluded that in the case of soybeans, the use of saturated saline solution had the severest effects in relation to the traditional aging seeds.

Key words: *Glycine max*; sugars; germination; proteins.

Received at: 06/04/15

Accepted for publication at: 11/11/15

1 Doutoranda em Fitotecnia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, URS. Porto Alegre-RS; Email: aquelis_emer@hotmail.com.

2 Dra. Prof. Agronomia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, Câmpus Pato Branco. Email: marisa_olive@yahoo.com.br.

3 Mestre em Agronomia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, Câmpus Pato Branco. Email: amandaizabelp@gmail.com.

4 Doutorando em Agronomia, Universidade Estadual de Londrina - UEL. Email: dj_bertoncelli@hotmail.com.

Composición bioquímica y vigor de las semillas de soja en diferentes condiciones de envejecimiento acelerado

Resumen

El deterioro de las semillas es un proceso natural y envuelve la interacción de cambios de citológicos, fisiológicos, bioquímicos y físicos que ocasionan la pérdida de vigor y viabilidad. El objetivo fue evaluar los efectos de diferentes soluciones en ensayo de envejecimiento acelerado de semillas de soja en la movilización de las reservas, la germinación y rendimiento temprano de las plántulas. Se utilizaron 200 semillas por tratamiento, que consistieran en el control (sin envejecimiento), solución tradicional (agua destilada), solución salina (1,8 M) y solución salina saturada (6,8 M). Los vasos fueran incubados a 41 °C durante 24, 48 y 72 horas. La germinación disminuyó con el tiempo de incubación y aumento de la concentración de NaCl, mientras que la conductividad eléctrica aumentó. Los niveles de azúcares totales, azúcares reductores y proteínas aumentaron con el tratamiento tradicional después de 24 horas. El tratamiento con solución salina saturada presentó una mayor acumulación de peso fresco de las plántulas a los 14 días. Se concluye que en el caso de la soja el uso de solución salina saturada tuvo efectos más graves en comparación con el envejecimiento tradicional de semillas.

Palabras clave: Glycine max; azúcares; germinación; proteínas.

Introdução

Atualmente, a cultura da soja é de grande importância econômica para o Brasil, visto que constitui uma das principais commodities do agronegócio brasileiro. Esta posição é consequência da expansão das fronteiras agrícolas, de avanços genéticos e da incorporação de tecnologias na produção, as quais promoveram aumento da produtividade média das lavouras.

O alcance de altas produtividades é consequência de todas as fases de produção, contudo, a utilização de sementes de alta qualidade constitui a etapa primordial, pois determina o estabelecimento e o estande inicial de plantas.

A qualidade das sementes é resultante do somatório de atributos genéticos, físicos, sanitários e fisiológicos (SANTOS et al., 2007). Neste sentido, a manutenção do potencial fisiológico talvez seja o de mais difícil controle, já que atua permanentemente e sua perda pode ser somente atenuada e não anulada. O potencial fisiológico das sementes é o conjunto de aptidões que permite estimar a probabilidade da semente manifestar suas funções vitais, resumidas pela soma da viabilidade e do vigor (MARCOS FILHO, 2005).

Ao longo do tempo, as sementes vão perdendo gradualmente o vigor, efeito que pode ser mais ou menos intenso conforme as condições ambientais a que são submetidas. Neste contexto, a exposição das sementes a condições de temperatura

e umidade relativa elevadas acelera o processo de deterioração, pois provoca alterações degenerativas no metabolismo das sementes.

O processo de deterioração das sementes envolve mudanças citológicas, fisiológicas, bioquímicas e físicas que causam efeitos sobre a germinação, viabilidade e vigor (COSTA et al., 2005). Este processo pode ser mensurado através de testes de vigor, como o de envelhecimento acelerado e da condutividade elétrica. Porém, são escassos os trabalhos que relacionem os testes de vigor com degradação de reservas e desenvolvimento inicial das plântulas.

Diante do exposto, este trabalho teve por objetivo avaliar os efeitos da utilização da metodologia do envelhecimento acelerado sobre sementes de soja e sua relação com a mobilização de reservas, com o desempenho inicial de plântulas e com a condutividade elétrica.

Material e métodos

Os ensaios foram conduzidos no Laboratório de Sementes e Laboratório de Bioquímica e Fisiologia Vegetal da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus - Pato Branco, PR.

