

QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE LINHAGENS DE SOJA COM PRESENÇA OU AUSÊNCIA DE LIPOXIGENASES, EM DIFERENTES ÉPOCAS DE COLHEITA¹

TÂNIA CRISTINA OLIVEIRA GONDIM², CARLOS SIGUEYUKI SEDIYAMA³,
VALTERLEY SOARES ROCHA³ E MAURÍLIO ALVES MOREIRA⁴

RESUMO - A aceitação da soja como alimento é ainda limitada, em virtude do seu sabor e odor característicos, que têm como principal causa as enzimas lipoxigenases. Para contornar esse problema, o Programa de Melhoramento Genético da Soja da Universidade Federal de Viçosa desenvolveu linhagens de soja com a ausência das três formas de lipoxigenases nos grãos. O presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da eliminação genética das lipoxigenases das sementes de soja, na qualidade fisiológica das sementes de quatro variedades, colhidas em diferentes períodos. Para isso, sementes das variedades CAC-1, Doko-RC, UFV-16 e Cristalina e suas respectivas linhagens com ausência das três lipoxigenases, denominadas de triplo-nulas, foram multiplicadas no campo, sendo as sementes de cada material genético colhidas no estágio R8 e aos 15, 30 e 45 dias após a primeira colheita. Posteriormente, as sementes foram submetidas aos testes de germinação, primeira contagem da germinação, emergência em leito de areia, envelhecimento acelerado e emergência das plântulas. Como resultado, observou-se que a quarta época de colheita evidenciou as maiores diferenças entre os materiais com ou sem lipoxigenases. A introdução de genes que condicionam a ausência das três lipoxigenases nas sementes, nas quatro variedades, produziram linhagens de soja com sementes de qualidade fisiológica iguais ou piores que as variedades originais, dependendo da variedade, indicando não haver relação direta entre qualidade fisiológica e presença de lipoxigenases nas sementes.

Termos para indexação: *Glycine max*, sabor, germinação.

PHYSIOLOGICAL SEED QUALITY OF SOYBEAN LINES WITH AND WITHOUT LIPOXYGENASES AT DIFFERENT HARVESTING TIMES

ABSTRACT - Soybean consumption as food is still limited due to its characteristic flavor and odor that have as the main cause the lipoxygenases enzymes. To avoid this problem, the Soybean Genetic Improvement Program of the Federal University of Viçosa developed lines with the absence of the three forms of lipoxygenases in the grains. The present work was performed to evaluate the effect of the genetic elimination of lipoxygenases on physiological seed quality of four varieties, harvested at different periods. Seeds of CAC-1, Doko-RC, UFV-16 and Cristalina varieties and their respective derived lines with absence of three lipoxygenases, called triple-null, were multiplied in the field and the seeds were harvested at the R₈ stage and 15, 30 and 45 days after the first harvest. Later, the seeds were submitted to the germination test, first germination counting test, sand bed germination, accelerated aging and seedling emergence. It was observed that the fourth harvesting time showed highest differences among varieties and materials with or without lipoxygenases. It was concluded that the introduction of genes that condition the absence of the three lipoxygenases in the seeds, in the four varieties, produced lines of soybean with seeds of equal or poorer physiological quality, than that of the original varieties, depending on the studied

¹ Aceito para publicação em 30.12.2001; parte da dissertação apresentada à UFV, pelo primeiro autor para a obtenção do título de Magister Scientiae em Fitotecnia.

² Aluna do curso de mestrado em Fitotecnia, UFV; 36571-000, Viçosa-MG; bolsista da CAPES; e-mail: tgondim@yahoo.com.br

³ Prof., Depto. de Fitotecnia, UFV; e-mail: cseyiyama@ufv.br

⁴ Núcleo de Biotecnologia Aplicada à Agropecuária - Bioagro, UFV.

variety, indicating a lack of direct relation between physiological quality and presence of lipoxygenases in the seeds.

Index terms: *Glycine max*, flavor, germination.

INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill), embora originária de região de clima temperado, apresenta boa adaptação agrônômica às condições de climas subtropical e tropical, encontradas em várias regiões do Brasil, e constitui uma das principais fontes de divisas do setor agrícola.

