

Metodologia para seleção de linhagens de soja visando germinação, vigor e emergência em campo¹

Methodology for the selection of soybean strains for germination, vigour and field emergence

Cibele Chalita Martins^{2*}, Sandra Helena Unêda-Trevisoli², Gustavo Vitti Môro² e Roberval Daiton Vieira²

RESUMO - Cultivares de soja com sementes de maior qualidade fisiológica são de interesse para agricultores e empresas de sementes. Assim, objetivou-se com esse estudo verificar a variabilidade genética e as relações existentes entre caracteres das sementes visando identificar testes passíveis de utilização em laboratório para a seleção de linhagens de soja com sementes de maior germinação, vigor e desempenho em campo. Sementes de 62 linhagens avançadas de soja foram caracterizadas quanto ao teste da primeira contagem e germinação, classificação do vigor de plântulas, condutividade elétrica, teste de envelhecimento acelerado, massa de matéria seca de plântulas e emergência de plântulas em campo. O teor de água das sementes foi determinado antes dos testes de avaliação da qualidade e após o envelhecimento acelerado. Os dados experimentais foram submetidos à análise de variância e covariância estimando-se as correlações fenotípicas, genotípicas e ambientais; herdabilidade; coeficiente de variação genética e ganho por seleção. A variabilidade genética dos caracteres avaliados indica que o melhoramento genético pode contribuir significativamente para a melhoria da qualidade fisiológica das sementes de soja. Os testes de envelhecimento acelerado, primeira contagem, germinação e massa de matéria seca de plântulas podem ser utilizados para a seleção de linhagens de soja com sementes de maior vigor e emergência de plântulas em campo. O ganho genético estimado para a germinação e emergência de plântulas em campo é de 20% por ciclo de seleção.

Palavras-chave: *Glycine max*. Sementes. Testes de vigor. Melhoramento. Herdabilidade.

ABSTRACT - Soybean cultivars with seeds of higher physiological quality are of interest to farmers and seed companies. The aim of this study therefore, was to verify the genetic variability and the relationship that exists between various seed characteristics in order to identify tests that may be used in the laboratory when selecting soybean strains having seeds of greater germination, vigour and field performance. The seeds from 62 advanced strains of soybean were characterised as to first count and germination, classification of seedling vigour, electrical conductivity, accelerated ageing, seedling dry weight and seedling field emergence. Seed moisture content was determined before the tests for quality evaluation, and after the test for accelerated ageing. The experimental data were subjected to analysis of variance and covariance, estimating the phenotypic, genotypic and environmental correlations; heritability; coefficient of genetic variation; and gain from selection. The genetic variability of the characteristics under evaluation indicates that breeding can significantly contribute to an improvement in the physiological quality of soybean seeds. The tests of accelerated ageing, first count, germination and seedling dry weight can be used in selecting soybean strains with seeds of greater vigour and seedling field emergence. The estimated genetic gain for germination and seedling field emergence is 20% per selection cycle.

Key words: *Glycine max*. Seeds. Tests of vigour. Breeding. Heritability.

*Autor para correspondência

DOI: 10.5935/1806-6690.20160055

¹Recebido para publicação em 08/12/2014; aprovado em 04/09/2015

Financiamento de bolsa CNPq do primeiro e último autores

²Departamento Produção Vegetal, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Jaboticabal-SP, Brasil, cibeles@fcav.unesp.br, strevisoli@fcav.unesp.br, gvmoro@fcav.unesp.br, rdvieira@fcav.unesp.br

INTRODUÇÃO

Os programas de melhoramento de soja visam predominantemente à seleção de genótipos com características que permitam rendimentos mais elevados. Para isso são selecionadas linhagens mais produtivas, resistentes a pragas, doenças, adaptadas a diferentes condições de clima, solo, fotoperíodo e que permitam a incorporação de novas áreas, possibilitando maior rentabilidade para o produtor (BUENO; MENDES; CARVALHO, 2006; KRZYZANOWSKI, 1998; VASCONCELOS *et al.*, 2012). No entanto, pouca ênfase tem sido dada à seleção de caracteres associados à qualidade e desempenho de sementes e isto pode ser comprovado pela elevada variabilidade genética disponível e ganho por seleção obtidos neste tipo de estudo (MAIA *et al.*, 2011; MARTINS; SILVA; MACHADO, 2014; OLIVEIRA *et al.*, 2014; VASCONCELOS *et al.*, 2012).

