

Efeito da eliminação genética das lipoxigenases das sementes sobre as características agronômicas da soja⁽¹⁾

Carlos Alberto Osório Martins⁽²⁾, Carlos Sigueyuki Sedyama⁽³⁾, Maurílio Alves Moreira⁽³⁾, Múcio Silva Reis⁽³⁾, Valterley Soares Rocha⁽³⁾ e Maria Goreti de Almeida Oliveira⁽³⁾

Resumo – A eliminação genética das enzimas lipoxigenases (Lox 1, Lox 2 e Lox 3) é uma das maneiras de se contornar os problemas associados ao sabor indesejável de “feijão cru” das sementes da soja. Visando elucidar a influência dessa eliminação genética nas características agronômicas da planta de soja e nos componentes de produção, a variedade comercial de soja FT-Cristalina RCH e suas linhagens, obtidas por retrocruzamentos, sem as três lipoxigenases nas sementes (linhagens triplo-nulas) e com as três lipoxigenases (triplo-positivas), foram avaliadas em três épocas de semeadura. A variedade comercial foi mais homogênea que as linhagens com ou sem lipoxigenases, indicando presença de quantidade significativa de genes dos progenitores não-recorrentes nas linhagens, principalmente nas sem lipoxigenases. A semeadura em diferentes épocas evidenciou variação entre os materiais genéticos (variedade comercial, linhagens com ou sem lipoxigenase nas sementes), tanto nas características da planta quanto nos componentes de produção de grãos. A eliminação genética das lipoxigenases das sementes não afetou negativamente as características agronômicas da variedade FT-Cristalina RCH.

Termos para indexação: *Glycine max*, sabor da soja, época de semeadura.

Effect of genetic elimination of seed lipoxigenases on agronomic characteristics of soybean

Abstract – The genetic elimination of lipoxigenase (Lox 1, Lox 2 and Lox 3) enzymes from soybean seeds is a way to overcome the problems associated with the undesirable beany flavor of soybean seeds. Aiming at elucidating the influence of this genetic elimination on the agronomic characteristics of the soybean plants and grain yield components, the commercial variety of soybean FT-Cristalina RCH and its backcross derived lines, lacking the three lipoxigenases in the seeds (triple-null) and with these enzymes (triple-positive) were evaluated at three sowing dates. The commercial variety was more homogeneous than the lines with or without lipoxigenases, indicating the presence of significant amount of genes of the non-recurrent progenitors in the lines, mainly in the triple-null. The different sowing dates evidenced more differences among genetic materials (commercial variety, triple-null and triple-positive lines), in plant characteristics and grain yield components. The genetic elimination of lipoxigenases of the seeds did not negatively affect the agronomic characteristics of FT-Cristalina RCH soybean variety.

Index terms: *Glycine max*, soybean flavor, sowing date.

Introdução

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é a cultura de grãos mais importante do País. O complexo-soja, que compreende grãos, farelo e óleo, tem captado divisas no mercado internacional da ordem de US\$ 4 bilhões ao ano nas últimas safras (Câmara, 1998).

Os grãos de soja são utilizados em vários setores, merecendo destaque o setor alimentício, uma vez que possuem alto valor nutricional, pois são ricos em óleo e proteína de baixo custo. Porém, os produtos protéicos derivados dos grãos da soja não têm boa aceitação no mercado consumidor ocidental, em virtude do sabor e odor característicos, conhecidos como “beany flavor”.

Esse sabor característico é, em grande parte, proporcionado pelas enzimas lipoxigenases (Lox 1, 2 e 3). A ação catalítica exercida por essas isoenzimas sobre ácidos graxos poliinsaturados, ácido linolênico e linoléico, dos grãos de soja é um dos principais

⁽¹⁾ Aceito para publicação em 24 de maio de 2002.

⁽²⁾ Universidade Federal de Viçosa (UFV), CEP 36571-000 Viçosa, MG. Bolsista do Bioagro. E-mail: com@uepg.br

⁽³⁾ UFV. E-mail: csedyama@ufv.br, moreira@ufv.br, msreis@ufv.br, vsrocha@ufv.br, malmeida@ufv.br

fatores responsáveis pelo aparecimento dos compostos carbonílicos, os quais causam o sabor desagradável em grãos (Lanza, 1995).

Para melhorar as características organolépticas dos derivados da soja por meio de melhoramento genético, pesquisadores estão removendo essas isoenzimas das sementes de soja por meio de retrocruzamentos, resultando em linhagens com ausência de lipoxigenases, que produzem sementes com substancial melhoria de sua aceitação pelo consumidor (Sediyama et al., 1998).

No Programa de Melhoramento da Qualidade e do Sabor da Semente de Soja da Universidade Federal de Viçosa, as linhagens sem lipoxigenases são identificadas e confirmadas pelo emprego de marcadores de DNA e pela verificação da presença das lipoxigenases nas sementes. Paralelamente, o Programa visa, também, selecionar as linhagens que possuam as características agronômicas semelhantes aos progenitores recorrentes, para que possam ser semeadas pelos agricultores.

O objetivo deste trabalho foi comparar características agronômicas de linhagens de soja com e sem lipoxigenases nas sementes, para verificar se a eliminação genética dessas isoenzimas causa algum tipo de efeito nas características agronômicas dessa leguminosa.

Material e Métodos

O trabalho foi realizado no Campus da Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa, MG, no período de março de 1998 a junho de 1999. As análises das sementes foram realizadas no Laboratório de Biologia Molecular do Instituto de Biotecnologia Aplicada à Agropecuária (Bioagro), e no Laboratório de Sementes do Departamento de Fitotecnia da UFV.