Foram utilizadas sementes de soja (*Glycine max* L. Merrill.) da cultivar Don Mario 5.8i (BMX Apolo RR), categoria S1, peneira 6,5 e umidade de 12,1%, cultivadas na safra agrícola 2010/2011, no município de Pato Branco, PR, .

Os tratamentos para o processo de envelhecimento acelerado consistiram de água destilada (TRA), solução salina (SS) e solução salina saturada (SSS). Para a preparação das soluções salinas foi utilizado o cloreto de sódio (NaCl), nas concentrações de 1,8 M (SS) e 6,8 M (SSS).

Foram utilizados recipientes plásticos tipo "gerbox", sendo que cada um recebeu volume de 40 mL de solução, o que promoveu uma umidade relativa dentro dos recipientes de 100% (TRA), 94% (SS) e 76% (SSS), conforme método descrito por Jianhua e McDonald (1996). Após esse procedimento, em cada gerbox, foram dispostas 200 sementes uniformemente sobre tela metálica para se evitar contato com as soluções e, então, levados para câmara de BOD a 41 °C, onde ficaram durante períodos de 24, 48 e 72 horas.

Após a etapa de envelhecimento das sementes, foi realizado o teste de germinação, onde 100 sementes foram colocadas em papel germitest umedecido com água (equivalente a duas vezes sua massa inicial). Em seguida, os papéis foram enrolados e levados para câmara de germinação do tipo BOD com temperatura de 25°C. Para cada tratamento foram feitas 4 repetições e a avaliação da germinação ocorreu no 5º dia após a implantação do teste. Foram consideradas sementes germinadas àquelas que continham todas as estruturas essenciais para o desenvolvimento das plantas (BRASIL, 2009).

As sementes envelhecidas também foram submetidas à análise de condutividade elétrica. Para isso, foram utilizados copos plásticos (200 mL) onde foram colocadas 25 sementes, previamente pesadas e, posteriormente, foram adicionados 75 mL de água destilada; em seguida, os recipientes foram colocados em BOD, com temperatura constante de 25 °C, no escuro, por um período de 24 horas. Transcorrido esse tempo, foram realizadas as leituras de condutividade elétrica das soluções de embebição das sementes, utilizando-se condutímetro DIGIMED CD-21.

Para a avaliação de plântula foi realizada a semeadura diretamente no solo em canteiros em casa de vegetação (UTFPR). Foram semeadas 40 sementes por tratamento, com 4 repetições. As regas foram feitas diariamente de uma a duas vezes conforme a necessidade. Após 14 e 21 dias da semeadura foram arrancadas, aleatoriamente, dez plântulas de cada tratamento para a obtenção das massas fresca (MF) e seca (MS).

A massa fresca foi obtida através da pesagem das plântulas inteiras em balança de precisão e após

essa avaliação, as amostras foram colocadas em estufa com circulação de ar, com temperatura aproximada de 80 °C para secagem, até massa constante, para obtenção da massa seca.

As análises bioquímicas das sementes consistiram na avaliação dos teores de açúcares totais (AT) e redutores (AR), pelos métodos do fenol sulfúrico (DUBOIS et al., 1956) e do dinitrosalicílico (MILLER, 1959), respectivamente, com glucose como padrão, e de proteínas pelo método descrito por BRADFORD (1976), tendo soro albumina bovina como padrão.

O experimento foi conduzido em um bifatorial composto por três soluções: Tradicional (TRA), Salina (SS) e Salina Saturada (SSS), e três períodos de exposição - 24, 48 e 72 horas. A testemunha consistiu em sementes não envelhecidas. Foram feitas quatro repetições, sendo empregado o delineamento inteiramente casualizado, com as médias sendo submetidas à análise da variância (Anova), com nível de significância de 5%, através do programa ASSISTAT.

Resultados e discussão

Não houve interação entre o tempo de exposição ao envelhecimento acelerado e as soluções analisadas para o teste de germinação. Contudo, foi observado que o tratamento tradicional, que utiliza somente água no processo de envelhecimento, foi o que promoveu a maior percentagem de germinação (Figura 1).

Esse resultado sugere que a diminuição da umidade relativa do ambiente, pela utilização de soluções salinas, resultou em maior envelhecimento, ou seja, a perda parcial do poder de germinação com aumento da concentração de NaCl. Desta forma, a variação na umidade relativa não teria sido suficiente para abrandar os efeitos da umidade sobre as sementes da espécie. Segundo COSTA et al. (2005) as sementes de soja têm o grau de umidade fortemente influenciado pelo ambiente, aumentando ou reduzindo seu volume em função da maior ou menor intensidade de absorção de água.

