EFEITO DO ÁCIDO GIBERÉLICO NA QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES REDONDAS DE MILHO DOCE, SOB DIFERENTES CONDIÇÕES DE ARMAZENAMENTO

ANTONIO ARIEL CANEDO RIVERA[1], RENZO GARCIA VON PINHO[1], RENATO MENDES GUIMARÃES[1], ADRIANO DELLY VEIGA[1], GABRIELLA SANTOS PEREIRA[1] e IOLANDA VILELA VON PINHO[1]

[1]*Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, Brasil, arielcanedo@yahoo.es, renzo@dag.ufla.br, rmendes@dag.ufla.br, adrveiga@yahoo.com.br, gabipereira87@yahoo.com.br, iolandavvp@hotmail.com*

Revista Brasileira de Milho e Sorgo, v.10, n.3, p. 247-256, 2011

RESUMO - As sementes de milho doce apresentam altos teores de açúcares solúveis e baixos teores de amido. Essas características podem causar rápida perda de viabilidade das sementes durante o armazenamento. O objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade fisiológica de sementes de milho doce armazenadas em diferentes condições. Foram utilizadas sementes da cultivar SWB585, de formato redondo. As sementes foram embebidas em água destilada com ácido giberélico, nas concentrações de 0, 10 e 20 mg.l^{-1}. Posteriormente à secagem, foram acondicionadas em embalagens de plástico, a vácuo, e em embalagens de papel, logo armazenadas em dois ambientes (câmara fria e temperatura ambiente), durante cinco períodos de armazenamento (0, 60, 120, 180 e 240 dias). Foram realizados os testes de germinação, teste de frio, envelhecimento acelerado e índice de velocidade de emergência. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente ao acaso, em esquema fatorial 2 x 2 x 3 x 5 (dois tipos de embalagens, dois ambientes, três doses de GA3 e cinco períodos de armazenamento), com quatro repetições. Constatou-se que as embalagens não influenciaram a qualidade fisiológica. O ácido giberélico perde efeito sobre o desempenho das sementes com o decorrer do tempo de armazenamento. O vigor das sementes de milho doce diminui linearmente com o decorrer do tempo de armazenamento.

Palavras-chave:vigor de sementes, biorreguladores, *Zea mays*, GA_3.

EFFECT OF GIBERELLIC ACID ON PHYSIOLOGICAL QUALITY OF SWEET MAIZE SEEDS UNDER DIFFERENT STORAGE CONDITIONS

ABSTRACT - The seeds of sweet corn have high levels of soluble sugars and low starch content. These characteristics can cause rapid loss of seeds viability. The aim of this study was to evaluate the physiological quality of seeds stored under different conditions. The seeds used were a round shape super sweet maize of the cultivar SWB585. Seeds were soaked in distilled water with gibberellic acid at concentrations of 0, 10 and 20 mg.l^{-1}. After drying they were packed in vacuum plastic and paper packaging, and then stored in two environments (cold and room temperature), during five storage periods (0, 60, 120, 180 and 240 days). The following tests were carried out: germination, cold test, accelerated aging and emergence speed rate. Acompletely randomizedexperimental design was used, in a factorial scheme 2 x 2 x 3 x 5 (two types of packaging, two environments, three doses of GA3 and five storage times), with four replications. It was found that the packaging did not affect the physiological quality. Gibberellic acid loses effect on seed performance along the storage time. The vigor of sweet maize seeds decreases linearly over time of storage.

Key words: seed vigor, bioregulators, *Zea mays*, GA_3.

A utilização do milho doce é muito diversificada. Ele está disponível em conserva, congelado na forma de espigas ou em grãos, desidratado e *in natura*. Se colhido antes da polinização, pode ser usado como *baby corn*, ou minimilho e, ainda, após a colheita, as plantas remanescentes podem ser aproveitadas para silagem (Teixeira et al., 2001).

As sementes desse tipo de milho apresentam altos teores de açúcares solúveis no endosperma, quando comparadas com sementes de milho comum. Essa característica é monogênica e é controlada pelo alelo recessivo (Tracy, 1994).