A variedade de soja estudada foi FT-Cristalina RCH, com as respectivas linhagens triplo-nulas, portadoras dos três pares de genes homozigotos recessivos ($l_{x_1}l_{x_1}l_{x_2}l_{x_2}l_{x_3}l_{x_3}$), que promovem a ausência das três lipoxigenases nas sementes, designadas FT-Cristalina RCH TN e as linhagens triplo-positivas, portadoras dos genes homozigotos dominantes ($L_{x_1}L_{x_1}L_{x_2}L_{x_2}L_{x_3}L_{x_3}$), que promovem a presença das três lipoxigenases nas sementes, designadas FT-Cristalina RCH TP.

Essas linhagens TN e TP foram obtidas por meio de retrocruzamentos. Inicialmente, foi obtida a linhagem

FT-Cristalina 2,3 (CR 2,3), caracterizada pela ausência de Lox 2 e 3. Essa linhagem é proveniente dos cruzamentos de FT-Cristalina com Ichigowase (variedade sem Lox 3) e de outro cruzamento da FT-Cristalina com PI 86023 (Lox 2 ausente). Posteriormente, suas progênies foram inter cruzadas para a obtenção da linhagem e apresentaram ausência das lipoxigenases 2 e 3.

Sementes da linhagem CR 2,3 foram enviadas ao Japão, para cruzamentos com uma linhagem sem as três isoenzimas lipoxigenases (triplo-nulas), obtidas no National Agriculture Research Center, em Tsukuba, Japão. As sementes F_1 foram enviadas ao Bioagro e semeadas em casa de vegetação. As sementes F_2 obtidas foram selecionadas em relação à ausência das três lipoxigenases, através de métodos colorimétricos (Suda et al., 1995) e da determinação da atividade das lipoxigenases (Oliveira et al., 1998). Essas sementes foram cruzadas com a linhagem CR 2,3, originando-se o primeiro retrocruzamento. Posteriormente, foram realizados retrocruzamentos desse material com a variedade FT-Cristalina RCH. Sementes originárias do quarto retrocruzamento foram selecionadas, identificando-se aquelas triplo-nulas (TN) e aquelas triplo-positivas (TP), utilizadas neste trabalho. O processo de retrocruzamentos foi monitorado por marcadores moleculares, sendo utilizadas as plantas segregantes que mais se assemelhavam ao progenitor recorrente, isto é, apresentavam o menor índice de dissimilaridade com base nos marcadores moleculares.

Os tratamentos foram, portanto, designados FT-Cristalina RCH Comercial, FT-Cristalina RCH TN e FT-Cristalina RCH TP.

As sementes selecionadas foram semeadas para multiplicação, em casa de vegetação, nos meses de maio a junho de 1998 e a colheita, realizada manualmente, nos meses de setembro e outubro, para semeadura no campo, em três épocas (27 de outubro, 18 de novembro e 14 de dezembro de 1998), em terreno preparado com uma aração e duas gradagens, com aplicação do herbicida sulfentrazone, em pré-plantio, na dosagem de 1 L ha⁻¹. Aplicaram-se, no sulco de semeadura, 400 kg ha⁻¹ da fórmula 4-14-8. Em cada época, foram semeadas 10 linhas de cada genótipo de FT-Cristalina RCH Comercial, de FT-Cristalina RCH TP e de FT-Cristalina RCH TN.

Cada parcela era constituída de uma fileira de 2,5 m de comprimento, espaçada de 0,70 m uma da outra, com densidade de dez plantas por metro. Foram consideradas úteis as dez plantas centrais da fileira, e descartadas as demais. Foram feitas três capinas manuais, irrigação quando necessário, e controle de percevejo, por meio de duas pulverizações com a mistura de 30 mL de endossulfam e 6 mL de espalhante adesivo, em 20 L de água.

As plantas foram colhidas manualmente, no período de abril a julho de 1999, no estádio de maturação R8 (Fehr et al., 1977) e secadas, em condições naturais, até as sementes apresentarem 10 a 11% de umidade. As vagens, contadas e debulhadas manualmente, foram armazenadas em câmara fria à temperatura de 4°C e umidade relativa de 50%.

As seguintes características agrônômicas foram avaliadas: número de dias para o florescimento (da semente até a abertura da primeira flor); altura da planta no florescimento (medida do nível do solo até a extremidade da haste principal); número de nós no florescimento (na haste principal, após o nó cotiledonar); número de dias para maturação (a partir da semente até que 95% das vagens atingissem a coloração típica de maduras, estágio R8); altura da planta na maturação (medida do nível do solo até a extremidade da haste principal); número de nós na maturação (na haste principal, a partir do nó cotiledonar); número de vagens (sementes formadas) por planta; número de sementes por planta; produção de sementes (peso em gramas de sementes por planta); e peso de 100 sementes (relação entre produção e número de sementes por planta, multiplicado por 100).

O experimento foi analisado conforme o delineamento inteiramente casualizado, com três tratamentos, avaliando-se, ainda, a variação entre linhas dentro de cada tipo de material genético, sendo as repetições as 10 plantas dentro de cada linha. As médias entre os tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Resultados e Discussão

Houve interação significativa entre as épocas de sementeira e o tipo de material genético (Comercial, TN ou TP), exceto nas características número de vagens por planta, número de sementes por planta e produção de grãos por planta, o que indica que em cada época os diferentes materiais genéticos apresentaram variação de respostas quanto às características agrônômicas avaliadas (Tabela 1). Na terceira época de sementeira, considerada tardia para Viçosa (Sediyama et al., 1996), o desenvolvimento das plantas foi menor (Tabela 2). Na primeira época de sementeira a temperatura, umidade do solo e as condições climáticas favoreceram o maior desenvolvimento e produção das plantas, e na terceira época, a temperatura e as condições climáticas influenciaram uma menor produção, por causa das baixas temperaturas do outono.