A utilização de sementes com alta qualidade genética, física e fisiológica é fundamental na obtenção de resultados satisfatórios em culturas de expressão econômica (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012) e os testes de vigor podem ser utilizados como um método para a seleção de genótipos de soja com alta qualidade de sementes (TEÓFILO; DUTRA; DIAS, 2007).

Várias fontes de alta qualidade de sementes em soja foram identificadas, sinalizando a possibilidade de ganho com a seleção para esta característica (KRZYZANOWSKI, 1998; VASCONCELOS *et al.*, 2012). Alguns trabalhos foram realizados visando selecionar caracteres para a melhoria da qualidade de sementes de soja, buscando: resistência a dano mecânico, alto desempenho germinativo em ambientes tropicais de alta temperatura e umidade relativa, resistência a doenças, tamanho da semente, permeabilidade da parede da vagem e propriedades do tegumento (CARBONELL; KRZYZANOWSKI, 1995; DELLAGOSTIN *et al.*, 2011; GASPARI-OLIVEIRA, 2014; KRZYZANOWSKI, 1998; KRZYZANOWSKI *et al.*, 2008).

Os testes de vigor podem ser usados pelas empresas e instituições de pesquisa em programas de melhoramento genético, para a comparação e seleção de linhagens, variedades e híbridos com sementes de qualidade superior, para várias espécies (KRZYZANOWSKI, 1998; MAIA *et al.*, 2011; OLIVEIRA *et al.*, 2014; VASCONCELOS *et al.*, 2012). No entanto, predomina a utilização dos resultados dos testes de vigor em conjunto com os dados de germinação para a tomada de decisões das empresas produtoras de sementes, em especial na comparação de lotes, para estabelecer políticas de armazenamento, comercialização e controle de qualidade (MARCOS FILHO; KIKUTI; LIMA, 2009).

Estudos realizados com soja avaliando a germinação e emergência de plântulas em leito de areia (VASCONCELOS *et al.*, 2012); feijão verificando a germinação, o índice de velocidade de germinação e a massa de matéria seca de sementes (MAIA *et al.*, 2011); cenoura e nabo forrageiro, avaliando a germinação, o teste da primeira contagem, a classificação do vigor de plântulas e o envelhecimento acelerado (MARTINS; SILVA; MACHADO, 2014; OLIVEIRA *et al.*, 2014), indicaram que estas são características com elevadas herdabilidade e variabilidade e, portanto, a aplicação de métodos de melhoramento simples poderia ser utilizado no tocante à melhoria da qualidade das sementes, seleção de progênies com sementes mais longevas e maior emergência de plântulas em campo. Sendo assim, a seleção visando à melhoria da qualidade fisiológica de sementes de soja também pode ser uma característica de grande importância para os programas de melhoramento genético (CARBONELL; KRZYZANOWSKI, 1995; VASCONCELOS *et al.*, 2012).

Diante do exposto, objetivou-se com este trabalho verificar a variabilidade genética e as relações existentes entre caracteres das sementes visando identificar testes passíveis de utilização em laboratório para a seleção de linhagens de soja com sementes de maior germinação, vigor e desempenho em campo.

MATERIAL E MÉTODOS

No presente estudo, foram avaliadas sementes de sessenta e duas linhagens avançadas de soja (S_7), pertencentes ao programa de melhoramento genético do Departamento de Produção Vegetal da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal-SP (UNESP), oriundas de cruzamentos entre genitores portadores de caracteres agronômicos desejáveis como boa produção de grãos e resistência à ferrugem asiática. As sementes da geração (S_7) (homozigose acima de 98,4%) foram colhidas no estágio de maturidade fisiológica (R7), acondicionadas em embalagem de papel unifoliado e armazenadas em câmara fria ($9\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2$ e UR $45\% \pm 5$) durante o período experimental de sete meses, para manutenção da qualidade (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012) quanto aos caracteres descritos a seguir:

Teor de água das sementes - realizada pelo método da estufa a $105\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3$ durante 24 horas (BRASIL, 2009), utilizando-se duas subamostras de aproximadamente 13 g de sementes para cada linhagem. Os resultados foram expressos em porcentagem média (base úmida) por linhagem.