Somado a este fator, o tamanho das sementes pode ter contribuído para esses resultados, visto que sementes maiores apresentam menor área de superfície específica e, por esse motivo, ficam menos expostas, o que provavelmente torne as diferenças na umidade menos significativas. Conforme SILVA e VILLELA (2011), a embebição pelas sementes

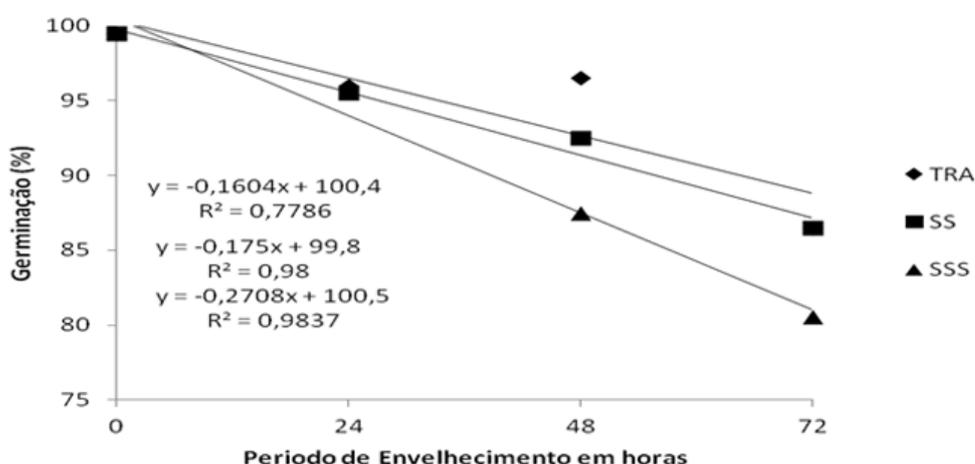


Figura 1. Porcentagem de germinação de sementes de soja cultivar Apollo RR, após 24, 48 e 72 e horas de exposição ao envelhecimento acelerado tradicional (TRA), solução salina (SS) e solução salina saturada (SSS).

sofre interferências da composição química, da permeabilidade do tegumento, da disponibilidade de água nos estados líquido ou gasoso, da temperatura, da área de contato entre a semente e o substrato.

FESSEL et al. (2005) usaram a metodologia do envelhecimento acelerado com solução salina para avaliação de sementes de brócolis e constataram a eficiência da mesma, pois segundo os autores, a utilização de solução salina retardou a absorção de água em sementes pequenas, promovendo efeitos menos drásticos. Além disso, o uso de solução salina no presente trabalho pode ter interferido na desidratação das sementes, que acabaram perdendo água para o ambiente, diminuindo o número de sementes germinadas. Em estudo realizado por BERTAGNOLLI et al. (2004), utilizando sementes de soja submetidas a estresse salino, com imersão das sementes em diferentes concentrações de NaCl, foram encontrados resultados que indicaram redução significativa na capacidade germinativa, com aumento da concentração da solução. Segundo os autores, potenciais hídricos muito negativos, especialmente no início da embebição, limitam a absorção de água provocando falta de energia para desencadear os processos metabólicos, podendo inviabilizar a sequência de eventos do processo germinativo.

Para todas as soluções, a porcentagem de germinação diminuiu de forma linear conforme o aumento de período de exposição das sementes às condições de envelhecimento acelerado. Os resultados encontrados por SILVA et al. (2010) também mostraram decréscimo na germinação das sementes de soja, de diferentes cultivares, com aumento do período de exposição ao envelhecimento acelerado. Os autores atribuíram este fato à maior sensibilidade de determinada cultivar, assim como a maior incidência de *Phomopsis* e/ou *Fusarium* favorecidos por ambientes quentes e úmidos, cuja contaminação pode ocorrer ainda no campo, como também ocorreu nos experimentos realizados (dados não mostrados).

BINOTTI et al. (2008) também constataram que após 72 horas de envelhecimento acelerado, sementes de feijão tiveram diminuição significativa na germinação, o que segundo os autores indicaria que, a partir desse período de exposição, as sementes perdem a capacidade de reparação dos danos causados pelo processo de envelhecimento acelerado.