Tabela 1. Análise de variância das características agrônômicas da variedade comercial FT-Cristalina RCH e suas linhagens com ou sem lipoxigenases nas sementes, cultivadas em três épocas de sementeira⁽¹⁾.

Fonte de variação	GL	Quadrado médio										
		NDF	NNF	APF	NDM	NNM	APM	NVP	NSP	PRO	PCS	
Época (E)	2	20.237,56**	736,71**	42.082,52**	52.465,97**	429,34**	17.335,12**	83.169,7*	179.954,0	2.169,5	36,83	
Mat. genético (MG)	2	872,58**	35,05	3.009,18*	3.607,19**	70,99*	2.948,89**	199.468,7**	767.532,7**	27.116,4**	146,12**	
E x MG	4	265,83**	100,49**	4.361,97**	680,32**	109,38**	2.256,75*	43.351,8	156.104,2	3.713,7	107,67**	
Linha/(E X MG)	81	34,57**	15,97**	902,46**	63,19**	22,41	870,70**	17.611,7**	80.846,4**	2.100,1**	19,80**	
Resíduo	810	4,78	3,39	69,71	6,26	15,22	90,92	9.522,2	37.802,9	1.085,2	4,95	
CV (%)		2,99	11,30	10,63	1,58	19,92	10,30	55,47	57,02	60,69	23,21	

⁽¹⁾NDF: número de dias para florescimento; NNF: número de nós no florescimento; APF: altura da planta no florescimento; NDM: número de dias para maturação; NNM: número de nós na maturação; APM: altura da planta na maturação; NVP: número de vagens por planta; NSP: número de sementes por planta; PRO: peso total das sementes por planta; PCS: peso de 100 sementes. * e **Significativo a 5% e a 1% de probabilidade pelo teste de Tukey, respectivamente.

Tabela 2. Estimativas das médias das características agrônômicas avaliadas nas três épocas de semeadura (27/10/98, 18/11/98 e 14/12/98) das linhas da variedade de soja FT-Cristalina RCH (comercial)⁽¹⁾.

Época	NDF	NNF	APF	NDM	NNM	APM	NVP	NSP	PRO	PCS
FT-Cristalina RCH Comercial										
1	81,7a	18,0a	86,6a	168,5a	21,6a	101,4a	181,8a	328,2a	52,08a	16,12a
2	75,3b	16,8a	78,1a	163,3b	18,1b	84,8b	143,7ab	292,1a	42,60a	14,65a
3	65,2c	14,9b	63,3b	144,7c	18,7b	84,2b	122,2b	261,2a	39,67a	14,83a
FT-Cristalina RCH TP										
1	81,4a	17,0a	80,0a	169,6a	20,2a	97,3a	175,5ab	334,2ab	51,16a	15,29b
2	73,3b	17,3a	83,7a	166,8b	18,4b	90,1ab	204,4a	386,9a	62,36a	16,28ab
3	67,4c	15,3b	68,2b	145,7c	18,8ab	86,7b	153,7b	282,9b	49,28a	17,35a
FT-Cristalina RCH TN										
1	81,1a	17,3b	85,6b	167,9a	20,9a	102,6a	213,9a	425,0a	65,18a	15,11b
2	69,8b	19,5a	97,4a	155,2b	20,9a	100,6a	190,9a	359,4a	61,55a	16,62a
3	62,4c	14,7c	63,2c	138,9c	18,5b	85,0b	197,2a	398,9a	64,65a	16,04ab

⁽¹⁾Na coluna de cada material genético, médias seguidas da mesma letra não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey; NDF: número de dias para florescimento; NNF: número de nós no florescimento; APF: altura da planta no florescimento; NDM: número de dias para maturação; NNM: número de nós na maturação; APM: altura da planta na maturação; NVP: número de vagens por planta; NSP: número de sementes por planta; PRO: peso total das sementes por planta; PCS: peso de 100 sementes.

Os materiais genéticos, no geral, mostraram-se diferentes em todas as características analisadas, exceto em relação ao número de nós no florescimento (Tabela 1). A variabilidade entre linhas dentro de materiais genéticos x época de semeadura ocorreu em todas as características, exceto quanto ao número de nós na maturação (Tabela 1), e quanto às linhas dentro do material genético, dentro de cada época de semeadura ocorreu variação na maioria das características agrônômicas estudadas (Tabelas 3, 4 e 5).

A produção de grãos e seus componentes apresentaram coeficientes de variação bastante elevados, 23,21 a 60,69%, enquanto os caracteres relativos à planta apresentaram coeficiente de variação de 1,58 a 19,92%. Esse resultado já era esperado, pois, por ser componente de variância ambiental de caracteres dependentes de todo o ciclo de determinado organismo, o coeficiente de variação da produção é o somatório de todas as variâncias morfológicas e fisiológicas dos caracteres que os afetam (Price & Schluter, 1991), e os caracteres da planta exercem importante efeito sobre a produção.

As análises de variância dentro de cada época indicaram que as diferenças entre os materiais genéticos (comercial, com ou sem lipoxigenases) se evidenciaram na segunda e terceira época de semeadura, tanto nas características da planta quanto nos componentes de produção de grãos (Tabelas 3, 4 e 5). De acordo com Lynch & Walsh (1998), a relação entre a variância herdável (diferença genética entre os materiais) e a total (herdável mais ambiental) pode ser maior ou menor, em diferentes ambientes, que no presente caso estão representados pelas épocas de semeadura.