A cultura da soja tem sido objeto de intensa atividade de pesquisa, com vistas a obtenção de informações que possibilitem aumentos na sua produtividade. Uma das etapas mais importantes na produção da soja é a obtenção de sementes de alta qualidade, para que possam ser economicamente utilizadas pelos agricultores, no estabelecimento de suas lavouras (Rocha et al., 1984). Assim, a obtenção de variedades com sementes de alta qualidade fisiológica e com elevado potencial de conservação tem sido prioridade nos programas de melhoramento.

Considerando-se o alto valor nutritivo, a soja recebe atenção especial dos profissionais que trabalham com alimentação. Entretanto, sua aceitação como alimento é ainda limitada, em virtude do sabor e odor característicos, conhecidos como "beany flavor". A principal causa desse sabor e odor são as isoenzimas lipoxigenases (Wolf, 1975).

As lipoxigenases catalisam a reação de hidroperoxidação do ácido linoléico e de outros lipídios polinsaturados. A degradação subsequente dos hidroperóxidos formados leva ao aparecimento de diversos compostos que têm sido relacionados com o desenvolvimento de sabores indesejáveis em produtos derivados de soja (Barros et al., 1984 e Hildebrand et al., 1988). Dentre os compostos resultantes da degradação oxidativa de lipídios, o aldeído hexanal é apontado como um dos mais importantes, além disso, possui limite de detecção sensorial muito baixo (Rackis et al., 1979). Como alternativa para solucionar esse problema e melhorar as características organolépticas dos produtos derivados dos grãos de soja, aumentando assim sua aceitação pelo consumidor, programas de melhoramento genético têm desenvolvido linhagens de soja com ausência de lipoxigenases nos grãos. Por outro lado, Wilson-Jr. & McDonald-Jr. (1986), Silva-Castro & Sedyama (1990) e Sedyama et al. (1998), dentre outros, relacionaram a produção de aldeídos com o vigor das sementes de soja.

Este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da eliminação genética das lipoxigenases das sementes de soja, em

quatro variedades, por meio de retrocruzamentos, na qualidade fisiológica das sementes, colhidas em diferentes períodos.

MATERIAL E MÉTODOS

Sementes das variedades de soja CAC-1, Doko-RC, UFV-16, Cristalina e de suas respectivas linhagens com ausência das três lipoxigenases, obtidas por retrocruzamentos, denominadas triplo-nulas, foram multiplicadas no campo, em área experimental do Departamento de Fitotecnia, em Viçosa-MG, no ano agrícola 99/2000. As sementes de cada material genético foram colhidas no estádio R8, época em que 95% das vagens se encontram maduras (Fehr & Caviness, 1977) e aos 15, 30 e 45 dias após a primeira colheita. A qualidade das sementes foi avaliada pelos testes de: **germinação (TG) e primeira contagem do teste da germinação** - foram utilizadas quatro subamostras de 50 sementes para cada genótipo e época de colheita. As sementes foram colocadas sobre duas folhas de papel toalha e cobertas por uma terceira folha, previamente umedecidas com água deionizada, utilizando um volume de 2,5 vezes o peso do substrato. Posteriormente, os rolos, foram colocados em um germinador regulado à temperatura de $25 \pm 1^\circ\text{C}$. As contagens foram realizadas aos cinco dias (primeira contagem de germinação) e aos oito dias (teste de germinação); as avaliações foram efetuadas segundo os critérios estabelecidos em Brasil (1992). Em cada amostra, foram determinadas as porcentagens de plântulas normais e de sementes mortas; **emergência das plântulas em areia** - foi realizado em bandejas de plástico (27x32x6cm), contendo areia lavada e esterilizada com brometo de metila. Foram semeadas 100 sementes de cada genótipo, em quatro subamostras de 25 sementes por sulco. Esse teste foi conduzido em casa de vegetação e as irrigações foram realizadas sempre que necessárias. A avaliação e a contagem de plântulas normais foram feitas no décimo dia, quando a maioria das plântulas apresentaram o primeiro par de folhas unifolioladas completamente abertas. Os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais, de acordo com Brasil (1992); **envelhecimento acelerado** - de acordo com a metodologia descrita por McDonald & Phaneendranath (1978), foram colocadas 250 sementes sobre uma tela em caixas plásticas tipo gerbox adaptadas, con-

