

ESTUDO COMPARATIVO DE MÉTODOS PARA A AVALIAÇÃO DA QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE SOJA, COM ÊNFASE AO TESTE DE CONDUTIVIDADE ELÉTRICA¹

JÚLIO MARCOS FILHO², WALTER RODRIGUES DA SILVA³,
ANA D. COELHO NOVOBRE e HELENA M.C. PESCARIN CHAMMA⁴

RESUMO - Sementes de três cultivares de soja foram submetidas a testes de germinação, tetrazólio, frio, envelhecimento artificial, condutividade elétrica e emergência das plântulas em campo, nas instalações do Departamento de Agricultura da ESALQ/USP, entre os meses de outubro de 1987 e abril de 1988. Avaliaram-se diferentes períodos de embebição pré-leitura da condutividade elétrica, com o objetivo principal de verificar a possibilidade da redução da duração desse teste. Concluiu-se que a avaliação do potencial fisiológico das sementes em laboratório deve ser baseada no conjunto dos resultados de diferentes testes. Dentre eles, períodos mais curtos de embebição (4 e 8 horas) pré-leitura da condutividade podem ser utilizados para identificação de diferenças mais acentuadas de vigor, enquanto a embebição durante 16 ou 20 horas torna esse teste mais sensível às diferenças do vigor de sementes de soja.

Termos para indexação: *Glycine max*, germinação, tetrazólio, teste de frio, envelhecimento artificial, emergência das plântulas.

A COMPARISON OF METHODS FOR THE EVALUATION OF THE PHYSIOLOGICAL QUALITY OF SOYBEAN SEEDS WITH EMPHASIS TO THE USE OF THE ELECTRICAL CONDUCTIVITY TEST

ABSTRACT - An experiment was set at the Agriculture Dept., ESALQ/USP, Piracicaba, Brazil, between October/1987 and April/1988 with the purpose of comparing the efficiency of different tests in evaluating the physiological quality of seeds from three soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) cultivars. The comparisons included the germination, tetrazolium, cold, accelerated aging, electrical conductivity and field emergence tests. Different imbibition periods for the electrical conductivity test were also compared. It was concluded that the physiological quality of soybean seeds is best estimated when based upon results from several different tests. Among them, the shorter imbibition periods (4 and 8 hours) for the bulk conductivity test can be used for the detection of wide vigor differences, while a 16 or 20 hours imbibition period can be used for identifying smaller differences among soybean seed lots.

Index terms: *Glycine max*, seed vigor, germination test, tetrazolium test, cold test, electrical conductivity, accelerated aging test, emergence test.

INTRODUÇÃO

A avaliação da qualidade fisiológica de sementes de soja tem merecido constante aten-

ção dos tecnologistas, produtores e pesquisadores, refletindo a permanente preocupação causada pelas dificuldades encontradas para a obtenção de bons desempenhos com os lotes comercializados.

Além de pesquisas dirigidas ao estudo das relações entre resultados de testes para a determinação da viabilidade (principalmente germinação e tetrazólio), considerável volume de trabalho tem-se concentrado em métodos para a avaliação do vigor. O consenso quanto à qualidade das informações obtidas nestes

¹ Aceito para publicação em 30 de maio de 1990.

² Eng.-Agr., Dr., Prof.-Titular, Dep. de Agric., ESALQ/USP, Caixa Postal 9, CEP 13400 Piracicaba, SP. Bolsista do CNPq.

³ Eng.-Agr., Dr., Prof., Dep. de Agric., ESALQ/USP. Bolsista do CNPq.

⁴ Enga.-Agr., M.Sc., Dep. de Agric., ESALQ/USP.

testes não é tarefa simples, pois, de acordo com Matthews & Powell (1981), citados por Powell (1986), um teste de vigor eficiente deve fundamentar-se em base teórica consistente e proporcionar resultados reproduzíveis e relacionados à emergência das plântulas em campo, sob variadas condições de ambiente.

Dentre os inúmeros métodos utilizados para identificar diferenças de vigor em diferentes lotes de soja e estimar o desempenho das sementes em campo, destacam-se o teste de frio (Edge & Burris 1970, Popinigis 1973, Johnson & Wax 1978), o envelhecimento artificial (TekRony & Egli 1977, Kulik & Yaklich 1982, Marcos Filho et al. 1986, Tomes et al. 1988, Association of Official Seed Analysis 1988) e o de condutividade elétrica (Abdul-Baki & Anderson 1973, McDonald Júnior & Wilson 1979, Yaklich et al. 1979, Steere et al. 1981, Oliveira et al. 1984, Hepburn et al. 1984, Marcos Filho et al. 1986, Powell (1986), Barros 1988, Loeffler et al. 1988).