Na Tabela 1 são apresentados os resultados referentes à condutividade elétrica das sementes, após o envelhecimento acelerado. Houve interação significativa entre as soluções e os períodos de exposição das sementes ao teste de envelhecimento,

sendo que o tratamento TRA foi o que obteve a maior porcentagem de germinação e também a menor condutividade elétrica, demonstrando menor perda de íons para solução e maior vigor das sementes. Em trabalho realizado por SCHUAB et al. (2006) com sementes de soja, os autores também encontraram relação entre os testes de condutividade elétrica, emergência em campo e de germinação, e ainda constataram que os testes de envelhecimento acelerado e de condutividade elétrica apresentaram tendências semelhantes, indicando boa sensibilidade para a avaliação do potencial fisiológico das sementes de soja das cultivares estudadas.

Neste trabalho, verificou-se aumento da condutividade elétrica com o aumento da concentração de NaCl na solução de envelhecimento o que também foi verificado por BERTAGNOLLI et al. (2004), porém, em tempos de medição diferentes, mas indicando a influência das soluções no processo.

Para o período de 72 horas foram encontrados resultados contraditórios no teste de condutividade elétrica. Ao contrário das demais, SS resultou em maiores perdas para o meio quando comparada à SSS, com em maior condutividade, porém, não se descarta algum fator interferente, como contaminantes e a presença de sementes danificadas, o que resultaria em aumento na concentração de exsudatos na solução e, conseqüentemente, na condutividade elétrica.

Outro fator que pode ter influenciado na condutividade elétrica foi a maior hidratação das sementes conseguidas com a solução TRA. SILVA e VILLELA (2011) verificaram que sementes de soja que receberam tratamento de pré-hidratação tiveram diminuição na lixiviação de exsudatos, sendo que os valores da condutividade decresceram com o aumento dos teores de água das sementes. Segundo os autores, esse evento permite inferir que a pré-hidratação possibilitou uma melhor estruturação das membranas celulares, reduzindo a passagem de solutos do interior das sementes para o meio externo onde se encontra a solução de hidratação.

Nas análises de açúcares totais nas sementes não houve um padrão de comportamento entre tratamentos - soluções x períodos de exposição. Para TRA houve aumento nos teores de açúcares totais com o período de exposição às condições de envelhecimento, sendo que em 24 e 48 h se obtiveram as maiores concentrações, decaindo a partir de 72 horas (Figura 2A).

Esse resultado está de acordo com os apresentados por TEIXEIRA et al. (1980), que verificaram aumento dos teores de açúcares totais

em sementes de soja ao final de doze meses de armazenamento em condições não controladas, diminuição da germinação e do vigor. No tratamento SS, observaram-se variações nas concentrações, com aumento em 24 horas e posterior diminuição. Em SSS os teores foram menores que o inicial, com pequenas variações. BUCKERIDGE et al. (1992) apontam que a maior disponibilidade de açúcares totais representa maior energia para a germinação e, também, possibilidade de maior tempo de armazenamento. Em termos de energia e carbono, a mobilização de reservas é de fundamental importância para o desenvolvimento inicial das plântulas.

GUIMARÃES et al. (2002) relacionam a presença de açúcares solúveis não redutores a mecanismos naturais de prevenção à ocorrência de danos por embebição em sementes, contribuindo na estabilização dos fosfolipídios das membranas celulares. Desta forma, a maior umidade relativa proporcionada por TRA pode ter estimulado a formação/liberação de açúcares como uma forma de evitar danos às membranas e, com isso, manter sua viabilidade. BORGES et al. (1992) expõem que o declínio no teor de açúcares solúveis totais, com o avançar dos períodos de envelhecimento, não pode ser considerado como fator crítico na manutenção da viabilidade da semente, apesar de sua utilização durante os processos metabólicos da germinação.

Há evidências de que a presença de açúcares não reduzidos estabiliza membranas de sementes secas e os açúcares solúveis atuam como substitutos da água, desempenhando importante papel na tolerância à dessecação em sementes, por evitar a transição do estado líquido-cristalino das membranas celulares para o estado de gel induzida pela dessecação (GUIMARÃES et al., 2002). REIS et al. (2011) observaram resultados semelhantes em seu estudo com *Gliricidia sepium*, submetida ao armazenamento. Estes autores verificaram aumento no teor de sacarose com o maior tempo de armazenamento, o que atribuíram como um possível mecanismo de proteção para combater processos de deterioração.