tendo, ao fundo, 40ml de água destilada, para que fosse criado um ambiente com alta umidade relativa. As caixas foram fechadas e transferidas para uma estufa incubadora tipo BOD, onde permaneceram por 48 horas a 41°C e 100% de UR, conforme recomendações de Krzyzanowski et al. (1991). Após o período de envelhecimento, as sementes foram submetidas ao teste de germinação, em quatro repetições de 50 sementes, conforme descrito anteriormente; **índice de velocidade de emergência (IVE)** - foram empregadas 400 sementes de cada material genético, em repetições de 100 sementes, para cada época de colheita. Após a instalação, foram feitas observações diárias e, a partir do dia em que a primeira plântula emergiu do solo, foram contadas, diariamente, o número de plântulas emergidas, até que esse número fosse constante. O número de plântulas emersas a cada dia foi utilizado para o cálculo do índice de velocidade de emergência, utilizando-se a fórmula de Maguire (1962).

Os dados de germinação, primeira contagem da germinação, emergência das plântulas e envelhecimento acelerado foram analisados utilizando-se o modelo inteiramente casualizado, com parcelas subdivididas, com quatro repetições, sendo as parcelas constituídas pelas quatro variedades, com presença ou ausência (linhagens) de lipoxigenase e as subparcelas constituídas pelas quatro épocas de colheita. Os dados do IVE foram analisados considerando o modelo de blocos casualizados, com quatro repetições e com parcelas subdivididas, sendo as parcelas e subparcelas como anteriormente definidas. Os dados em porcentagem resultantes de contagens foram previamente submetidos à transformação angular. A discussão dos resultados foi realizada com base na significância dos teste F e de Tukey ($P < 0,05$).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Quanto aos dados de germinação, não se observou diferença entre os materiais estudados, na primeira época de colheita (R8), quando todas as sementes apresentaram maior potencial de germinação (Figura 1). Com o retardamento de colheita, houve queda nesse potencial, porém de maneira diferenciada nas variedades. Esse resultado vai ao encontro dos resultados obtidos por Resende (1993), que analisando genótipos de soja submetidos ao retardamento de colheita, constatou que esse procedimento foi prejudicial à viabilidade e ao vigor das sementes. A queda de germinação mostrou-se maior nas sementes de Doko-RC e menor nas sementes da UFV-16, enquanto as da CAC-1 e da Cristalina ficaram em posição intermediária.

Analisando-se o efeito da eliminação genética de lipoxigenases das sementes, observou-se que, na quarta época de colheita (R8+45), houve maior redução da germinação das sementes da linhagem sem lipoxigenase derivada da variedade Doko-RC. Essas observações estão em conformidade com os resultados obtidos por Martins (2001) que, avaliando a germinação de Doko-RC, verificou baixo desempenho da linhagem triplo-nula, quando comparada à variedade correspondente. Em relação à porcentagem de sementes mortas no teste de germinação, quando se verificou o efeito de eliminação genética de lipoxigenase em cada genótipo dentro de cada época, verificou-se que apenas Doko-RC sem Lox mostrou-se inferior em relação à sua respectiva variedade (Figura 2). Observou-se, também, aumento dos valores de sementes mortas, com o retardamento de colheita.

Na avaliação dos dados da primeira contagem da germinação, quando foram comparados os dados das quatro épocas de colheita (Figura 3), observou-se, assim como no teste de germinação, maior número de sementes germinadas na primeira época de colheita para todos os materiais, indicativo de maior vigor das sementes nessa época. Também, em concordância com o teste de germinação, com o retardamento de colheita, observou-se queda no vigor (primeira contagem) de maneira diferenciada nos genótipos, mostrando a Doko-RC comportamento inferior, quando comparada aos outros genótipos. Quando se avaliou o efeito da eliminação genética das lipoxigenases, pela comparação de cada variedade e seu res-