Quanto à variabilidade das linhas dentro dos materiais genéticos, em todas as três épocas de semeadura, a variedade comercial foi mais homogênea que as linhagens com ou sem lipoxigenases derivadas, o que indica presença de variabilidade genética entre essas linhagens (Tabelas 3, 4 e 5). As linhagens TN apresentaram maior frequência de variabilidade significativa quanto aos componentes de produção, do que a variedade comercial ou as linhagens TP, (Tabelas 6, 7 e 8), o que é indicativo de que as linhagens TN apresentam, ainda, porção significativa de genes dos progenitores não-recorrentes.

Tabela 3. Resumo da análise de variância das características agrônomicas avaliadas na primeira época de semeadura (27/10/98) da variedade comercial de soja FT-Cristalina RCH e das suas linhagens com ou sem as três lipoxigenases nas sementes⁽¹⁾.

Fonte de variação	GL	Quadrado médio										
		NDF	NNF	APF	NDM	NNM	APM	NVP	NSP	PRO	PCS	
Mat. genético	2	9,77	27,43	1.079,59	79,36	49,00*	793,44	42.479,26	293.480,50	6.156,67	25,82	
Linhas/Mat. gen.	27	24,94**	15,05**	1.593,89**	43,61**	12,39**	1.535,11**	20.508,07**	90.915,48**	2.210,56**	14,36	
Lin./Cris. com.	9	3,05	17,14**	2.516,16**	13,54	16,14**	2.522,31**	12.889,95	44.377,55	1.444,50	11,40	
Lin./Cris. TP	9	37,22**	10,03**	1.003,20**	47,09**	12,16**	1.271,64**	9.910,08	50.947,20	964,78	8,99	
Lin./Cris. TN	9	34,56**	17,97**	1.262,32**	70,20**	8,87**	811,38**	38.724,18**	177.421,70**	4.222,42**	22,68**	
Resíduo	270	2,81	2,75	34,25	11,00	3,47	61,94	8.713,95	32.938,82	888,07	5,93	
CV (%)		2,06	9,50	6,95	1,97	8,90	7,84	65,90	67,86	61,32	11,76	

⁽¹⁾NDF: número de dias para florescimento; NNF: números de nós no florescimento; APF: altura da planta no florescimento; NDM: número de dias para maturação; NNM: número de nós na maturação; APM: altura da planta na maturação; NVP: número de vagens por planta; NSP: número de sementes por planta; PRO: peso total das sementes por planta; PCS: peso de 100 sementes. * e **Significativo a 5% e a 1% de probabilidade pelo teste de Tukey, respectivamente.

Tabela 4. Resumo da análise de variância das características agrônomicas avaliadas na segunda época de semeadura (18/11/98) da variedade comercial de soja FT-Cristalina RCH e das suas linhagens com ou sem as três lipoxigenases nas sementes⁽¹⁾.

Fonte de variação	GL	Quadrado médio										
		NDF	NNF	APF	NDM	NNM	APM	NVP	NSP	PRO	PCS	
Mat. genético	2	769,62**	200,64**	9.815,07**	3.544,63**	237,54*	6.515,58**	101.734,30**	238.175,60	12.500,15**	110,09**	
Linhas/Mat. gen.	27	22,25**	17,77**	718,02**	60,52**	46,62	476,01**	20.515,06*	92.637,95	2.545,42*	10,13**	
Lin./Cris. com.	9	13,47	15,80**	116,13	174,31**	10,95	79,62	13.189,79	50.928,84	1.142,33	11,73*	
Lin./Cris. TP	9	47,07**	23,31**	1.082,29**	2,56	10,87	609,29**	21.955,80	114.685,50*	2.635,28	6,49	
Lin./Cris. TN	9	6,20	14,19**	955,63**	4,69	118,03**	739,12**	26.399,58*	112.299,50*	3.858,65**	12,16*	
Resíduo	270	7,19	4,39	80,70	3,44	38,62	85,00	12.912,51	49.381,58	1.483,92	5,05	
CV (%)		3,68	11,62	10,39	1,15	32,51	10,04	63,24	64,20	59,40	14,17	

⁽¹⁾NDF: número de dias para florescimento; NNF: números de nós no florescimento; APF: altura da planta no florescimento; NDM: número de dias para maturação; NNM: número de nós na maturação; APM: altura da planta na maturação; NVP: número de vagens por planta; NSP: número de sementes por planta; PRO: peso total das sementes por planta; PCS: peso de 100 sementes. * e **Significativo a 5% e a 1% de probabilidade pelo teste de Tukey, respectivamente.

Tabela 5. Resumo da análise de variância das características agrônomicas avaliadas na terceira época de semeadura (14/12/98) da variedade comercial de soja FT-Cristalina RCH e das suas linhagens com ou sem as três lipoxigenases nas sementes⁽¹⁾.

