



Bragantia

ISSN: 0006-8705

editor@iac.sp.gov.br

Instituto Agronômico de Campinas

Brasil

FESSEL, SIMONE APARECIDA; PANOBIANCO, MARISTELA; RIBEIRO DE SOUZA, CAMILA;
DAITON VIEIRA, ROBERVAL

TESTE DE CONDUTIVIDADE ELÉTRICA EM SEMENTES DE SOJA ARMAZENADAS SOB
DIFERENTES TEMPERATURAS

Bragantia, vol. 69, núm. 1, 2010, pp. 207-214

Instituto Agronômico de Campinas

Campinas, Brasil

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=90816030026>

- ▶ Cómo citar el artículo
- ▶ Número completo
- ▶ Más información del artículo
- ▶ Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

TECNOLOGIA DE SEMENTES E FIBRAS

TESTE DE CONDUTIVIDADE ELÉTRICA EM SEMENTES DE SOJA ARMAZENADAS SOB DIFERENTES TEMPERATURAS ⁽¹⁾

SIMONE APARECIDA FESSEL ⁽²⁾; MARISTELA PANOBIANCO ⁽³⁾;
CAMILA RIBEIRO DE SOUZA ⁽⁴⁾; ROBERVAL DAITON VIEIRA ^(5*)

RESUMO

Os resultados do teste de condutividade elétrica podem ser influenciados pela temperatura de armazenamento, particularmente as mais baixas, como em condições de câmara fria (10 °C). Este trabalho objetivou avaliar o efeito da temperatura e do período de armazenamento na condutividade elétrica e na composição química da solução de embebição de sementes de soja. Para tanto, foram determinados o teor de água, a germinação, o vigor (testes de envelhecimento acelerado, de frio e de condutividade elétrica) e a composição química (K^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+}) da solução de embebição. Foram utilizados dois lotes de sementes, da cultivar FT-20, com níveis distintos de vigor. As avaliações foram realizadas a cada três meses, durante 15 meses. Tanto a temperatura como o período de armazenamento influenciaram o vigor das sementes. A lixiviação dos íons K^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+} foi influenciada pelos mesmos fatores. Pelos resultados concluiu-se que o teste de condutividade elétrica não é indicado para avaliar o vigor de sementes de soja armazenadas sob baixa temperatura (10 °C) e o K^+ é o íon lixiviado em maior quantidade de semente de soja, independentemente da temperatura de armazenamento.

Palavras-chave: *Glycine max*, vigor, exsudados, qualidade fisiológica.

ABSTRACT

ELECTRICAL CONDUCTIVITY TEST OF SOYBEAN SEEDS STORED UNDER DIFFERENT TEMPERATURES

There are some results showing that the electrical conductivity test can be influenced by low temperature of seed storage, such as 10 °C. This work was carried out in order to study the effect of temperature and period of storage on electrical conductivity and chemical composition of the imbibing solution of soybean seeds. For that, seed water content, germination, vigor (accelerated aging, cold test and electrical conductivity), and chemical composition (K^+ , Ca^{2+} and Mg^{2+}) of the imbibing solution were determined. Two soybean seed lots of cultivar FT-20 with high and low vigor were used. The evaluations were performed at every three months intervals, during 15 months. Both temperature and storage period influenced seed vigor, as well as the ions leakage. It can be concluded that the electrical conductivity test is not suitable to evaluate vigor of soybean seeds stored at low temperature, and potassium is the major ion leakage regardless of the storage temperature.

Key words: *Glycine max*, vigor, leaching, physiological quality.

⁽¹⁾ Recebido para publicação em 3 de junho de 2008 e aceito em 1.º de setembro de 2009.

⁽²⁾ Sakata Seed Sudamerica Ltda., Bragança Paulista (SP). E-mail: sifessel@gmail.com

⁽³⁾ Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo, Universidade Federal do Paraná (UFPR) , Rua dos Funcionários, 1540, 80035-050 Curitiba (PR). E-mail: maristela@ufpr.br

⁽⁴⁾ Graduanda do curso de Engenharia Agronômica, UFPR. E-mail: camilaribeiro@ufpr.br

⁽⁵⁾ Departamento de Produção Vegetal, FCAV/UNESP, Via de acesso Prof. Paulo Donato Castellane, s/n.º, 14884-900 Jaboticabal (SP). E-mail: rdvieira@fcav.unesp.br (*) Autor correspondente.

1. INTRODUÇÃO

O controle de qualidade de sementes deve ser cada vez mais eficiente, em razão da competitividade e exigência do mercado. Avaliações rápidas que permitam obtenção de informações sobre o potencial fisiológico de sementes são importantes para tomadas de decisões nas diferentes etapas do processo de produção, armazenamento e comercialização. Dessa maneira, o controle de qualidade envolve, dentre outras atividades, a avaliação da germinação e do vigor de sementes.