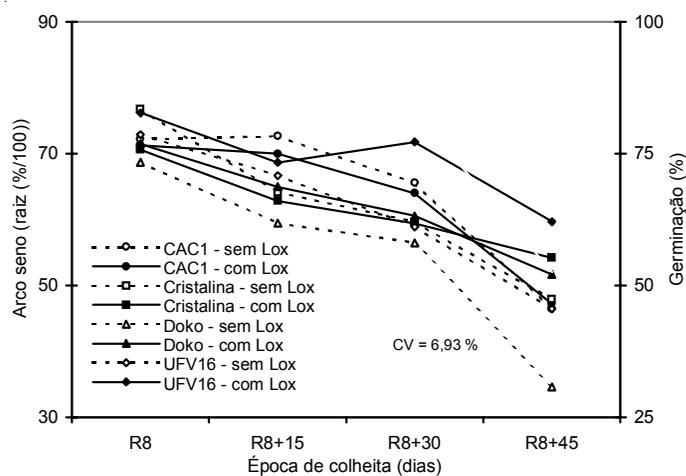


FIG. 1. Porcentagens de germinação das sementes das variedades de soja CAC-1, Cristalina, Doko-RC e UFV-16, com e sem lipoxigenases, em quatro épocas de colheita.

DMS-Tukey 5% entre materiais genéticos dentro de época = 11,34, em arco seno.

pectivo triplo-nulo, observou-se menor vigor das linhagens triplo-nulas de Doko-RC e UFV-16, principalmente na quarta época de colheita.

De acordo com os resultados obtidos no teste de emergência das plântulas, não foi verificado efeito da eliminação genética das lipoxigenases em nenhuma época de colheita, para variedade ou linhagem triplo-nula. Entretanto, na média

geral, sementes da CAC-1 e da UFV-16 mostraram-se superiores às sementes da Doko-RC e da Cristalina (Figura 4). Observou-se, também, que houve queda na emergência das plântulas, com o retardamento da colheita. Os resultados desse teste foram superiores aos que avaliam o potencial de germinação em condições controladas de laboratório. Isto se deve ao fato de que, no teste de emergência, as plântulas teriam maior possibilidade de sobrevivência, pois segundo França-Neto & Henning (1984), após a emergência, os tegumentos contaminados por fungos permaneceriam na areia e não teriam contato com os cotilédones, como ocorre em rolo de papel, evitando o seu apodrecimento. Tem sido detectado aumento na expressão de lipoxigenases foliares em plantas durante ou após submissão a variados tipos de estresses, incluindo ferimento mecânico (Saravitz & Siedow, 1995; Wang et al., 2000 e Vieira et al., 2001), ataque de insetos (Hildebrand et al., 1988 e Silva, 1999) e infecção por patógenos (Melan et al., 1993). A relevância fisiológica da indução da via das lipoxigenases pelas plantas sob condições de estresse biótico e abiótico tem sido estabelecida e várias propostas têm sido sugeridas, incluindo degradação da membrana durante a resposta de hipersensibilidade (Croft et al., 1990), produção de derivados de ácidos graxos, moléculas antimicrobianas (Croft et al., 1993) e síntese de substâncias relacionadas ao crescimento de plantas, como ácido jasmônico, o qual está envolvido na ativação de genes que expressam inibidores de proteases (Farmer & Ryan, 1992).

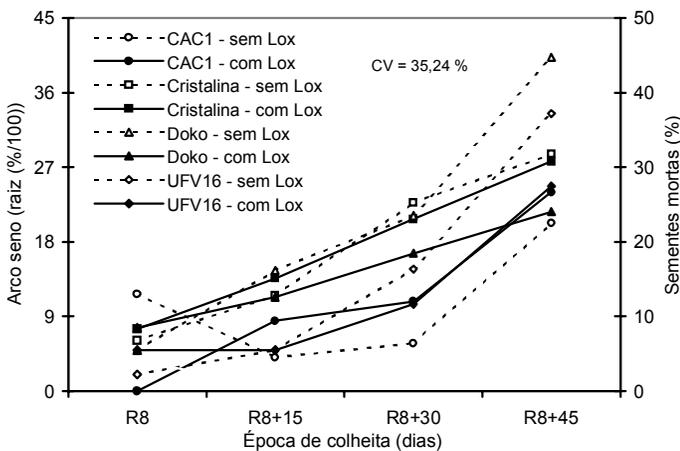


FIG. 2. Porcentagens de sementes mortas no teste de germinação das sementes das variedades de soja CAC-1, Cristalina, Doko-RC e UFV-16, com e sem lipoxigenases, em quatro épocas de colheita.