Fonte de variação	GL	Quadrado médio										
		NDF	NNF	APF	NDM	NNM	APM	NVP	NSP	PRO	PCS	
Mat. genético	2	624,82**	7,96	838,46	1.343,80**	3,20	153,37	141.959,80**	547.725,10**	15.886,23**	158,57**	
Linhas/Mat. gen.	27	56,53**	15,09**	395,48**	85,44**	8,23**	600,97**	11.812,03*	58.985,99**	1.544,43*	8,39**	
Lin./Cris. com.	9	18,89**	5,80	76,84	23,00**	8,31**	200,36	9.036,65	38.855,73	1.088,03	3,88	
Lin./Cris. TP	9	108,43**	32,96**	926,32**	65,18**	9,45**	1.312,00**	16.722,58*	77.032,29**	1.951,26*	6,12	
Lin./Cris. TN	9	42,26**	6,52	183,29*	168,14**	6,92*	290,54**	9.676,87	61.069,96*	1.594,00*	15,18**	
Resíduo	270	4,33	3,63	94,17	4,32	3,56	125,81	6.940,17	31.088,57	883,60	3,86	
CV (%)		3,20	12,73	14,95	1,45	10,10	13,15	52,82	56,09	58,06	12,23	

⁽¹⁾NDF: número de dias para florescimento; NNF: número de nós no florescimento; APF: altura da planta no florescimento; NDM: número de dias para maturação; NNM: número de nós na maturação; APM: altura da planta na maturação; NVP: número de vagens por planta; NSP: número de sementes por planta; PRO: peso total das sementes por planta; PCS: peso de 100 sementes. * e **Significativo a 5% e a 1% de probabilidade pelo teste de Tukey, respectivamente.

As diferentes frequências e tipos de efeitos significativos entre as três épocas de semeadura pode ser indicativo de que diferentes genes estão sendo envolvidos nas diferentes épocas, apontando para uma composição genética diferenciada entre os três conjuntos de materiais avaliados. Isto é, o programa de retrocruzamentos, na fase avaliada, ainda não foi suficiente para homogeneizar o conjunto-gênico-base, indicando que ainda não se está trabalhando com linhas isogênicas.

Com relação ao desempenho das linhagens que sofreram eliminação genética das lipoxigenases, as linhas TN, quando comparadas com as linhas TP, ou mesmo com as da variedade comercial, não apresentaram maiores efeitos deletérios sobre as características agrônomicas. Pelo contrário, nota-se a existência de linhas bastante promissoras entre as TN, o que indica o sucesso do programa de retrocruzamentos. A variabilidade entre as linhagens oriundas de retrocruzamentos, ou seja, a presença de variabilidade genética entre linhas TN, com linhas apresentando desenvolvimento vegetativo semelhante ou melhor que o material comercial e com componentes de produção (número de vagens por planta, número de sementes por planta e peso de 100 sementes) superiores, pode constituir-se em vantagem, pois poderão ser selecionadas linhas com ausência de lipoxigenases e agronomicamente superiores ao material original.

Taketa (2000), estudando linhagens triplo-nulas do Programa de Melhoramento de Soja para consumo humano, da UFV, também constatou que há linhagens TN com desempenho produtivo equivalente ao das variedades comerciais existentes, e que a ausência de três lipoxigenases nas sementes não afetou as características agrônomicas avaliadas.

De acordo com Pfeiffer et al. (1992), isolinhas sem lipoxigenase 1 não trouxeram efeitos deletérios em várias características agrônomicas estudadas, nem na germinação das sementes. Narvel et al. (1998), estudando linhagens sem as três lipoxigenases, também não observaram diferenças significativas entre as linhagens e a variedade comercial estudada, nas características agrônomicas altura da planta, dias para maturação, peso de sementes, produção, e teores de óleo e proteínas das sementes.

Tabela 6. Estimativas das médias das características agrônomicas avaliadas na primeira época de semeadura (27/10/98) das linhas da variedade de soja FT-Cristalina RCH (comercial) e das suas linhagens com ou sem lipoxigenases nas sementes⁽¹⁾.

Linha	NDF	NNF	APF	NDF	NNM	APM	NVP	NSP	PRO	PCS
FT-Cristalina RCH Comercial										
1	81,5a	19,4a	100,4a	169,4a	23,3a	117,8a	182,9a	355,1a	58,29a	16,51a
2	81,7a	18,6ab	98,1a	168,3a	22,9a	121,1a	165,1a	274,1a	48,88a	18,93a
3	81,0a	19,5a	99,0a	168,2a	22,5a	111,2a	191,4a	344,6a	55,83a	16,55a
4	81,7a	19,3a	104,9a	167,0a	22,7a	115,7a	238,2a	427,9a	68,42a	16,47a
5	81,1a	19,3a	104,9a	167,0a	22,7a	115,7a	238,2a	427,9a	68,42a	16,47a
6	82,2a	17,4ab	73,1b	170,3a	20,2a	86,7b	144,1a	262,0a	37,63a	15,09a
7	82,2a	17,4ab	73,1b	170,3a	20,2a	86,7b	144,1a	262,0a	37,63a	15,09a
8	81,9a	17,0ab	73,6b	168,2a	20,7a	88,6b	137,7a	244,6a	35,69a	14,35a
9	82,4a	16,3b	69,5b	168,2a	20,6a	85,4b	188,1a	342,1a	55,00a	15,87a
10	82,4a	16,3b	69,5b	168,2a	20,6a	85,4b	188,1a	342,1a	55,00a	15,87a
Média	81,7a	18,0a	86,6a	168,5a	21,6a	101,4a	181,8a	328,2a	52,08a	16,12a
FT-Cristalina RCH TP										
1	77,3d	16,6ab	85,9bc	165,2c	18,8a	100,0bc	163,1a	296,9a	48,67a	15,89a
2	81,7ab	17,4ab	91,4ab	170,0ab	21,2a	110,9ab	121,2a	223,6a	36,41a	16,27a
3	84,0a	19,1a	101,5a	171,4a	22,3a	121,4a	185,8a	352,9a	55,26a	15,43a
4	79,3cd	16,6ab	82,2bcd	167,7bc	20,8a	99,8bc	143,5a	279,8a	39,55a	14,90a
5	82,4ab	15,7b	69,9e	169,8ab	19,2a	88,4cd	185,7a	339,5a	48,28a	13,96a
6	81,7ab	16,3b	71,1de	173,1a	18,8a	85,7d	165,8a	310,1a	50,74a	15,77a
7	80,2bc	16,2b	72,1de	169,4ab	20,3a	87,9cd	155,2a	283,9a	45,71a	16,86a
8	82,5ab	17,3ab	78,2cde	169,3ab	20,2a	94,1cd	203,3a	365,8a	55,77a	14,68a
9	82,1ab	18,1ab	76,3cde	169,0ab	20,7a	93,2cd	208,3a	434,3a	62,68a	13,97a
10	82,5ab	17,2ab	76,4cde	171,4a	20,1a	91,3cd	222,7a	455,7a	68,51a	15,14a
Média	81,4a	17,0a	80,0a	169,6a	20,2b	97,3a	175,5a	334,2a	51,16a	15,29a
FT-Cristalina RCH TN										
1	80,1bc	17,2abc	90,7b	167,6bc	21,1a	107,8abc	124,6c	249,5c	33,16b	13,22c
2	77,5d	17,4abc	94,0b	164,0d	21,1a	111,3ab	218,4abc	415,3bc	72,43ab	17,88a
3	81,8abc	19,7a	110,3a	166,4cd	22,7a	120,2a	180,0b	350,2bc	57,86ab	16,75ab
4	83,3a	18,1ab	85,4bc	170,2ab	21,4a	104,7bcd	155,4b	308,4c	47,02b	14,67bc
5	79,7bcd	15,9bc	78,6cd	171,5a	20,9a	101,2bcde	209,2abc	411,3bc	62,28ab	14,41bc
6	83,0a	16,2bc	76,4cd	168,2bc	20,1a	92,9de	230,3abc	445,3abc	70,04ab	15,75abc
7	81,8abc	17,6ab	82,6bc	166,6cd	20,4a	96,6cde	192,4b	362,5bc	55,14ab	15,23abc
8	82,7a	17,8ab	84,6bc	166,8bcd	20,8a	100,7abc	205,0b	409,7bc	57,95ab	13,41c
9	79,5cd	14,9c	68,7d	165,3cd	19,2a	89,3e	345,5a	697,0a	98,40a	13,78bc
10	81,9ab	18,0ab	85,2bc	172,1a	21,7a	101,7bcde	278,2ab	600,7ab	97,59a	15,96abc
Média	81,1a	17,3a	85,6a	167,9a	20,9ab	102,6a	213,9a	425,0a	65,18a	15,11a