Testes de vigor cujos princípios baseiam-se na integridade das membranas celulares merecem destaque, visto que possibilitam detectar o processo de deterioração da semente em sua fase inicial (DELOUCHE e BASKIN, 1973); consequentemente, podem ser tomadas medidas pertinentes, visando reduzir ou minimizar o efeito da deterioração sobre a qualidade de sementes de um lote (DIAS e MARCOS FILHO, 1996).

O teste de condutividade elétrica fundamenta-se no fato de que as sementes, quando colocadas para embeber água, exsudam íons, açúcares e metabólitos, especialmente no início do período de embebição, em vista da alteração da integridade das membranas celulares. Contudo, com o passar do tempo de embebição, ocorre a reorganização de suas estruturas, retornando configuração estável. Em sementes deterioradas, esse mecanismo ou velocidade de reorganização está ausente ou é ineficiente (BEWLEY e BLACK, 1994), ocorrendo a lixiviação de maior quantidade de eletrólitos.

Apesar de o teste de condutividade elétrica proporcionar resultados reproduzíveis entre laboratórios, alguns fatores podem afetar seus resultados, tais como: genótipo dentro de uma mesma espécie (SHORT e LACY, 1976; PANOBIANCO e VIEIRA, 1996; PANOBIANCO et al., 1999); estádio de desenvolvimento da semente no momento da colheita (POWELL, 1986); mudanças na estrutura e composição da semente durante o desenvolvimento (STYER e CANTLIFFE, 1983); tamanho da semente (TAO, 1978; LOEFFLER et al., 1988; DESWAL e SHEORAN, 1993); temperatura e período de embebição (LEOPOLD, 1980; LOEFFLER et al., 1988; SCHMIDT e TRACY, 1989) e grau de umidade inicial (LOEFFLER et al., 1988; VIEIRA et al., 2002).

Em alguns trabalhos têm-se notado, também, que os resultados do teste podem ser influenciados pela temperatura de armazenamento, especialmente as mais baixas. Assim, sementes de soja armazenadas a 10 °C, quando avaliadas pelos testes de germinação e de envelhecimento acelerado, mostraram redução no potencial fisiológico; porém, este declínio na qualidade não foi revelado pelo teste de condutividade elétrica

(FERGUSON, 1988; VIEIRA et al., 2001; PANOBIANCO e VIEIRA, 2007). Resultados semelhantes foram obtidos para sementes de ervilha (PANOBIANCO et al., 2007), mas não foram confirmados para sementes de milho (FESSEL et al., 2006).

Desta forma, o presente trabalho teve por objetivo avaliar o efeito da temperatura e do período de armazenamento na condutividade elétrica e na composição química da solução de embebição de sementes de soja, de lotes de alto e baixo vigor.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido em Jaboticabal, SP (21°15'22"S, 48°18'58"W, 613 m). Foram utilizados dois lotes de sementes de soja, do cultivar FT-20, com dois níveis, alto e baixo, de vigor.

Determinaram-se, inicialmente, o teor de água, a germinação, o vigor (pelos testes de envelhecimento acelerado, de frio e de condutividade elétrica) e a composição química da solução de embebição de sementes. Posteriormente, as sementes foram acondicionadas em embalagens de vidro, fechadas hermeticamente, e armazenadas em diferentes temperaturas: a) 10 °C - câmara fria; b) 20 °C; c) 30 °C; d) 20 °C por seis meses, com transferência para 10 °C; e) 30 °C por seis meses, com transferência para 10 °C. Após a transferência para 10 °C, ambos os tratamentos permaneceram por mais nove meses.

A cada três meses, no total de 15, as sementes foram avaliadas quanto: teor de água (TA) - determinado pelo método da estufa a 105±3 °C, por 24 horas (BRASIL, 1992); germinação (TG) - oito subamostras de 50 sementes, semeadas em rolos de papel umedecidos com água na proporção de 3:1 (água: papel seco), a 25 °C (BRASIL, 1992); vigor - envelhecimento acelerado (EA) - realizado com oito subamostras de 50 sementes (HAMPTON e TEKRONY, 1995), envelhecidas em caixas plásticas (11,0 x 11,0 x 3,5 cm) contendo 40 mL de água deionizada, distribuídas em camada única sobre a tela de inox. Depois do período de envelhecimento a 41 °C, por 48 horas (MARCOS FILHO, 1999), foram determinados o TA e a germinação; vigor - teste de frio (TF) - realizado com oito subamostras de 50 sementes, semeadas em caixas de plástico (26 x 16 x 9 cm) contendo mistura de areia e terra (2:1) proveniente de área anteriormente cultivada com soja. A adição de água foi realizada até atingir 70% da capacidade de retenção do substrato. As caixas foram tampadas e colocadas em câmara fria (10 °C) por sete dias; posteriormente, foram retiradas, destampadas e mantidas em ambiente de laboratório (25-30 °C), por cinco dias, quando as plântulas normais foram contadas (BRASIL, 1992); vigor -

condutividade elétrica (CE) - foram usadas oito subamostras de 50 sementes cada uma, pesadas com precisão de duas casas decimais e colocadas para embeber em copos de plástico (capacidade de 200 mL) contendo 75 mL de água deionizada, durante 24 horas, à temperatura de 25 °C (HAMPTON e TEKRONY, 1995; VIEIRA e KRZYZANOWSKI, 1999).