Associadas à característica adocicada do grão de milho doce, estão algumas características indesejáveis, como baixo rendimento e baixa resistência ao ataque de pragas e doenças. Além disso, essas sementes normalmente apresentam baixa qualidade fisiológica, pela rápida perda da viabilidade (Araujo et al., 2000; Paliwal, 2001; Tracy, 1994).

Alguns tratamentos pré-semeadura, como a embebição em solução de ácido giberélico (GA_3), podem aumentar o desempenho germinativo das sementes. A dose de 50 $mg.l^{-1}$ deste regulador de crescimentopode ocasionar acréscimos na ordem de 10% na germinação de sementes de milho doce, porém doses maiores podem causar fitotoxidez nas mesmas (Aragão et al., 2003).

A giberelina tem papel chave na germinação de sementes de milho, pela indução da síntese da enzima α-amilase responsável pela degradação do amido (Sanwoet al., 1994; Silva et al., 2008).Esse fitohormônio aumenta sobremaneira a emergência de sementes, garantindo um estande uniforme (Lopes & Souza, 2008).

Como as sementes de milho doce são muito suscetíveis à perda de viabilidade, devem ser considerados o tipo de embalagem e o ambiente de armazenamento onde essas sementes serão estocadas. O acondicionamento de sementes de milho doce em embalagens de papel, sob condições de câmara fria, é a maneira mais apropriada para assegurar o vigor dessas sementes ao longo do tempo. Já sob condições ambientais, o acondicionamento dessas sementes a vácuo causa menor redução na qualidade fisiológica (Camargo & Carvalho, 2008). Porém, esse tipo de embalagem pode resultar em ganhos pouco significativos, não justificando o emprego em larga escala.

Considerando que a aplicação do ácido giberélico, a embalagem, o ambiente e o tempo de armazenamento podem influenciar a qualidade fisiológica das sementes de milho doce, o objetivo deste trabalho foi verificar o efeito da associação dos referidos fatores na qualidade dessas sementes.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido no Laboratório de Análise de Sementes do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras (UFLA), Lavras, MG, Brasil, entre os meses de junho/2009 e março/2010.

Foram utilizadas sementes de milho doce produzidas na safra 2008/09, da cultivar SWB585, proveniente da empresa Dow Agro Sciences S.A. Essa cultivar é um híbrido simples do tipo superdoce, de ciclo precoce, com grão de coloração creme e textura tenra, recomendada para uso industrial e consumo *in natura*. As sementes, provenientes de lotes classificados em peneiras 18/64", de orifícios redondos, foram tratadas com uma mistura de produtos químicos usada comercialmente pela empresa.

No início, o lote de sementes disponíveis foi dividido em três partes. A primeira, a segunda e

a terceira partes foram colocadas para embebimento em solução de água destilada com concentrações de ácido giberélico de 0, 10 e 20 mg.l^{-1} respectivamente, durante seis horas. Em seguida, foram secadas em temperatura ambiente até atingir aproximadamente 12% de umidade. Posteriormente, cada parte foi dividida pela metade e cada metade foi acondicionada em sacos de plástico impermeáveis, embaladas a vácuo (pressão de 0,1 atm), e em embalagem permeável de sacos de papel kraft duplo (80 g.$saco^{-1}$ aproximadamente). As sementes, nas suas respectivas embalagens, foram mantidas em dois ambientes: em câmara fria, com temperatura controlada de 10 °C, e em sala de armazenagem, com temperatura controlada de 25 °C. A qualidade das sementes foi avaliada em cinco períodos de armazenamento (0, 60, 120, 180 e 240 dias).

Inicialmente, foi feita uma avaliação do grau de umidade das sementes de cada tratamento, pelo método da estufa a 105 ± 3 °C, por 24 horas, utilizando-se duas repetições de 50 sementes. Os resultados foram expressos em porcentagem, em base úmida. Para cada período de armazenamento, foram feitas avaliações das sementes, utilizando os testes que são descritos a seguir.

O teste de germinação foi realizado conforme especificado nas Regras de Análise de Sementes (Brasil, 2009). Para o teste de envelhecimento acelerado, as sementes de cada tratamento foram submetidas a 72 horas de permanência em incubadora tipo BOD, nas condições próprias do teste (100% UR do ar, 41°C), sendo posteriormente colocadas para germinar, conforme descrição do teste de germinação (AOSA,1983).