⁽¹⁾Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; NDF: número de dias para florescimento; NNF: número de nós no florescimento; APF: altura da planta no florescimento; NDM: número de dias para maturação; NNM: número de nós na maturação; APM: altura da planta na maturação; NVP: número de vagens por planta; NSP: número de sementes por planta; PRO: peso total das sementes por planta; PCS: peso de 100 sementes.

Tabela 7. Estimativas das médias das características agrônomicas avaliadas na segunda época de semeadura (18/11/98) das linhas da variedade de soja FT-Cristalina RCH (comercial) e das suas linhagens com ou sem lipoxigenases nas sementes⁽¹⁾.

Linha	NDF	NNF	APF	NDM	NNM	APM	NVP	NSP	PRO	PCS
FT-Cristalina RCH Comercial										
1	76,3ab	18,8a	77,3a	160,0b	19,9a	84,4a	134,9a	296,0a	46,27a	15,56a
2	74,5b	17,9ab	82,9a	160,0b	18,6a	88,9a	164,7a	366,1a	53,75a	14,41a
3	76,1ab	17,8ab	77,1a	159,3bc	18,8a	82,9a	205,6a	427,5a	57,80a	13,28a
4	75,0ab	16,8abc	76,1a	162,8b	18,2a	83,3a	108,9a	235,5a	33,19a	13,83a
5	75,5ab	17,7ab	81,4a	156,2c	19,0a	88,9a	179,1a	301,4a	48,77a	16,12a
6	73,8b	16,9abc	80,2a	167,0a	17,3a	85,4a	167,6a	318,7a	50,26a	16,20a
7	77,7a	14,6c	72,4a	167,0a	17,2a	83,3a	101,5a	203,1a	29,32a	15,10a
8	74,4b	15,7bc	75,1a	167,0a	16,3a	79,7a	141,0a	284,5a	37,33a	13,91a
9	74,4b	15,8bc	76,6a	167,0a	17,5a	84,4a	141,8a	296,0a	43,12a	14,84a
10	75,0ab	16,4abc	82,2a	167,0a	18,2a	86,6a	91,8a	192,0a	26,19a	13,30a
Média	75,3a	16,8b	78,1b	163,3b	18,1b	84,8b	143,7b	292,1a	42,60b	14,65b
FT-Cristalina RCH TP										
1	72,3cd	17,0bcd	73,8de	167,0a	17,7a	80,0d	216,5a	402,5ab	61,41a	15,02a
2	77,6a	15,5d	67,9e	167,0a	18,7a	81,1cd	269,6a	546,4a	83,91a	15,47a
3	75,8ab	15,7d	74,1de	165,8a	17,4a	85,1bcd	247,8a	493,0ab	77,16a	15,84a
4	74,7abc	15,8d	77,3cde	167,0a	18,3a	87,4bcd	191,0a	344,6ab	61,39a	17,79a
5	71,6d	16,8bcd	83,7bcd	167,0a	17,1a	86,3bcd	156,4a	285,2ab	46,97a	16,88a
6	74,2bcd	16,3cd	86,3bc	167,0a	17,3a	94,4abc	152,0a	268,9b	42,10a	15,71a
7	71,5d	18,7abc	102,0a	167,0a	19,2a	105,8a	216,9a	424,5ab	70,57a	16,79a
8	73,0bcd	19,1ab	92,2ab	167,0a	19,7a	96,9ab	152,3a	273,4ab	45,20a	16,67a
9	71,5d	18,1abcd	90,1b	167,0a	18,1a	92,3bcd	171,8a	305,3ab	49,74a	16,42a
10	71,2d	19,7a	89,9b	165,8a	20,1a	91,7bcd	270,1a	525,7ab	85,12a	16,18a
Média	73,3b	17,3b	83,7b	166,8a	18,4b	90,1b	204,4a	386,9a	62,36a	16,28a
FT-Cristalina RCH TN										
1	71,6a	18,0c	90,8cd	153,7a	19,4b	99,5bc	175,4ab	343,1ab	61,02ab	17,38ab
2	69,2a	18,3bc	91,7bcd	155,2a	18,5b	93,3bc	211,6ab	356,2ab	63,17ab	16,77ab
3	69,6a	19,5abc	95,1bcd	155,1a	20,0b	98,3bc	230,8a	453,0a	81,44a	17,52ab
4	69,0a	18,1bc	84,6d	154,9a	18,9b	91,5c	250,4a	509,7a	81,19a	15,81ab
5	69,7a	19,5abc	91,6bcd	154,9a	20,1b	97,4bc	251,3a	476,9a	89,57a	17,75ab
6	70,0a	18,6bc	94,2bcd	155,9a	18,9b	95,5bc	165,9ab	295,7ab	56,16ab	18,08a
7	69,8a	20,7ab	102,8b	156,0a	20,9b	105,2b	164,6ab	304,3ab	50,38ab	16,58ab
8	69,2a	20,3abc	101,2bc	155,3a	20,3a	101,6bc	211,4ab	399,8ab	61,65ab	15,48ab
9	70,6a	21,3a	119,9a	155,9a	21,4b	122,1a	81,5b	149,6b	21,54b	14,62b
10	69,3a	20,5abc	102,0bc	154,8a	20,5b	102,0bc	166,3ab	305,6ab	49,35ab	16,22ab
Média	69,8c	19,48a	97,4a	155,2c	20,9a	100,6a	190,9ab	359,4a	61,55a	16,62a