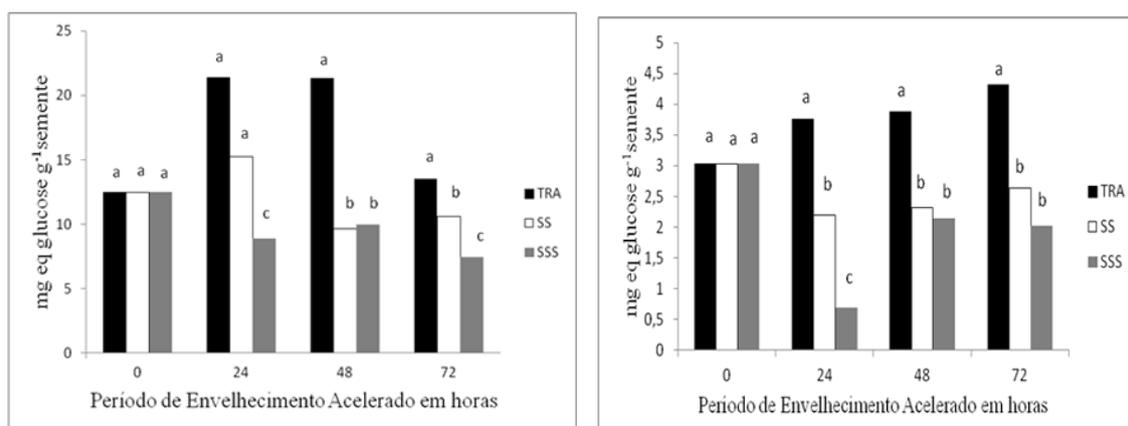
BINOTTI et al. (2008), analisando a solução de embebição do teste de condutividade elétrica em sementes de feijão, observou que o teor de açúcares no exsudato teve uma ligeira queda, com posterior aumento conforme a maior exposição ao envelhecimento acelerado, o que foi observado neste trabalho, principalmente para as sementes envelhecidas com SS.

Para os teores de açúcares redutores, o

Tabela 1. Condutividade elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$) de sementes de soja cultivar Apollo RR, após 24, 48 e 72 horas de exposição ao envelhecimento acelerado tradicional (TRA), solução salina (SS) e solução salina saturada (SSS).

Soluções	Tempos de exposição (horas)			
	0	24	48	72
TRA	71,36 a	49,62 c	52,77 c	53,25 c
SS	71,36 a	59,62 b	62,86 b	84,88 a
SSS	71,36 a	74,71 a	74,26 a	74,77 b
CV(%)	7,63			

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

**Figura 2.** Conteúdo de açúcares totais (A) (CV: 8,13%) e açúcares redutores (B) (CV: 17,17%) em sementes de soja cultivar Apollo RR, após 24, 48 e 72 horas de exposição ao envelhecimento acelerado tradicional (TRA), solução salina (SS) e solução salina saturada (SSS).

Médias seguidas pelas mesmas letras períodos de tempo não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

tratamento TRA, assim como para açúcares totais, apresentou maiores concentrações que os demais (Figura 2B). De acordo com De PAULA et al. (1998), durante a deterioração de sementes, o conteúdo de açúcares redutores tende a aumentar. Contudo, esse comportamento ficou restrito ao tratamento TRA, enquanto que as soluções salinas provocaram

decréscimo nos teores, mais acentuado na SSS, em 24 horas.

Parte dos açúcares redutores produzidos durante a lise das moléculas de reserva é utilizada na respiração celular dos tecidos, que é a principal fonte de energia durante os estágios iniciais de germinação das sementes. Outra fração destes açúcares é

empregada para a produção de sacarose que é transportada para o eixo embrionário, no processo de fornecimento de energia para sua manutenção e desenvolvimento (REIS et al., 2011).

WETTTLAUFER e LEOPOLD (1991), estudando o processo de deterioração em sementes de soja, concluíram que quando submetidas ao envelhecimento precoce, ocorrem reações de Amadori e Maillard envolvendo os açúcares, as quais resultam em menor porcentagem de germinação e perda da viabilidade das sementes. De PAULA (1998) atribuiu a queda nos níveis dos açúcares em sementes de *Hevea brasiliensis* às atividades das enzimas invertase e galactosidase, as quais estariam ativas devido à alta umidade presente nas sementes, fazendo com que houvesse um aumento gradativo de açúcares redutores. Contudo, assim que os açúcares são produzidos, imediatamente participariam das reações de Amadori e de Maillard, diminuindo a quantidade encontrada nas sementes.