A determinação do índice de velocidade de emergência foi feita de acordo com as recomendações especificadas na ISTA (1995). A partir do início da emergência, foram feitas avaliações diárias, computando o número de plântulas emergidas (maior que 1 cm) até a estabilização do estande. O cálculo do índice de velocidade de emergência foi efetuado usando-se a expressão proposta por Maguire (1962).

O teste de frio foi conduzido em caixas de plástico, com quatro repetições de 50 sementes para cada tratamento e, como substrato, foi utilizada uma mistura de duas partes de areia e uma de terra, ajustando-se a umidade do substrato para 60% da capacidade de campo. Logo após as caixas foram colocadas em câmara fria, a 10 ºC, por sete dias; após esse período, as caixas foram levadas a um germinador regulado a 30 °C, onde permaneceram por sete dias, e avaliou-se o percentual de plântulas normais emergidas (AOSA, 1983).

O experimento foi conduzido em delineamento experimental inteiramente ao acaso, em esquema fatorial (2 x 2 x 3 x 5), correspondente aos dois tipos de embalagens, aos dois ambientes, às três doses de GA3 e aos cinco períodos de armazenamento, com quatro repetições.

Para as comparações entre os fatores quantitativos, períodos de armazenamento e doses de giberelina, foram realizadas análises de regressão. As médias dos dados obtidos nos dois ambientes de armazenamento e nos dois tipos de embalagens foram comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. A análise dos dados foi realizada por meio do programa estatístico SISVAR (Ferreira, 1999).

Resultados e Discussão

Houve resposta significativa no desempenho fisiológico das sementes em todas as avaliações efetuadas, quando foram comparados os dois

ambientes e os cinco períodos de armazenamento e a interação desses fatores.

Não foi observada resposta significativa para os tipos de embalagem (Tabela 1), neste estudo. Em abordagem semelhante, foi observado que o tipo de embalagem associado às condições de armazenamento influencia a manutenção da qualidade fisiológica de sementes de milho doce durante o armazenamento (Camargo & Carvalho, 2008). Esses autores verificaram que, sob condições de câmara refrigerada (10 ºC e U.R 50%), o acondicionamento de semente tratada em embalagem de papel é mais eficiente para a manutenção da qualidade fisiológica durante 18 meses. Já em condições ambientais, sementes embaladas a vácuo, com 8% de umidade, tiveram melhor desempenho.

Nos testes de envelhecimento acelerado e índice de velocidade de emergência, houve resposta significativa à aplicação do ácido giberélico. Observou-se, também, que a interação doses de giberelina x períodos de armazenamento apresentou efeito significativo em todas as avaliações realizadas (Figuras 1, 2 e 3).

TABELA 1. Resumo da análise de variância, coeficiente de variação experimental (CV) e média geral envolvendo dois ambientes, três doses de GA_3 e cinco períodos de armazenamento, nos testes de germinação, envelhecimento acelerado, teste de frio, índice de velocidade de emergência (IVE), em sementes de milho doce de forma redonda, acondicionadas em dois tipos de embalagens. UFLA, Lavras, MG, 2011.

Fontes de variação	Graus de liberdade	Quadrados Médios			
		Teste de germinação	Envelhecimento acelerado	Teste de frio	IVE
Embalagens	1	1,350	98,817	68,267	2,544
A (Ambientes)	1	1430,817**	14446,017**	16533,600**	106,787**
G (Doses GA_3)	2	0,516	779,266**	116,217	49,459**
T (Épocas)	4	774,108**	12492,750**	4786,167**	1519,225**
A * G	2	39,817	32,267	123,950	0,468
A * T	4	512,858**	4890,016**	2849,433**	41,787**
G * T	8	62,433*	116,913*	187,529**	33,345**
A * G * T	8	47.733	41,704	49,096	0,472
Erro	196	29,426	55,065	43,598	2,066
CV (%)		6,74	11,93	9,90	12,85
Média geral		80,442	62,208	66,667	11,187

Quando comparados os dois ambientes de armazenamento, foi constatado que o armazenamento em ambiente de câmara fria a 10 °C sempre proporcionou melhor desempenho às sementes, isso para todas as avaliações propostas (Tabela 2). Araújo et al. (2000), estudando os efeitos imediatos e latentes da temperatura e da umidade relativa do ar de secagem na qualidade fisiológica de sementes de milho doce, verificaram que o armazenamento por um período de 12 meses, em câmara fria, proporcionou

TABELA 2. Resultados médios obtidos na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de milho superdoce de formato redondo em dois ambientes de armazenamento. UFLA, Lavras, MG, 2011.