⁽¹⁾Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; NDF: número de dias para florescimento; NNF: número de nós no florescimento; APF: altura da planta no florescimento; NDM: número de dias para maturação; NNM: número de nós na maturação; APM: altura da planta na maturação; NVP: número de vagens por planta; NSP: número de sementes por planta; PRO: peso total das sementes por planta; PCS: peso de 100 sementes.

Tabela 8. Estimativas das médias das características agrônômicas avaliadas na terceira época de semeadura (14/12/98) das linhas da variedade de soja FT-Cristalina RCH (comercial) e das suas linhagens com ou sem lipoxigenases nas sementes⁽¹⁾.

Linha	NDF	NNF	APF	NDM	NNM	APM	NVP	NSP	PRO	PCS
FT-Cristalina RCH Comercial										
1	65,8abc	14,4a	61,4a	142,9a	18,9a	86,6ab	98,6a	206,6a	31,75a	15,35a
2	64,3abc	14,4a	58,3a	143,0a	17,9a	81,0ab	135,2a	279,8a	42,18a	14,67a
3	66,9ab	16,0a	63,8a	143,0a	20,6a	74,6b	158,3a	329,9a	52,01a	15,51a
4	65,5abc	15,5a	64,3a	143,0a	19,2a	87,8ab	134,9a	296,7a	46,15a	15,54a
5	66,1abc	15,8a	65,3a	145,1a	19,4a	88,2a	124,0a	262,4a	39,44a	14,42a
6	65,8abc	15,5a	63,6a	145,7a	18,9a	82,7ab	176,8a	377,7a	58,88a	15,30a
7	63,3c	14,7a	61,9a	146,0a	18,8a	85,9ab	116,0a	251,2a	37,87a	15,03a
8	63,5c	13,6a	64,7a	146,0a	17,5a	88,4a	86,6a	188,6a	28,70a	14,68a
9	67,2a	15,0a	61,0a	146,0a	18,3a	80,5ab	107,0a	235,7a	33,59a	14,02a
10	64,1bc	14,4a	68,4a	146,3a	17,8a	86,8ab	84,5a	183,3a	26,01a	13,78a
Média	65,2a	14,9a	63,3a	144,7a	18,7a	84,2a	122,2b	261,2b	39,67b	14,83c
FT-Cristalina RCH TP										
1	69,2b	16,9ab	78,1ab	145,8ab	19,6a	94,5ab	149,2a	276,1a	49,84a	18,21a
2	65,7cd	14,2cde	68,1bcd	147,0a	19,3a	97,0a	108,9a	202,1a	36,01a	16,68a
3	65,0cd	15,1bcde	60,5cde	146,9a	19,3a	81,4bc	136,1a	243,5a	45,44a	18,66a
4	66,8bc	14,9bcde	58,9de	147,0a	19,1a	80,2c	215,3a	399,8a	66,21a	16,49a
5	66,7bc	15,8bcde	79,3ab	147,0a	20,1a	103,9a	98,2a	164,9a	29,73a	18,33a
6	63,0d	14,5bcde	72,3abc	147,9a	18,9a	100,5a	130,3a	226,7a	39,20a	16,87a
7	66,3bc	12,6e	54,9e	148,7a	17,0a	73,8c	130,6a	225,6a	40,78a	17,10a
8	72,7a	16,7abc	72,2abc	143,2bc	18,7a	81,6bc	168,1a	309,7a	53,29a	17,14a
9	65,2cd	13,3de	57,8de	141,1c	17,3a	70,9c	210,1a	431,1a	74,42a	17,40a
10	73,0a	18,7a	80,4a	142,4bc	19,1a	82,8bc	190,7a	349,9a	57,88a	16,60a
Média	67,4a	15,3a	68,2a	145,7a	18,8a	86,7a	153,7b	282,9b	49,28b	17,35a
FT-Cristalina RCH TN										
1	66,2a	15,4a	60,5ab	141,0a	18,4a	79,3bc	231,1a	473,8a	74,80a	15,53ab
2	61,9cd	14,2a	57,5b	133,0b	17,7a	73,8c	251,5a	548,9a	82,44a	14,99ab
3	60,3d	14,1a	61,6ab	133,0b	18,3a	84,3abc	199,8a	419,6a	62,63a	14,54b
4	65,1ab	14,7a	58,6b	141,0a	18,0a	84,5abc	161,5a	330,6a	51,18a	15,27ab
5	60,3d	15,5a	65,0ab	133,0b	20,1a	85,7ab	171,6a	336,4a	53,22a	15,44ab
6	62,3bcd	15,8a	72,2a	141,0a	19,3a	93,5a	219,2a	450,5a	78,98a	17,39ab
7	60,0d	13,9a	61,6ab	142,0a	18,3a	85,6abc	215,8a	429,1a	78,77a	18,04a
8	63,5abc	15,1a	63,9ab	142,0a	18,5a	89,6ab	180,2a	307,7a	53,86a	17,76a
9	61,9cd	13,3a	64,3ab	142,0a	17,2a	87,9ab	161,8a	332,5a	54,01a	15,91ab
10	62,3bcd	15,1a	66,8ab	141,1a	19,1a	85,4abc	179,8a	359,5a	56,60a	15,48ab
Média	62,4b	14,7a	63,2a	138,9b	18,5a	85,0a	197,2a	398,9a	64,65a	16,04b