Teste de germinação - conduzido a $25\text{ }^{\circ}\text{C}$, com quatro subamostras de 50 sementes por lote, em rolo

de papel toalha, com avaliação da porcentagem de plântulas normais realizada no quinto e no oitavo dia após a instalação (BRASIL, 2009).

Primeira contagem de germinação - realizada conjuntamente com o teste de germinação, contabilizando-se as plântulas normais presentes no quinto dia após a semeadura (BRASIL, 2009).

Classificação do vigor de plântulas - na data correspondente à primeira contagem do teste de germinação, as plântulas normais bem desenvolvidas foram retiradas, computadas e classificadas como “fortes” (vigorosas), enquanto, no período correspondente à contagem final, as plântulas remanescentes foram avaliadas como normais ou anormais, sendo as normais classificadas como “fortes” ou “fracas”. As plântulas normais “fracas” foram consideradas como aquelas com algum problema em sua estrutura ou lesão, mas insuficientes para caracterizá-las como anormais (OLIVEIRA *et al.*, 2014).

Condutividade elétrica - quatro subamostras de cinquenta sementes tiveram as massas determinadas e acondicionadas em copos plásticos de 200 mL, em seguida foram adicionados, aos copos plásticos, 75 mL de água deionizada, os quais foram mantidos em câmara à 25 °C, por 24 horas (CARVALHO *et al.*, 2009). Após este período, foram realizadas leituras em condutivímetro de massa. Os resultados foram expressos em mS cm⁻¹g⁻¹.

Teste de envelhecimento acelerado - conduzido com uma camada única de sementes sobre tela em caixa plástica transparente (11 x 11 x 3,5 cm) contendo 40 mL de água, mantida a 41 °C (100%UR) por 48 horas, seguindo-se da avaliação da germinação com o mesmo procedimento do teste de germinação com contagem no quinto dia (MARCOS FILHO; KIKUTI; LIMA, 2009; TORRES; BRINGEL, 2005). Paralelamente, após o envelhecimento realizou-se a determinação do teor de água das sementes, pelo método da estufa a 105 °C ± 3 durante 24 horas utilizando-se duas subamostras de aproximadamente 13 g de sementes para cada linhagem. Os resultados foram expressos em porcentagem média (base úmida) por linhagem (BRASIL, 2009; DUTRA; VIEIRA, 2004).

Emergência de plântulas em campo - quatro subamostras de 100 sementes por linhagem foram semeadas em 8 de outubro de 2013 em Jaboticabal - SP, em sulcos de 4 metros de comprimento e 3 centímetros de profundidade, no espaçamento de 25 cm entre sulcos e irrigações foram realizadas por aspersão durante a condução do teste, quando necessário (quatro lâminas d'água de 20 mm cada), visando manter a umidade do solo em nível adequado (COIMBRA *et al.*, 2009). As temperaturas mínimas e máximas médias diárias vigentes no período do teste foram de 23 e 37 °C, respectivamente.

Este registro foi obtido com o auxílio de um termômetro instalado próximo aos canteiros. A contagem das plântulas emersas foi realizada aos 16 dias após a semeadura e os resultados foram apresentados em porcentagem.

Massa de matéria seca de plântulas - após 16 dias da semeadura, a parte aérea de todas as plântulas emersas em campo foi cortada com uma tesoura e colocada em sacos plásticos, separada por repetição. No laboratório, os cotilédones foram removidos das plântulas e descartados. A seguir, o material de cada repetição foi acondicionado em saco de papel e secado em estufa à 80 °C por 24 horas (VANZOLINI *et al.*, 2007). Após esfriar, em dessecador, cada subamostra teve a massa determinada. Os resultados médios obtidos foram expressos em miligrama por plântula.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com quatro repetições. Os dados experimentais foram submetidos à análise de variância e covariância, tendo sido estimados os parâmetros: variância fenotípica e genotípica entre médias de linhagens; variância ambiental média; herdabilidade no sentido amplo, baseada na média das parcelas; coeficiente de variação genética; correlações fenotípicas, ambientais e genéticas. Após o cálculo destas estimativas, foi avaliado o ganho por seleção com intensidade de 30%, sendo este índice considerado padrão e também em função do tamanho da amostra populacional (OLIVEIRA *et al.*, 2014).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O teor de água inicial das sementes das linhagens foi de 8,0% ± 0,6. Essa semelhança de valores é primordial para que os testes não sejam afetados por diferenças na atividade metabólica, velocidade de umedecimento e intensidade de deterioração das sementes. Recomenda-se que não haja diferenças superiores a 2% de teor de água das sementes das amostras antes do envelhecimento (COIMBRA *et al.*, 2009; DUTRA; VIEIRA, 2004; MARCOS FILHO; KIKUTI; LIMA, 2009; SILVA; MARTINS, 2009).