Ambientes	Médias dos testes[1]			
	G[2]	EA[3]	F[4]	IVE[5]
10 °C	82,88 a	69,97 a	74,97 a	11,85 a
25 °C	78,00 b	54,45 b	58,37 b	10,52 b

[1]Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si, ao nível de 5% pelo teste de Scott-Knott.[2]Teste de germinação (%); [3]Envelhecimento acelerado (%); [4]Teste de frio (%);[5]Índice de velocidade de emergência.

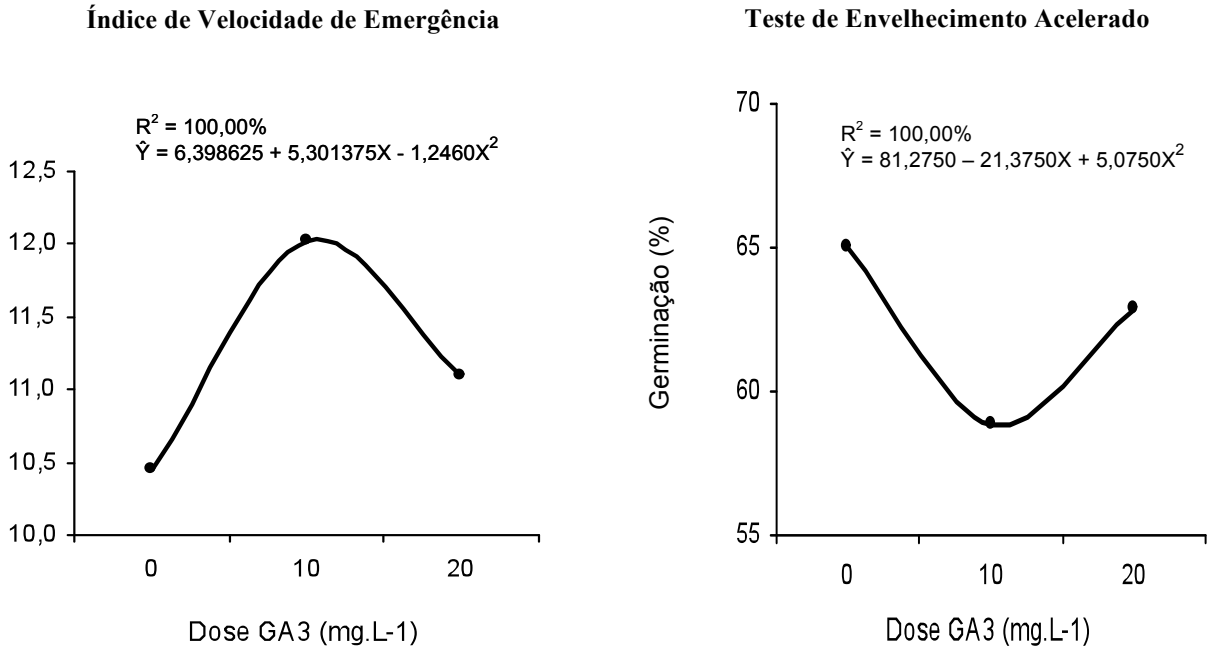

FIGURA 1. Representação gráfica das equações de regressão da germinação, após envelhecimento acelerado, e do índice de velocidade de emergência, obtidos para sementes de milho superdoce de formato redondo, em função de três doses de ácido giberélico. UFLA, Lavras, MG, 2011.