Decorrido o período de embebição, procedeu-se à leitura da CE, usando-se condutivímetro (Analyser 600) com eletrodo constante 1; teores de potássio, cálcio e magnésio - após a leitura da CE, a solução de embebição de sementes foi filtrada, determinando-se diretamente na solução o potássio, por fotometria de chama. A partir de padrão de potássio contendo 1000 mg L⁻¹ de K foram preparados padrões diluídos, nas seguintes concentrações: zero, 10, 20, 30, 40 e 50 mg L⁻¹. Ajustou-se a escala do fotômetro de chama em zero e 100% de emissão, respectivamente, com os padrões zero e 50 mg L⁻¹. Efetuou-se a leitura dos padrões intermediários e, a partir das leituras dos padrões (y) e das respectivas concentrações (x), calculou-se a equação da reta. As leituras das amostras (y) foram transformadas com base na equação e o resultado foi expresso em mg kg⁻¹ de semente. Foram determinados o cálcio e o magnésio por espectrofotometria de absorção atômica (BATAGLIA et al., 1983; TOMÉ JUNIOR., 1997).

No procedimento estatístico, foi realizada análise de regressão dos dados e elaboração das curvas de tendência, com respectivas equações de predição de resultados e coeficientes de determinação. Os dados do teor de água das sementes não foram analisados estatisticamente.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os teores de água iniciais dos lotes A (alto vigor) e B (baixo vigor) foram de 11,1% e 11,4% respectivamente. Os teores durante os períodos de armazenamento (3 a 15 meses) estão relacionados na Tabela 1. Pode-se observar que nas sementes de alto vigor os valores variaram de 9,6% a 11,4% (amplitude de 1,8%) e nas de baixo vigor foi de 9,1% a 11,0% (amplitude de 1,9%), demonstrando semelhança entre os lotes, aspecto importante a ser considerado tendo em vista a padronização dos critérios de avaliação e a consistência dos resultados (LOEFFLER et al., 1988).

Inicialmente (período zero), verificou-se nos lotes elevadas porcentagens de germinação (Figura 1), ou seja, 100% (lote A) e 94% (lote B). Por outro lado, pelos resultados dos testes de envelhecimento acelerado (93% e 80%), de frio (93% e 65%) e condutividade elétrica (100 mS cm⁻¹ g⁻¹ e 165 mS cm⁻¹ g⁻¹) foi possível a classificação dos lotes em dois níveis distintos de vigor: alto e baixo (Figura 2). Tais diferenças no comportamento de lotes com germinação semelhante podem ser explicadas pelo fato de que as primeiras alterações nos processos bioquímicos associados à deterioração ocorrem geralmente antes que o declínio na capacidade germinativa seja verificado. A queda do poder germinativo é um indicativo importante da perda da qualidade, mas é a última consequência, ou seja, o evento final (DELOUCHE e BASKIN, 1973). Assim, o uso de testes de vigor é fundamental para o monitoramento da qualidade fisiológica das sementes, pois a queda do vigor precede a perda de viabilidade.

Tabela 1. Teor de água de sementes de soja durante os períodos de armazenamento, em diferentes temperaturas

Lotes	Período meses	Temperaturas de armazenamento (°C)				
		10	20	20/10*	30	30/10*
		Teor de água				
A (alto vigor)	3	10,5	10,4	10,5	10,3	10,1
	6	10,8	11,1	11,4	11,0	10,9
	9	10,8	10,5	10,7	10,3	11,0
	12	10,0	9,6	10,5	9,8	10,1
	15	10,7	10,1	10,8	10,9	10,5
B (baixo vigor)	3	10,0	9,8	9,5	9,8	9,3
	6	10,8	10,4	10,4	10,2	10,0
	9	11,0	10,0	10,2	10,0	9,3
	12	9,8	9,3	9,3	9,1	9,6
	15	9,9	10,1	9,9	9,7	9,5

*A partir da segunda avaliação (após seis meses), ocorreu alteração na temperatura de armazenamento.