Após o envelhecimento acelerado os valores foram discrepantes, situando-se, dependendo da progênie, entre 17 e 29%, e as variações de até 12 pontos percentuais entre os teores de água dos tratamentos (progênies) foram superiores às recomendadas para garantir a confiabilidade dos resultados deste teste de vigor (MARCOS FILHO, KIKUTI; LIMA, 2009). No entanto, deve-se considerar que nesta pesquisa, as comparações foram feitas entre sementes geneticamente diferentes e não entre lotes de um mesmo genótipo (geneticamente iguais).

As diferenças elevadas no grau de umidade entre sementes de diferentes progênies após o envelhecimento acelerado também foram relatadas em cenoura (MARTINS; SILVA; MACHADO, 2014) e nabo forrageiro (OLIVEIRA *et al.*, 2014), pois algumas características que diferem entre sementes de diferentes genótipos podem influenciar na absorção de água, como, por exemplo, o tamanho das sementes, a permeabilidade do tegumento e a composição química (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012; KRZYŻANOWSKI *et al.*, 2008; MARTINS; SILVA; MACHADO, 2014; OLIVEIRA *et al.*, 2014).

No presente estudo, parte da variabilidade genética entre as sementes das linhagens de soja é devido às diferentes composições quanto ao teor de óleo das mesmas. Isso se dá visto tratar-se de uma espécie oleaginosa, cujos ciclos anteriores de seleção realizados por Bizari *et al.* (2014); também visavam aumentar o teor de óleo, o qual está diretamente relacionado com o grau de umidade de equilíbrio (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012).

Nas linhagens de soja, constataram-se diferenças significativas para todas as características (Tabela 1), sugerindo que existe variabilidade genética e, portanto há possibilidade de ganhos com a seleção para todos os caracteres avaliados e que estão relacionados à qualidade das sementes. Os coeficientes de herdabilidade obtidos bem como os valores das relações entre os coeficientes de variação genética e experimental refletem uma situação favorável à seleção, pois variaram de 93 a 98% e, de 1,8 a 3,7 respectivamente. Estes resultados apontam para uma seleção com efeito melhor ao obtido para germinação e emergência em areia de sementes de soja,

de ciclo tardio, em diferentes regiões climáticas de Minas Gerais, que apresentaram herdabilidade e coeficiente de variação genética e experimental inferior a 75 e 0,5%, respectivamente (VASCONCELOS *et al.*, 2012).

Portanto, pode-se prever que um acréscimo na média das características selecionadas será quase equivalente ao diferencial de seleção imposto sobre aquele caráter uma vez que os valores dos coeficientes de herdabilidade foram próximos a 100% (BUENO; MENDES; CARVALHO, 2006), mais precisamente entre 93,2 e 98,2% (Tabela 1).

Resultados semelhantes de herdabilidade foram observados para sementes de três cultivares e quatorze linhagens de soja selecionadas para germinação e emergência de plântulas em leito de areia em regiões de Minas Gerais (VASCONCELOS *et al.*, 2012); para 94 linhagens de feijão quanto a massa de matéria seca de sementes (MAIA *et al.*, 2011); para meio-irmãos de cenoura para o teste de primeira contagem, germinação e envelhecimento acelerado (MARTINS; SILVA; MACHADO, 2014) e para sementes de nabo-forrageiro com relação a germinação, classificação do vigor de plântulas, envelhecimento acelerado e teste de emergência de plântulas em campo (OLIVEIRA *et al.*, 2014).