DMS-Tukey 5% entre materiais genéticos dentro de época = 9,51, em arco seno.

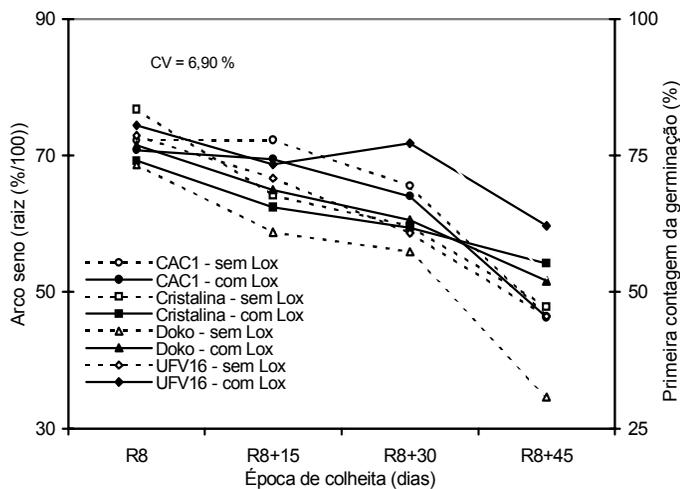


FIG. 3. Porcentagens de vigor (primeira contagem da germinação) das sementes das variedades de soja CAC-1, Cristalina, Doko-RC e UFV-16, com e sem lipoxigenases, em quatro épocas de colheita.

DMS-Tukey 5% entre materiais genéticos dentro de época = 11,39, em arco seno.

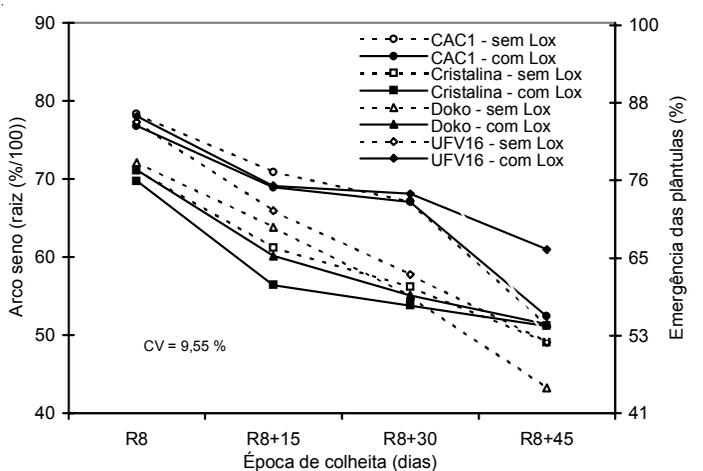


FIG. 4. Porcentagens de vigor (emergência das plântulas) das sementes das variedades de soja CAC-1, Cristalina, Doko-RC e UFV-16, com e sem lipoxigenases, em quatro épocas de colheita.

DMS-Tukey 5% entre materiais genéticos dentro de época = 8,44, em arco seno.

Avaliando o efeito da eliminação genética de lipoxigenases no teste de envelhecimento acelerado em cada época e em cada genótipo (Figura 5), observou-se que, na quarta época de colheita, as linhagens triplo-nulas derivadas de Doko-RC e de UFV-16 mostraram-se inferiores às suas respectivas variedades. Estes resultados estão em concordância com os de Dias (1999), que verificou menor vigor nas sementes da variedade Doko-RC TN, quando submetidas ao retardamento da colheita, em comparação com os da variedade original, no teste de envelhecimento acelerado.

Quando foi comparado o efeito da eliminação genética de lipoxigenases em cada época de colheita, constatou-se pior desempenho do material triplo-nulo na quarta época, possivelmente em razão de alterações fisiológicas relacionadas com a via das lipoxigenases (Croft et al., 1993) ou à presença de genes prejudiciais à qualidade das sementes, ainda não eliminados pelos retrocruzamentos. Todos os materiais apresentaram perda de vigor após o envelhecimento.