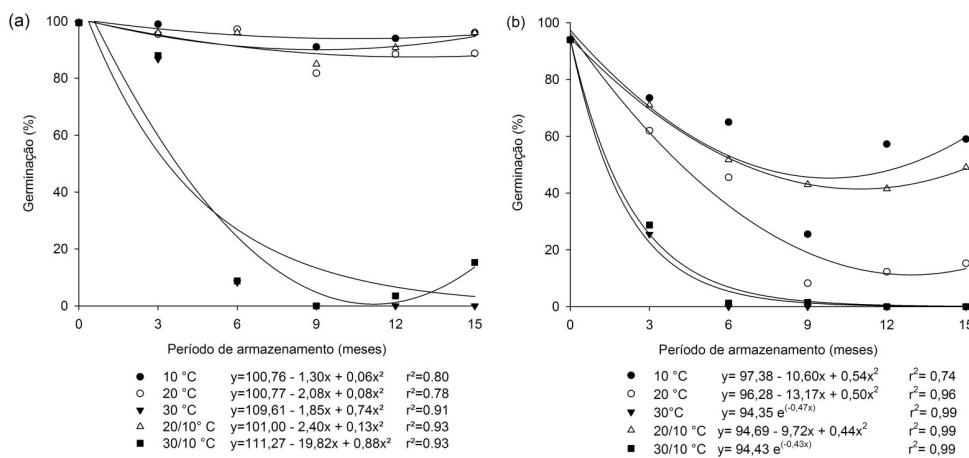


Figura 1. Germinação de sementes de soja dos lotes de alto (a) e baixo (b) vigor, em função do período e da temperatura de armazenamento. Cada símbolo é o valor médio de oito repetições.

Durante o período de armazenamento, nas sementes de alto vigor (Figura 1a), as porcentagens de germinação foram elevadas (86% a 100 %) nas temperaturas de 10 °C, 20 °C e 20/10 °C. Na Figura 1b, os dados são referentes às sementes de baixo vigor e pode-se observar redução mais acentuada na germinação nos primeiros seis meses de armazenamento, em todas as temperaturas estudadas.

Pode-se verificar que o vigor avaliado por intermédio do teste de envelhecimento acelerado (EA) diminuiu nas sementes de alto e, principalmente, nas de baixo vigor, logo na primeira avaliação, ou seja, após três meses de armazenamento (Figura 2).

A mesma tendência de decréscimo do potencial fisiológico das sementes, ao longo dos períodos de armazenamento, pode ser verificada nos resultados do teste de frio, com redução gradativa nas sementes de alto vigor para as temperaturas de 10 °C e 20/10 °C (Figura 2), e com redução mais acentuada nas sementes de baixo vigor, a partir dos primeiros três meses de armazenamento, em todos os tratamentos.

Para as sementes armazenadas a 10 °C, 20 °C e 20/10 °C, o vigor avaliado pelo teste de condutividade elétrica (CE) não foi sensível para detectar a deterioração nas sementes, independentemente do nível de vigor dos lotes (Figura 2). Confrontando-se com os dados da avaliação preliminar (período zero), pode-se observar que a CE para sementes de baixo vigor foi de 165 mS cm⁻¹ g⁻¹ no início do experimento e, durante os 15 meses de armazenamento a 10 °C, a CE mais alta foi de 168 mS cm⁻¹ g⁻¹, indicando que este teste para sementes armazenadas a baixas temperaturas não foi sensível para detectar a deterioração. Para as sementes armazenadas inicialmente a 20 °C, e que aos seis meses foram transferidas para 10 °C, também não

foram observadas alterações acentuadas nos resultados da condutividade elétrica.

Na figura 3 estão listados os dados referentes aos teores de cálcio, magnésio e potássio das sementes de alto (Lote A) e baixo vigor (Lote B). Analisando a composição inicial da solução de embebição das sementes, observou-se que as concentrações de cálcio (54,9 e 116,2 mg kg⁻¹), magnésio (85,4 e 269,7 mg kg⁻¹) e potássio (1046,8 e 1660,3 mg kg⁻¹), respectivamente, para os lotes de alto e baixo vigor, aumentaram com a redução do vigor das sementes, e o principal íon lixiviado foi o potássio.

Durante o armazenamento (Figura 3) das sementes de alto vigor verificou-se aumento no teor de Ca²⁺ lixiviado no decorrer do período, sendo mais acentuado nas temperaturas mais elevadas. Nas sementes armazenadas a 30/10 °C, após a alteração da temperatura de armazenamento, houve redução do cálcio lixiviado após os nove meses. Nas sementes de baixo vigor, o comportamento em geral foi similar, porém com padrões um pouco mais altos.