Os teores de proteínas tiveram um comportamento semelhante aos açúcares totais e redutores, com aumento nas concentrações em TRA e variações para os outros dois tratamentos, sendo que no SSS ocorreram quedas com o tempo (Figura 3A). As maiores concentrações de proteínas, menor condutividade elétrica, assim como maiores teores de açúcares encontrados no tratamento TRA correlacionam com a maior porcentagem de germinação, já que estão relacionadas à qualidade fisiológica das sementes. HENNING et al. (2010), utilizando sementes de soja, concluíram que sementes

mais vigorosas apresentam maiores quantidades de proteínas em comparação às de menor vigor.

REIS et al. (2011) observaram em sementes de *Gliricidia sepium* que houve uma queda no teor de proteínas totais em sementes não armazenadas com 48 horas de embebição, sendo que após esse período houve uma elevação nesses teores, semelhante ao ocorrido neste trabalho com o envelhecimento TRA das sementes. PONTES et al. (2002) também observaram que durante a embebição de sementes de *Apuleia leiocarpa* houve a elevação na concentração de proteínas nos cotilédones da espécie.

Neste sentido, a alta umidade relativa e temperatura estimulam a atividade respiratória, sendo que o maior grau de umidade provocado pela solução TRA, pode ter acarretado numa embebição mais rápida das sementes que possivelmente estimulou a síntese de proteínas para desencadear o processo de germinação.

Ao serem avaliadas as massas frescas das plântulas originadas de sementes que passaram pelos tratamentos de envelhecimento acelerado, foram verificadas diferenças estatísticas aos 14 dias após a semeadura (Figura 3B), o que não foi observado aos 21 dias (dados não mostrados). A matéria seca não apresentou diferenças, provavelmente, pela maior turgescência dos tecidos das plântulas jovens.

Em trabalho realizado por KOLCHINSKI et al. (2006) foi observado que somente após 20 dias da emergência foram constatadas diferenças na área foliar e na matéria seca de plântulas. A não constatação de diferenças nas matérias fresca e seca

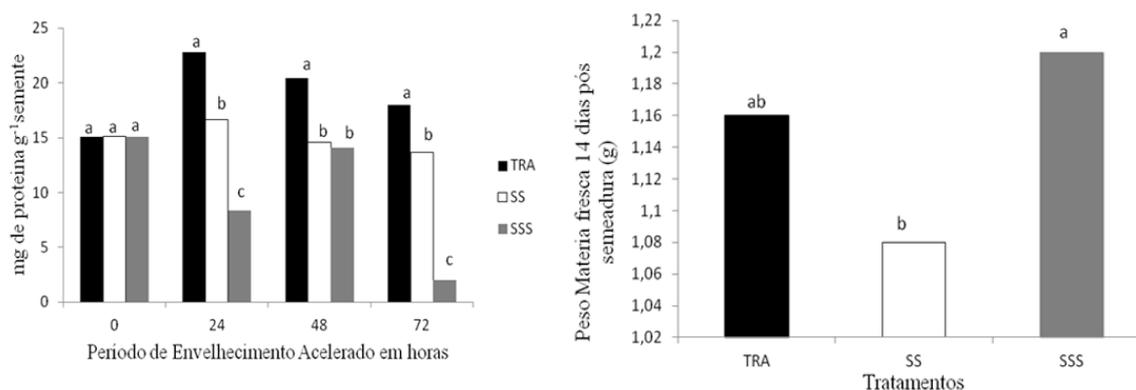


Figura 3. Conteúdo de proteínas (CV: 12,52%) e matéria fresca de plântulas CV: 10,06%. aos 14 dias após a semeadura, de sementes de soja cultivar Apollo RR, após 24, 48 e 72 horas de exposição ao envelhecimento acelerado tradicional (TRA), solução salina (SS) e solução salina saturada (SSS). Médias seguidas pela mesma letra nos períodos não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

de plântulas aos 21 dias sugere que as alterações químicas observadas nas sementes envelhecidas não foram estendidas ao desenvolvimento das plântulas.

O tratamento de envelhecimento com SSS foi o que apresentou maior massa fresca, seguida de TRA e de SS, respectivamente. Embora SSS tenha sido o tratamento que promoveu a maior queda na percentagem de germinação, maior condutividade elétrica e menor quantidade de açúcares totais, açúcares redutores e proteínas, foi o que promoveu o melhor desempenho inicial das plântulas.