Em relação à seleção de genótipos, baseada em características de germinação e vigor das sementes de soja, os parâmetros genéticos estimados na presente pesquisa evidenciaram melhorias quanto à qualidade fisiológica das sementes para as linhagens selecionadas. Os valores superiores à unidade verificado na razão CVg/

Tabela 1 - Resumo da análise de variância e estimativa dos parâmetros genéticos para os testes de avaliação da qualidade de sementes¹ de 62 linhagens avançadas de soja

Fonte de variação	Quadrados Médios							
	GL	EC	G	PC	CVP	EA	CE	MS
Linhagens	61	14,9**	26,0**	29,5**	49,8**	58,4**	22,0**	15,8**
Resíduo	186	61,9	41,9	37,8	30,3	30,0	212,0	0,2
Média		69,5	69,1	68,3	31,6	56,3	169,4	3,2
σ_f^2		230,8	272,5	279,3	377,5	439,2	1170,7	0,8
σ_g^2		215,3	262,0	269,8	369,9	431,6	1117,7	0,8
h^2		93,2	96,1	96,6	98,0	98,2	95,4	93,6
CVe		11,3	9,3	9,0	16,4	9,7	8,6	14,0
CVg		21,0	23,3	24,0	60,8	36,8	19,7	27,1
CVg/CVe		1,8	2,4	2,6	3,5	3,7	2,3	1,9

¹Emergência de plântulas em campo (EC, %), teste de germinação (G, %), primeira contagem (PC, %), classificação do vigor de plântulas (CVP, %), envelhecimento acelerado (EA, %), condutividade elétrica (CE, mS.cm⁻¹g⁻¹) e massa de matéria seca de plântulas (MS, mg.plântula⁻¹). **Significativo em nível de 1% de probabilidade pelo teste F; σ_f^2 - variância fenotípica; σ_g^2 - variância genotípica; h^2 - herdabilidade (%); CVe - coeficiente de variação experimental; CVg - coeficiente de variação genética

CVe (coeficientes de variação genética e experimental) são indicativos de que a variância genética é superior à ambiental e que a variabilidade existente seria de origem genética (CRUZ; REGAZZI, 1997).

A elevada variabilidade genética para as características relacionadas às sementes de soja é uma consequência da pequena importância que tem sido dada ao tema em programas de melhoramento vegetal, pois a espécie vem sendo prioritariamente melhorada visando caracteres de produção e adaptação (KRZYZANOWSKI, 1998).

Os caracteres avaliados apresentaram correlações fenotípicas altamente significativas, com valores entre -0,56 e 0,99% (Tabela 2). Além disso, os coeficientes de correlação fenotípicas e genotípicas foram muito próximos, indicando que a seleção de alguns caracteres de qualidade de sementes poderão alterar outros com eficiência (BUENO; MENDES; CARVALHO, 2006). Por exemplo, para a obtenção de genótipos com melhor desempenho de sementes em campo quanto à emergência de plântulas e massa de matéria seca, pode-se realizar seleção por meio dos testes de laboratório de germinação, primeira contagem e envelhecimento acelerado.

No caso da emergência de plântulas em campo, este teste costuma ser considerado um teste de referência. Para que qualquer teste de vigor possa ser considerado eficiente na área de análise de sementes, precisa apresentar boa correlação com a emergência das plântulas em campo, tendo em vista que é nesse local, onde as condições climáticas são variadas; que o sucesso no estabelecimento inicial das plantas e, conseqüentemente, na implantação do campo de produção será analisado (COIMBRA *et al.*, 2009; SILVA; MARTINS, 2009; VASCONCELOS *et al.*, 2012).

Dentre os testes de vigor avaliados, o envelhecimento acelerado foi o mais eficiente na seleção de progênies com

maior vigor de sementes, pois apresentou elevada correlação fenotípica, superior a 0,80 em relação aos testes de germinação, primeira contagem e massa de matéria seca de plântulas (CARGNELUTTI FILHO; STORCK; LÚCIO, 2003).

Os valores negativos de correlação fenotípica entre condutividade elétrica e os demais testes de avaliação da qualidade de sementes significam que aumentos nos valores de condutividade elétrica corresponderam à queda nos níveis de vigor das sementes, pois este teste baseia-se na maior lixiviação de solutos que ocorre com a perda da integridade das membranas celulares das sementes com a deterioração (CARVALHO *et al.*, 2009; COIMBRA *et al.*, 2009; SILVA; MARTINS, 2009).