O teor de Mg²⁺ lixiviado (Figura 3), nas sementes de alto vigor armazenadas a 10 °C, 20 °C e 20/10 °C foi praticamente constante no decorrer do período; nas sementes armazenadas a 30 °C aumentou, e a 30/10 °C, após elevação, houve redução quando foram transferidas para 10 °C. Nas sementes de baixo vigor, armazenadas a 20 °C, o teor de Mg²⁺ lixiviado na solução aumentou durante o período de armazenamento; a 30 °C, houve aumento acentuado no teor ao longo do armazenamento, ocorrendo o mesmo naquelas armazenadas a 30/10 °C até os nove meses, mantendo-se praticamente inalterado após este período. Nas sementes de baixo vigor, armazenadas a 20/10 °C, após a alteração da temperatura de armazenamento, não houve mais elevação do cálcio lixiviado, enquanto a 10 °C, o teor manteve-se em geral sem variações expressivas.

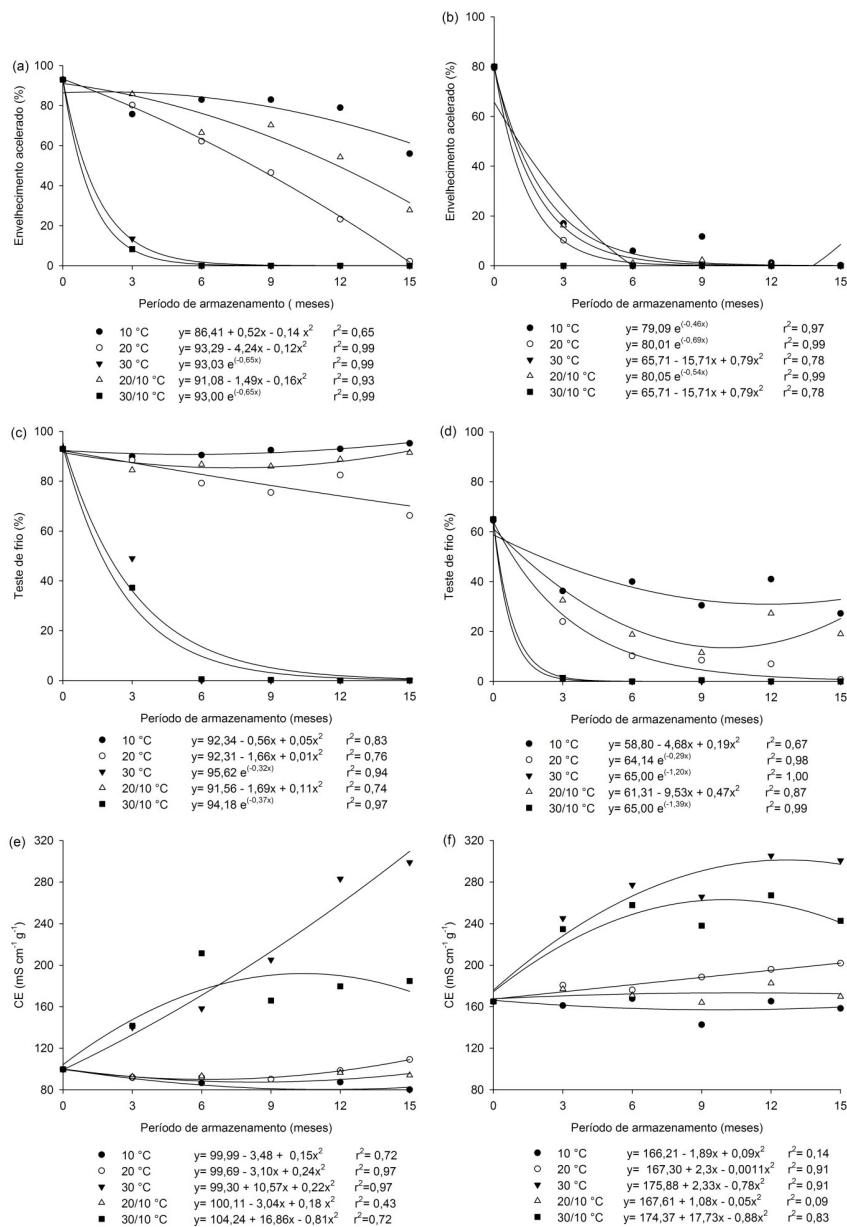


Figura 2. Vigor avaliado pelos testes de envelhecimento acelerado (a, b), de frio (c, d) e de condutividade elétrica (e, f), de sementes de alto (a, c, e) e baixo (b, d, f) vigor. Cada símbolo é o valor médio de oito repetições.

O teor de K^+ lixiviado nas sementes de alto e baixo vigor (Figuras 3) revelou valores crescentes entre cada período de avaliação, para todos os tratamentos. Entretanto, deve-se observar que quando houve o armazenamento a baixa temperatura, a quantidade lixiviada foi menor.

É amplamente reconhecido que altas temperaturas durante o armazenamento aumentam a deterioração das sementes. Em ambos os lotes, a redução na qualidade ocorreu mais rapidamente em temperaturas elevadas; as reduções no vigor da semente avaliadas por EA

e teste de frio, ocorreram antes da primeira época de avaliação (três meses).