Segundo CORTE et al. (2006) a produção de massa seca da plântula não pode ser atribuída exclusivamente às reservas energéticas originais dos cotilédones, uma vez que o primeiro par de folhas presente seria responsável pela síntese de compostos através da fotossíntese. Neste contexto, THOMAS e COSTA (1993), concluíram que em plântulas de soja, com todas as partes íntegras, as reservas dos cotilédones são praticamente exauridas até o quinto dia após a emergência, não exercendo influência no desenvolvimento posterior das plântulas.

Conclusões

Pelos resultados apresentados, a solução salina saturada (SSS) é a que mais altera o comportamento bioquímico e fisiológico das sementes, com perda de exsudatos, gerando maior condutividade elétrica, principalmente após 48 horas de exposição às condições de envelhecimento. As concentrações de açúcares totais, redutores e de proteínas também sugerem grandes modificações, talvez como mecanismo de defesa contra a dessecação e perda de viabilidade, já que mesmo apresentando baixas concentrações destes compostos, as sementes que germinaram e originaram plântulas foram capazes de apresentar resultados melhores em relação à produção de massa fresca, mas não de massa seca, possivelmente, pela maior capacidade de absorção de água. Apesar de serem apenas sugestivos mais ensaios devem ser desenvolvidos para o maior entendimento dos mecanismos fisiológicos envolvidos no processo de envelhecimento acelerado.

Destaca-se, ainda, que a utilização de soluções salinas deve ser relacionada a períodos mais longos de armazenamento de sementes, a fim de comparação e da validação do uso desta metodologia para estudo de sementes e condições de armazenamento.

Referências

- BERTAGNOLLI, C. M.; CUNHA, C. S. M.; MENEZES, S. M.; MORAES, D. M.; LOPES, N. F.; ABREU, C. M. Qualidade fisiológica e composição química de sementes de soja submetidas ao estresse salino. *Revista Brasileira Agrociência*, v. 10, n. 3, p. 287-291, 2004.
- BINOTTI, F. F. S.; HAGA, K. I.; CARDOSO, E. D.; ALVES, C. Z.; SÁ, M. E.; ARF, O. Efeito do período de envelhecimento acelerado no teste de condutividade elétrica e na qualidade fisiológica de sementes de feijão. *Acta Scientiarum Agronomy*, v. 30, n. 2, p. 247-254, 2008.
- BORGES, E. E. L.; CASTRO, J. L. D.; BORGES, R. C. G. Alterações fisiológicas em sementes de Jacaré (*Piptadenia communis*) submetidas ao envelhecimento precoce. *Revista Brasileira de Sementes*, v. 14, n. 1, p. 9-12, 1992.
- BRADFORD, M. M. Rapid and sensitive method for quantification of microgram quantities of protein utilizing principle of protein dye binding. *Analytical Biochemistry*, v. 72, n. 1-2, p. 248-254, 1976.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regras para análise de sementes. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília: Mapa/ACS, 2009. 399 p.
- BUCKERIDGE, M. S.; ROCHA, D. C.; REID, J. S. G.; DIETRICH, S. M. C. Xyloglucan structure and post-germinative metabolism in seeds of *Copaifera langsdorfii* from savanna and forest populations. *Physiologia Plantarum*, v. 86, n. 1, p. 145-151, 1992.
- CORTE, V. B.; BORGES, E. E. L.; PONTES, C. A.; LEITE, I. T. A.; VENTRELLA, M. C.; MATHIAS, A. A. Mobilização de reservas durante a germinação das sementes e crescimento das plântulas de *Caesalpinia peltophoroides* Benth. (Leguminosae-Caesalpinioideae). *Revista Árvore*, v. 30, n. 6, p. 941-949, 2006.