Com relação ao índice de velocidade de emergência, tomando-se por base cada variedade e sua respectiva linhagem triplo-nula, verificou-se que o efeito da retirada de lipoxigenase provocou queda de vigor na quarta época de colheita e principalmente para Doko-RC triplo-nulo (Figura 6). Estes resultados estão em concordância com os de Dias (1999), que avaliando a velocidade de emergência de genótipos de soja em diferentes épocas de colheita, observou menor vigor em Doko-RC triplo-nulo. Porém, dentro de cada época de colheita, comparando-se as linhagens sem

lipoxigenases obtidas pelo retrocruzamento de diferentes variedades, verifica-se que houve comportamento diferenciado entre elas, mantendo-se a CAC-1 sempre superior.

Os programas de retrocruzamentos, para a introdução de genes que condicionam a ausência das três lipoxigenases nas sementes, das quatro variedades de soja estudadas, produziram linhagens com sementes de qualidade fisiológica iguais ou piores que as variedades originais, mas a partir dos resultados analisados, não se pode dizer que exista uma relação direta de retirada de lipoxigenases e qualidade de sementes, pois os genótipos estudados mostraram comportamento diferenciado e não apresentaram, todos, um comportamento inferior ou superior com a eliminação genética das lipoxigenases. Tais resultados concordam com Azevedo (1998) que, avaliando a qualidade fisiológica de sementes com e sem lipoxigenases, concluiu não haver associação entre ausência e presença de lipoxigenases e qualidade fisiológica das sementes das linhagens estudadas. Taketa (2000) e Martins (2001), avaliando o efeito da retirada de lipoxigenases sobre características agrônomicas de genótipos de soja, concluíram que a retirada de lipoxigenases não afetou as características agrônomicas dos genótipos estudados.

Os baixos resultados de germinação e de vigor obtidos neste trabalho, para as linhagens Doko-RC TN e UFV-16 TN, podem estar ocorrendo devido a não recuperação completa do genótipo, durante o processo de melhoramento genético através dos retrocruzamentos, uma vez que nesse processo

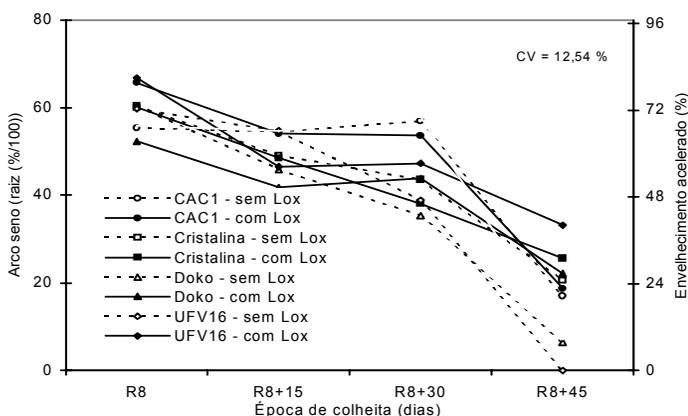


FIG. 5. Porcentagens de vigor (envelhecimento acelerado) das sementes das variedades de soja CAC-1, Cristalina, Doko-RC e UFV-16, com e sem lipoxigenases, em quatro épocas de colheita.

DMS-Tukey 5% entre materiais genéticos dentro de época = 15,84, em arco seno.

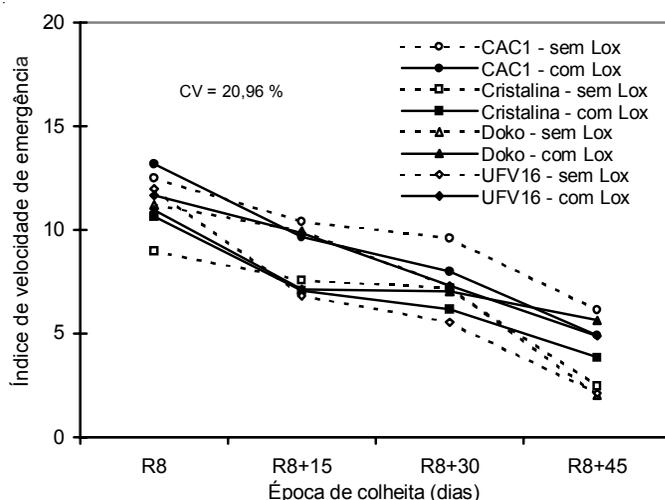


FIG. 6. Índice de velocidade de emergência das sementes das variedades de soja CAC-1, Cristalina, Doko-RC e UFV-16, com e sem lipoxigenases, em quatro épocas de colheita.