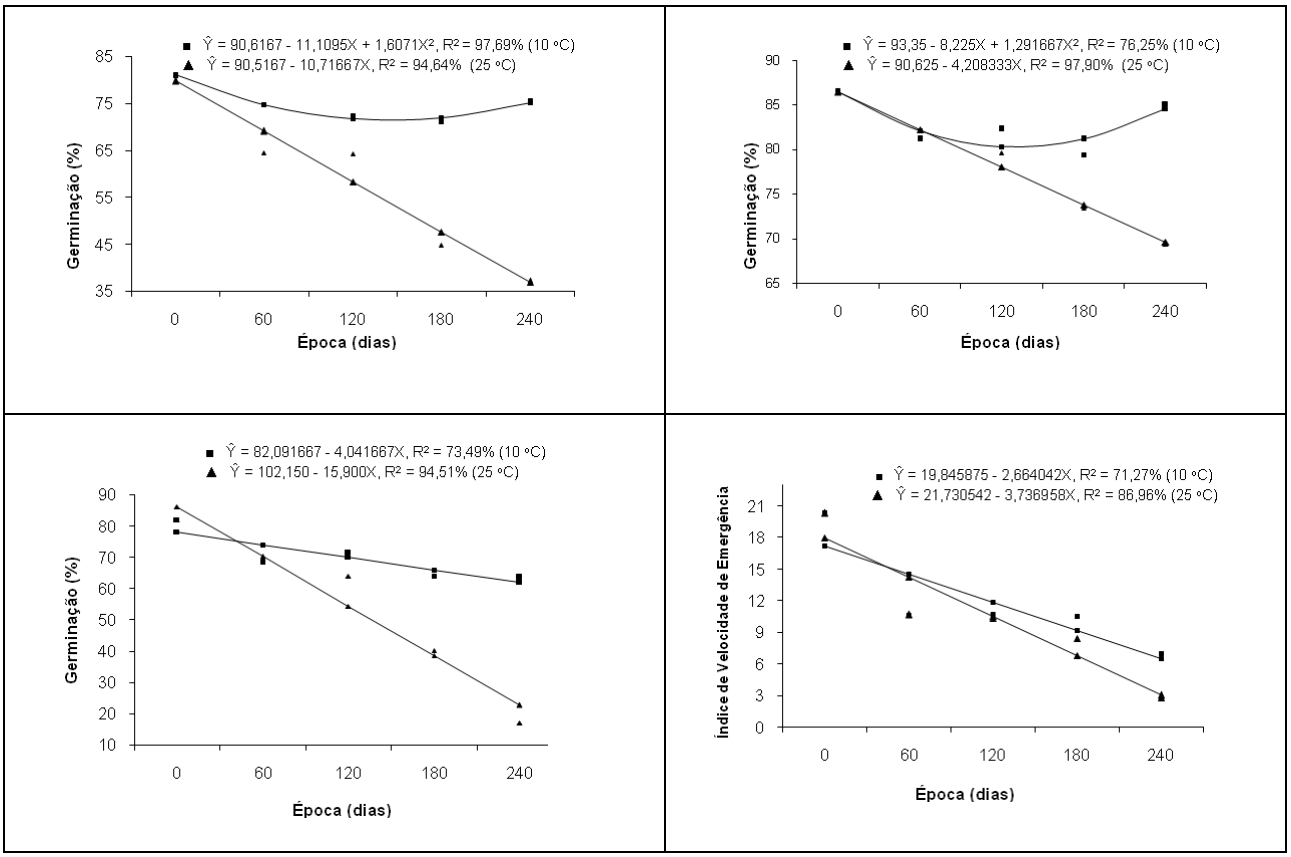

FIGURA 2. Representação gráfica das equações de regressão da germinação, antes e após envelhecimento acelerado, teste de frio e índice de velocidade de emergência, em sementes de milho superdoce de formato redondo, em função da interação de cinco períodos e dois ambientes de armazenamento. UFLA, Lavras, MG, 2011.

menor perda de germinação e vigor das sementes, em relação ao armazenamento em condições ambientais. Resultados semelhantes foram verificados por Fesselet al. (2006), com sementes de milho armazenadas sob diferentes temperaturas, sendo que, com exceção do armazenamento a 10 ºC, em outros ambientes houve redução no vigor das sementes.

O armazenamento em ambiente controlado a 10 ºC também está associado a uma maior conservação da qualidade fisiológica de sementes ao longo do tempo, de outras espécies,como a sojae a ervilha (Fesselet al., 2010).