Os ganhos genéticos nas médias iniciais da população selecionada e da população melhorada foram apresentados na Tabela 3, na qual se verificou ganhos genéticos de seleção para todos os caracteres de qualidade fisiológica de sementes. A média da população inicial para a germinação e a emergência de plântulas em campo foi de 69 e 70%, respectivamente e, após a seleção, a estimativa da população melhorada elevou-se para 83% para ambos os caracteres, com ganhos genéticos estimados de 20,16 e 19,47%, respectivamente. Assim, a continuidade deste programa de melhoramento genético possibilitará a obtenção de sementes de soja com qualidade fisiológica superior e, conseqüentemente com maior germinação, vigor e emergência de plântulas em campo.

Considerando a qualidade de sementes como um todo, a germinação e a emergência de plântulas em campo mereceram destaque na seleção por serem os caracteres mais representativos e importantes. A germinação pode ser considerada a principal característica de qualidade de sementes e os resultados deste teste são utilizados para comparar a qualidade

Tabela 2 - Estimativas dos coeficientes de correlação fenotípica (rf – acima da diagonal) e genotípica (rg – abaixo da diagonal) para os testes de avaliação da qualidade de sementes¹ em 62 linhagens avançadas de soja

Testes de avaliação de sementes ¹	EC	G	PC	CVP	EA	CE	MS
EC	-	0,74**	0,74**	0,59**	0,85**	-0,56**	0,88**
G	0,78	-	0,99**	0,74**	0,85**	-0,44**	0,65**
PC	0,78	0,90	-	0,73**	0,86**	-0,42**	0,65**
CVP	0,62	0,75	0,74	-	0,66**	-0,39**	0,42**
EA	0,88	0,87	0,88	0,67	-	-0,51**	0,77**
CE	-0,61	-0,45	-0,44	-0,40	-0,52	-	-0,48**
MS	0,90	0,69	0,68	0,45	0,80	-0,51	-

¹Emergência de plântulas em campo (EC, %), teste de germinação (G, %), primeira contagem (PC, %), classificação do vigor de plântulas (CVP, %), envelhecimento acelerado (EA, %), condutividade elétrica (CE, mS.cm⁻¹g⁻¹) e massa de matéria seca de plântulas (MS, mg.plântula⁻¹). **Significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F

Tabela 3 - Estimativa de ganhos genéticos médios por seleção (GS) e em porcentagem (%) e médias das populações para os testes de avaliação da qualidade de sementes¹ em 62 linhagens avançadas de soja

Testes de avaliação de sementes ¹	----- Ganho Genético -----		----- Médias ² -----		
	GS	%	μ_i	μ_s	μ_m
EC	13,54	19,47	70	84	83
G	13,94	20,16	69	84	83
PC	14,19	20,78	68	83	83
CVP	23,63	74,68	32	56	55
EA	21,27	37,78	56	78	78
CE	-34,28	-20,24	169,4	133,5	135,1
MS	0,86	26,52	3,3	4,2	4,1

¹Emergência de plântulas em campo (EC, %), germinação (G, %), primeira contagem (PC, %), classificação do vigor de plântulas (CVP, %), envelhecimento acelerado (EA, %), condutividade elétrica (CE, mS.cm⁻¹g⁻¹) e massa de matéria seca de plântulas (MS, mg.plântula⁻¹). ²Médias iniciais da população (μ_i), genótipos selecionados (μ_s) e média da população melhorada (μ_m)

fisiológica de lotes, determinar a taxa de semeadura e servir como critério de aprovação de um lote de sementes para a comercialização (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012).

CONCLUSÕES

- 1.A variabilidade genética presente nos caracteres avaliados indica que o melhoramento genético pode contribuir significativamente para a melhoria da qualidade fisiológica das sementes de soja;
- 2.Os testes de envelhecimento acelerado, primeira contagem, germinação e classificação do vigor de plântulas podem ser utilizados para a seleção de linhagens de soja com sementes de maior vigor e emergência de plântulas em campo;
- 3.O ganho genético estimado para a germinação e emergência de plântulas em campo é de aproximadamente 20%.