DMS-Tukey 5% entre materiais genéticos dentro de época = 4,86.

pratica-se intensa seleção para o caráter em transferência e para o tipo de planta do progenitor recorrente. Para que o melhoramento por retrocruzamento tenha um sucesso garantido, o genótipo do progenitor recorrente precisa ser recuperado nas suas características essenciais (Allard, 1971). Existe, assim, a possibilidade de que, para estas linhagens triplo-nulas estudadas, o processo de transferência da característica desejada (ausência de lipoxigenases) tenha sido eficiente, mas que, genes que codificam características para qualidade de sementes do progenitor recorrente, não tenham sido completamente recuperados.

CONCLUSÃO

- ♦ A quarta época de colheita evidenciou as maiores diferenças entre os materiais com ou sem lipoxigenases;
- ♦ as sementes das linhagens triplo-nulas derivadas das variedades Doko-RC e UFV-16, apresentaram maior susceptibilidade à deterioração no campo, provocada pelo atraso da colheita;
- ♦ não houve efeito da retirada de lipoxigenases sobre a qualidade de sementes das linhagens triplo-nulas derivadas das variedades CAC-1 e Cristalina;
- ♦ não foi possível estabelecer uma relação direta entre retirada de lipoxigenase e qualidade de sementes nas linhagens estudadas.

REFERÊNCIAS

- ALLARD, R.W. **Princípios do melhoramento genético das plantas**. Rio de Janeiro: USAID, 1971. 218p.
- AZEVEDO, P.H. **Avaliação da germinação e da sanidade de sementes de soja (*Glycine max* (L.) Merrill), com presença e ausência de lipoxigenases, produzidas em diferentes regiões de Minas Gerais**. Viçosa: UFV, 1998. 94p. (Dissertação Mestrado).
- BARROS, E.G.; MOREIRA, M.A. & FONTES, E.P.B. Atividade de lipoxigenases L1 e L3 em cultivares comerciais de soja. **Arquivos de Biologia e Tecnologia**, Curitiba, v.27, n.3, p.381-386, 1984.
- BRASIL, Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: SNDA/DNDV/CLAV, 1992. 365p.
- CROFT, K.P.C.; JÜTTNER, F. & SLUSARENKO, A.J. Volatile products of the lipoxxygenase pathway evolved from *Phaseolus vulgaris* L. leaves inoculated with *Pseudomonas syringae* pv *phaseolicola*. **Plant Physiology**, Rockville, v.101, n.1, p.13-24, 1993.
- CROFT, K.P.C.; VOISER, C.R. & SLUSARENKO, A.J. Mechanism of hypersensitive cell collapse: Correlation of increased lipoxxygenase activity with membrane damage in leaves of *Phaseolus vulgaris* L. inoculated with an avirulent race of *Pseudomonas syringae* pv *phaseolicola*. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, Cambridge, v.36, n.1, p.49-62, 1990.
- DIAS, A.C.P. **Atividade de lipoxigenases durante a germinação e qualidade fisiológica de sementes de soja**. Viçosa: UFV, 1999. 68p. (Dissertação Mestrado).
- FARMER, E.E. & RYAN, C.A. Octadecanoid precursors of jasmonic acid activate the synthesis of wound-inducible proteinase inhibitors. **The Plant Cell**, Rockville, v.4, n.1, p.129-134, 1992.
- FEHR, W.R. & CAVINESS, C.E. **Stages of soybean development**. Ames: Cooperative Extension Service, Iowa State University, 1977. 11p. (Special Report, 80).
- FRANÇA-NETO, J.B. & HENNING, A.A. **Qualidade fisiológica e sanitária de sementes de soja**. Londrina: EMBRAPA-CNPSo, 1984. 39p. (Circular Técnica, 9).
- HILDEBRAND, D.F.; HAMILTON-KEMP, T.R.; LEGG, C.S. & BOOKJANS, G. Plant lipoxxygenases: occurrence, properties and possible functions. **Current Topics in Plant Biochemistry and Physiology**, Columbia, v.7, p.201-219, 1988.
- KRZYŻANOWSKI, F.C.; FRANÇA-NETO, J.B. & HENNING, A.A. Relato dos testes de vigor disponíveis para as grandes culturas. **Informativo ABRATES**, Londrina, v.1, n.2, p.15-50, 1991.
- MAGUIRE, J.D. Speed of germination – aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, Madison, v.2, n.2, p.176-177, 1962.
- MARTINS, C.A.O. **Avaliação de caracteres agrônômicos de linhagens de soja com ou sem lipoxigenases nas sementes**. Viçosa: UFV, 2001. 109p. (Tese Doutorado).
- McDONALD, M.B. & PHANEENDRANATH, B.R. A modified accelerated aging vigor test procedure. **Journal of Seed Technology**, East Lansing, v.3, n.1, p.27-37, 1978.
- MELAN, M.A.; DONG, X.; ENDARA, M.E.; DAVIS, K.R.; AUSUBEL, F.M. & PETTERMAN, T.K. An *Arabidopsis thaliana* lipoxxygenase gene can be induced by pathogens, abscisic acid, and methyl jasmonate. **Plant Physiology**, Rockville, v.101, n.2, p.441-450, 1993.
- RESENDE, J.C.F. **Qualidade fisiológica e sanitária das sementes de variedades de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) em diferentes épocas de colheita e condições de armazenamento**. Viçosa: UFV, 1993. 115p. (Dissertação Mestrado).
- ROCHA, V.S.; OLIVEIRA, A.B.; SEDIYAMA, T.; GOMES, J.L.L.; SEDIYAMA, C.S. & PEREIRA, M.G. **A qualidade da semente de soja**. Viçosa: UFV, 1984. 76p. (Boletim, 188).
- SARAVITZ, D.M. & SIEDOW, J.N. Changes during leaf development, after wounding, and following reproductive sink removal. **Plant Physiology**, Rockville, v.107, n.2, p.535-543, 1995.
- SEDIYAMA, C.S.; QUEIROZ, L.R.; MOREIRA, M.A. & REZENDE, S.T. Aldehyde production and physiological quality of soybean seeds lacking lipoxxygenases isozymes. In: WORLD SOYBEAN RESEARCH CONFERENCE, 5, Chiang Mai,