Houve redução na germinação, no teste de envelhecimento acelerado, nos tratamentos que receberam doses de GA_3 (Figura 1). No entanto, na avaliação do índice de velocidade de emergência, foi verificado que os tratamentos com doses de ácido giberélico, quando comparados com o tratamento sem GA_3, apresentaram valores maiores, o que demonstra que as doses aplicadas no experimento promovem resposta positiva, provocando melhor qualidade fisiológica. A presença do ácido giberélico certamente concorreu para a promoção da velocidade de germinação e, consequentemente

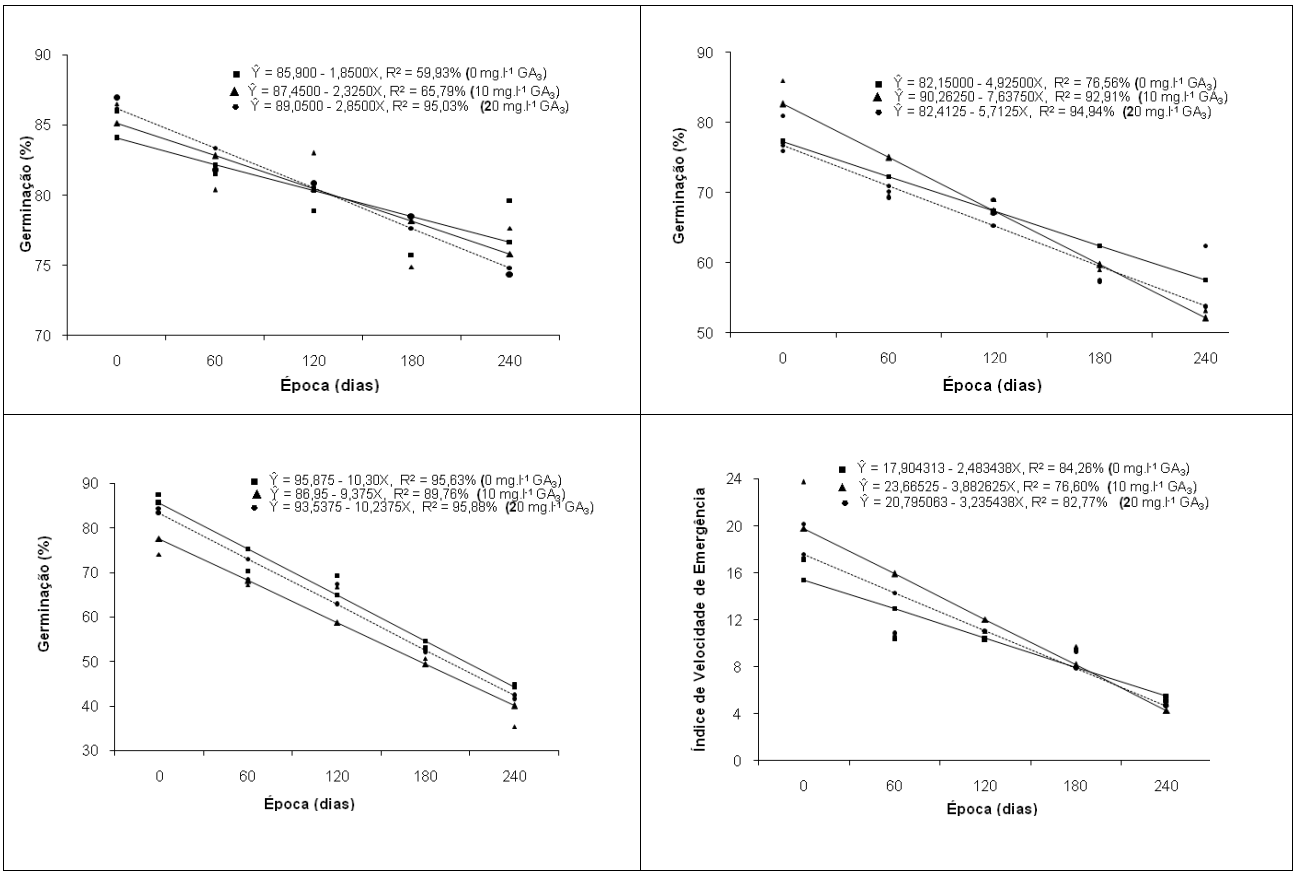

FIGURA 3. Representação gráfica das equações de regressão da germinação, antes e após envelhecimento acelerado, teste de frio e índice de velocidade de emergência, em sementes de milho superdoce de formato redondo, em função da interação de cinco períodos de armazenamento e três doses de ácido giberélico. UFLA, Lavras, MG, 2011.

de maiores Índices de Velocidade de emergência, o que confirma os resultados obtidos por Neto et al. (2007), em jenipapeiro.