Aumentos nos valores da CE das sementes armazenadas a 30 °C e 30/10 °C já eram esperados, pois correspondem com a diminuição da germinação e do vigor (EA) das sementes, e nas sementes armazenadas a 30/10 °C, a partir dos seis meses (quando ocorreu a alteração de temperatura), a CE praticamente se estabilizou. Em todos os lotes de sementes armazenadas a 10 °C, a CE reduziu-se ou manteve-se praticamente inalterada no decorrer dos períodos de avaliação.

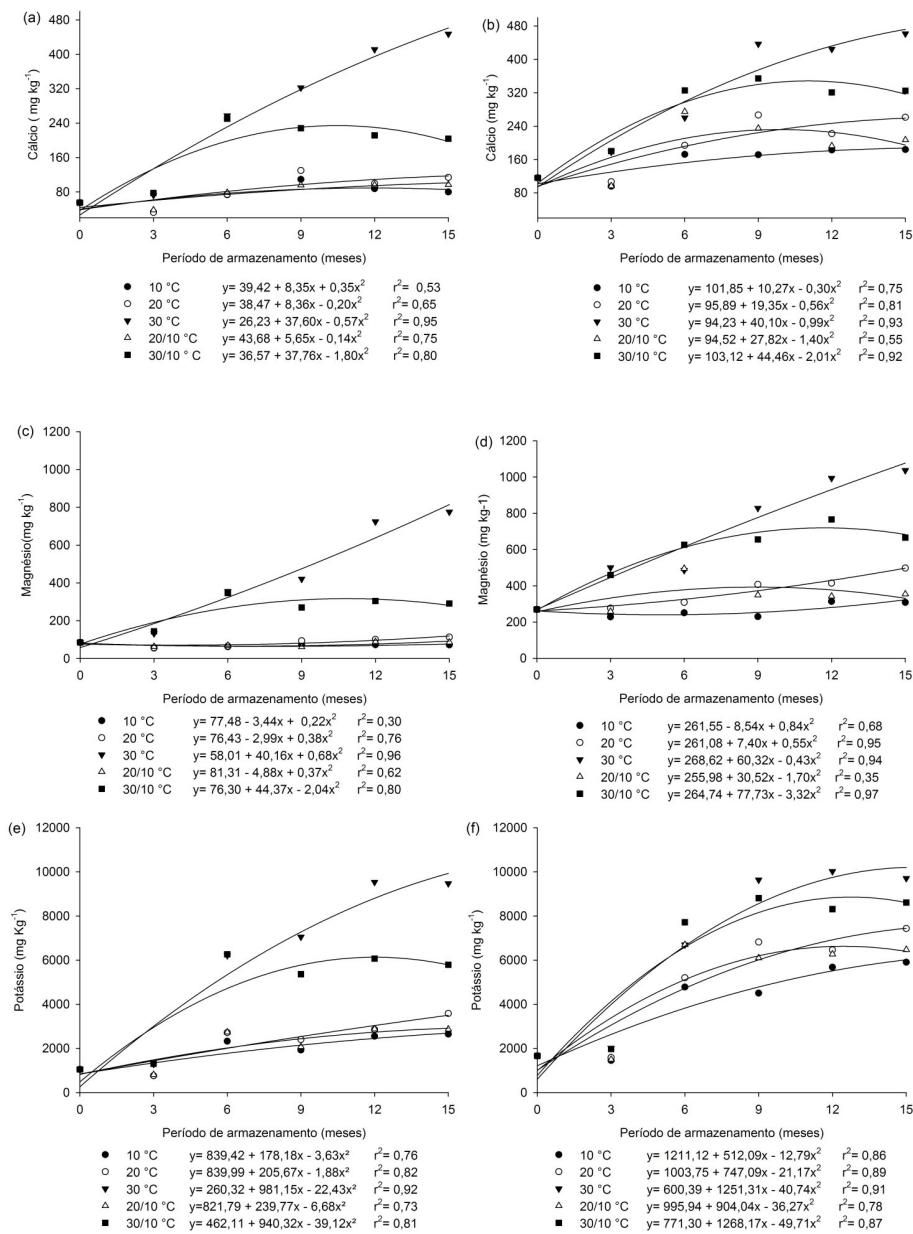


Figura 3. Teores de cálcio (a, b), magnésio (c, d) e potássio (e, f), de sementes de alto (a, c, e) e baixo vigor (b, d, f). Cada símbolo é o valor médio de oito repetições.