1994. **Proceedings**. Bangkok: Kasetsart University Press, 1998. p.441-446.
- SILVA, F.B. **Caracterização da “via das lipoxigenases” de folhas de soja submetidas a insetos-pragas**. Viçosa: UFV, 1999. 67p. (Dissertação Mestrado).
- SILVA-CASTRO, C.A. & SEDIYAMA, C.S. Liberación del aldehído hexanal como índice para estimar el vigor de semilla de soya. **Semillas**, Bogota, v.15, n.1, p.7-10, 1990.
- TAKETA, S.T. **Comportamento da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) com ausência de três isoenzimas lipoxigenases, em diferentes épocas de plantio, em duas localidades de Minas Gerais**. Viçosa: UFV, 2000. 69p. (Dissertação Mestrado).
- VIEIRA, A.A.; OLIVEIRA, M.G.A.; JOSÉ, I.C.; PIOVESAN, N.D.; REZENDE, S.T.; MOREIRA, M.A. & BARROS, E.G. Biochemical evaluation of lipoxygenase pathway of soybean plant submitted to wounding. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Brasília, v.13, n.1, p.1-12, 2001.
- WANG, C.; ZIEN, C.A.; AFITLHILE, M.; WELTI, R.; HILDEBRAND, D.F. & WANG, X. Involvement of phospholipase D in wound-induced accumulation of jasmonic acid in *Arabidopsis*. **The Plant Cell**, Rockville, v.2, n.11, p.2237-2246, 2000.
- WILSON-JR., D.O. & McDONALD-JR., M.B. A convenient volatile aldehyde assay for measuring seed vigour. **Seed Science & Technology**, Zürich, v.14, n.2, p.259-268, 1986.
- WOLF, W.J. Lipoxygenase and flavor of soybean protein products. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, Columbus, v.23, n.2, p.136-141, 1975.