REFERÊNCIAS

- BIZARI, E. H. *et al.* Genetic diversity in early-maturing soybean genotypes based on biometric and molecular parameters. **International Journal of Food, Agriculture and Environment**, v. 12, p. 259-265, 2014.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília: MAPA: ACS, 2009. 399 p.
- BUENO, L. C. S.; MENDES, A. N. G.; CARVALHO, S. P. **Melhoramento genético de plantas**: princípios e procedimentos. 2. ed. Lavras: UFLA, 2006. 319 p.

CARBONELL, S. A. M.; KRZYZANOWSKI, F. C. The pendulum test for screening soybean genotypes for seeds resistant to mechanical damage. **Seed Science and Technology**, v. 23, n. 2, p. 331-339, 1995.

CARGNELUTTI FILHO, A.; STORCK, L.; LÚCIO, A. D. Ajustes de quadrado médio do erro em ensaios de competição de cultivares de milho pelo método de Papadakis. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 4, p. 467-473, 2003.

CARVALHO, L. F. *et al.* Influência da temperatura de embebição da semente de soja no teste de condutividade elétrica para avaliação da qualidade fisiológica. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 31, n. 1, p. 9-17, 2009.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 5. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2012, 590 p.

COIMBRA, R. A. *et al.* Testes de vigor utilizados na avaliação da qualidade fisiológica de lotes de sementes de milho-doce (sh2). **Ciência Rural**, v. 39, n. 9, p. 2402-2408, 2009.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: Editora UFV, 1997. 390 p.

DELLAGOSTIN, M. *et al.* Dissimilaridade genética em população segregante de soja com variabilidade para caracteres morfológicos de semente. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 33, n. 4, 2011.

DUTRA, A. S.; VIEIRA, R. D. Envelhecimento acelerado como teste de vigor para sementes de milho e soja. **Ciência Rural**, v. 34, n. 3, p. 715-721, 2004.

GASPAR-OLIVEIRA, C. M. *et al.* Relationship between pod permeability and seed quality in soybean. **Journal of Seed Science**, v. 36, n. 3, p. 273-281, 2014.

KRZYZANOWSKI, F. C. *et al.* Evaluation of lignin content of soybean seed coat stored in a controlled environment. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 30, n. 2, p. 220-223, 2008.

- KRZYŻANOWSKI, F. C. Relationship between seed technology research and federal plant breeding programs. **Scientia Agricola**, v. 55, p. 83-87, 1998. Número especial.
- MAIA, L. G. S. *et al.* Variabilidade genética associada à germinação e vigor de sementes de linhagens de feijoeiro comum. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 2, p. 361-367, 2011.
- MARCOS FILHO, J.; KIKUTI, A. L. P.; LIMA, L. B. D. Métodos para avaliação do vigor de sementes de soja, incluindo a análise computadorizada de imagens. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 31, n. 1, p. 102-112, 2009.
- MARTINS, C. C.; SILVA, N.; MACHADO, C. G. Testes para a seleção de populações de cenoura visando ao vigor e à longevidade das sementes. **Ciência Rural**, v. 44, n. 5, p. 768-775, 2014.
- OLIVEIRA, S. S. C. *et al.* Seleção de progênies de nabo-forrageiro para germinação sob altas temperaturas. **Ciência Rural**, v. 44, n. 2, p. 217-222, 2014.
- SILVA, L. B.; MARTINS, C. C. Teste de condutividade elétrica para sementes de mamoneira. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 30, p. 1043-1050, 2009. (Suplemento 1).
- TEÓFILO, E. M.; DUTRA, A. S.; DIAS, F. T. C. Potencial fisiológico de sementes de soja produzidas no Estado do Ceará. **Revista Ciência Agronômica**, v. 38, p. 401-406, 2007.
- TORRES, S. B.; BRINGEL, J. M. M. Avaliação da qualidade sanitária e fisiológica de sementes de feijão-macassar. **Caatinga**, v. 18, n.2, p. 88-92, 2005.
- VANZOLINI, S. *et al.* Teste de comprimento de plântula na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 29, n. 2, p. 90-96, 2007.
- VASCONCELOS, E. S. *et al.* Estimativas de parâmetros genéticos da qualidade fisiológica de sementes de genótipos de soja produzidas em diferentes regiões de Minas Gerais. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 33, n. 1, p. 65-76, 2012.