Quanto aos íons lixiviados, ocorreu aumento no teor de Ca^{2+} , acentuando-se nas temperaturas mais elevadas. O teor de Mg^{2+} permaneceu constante nas sementes de alto vigor armazenadas a 10 °C e 20/10 °C; nas outras temperaturas avaliadas, ocorreu aumento na lixiviação deste íon, principalmente nas temperaturas mais altas e nas sementes de baixo vigor. O K^+ foi o principal íon lixiviado, independentemente do nível de vigor e do período de armazenamento. Em lotes de sementes de soja, inicialmente armazenados a 20 e 30 °C e depois de seis meses transferidos para 10 °C, houve redução na CE e na lixiviação dos íons,

quando comparados aos lotes que permaneceram todo o período nestas temperaturas.

Como verificado nos resultados e, segundo o que já foi preconizado por vários autores, a quantidade e a intensidade de material lixiviado estão diretamente relacionadas à permeabilidade das membranas e, consequentemente, influenciadas pela idade das sementes, pela sua condição fisiológica e, também, pela incidência de danificações (POWELL, 1986). Estes lixiviados com propriedades eletrolíticas possuem carga elétrica podendo, então, ser detectados

por um condutivímetro (HAMPTON e TEKRONY, 1995; VIEIRA, 1994). Essa base teórica permite relacionar a CE com o vigor da semente (MATTHEWS e BRADNOCK, 1968; MATTHEWS e POWELL, 1981; AOSA, 1983; HAMPTON e TEKRONY, 1995).

Uma hipótese para o fato observado é que o armazenamento de sementes de soja a 10 °C tendeu a estabilizar a integridade das membranas, refletindo em lixiviação mais baixa de exsudados. Resultados semelhantes foram observados por FERGUSON (1988), VIEIRA et al. (2001) e PANOBIANCO e VIEIRA (2007) com sementes de soja, e PANOBIANCO et al. (2007) com sementes de ervilha, que obtiveram diminuição na germinação após o EA em sementes armazenadas a 10 °C, mas pequena alteração na condutividade elétrica, a qual não aumentou na mesma proporção.

A deterioração pode estar ocorrendo mais rapidamente nos eixos embrionários do que nos cotilédones, o que permite questionar o uso do teste de condutividade para medir o vigor da semente depois de armazenamento a baixas temperaturas. Porém, deve-se também pensar na estrutura morfológica e constituição química da semente, pois comportamento similar não foi observado para semente de milho (FESSEL et al., 2006).

Altas temperaturas durante o armazenamento aumentam a deterioração da semente, tanto quanto alto teor de água (MCDONALD, 1999). Este aumento foi refletido pela liberação de exsudados através das membranas e confirmado pelo aumento da CE nas sementes deterioradas quando armazenadas a 30 °C. Porém, quando as sementes foram armazenadas a 10 °C, e em alguns casos nas temperaturas 20 °C e 20/10 °C, embora a qualidade da semente medida pelos testes de EA e TF tenha diminuído, a CE praticamente não foi alterada, mostrando que este teste em sementes armazenadas a baixas temperaturas não é sensível em detectar a deterioração.

A hidratação das sementes permite a reorganização da estrutura da membrana da célula, a qual fica menos permeável e há redução, por conseguinte, na exsudação (BEWLEY e BLACK, 1994). Os resultados sugerem que as membranas também se estabilizaram nas sementes de soja armazenadas a 10 °C, uma vez que não houve aumento da condutividade ao longo do tempo.

4. CONCLUSÕES

1. O teste de condutividade elétrica não é eficiente para avaliar a deterioração de sementes de soja armazenadas sob condições de baixa temperatura (10 °C);

2. O potássio é o íon lixiviado em maior quantidade de semente de soja, independentemente da temperatura de armazenamento.

AGRADECIMENTOS

À FAPESP e ao CNPq pelas bolsas concedidas de mestrado e de produtividade em pesquisa respectivamente, e à Cooperativa dos Agricultores da Região de Orlândia (CAROL) pelo fornecimento das sementes.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYSTS - AOSA. *Seed vigor testing handbook*. East Lansing: AOSA, 1983. 93p. (Contribution, 32)
- BATAGLIA, O.C.; FURLANI, A.M.C.; TEIXEIRA, J.P.F.; FURLANI, P.R.; GALLO, J.R.. *Métodos de análise química de plantas*. Campinas: Instituto Agronômico, 1983. 48p. (Boletim Técnico, 78)
- BEWLEY, J.D.; BLACK, M. *Seeds: Physiology of development and germination*. 2.ed., New York: Plenum Press, 1994. 445p.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. *Regras para Análise de Sementes*. Brasília: SNDA/DNDV/CLAV, 1992. p. 356.
- DELOUCHE, J.C.; BASKIN, C.C. Accelerated aging techniques for predicting the relative storability of seed lots. *Seed Science and Technology*, v.1, p.427-452, 1973.
- DESWAL, D.P.; SHEORAN, I.S. A simple method for seed leakage measurement: applicable to single seeds of any size. *Seed Science and Technology*, v.21, p.179-185, 1993.
- DIAS, D.C.F.S.; MARCOS FILHO, J. Testes de condutividade elétrica para avaliação do vigor de sementes de soja (*Glycine Max* (L.) Merrill). *Scientia Agricola*, v.53, p.31-42, 1996.
- FERGUSON, J.M. *Metabolic and biochemical changes during the early stages of soybean seed deterioration*. 1988. 137f. Dissertation (PhD) - University of Kentucky, Lexington, USA, 1988.
- FESSEL, S.A.; VIEIRA, R.D.; CRUZ, M.C.P.; PAULA, R.C.; PANOBIANCO, M. Electrical conductivity testing of corn seeds as influenced by temperature and period of storage. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.41, p.1551-1559, 2006.
- HAMPTON, J.G.; TEKRONY, D.M. *Handbook of vigour test methods*. 3.ed. Zürich: ISTA, 1995. 117p.
- LEOPOLD, A.C. Temperature effects on soybean imbibition and leakage. *Plant Physiology*, v.65, p.1096-1098, 1980.
- LOEFFLER, T.M.; TEKRONY, D.M.; EGLI, D.B. The bulk conductivity test as an indicator of soybean seed quality. *Journal of Seed Technology*, v.12, p.37-53, 1988.