Na interação períodos x ambientes de armazenamento, foi verificada resposta significativa, nas avaliações realizadas em ambas as temperaturas de armazenamento (Figura 2).

As sementes armazenadas no ambiente de 25 ºC, quando submetidas a condições severas adversas (Testes de Frio e Envelhecimento Acelerado), apresentaram queda drástica no potencial fisiológico. Isto corrobora o fato de as sementes de milho doce serem bem mais suscetíveis a perda do vigor, quando submetidas a condições de estresse. Isso ocorre porque essas sementes possuem alto teor de sólidos solúveis e baixo teor de reservas no endosperma, associado à presença de pericarpo tenro (Aragão et al., 2003). Esse resultado também confirma que a qualidade fisiológica das sementes de milho doce é mais bem preservada quando armazenadas em ambiente com temperatura controlada, o que foi corroborado por Camargo & Carvalho (2008).

Houve efeito significativo na maioria dos testes de vigor, para a interação períodos de armazenamento x doses GA_3 (Figura 3).

Os resultados confirmam o efeito estimulatório da giberelina no processo germinativo, quando aplicadas, em sementes, ativando o crescimento vegetativo do embrião, mobilizando as reservas do endosperma, e no enfraquecimento da camada de endosperma que circunda o embrião, favorecendo, assim, o seu crescimento (Taiz & Zeiger, 1991).

As doses do fitohormônio promoveram melhor desempenho na germinação e no índice de velocidade acelerado,quando comparadas com o tratamento testemunha, até os 60 dias da aplicação do hormônio; posteriormente, o hormônio perde eficácia. Esse fato decorre de que a giberelina produz um efeito contrário, ao acelerar o processo de deterioração das sementes, comprometendo seu potencial fisiológico (Marcos Filho, 2005). Silva et al. (2005) observaram que, em concentração de giberelina maior que 10 mμ, há degradação do endosperma *cap*, o que, consequentemente, podeafetar o embrião de *Coffea arábica* L. durante a germinação, afetando o desenvolvimento de plântulas.

Conclusões

Tanto as embalagens permeáveis como as embalagens impermeáveis não influenciam o vigor das sementes de milho doce, durante o armazenamento.

No armazenamento em câmara fria (10 °C) a qualidade fisiológicaé mais preservada do que quando armazenadas em temperatura ambiente (25 °C).

O ácido giberélico é eficiente para aumentar a porcentagem de germinação, sob condições de frio e a velocidade de emergência, até 60 dias de armazenamento.

O ácido giberélico perde efeito sobre o desempenho das sementes, com o decorrer do tempo de armazenamento.

O armazenamento provoca a deterioração das sementes de milho doce, independente das condições do ambiente e das doses de giberelina aplicadas.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Universidade Federal de Lavras (UFLA) e ao Departamento de Agricultura (DAG) a oportunidade concedida para a realização do projeto, à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) a concessão da bolsa de estudos e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) o financiamento do projeto.

Referências

ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYSTS.**Seed vigor testing handbook**. East Lansing, 1983.88 p. (Contribution, 32).

ARAGÃO, C. A.; DANTAS, B. F.; ALVES, E.; CATANEO, A .C.; CAVARIANI, C.; NAKAGAWA, J. Atividade amilolítica e qualidade fisiológica de sementes armazenadas de milho super doce tratadas com ácido giberélico. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 25, n. 1, p. 43-48, 2003.

ARAUJO, R. F.; ARAUJO, E. F.; CECON, P. R.; SOFIATTI, V. Conservação de sementes de café (*Coffeaarabica*L.) despolpado e não despolpado. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 30, n. 3, p. 71-78, 2008.