O teste de condutividade elétrica preenche os três requisitos básicos relacionados por Matthews & Powell (1981), citados por Powell (1986). Como vantagem adicional, os resultados são obtidos em, aproximadamente, 24 horas, ou seja, dentro de período consideravelmente reduzido em relação aos testes de frio e de envelhecimento.

No entanto, a indústria de sementes frequentemente exige a tomada de decisões rápidas, referentes à operação e manejo durante a colheita, recepção, processamento, armazenamento e comercialização, de modo que a necessidade da redução do período destinado à avaliação da qualidade fisiológica das sementes é uma exigência permanente.

Conforme destacaram Bewley & Black (1985), a embebição das sementes durante o processo de germinação ocorre em três etapas distintas: a primeira, caracterizada pela rapidez, permite que sementes com reservas cotiledonares atinjam graus de umidade de 35 a 45% em poucas horas. A fase II é um período de lenta absorção de água e se constitui em etapa de preparação para a retomada de cres-

cimento do embrião, que ocorre durante a fase III, com intensa absorção de água.

Por outro lado, a embebição, principalmente durante a fase I, é acompanhada pela liberação de açúcares, aminoácidos, eletrólitos, em quantidades variáveis de acordo com o estado de organização dos sistemas de membranas celulares. Simon & Raja Harum (1972), Beckwar et al. (1982), Bewley & Black (1985), Simon & Mathavan (1986) destacaram que a taxa de liberação de eletrólitos (base para o teste de condutividade elétrica) é muito elevada no início do processo de embebição, declinando posteriormente à medida que ocorre a reorganização dos sistemas de membranas; este fato não tem sido considerado com destaque em estudos sobre o teste de condutividade elétrica.

Desta forma, o presente trabalho teve como objetivo principal o estudo da possibilidade de redução do período de condicionamento das sementes de soja e, conseqüentemente, da obtenção mais rápida dos resultados do teste de condutividade elétrica. A eficiência desse procedimento foi avaliada comparativamente às informações obtidas em testes de germinação, tetrazólio, frio e emergência das plântulas em campo.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi conduzida no Laboratório de Sementes e no Campo Experimental do Departamento de Agricultura da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", USP, com sementes das cultivares BR-6, Paraná e Bossier (cada um representado por sete lotes), fornecidas pela Fundação Instituto Agronômico do Paraná, safra 1986/87.

Após a recepção, em setembro de 1987, os materiais correspondentes a cada cultivar permaneceram armazenados em sacas de papel kraft, em condições normais de ambiente, durante sete meses (outubro de 1987 a abril de 1988). Periodicamente, cada lote (10 kg) foi amostrado e submetido aos seguintes testes:

a. **Germinação:** conduzido com quatro amostras de 50 sementes para cada lote, em rolos de papel-toalha Germitest, a 28°C; a quantidade de água adicionada ao substrato era equivalente a 2,5 vezes o

peso do substrato, visando o umedecimento adequado e, conseqüentemente, a uniformização do teste. Efetuaram-se contagens aos quatro e oito dias após a semeadura, de acordo com os critérios estabelecidos em Regras para Análise de Sementes (Brasil 1976).

b. **Tetrazólio:** após o pré-condicionamento, entre folhas de papel-toalha convenientemente umedecidas, durante 16 horas a 30°C, quatro amostras de 50 sementes de cada lote/cultivar foram imersas em solução 0,075% de cloreto de tetrazólio, a 40°C, durante quatro horas. Em seguida, o teste foi interpretado, computando-se as porcentagens de sementes viáveis (TZ 1-5) por amostra, de acordo com os critérios propostos por França Neto et al. (1986).

c. **Teste de frio:** realizado de acordo com o procedimento descrito em Marcos Filho et al. (1987), constando da semeadura de quatro amostras de 50 sementes/lote/cultivar, da mesma maneira descrita para o teste de germinação. A seguir, os rolos de papel-toalha foram colocados no interior de caixas de plástico (18x25x10 cm) vedadas e mantidas em câmara regulada a 10°C, durante sete dias. Vencido esse período, as amostras foram transferidas para germinador, a 30°C, onde permaneceram durante quatro dias; nesta ocasião, computaram-se as porcentagens de plântulas normais por amostra.