⁽¹⁾ Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; NDF: número de dias para florescimento; NNF: número de nós no florescimento; APF: altura da planta no florescimento; NDM: número de dias para maturação; NNM: número de nós na maturação; APM: altura da planta na maturação; NVP: número de vagens por planta; NSP: número de sementes por planta; PRO: peso total das sementes por planta; PCS: peso de 100 sementes.

Conclusões

1. A variedade comercial é mais homogênea que as linhagens com ou sem lipoxigenases, o que indica presença de quantidade significativa de genes dos progenitores não-recorrentes, principalmente nas sem lipoxigenases.

2. A semeadura em diferentes épocas evidencia variação entre os materiais genéticos (variedade comercial, linhagens com ou sem lipoxigenase nas sementes), tanto nas características da planta quanto nos componentes de produção de grãos.

3. A eliminação genética das lipoxigenases das sementes não afeta negativamente as características agrônomicas da variedade FT-Cristalina RCH.

Agradecimentos

Ao Dr. Keisuke Kitamura do National Agriculture Research Center, Tsukuba, Japão, pelo fornecimento e multiplicação das sementes triplo-nulas.

Referências

- CÂMARA, G. M. S. **Soja**: tecnologia de produção. Piracicaba: Esalq, 1998. 293 p.
- FEHR, W. R.; CAVINESS, C. E.; BURMOOD, D. T.; PENNINGTON, J. S. **Stage of soybean development**. Ames: Iowa State University, 1977. 11 p. (Special Report, 80).
- LANZA, M. A. **Marcadores moleculares RAPD na introgressão de genes para ausência de lipoxigenases e da proteína A5A4B3 em soja (*Glycine max* (L.) Merrill)**. 1995. 57 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1995.
- LYNCH, M.; WALSH, B. **Genetics and analysis of quantitative traits**. Sunderland: Sinauer, 1998. 980 p.
- NARVEL, J. M.; FEHR, W. R.; WELKE, G. A. Agronomic and seed traits of soybean lines lacking seed lipoxigenases. **Crop Science**, Madison, v. 38, p. 926-928, 1998.
- OLIVEIRA, D. A.; PIOVESAN, N. D.; MORAES, R. M. A.; ROCHEBOIS, G. B.; OLIVEIRA, M. G. A.; BARROS, E. G.; MOREIRA, M. A. Identification of the three genotypic classes for soybean lipoxigenases 1 and 3 based on enzymatic activity. **Biotechnology Techniques**, London, v. 12, p. 71-74, 1998.
- PFEIFFER, T. W.; HILDEBRAND, D. F.; TEKRONY, D. M. Agronomic performance of soybean lipoxigenase isolines. **Crop Science**, Madison, v. 32, p. 357-362, 1992.
- PRICE, T.; SCHLUTER, D. On the low heritability of life-history traits. **Evolution**, Lawrence, v. 45, p. 853-861, 1991.
- SEDIYAMA, C. S.; QUEIROZ, L. R.; MOREIRA, M. A.; REZENDE, S. T. Aldehyde production and physiological quality of soybean seeds lacking lipoxigenase isozymes. In. **WORLD SOYBEAN RESEARCH CONFERENCE**, 5., 1994, Chiang Mai. **Proceedings...** Bangkok: Kasetsart University Press, 1998. p. 441-446.
- SEDIYAMA, T.; PEREIRA, M. G.; SEDIYAMA, C. S.; GOMES, J. L. L. **Cultura da soja, II**. Viçosa, MG: UFV, 1996. 75 p. (Boletim Técnico, 212).
- SUDA, I.; HAJIKA, M.; NISHIBA, Y.; FURUTA, E.; IGITA, K. Simple and rapid method for the selective detection of individual lipoxigenase isozymes in soybean seeds. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 43, p. 742-747, 1995.
- 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**. 2000. 69 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2000.