ARAÚJO, E. F.; SILVA, R. F.; CORRÊA, P. C. Efeitos imediatos e latentes da temperatura e da umidade relativa do ar de secagem na qualidade fisiológica de

sementes de milho-doce, cultivar BR 400. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 22, n. 2, p. 21-30, 2000.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Regras para análise de sementes**. Brasília, DF: Mapa/ACS, 2009. 395 p.

CAMARGO, R. de; CARVALHO, M. L. M. de. Armazenamento a vácuo de semente de milho doce. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 30, n. 1, p. 131-139, 2008.

COIMBRA, R. A.; MARTINS, C. C.; TOMAZ, C. A.; NEKAGAWA, P. Testes de vigor utilizados na avaliação da qualidade fisiológica de lotes de sementes de milho-doce (*sh2*). **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 9, p. 2402-2408, 2009.

FERREIRA, D. F. **Sistema de análise de variância (SISVAR)** versão 4.6. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 1999. CD-ROM.

FESSEL, S. A.; PANOBIANCO, M.; SOUZA, C. R. de: VIEIRA, R. D. Electrical conductivity test of soybean seeds stored under different temperatures. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n.1, p. 207-214, 2010

FESSEL, S. A.; VIEIRA, R. D.; CRUZ, M. C. P. da; PAULA, R. C. de; PANOBIANCO, M. Electrical conductivity testing of corn seeds as influenced by temperature and period of storage. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 41, n. 10, p. 1551-1556, 2006.

INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION. **Handbook of vigour test methods**. Zürich: ISTA, 1995. 117 p.

LOPES, H. M.; SOUZA, C. M. Efeitos da giberelina e da secagem no condicionamento osmótico sobre a viabilidade e o vigor de sementes de mamão (C*arica papaya* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 30, n. 1, p. 181-189, 2008.

MAGUIRE, J. D. Speed of germination aid in selection and evaluation for seeding emergence and vigor. **Crop Science**, Madison, v. 2, n. 2, p. 76-177, 1962.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ, 2005. 495 p. (FEALQ. Biblioteca de Ciências Agrárias Luiz de Queiroz, 12).

NETO, M. P.; DANTAS, A. C. V. L.; VIEIRA, E. L.; ALMEIDA, V. de O. Germinação de sementes de jenipapeiro submetidas à pré-embebição em regulador e estimulante vegetal. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 3, p. 693-698, 2007.

PALIWAL, R. L. Tipos de maíz. In: PALIWAL, R. L.; GRANADOS, G.; LAFITTE, H. R.; VIOLIC, A. D. (Ed.). **El maíz en los trópicos:** Mejoramiento y producción.Roma: FAO, 2001. p. 39-43.

SILVA, E. A. A. da; TOROOP, P. E.; NIJSSE, J.; BEWLEY, J. D.; HILHORST, H. W. M. C. Exogenous gibberellins inhibit coffee (*Coffea Arabica* cv. Rubi) seed germination and cause cell death in the embryo. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 56, n. 413, p. 1029-1038, 2005.

SANTOS, M. X., MEIRELLES, W. F. Avaliação da capacidade de combinação entre linhagens de milho doce. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras,v. 25, n. 3, p. 483-488, 2001.

SANWO, M. M.; DEMASON, D. A. Gibberellic acid (GA3) - induced enhancement of a-amylase activity in the aleurone of *shrunken-2* maize kernels. **American Journal of Botany**, Lancaster, v. 81, n. 8, p. 987-996, 1994.

SILVA, T. T. A.; VON PINHO, E. V. R.; CARDOSO, D. L.; FERREIRA, C. A. F.; ALVIM, P. O.; COSTA, A. A. F. Qualidade fisiológica de sementes de milho na presença de bioestimulantes. **Ciências agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 3, p. 840-846, 2008.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Ethylene and abscisic acid. In: TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology**. California: Benjamin: Cummings, 1991. p. 482-487.

TEIXEIRA, F. F.; SOUSA, I. R. P.; GAMA, E. E. G.; PACHECO, C. A. P.; PARENTONI, S. N.; SANTOS, M. X.; MEIRELLES, W. F. Avaliação da capacidade de combinação entre linhagens de milho doce. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 25, n. 3, p. 483-488, 2001.

TRACY, W. F. Sweet Corn. In: HALLAUER, A. R. (Ed.). **Specialty corns**. Boca Raton: CRC Press, 1994.p. 147-187.