- MARCOS FILHO, J. Teste de envelhecimento acelerado. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J. de B. (Ed.). **Vigor de sementes**: conceitos e testes. Londrina: ABRATES, 1999. cap. 3, p.1-24.
- MATTHEWS, S.; BRADNOCK, W.T. Relationship between seed exudation and field emergence in peas and French beans. **Horticultural Research**, v.8, p.89-93, 1968.
- MATTHEWS, S.; POWELL, A.A. Electrical conductivity test. In: PERRY, D.A. (Ed.). **Handbook of vigour test methods**. Zürich: ISTA, 1981. p.37-42.
- McDONALD, M.B. Seed deterioration: physiology, repair and assessment. **Seed Science and Technology**, v.27, p.177-237, 1999.
- PANOBIANCO, M.; VIEIRA, R.D. Electrical conductivity of soybean soaked seeds. I. Effect of genotype. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.31, p.621-627, 1996.
- PANOBIANCO, M.; VIEIRA, R.D. Electrical conductivity and deterioration of soybean seeds exposed to different storage conditions. **Revista Brasileira de Sementes**, v.29, p.97-105, 2007.
- PANOBIANCO, M.; VIEIRA, R.D.; KRZYZANOWSKI, F.C.; FRANÇA NETO, J.B. Electrical conductivity of soybean seed and correlation with seed coat lignin content. **Seed Science and Technology**, v.27, p.945-949, 1999.
- PANOBIANCO, M.; VIEIRA, R.D.; PERECIN, D. Electrical conductivity as an indicator of pea seed aging of stored at different temperatures. **Scientia Agricola**, v.64, p.119-124, 2007.
- POWELL, A.A. Cell membranes and seed leachate conductivity in relation to the quality of seed for sowing. **Journal of Seed Technology**, v.10, p.81-100, 1986.
- SCHMIDT, D.H.; TRACY, W.F. Duration of imbibition affects seed leachate conductivity in sweet corn. **HortScience**, v.24, p.346-347, 1989.
- SHORT, G.E.; LACY, M.L. Carbohydrate exudation from pea seeds: Effect of cultivar, seed age, seed color, and temperature. **Phytopathology**, v.66, p.182-187, 1976.
- STYER, R.C.; CANTLIFFE, D.J.O. Changes in seed structure and composition during development and their effects on leakage in two endosperm mutants of sweet corn. **Journal of American Society of Horticultural Science**, v.108, p.721-728, 1983.
- TAO, J.K. Factors causing variations in the conductivity test for soybean seeds. **Journal of Seed Technology**, v.3, p.10-18, 1978.
- TOMÉ JUNIOR, J.B. **Manual para interpretação de análise de solo**. Guaíba: Agropecuária, 1997. 247p.
- VIEIRA, R.D. Testes de condutividade elétrica. In: VIEIRA, R.D.; CARVALHO, N. M. (Ed.). **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. p.103-132.
- VIEIRA, R.D.; KRZYZANOWSKI, F.C. Teste de condutividade elétrica. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J. de B. (Ed.). **Vigor de Sementes**: conceitos e testes. Londrina: ABRATES, 1999. cap. 4, p.1-26.
- VIEIRA, R.D.; PENARIOL, A.L.; PERECIN, D.; PANOBIANCO, M. Condutividade elétrica e teor de água inicial das sementes de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, p.1333-1338, 2002.
- VIEIRA, R.D.; TEKRONY, D.M.; EGLI, D.B.; RUCKER, M. Electrical conductivity of soybean seeds after storage in several environments. **Seed Science and Technology**, v.29, p. 599-608, 2001.