- COSTA, N. P.; MESQUITA, C. M.; FRANÇA-NETO, J. B.; MAURINA, A. C.; KRZYZANOWSKI, F. C.; OLIVEIRA, M. C. N.; HENNING, A. A. Validação do zoneamento ecológico do Estado do Paraná para produção de sementes de soja. *Revista Brasileira de Sementes*, v. 27, n. 1, p. 37-44, 2005.
- DE PAULA, N. F.; BORGES, E. E. L.; BORGES, R. C. G.; DE PAULA, R. C. Avaliações bioquímicas e fisiológicas em sementes de Seringueira (*Hevea brasiliensis* Muell.Arg.). *Revista Brasileira de Sementes*, v. 20, n. 2, p. 1-10, 1998.
- DUBOIS, M.; GILLES, K. A.; HAMILTON, J. K.; REBERS, P. A.; SMITH, F. Colorimetric method for determination of the sugar and related substances. *Analytical Chemistry*, v. 28, n. 3, p. 350-356, 1956.
- FESSEL, S. A.; SILVA, L. J. R.; GALLI, J. A.; SADER, R. Uso de solução salina (NaCl) no teste de envelhecimento acelerado em sementes de brócolis (*Brassica oleracea* L. var. *italica* Plenck). *Científica*, v. 33, n. 1, p. 27-34, 2005.
- GUIMARÃES, R. M.; VIEIRA, M. G. G. C.; FRAGA, A. C.; VON PINHO, E. V. R.; FERRAZ, V. P. Tolerância à dessecação em sementes de cafeeiro (*Coffea arabica* L.). *Ciência e Agrotecnologia*, v. 26, n. 1, p. 128-139, 2002.
- HENNING, F. A.; MERTZ, L. M.; JACOB JR., E. A.; MACHADO, R. D.; FISS, G.; ZIMMER, P. D. Composição química e mobilização de reservas em sementes de soja de alto e baixo vigor. *Bragantia*, v. 69, n. 3, p. 727-734, 2010.
- JIANHUA, Z.; McDONALD, M. B. The saturated salt accelerated aging test for small-seeded crops. *Seed Science and Technology*, v. 25, n. 1, p. 123-131, 1996.
- KOLCHINSKI, E. M.; SCHUCH, L. O. B.; PESKE, S. T. Crescimento inicial de soja em função do vigor das sementes. *Revista Brasileira Agrocência*, v. 12, n. 2, p. 163-166, 2006.
- MARCOS FILHO, J. *Fisiologia das Plantas Cultivadas*. Piracicaba: Fealq, 2005.
- MILLER, G. L. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. *Analytical Chemistry*, v. 31, n. 3, p. 416-428, 1959.
- PONTES, C. A.; BORGES, E. E. L.; BORGES, R. C. G.; SOARES, C. P. B. Mobilização de reservas em sementes de *Apuleia leiocarpa* (vogel) J.F. MACBR. (Garapa) durante a embebição. *Revista Árvore*, v. 26, n. 5, p. 593-601, 2002.
- REIS, R. C. R.; DANTAS, B. F.; CASTRO, R. D.; ANTUNES, C. G. C.; SILVA, F. F. S.; PELACANI, C. R. Reserve mobilization during imbibition of stored *Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud. (Leguminosae - Papilionoideae) seeds. *Revista Brasileira de Sementes*, v. 33, n. 3, p. 549-560, 2011.
- SCHUAB, S. R. P.; BRACCINI, A. L.; FRANÇA NETO, J. B.; SCAPIM, C. A.; MESCHÉDE, D. K. Potencial fisiológico de sementes de soja e sua relação com a emergência das plântulas em campo. *Acta Scientiarum Agronomy*, v. 28, n. 4, p. 553-561, 2006.
- SANTOS, E. L.; PÓLA, J. N.; BARROS, A. S. R.; PRETE, C. E. C. Qualidade fisiológica e composição química das sementes de soja com variação na cor do tegumento. *Revista Brasileira de Sementes*, v. 29, n. 1, p. 20-26, 2007.
- SILVA, J. B.; LAZARINI, E.; SÁ, M. E. Comportamento de sementes de cultivares de soja, submetidos a diferentes períodos de envelhecimento acelerado. *Bioscience Journal*, v. 26, n. 5, p. 755-762, 2010.
- SILVA, K. R. G.; VILLELA, F. A. Pré-hidratação e avaliação do potencial fisiológico de sementes de soja. *Revista Brasileira de Sementes*, v. 33, n. 2, p. 331-345, 2011.
- TEIXEIRA, J. P. F.; SILVA, M. T. R.; MASCARENHAS, H. A. A.; MAEDA, J. A. Variação da composição química de sementes de três cultivares de soja, durante o armazenamento. *Bragantia*, v. 39, n. 1, p. 21-25, 1980.
- THOMAS, A. L.; COSTA, J. A. Crescimento de plântulas de soja afetado pelo sombreamento dos cotilédones e suas reservas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 28, n. 8, p. 925-929, 1993.
- WETTLAUFER, S. H.; LEOPOLD A. C. Relevance of Amadori and Maillard products to seed deterioration. *Plant Physiology*, v. 97, n.1, p. 165-169, 1991.