d. **Envelhecimento artificial:** conduzido com a utilização de caixas de plástico "gerbox" como compartimento individual; assim, 200 sementes de cada lote eram colocadas sobre a tela metálica interna da caixa, cobrindo toda sua superfície. As caixas, tampadas e contendo 40 ml de água, foram mantidas em incubadora FANEM mod. 347F, a 42°C, durante 48 horas; em seguida, conduziu-se o teste de germinação, conforme descrição anterior, avaliando-se as porcentagens de plântulas normais no quarto dia após a semeadura (Fratin & Marcos Filho 1984).

e. **Condutividades elétrica:** realizado, em linhas gerais, de acordo com a metodologia proposta pelo Comitê de Vigor da Association of Official Seed Analysts (1983). Foram utilizadas quatro amostras de 25 sementes de cada lote, escolhidas (sem danos ao tegumento), pesadas e imersas em 75 ml de água destilada (no interior de copos de plástico), a 20°C. Avaliaram-se diferentes períodos de embebição, isto é, 4, 8, 12, 16, 20 e 24 horas; em seguida, procedeu-se à leitura da condutividade elétrica da solução, em aparelho Digimed CD-20. Os resultados foram expressos em $\mu\text{mhos/g}$ amostra.

f. **Emergência das plântulas em campo:** conduzido com amostras de 400 sementes para cada lote/cultivar; cada parcela era constituída por uma linha de 4,0 m de comprimento, onde se distribuíam 100 sementes, em sulcos, a espaços de 0,30 m com 0,05 m de profundidade; efetuou-se a cobertura com, aproximadamente, 0,02 cm de terra. As contagens do número de plântulas emersas foram efetuadas aos 15 dias após a semeadura; computaram-se as porcentagens de plântulas com os cotilédones acima da superfície do solo e as folhas unifoliadas com margens não mais se tocando (correspondente ao estágio VC descrito por Costa & Marchezan 1982). As condições de temperatura e de umidade do solo foram, em geral, favoráveis à emergência das plântulas.

g. **Grau de umidade das sementes:** avaliado pelo método da estufa a 105°C, durante 24 horas, de acordo com as Regras para Análise de Sementes (Brasil 1976).

Os testes de condutividade elétrica com sementes de BR-6 foram realizados mensalmente entre outubro de 1987 e abril de 1988 (E₁ a E₇), enquanto para as demais cultivares seguiram intervalos bimestrais, isto é, outubro (E₁) e dezembro (E₃) de 1987, fevereiro (E₅) e abril (E₇) de 1988. Os testes de germinação e os demais testes de vigor também foram conduzidos em E₁, E₃, E₅ e E₇, e os de emergência, em E₃ e E₅.

As análises da variância, segundo delineamento fatorial, foram conduzidas separadamente para cada cultivar e teste conduzido; utilizou-se o método de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade, para a comparação de médias. Efetuaram-se, também, análises da correlação entre os dados obtidos em todos os testes conduzidos para cada cultivar; porém, devido à variabilidade das informações originadas nessas análises, apoiando as considerações efetuadas por Marcos Filho et al. (1984), esses resultados não serão incluídos no texto.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As análises da variância dos dados obtidos nos diferentes testes conduzidos, para as três cultivares estudadas, revelaram valores de F significativos para os efeitos de lotes e de épocas; a interação lotes x épocas não foi significativa para nenhum dos parâmetros avaliados.

1. Cultivar Paraná

A Tabela 1 contém os valores médios referentes aos efeitos de lotes sobre a germinação e o vigor das sementes da cultivar Paraná. Nota-se que nos testes de germinação e de tetrazólio, indicadores do comportamento fisiológico das sementes sob condições ótimas de ambiente, os lotes VI e VII superaram significativamente os lotes III e II; estes, portanto, puderam ser considerados, com base nessas comparações, como os lotes de qualidade fisiológica mais baixa. Além desses fatos, houve destaque para o desempenho do lote I, nos testes de germinação, e do lote V, nos de tetrazólio.

Essas informações foram confirmadas, em parte, pelos resultados dos testes de envelhecimento artificial e de frio, também apresentados na Tabela 1. Assim, nos testes de envelhecimento, constatou-se comportamento superior dos lotes I, VI e VII em relação aos lotes II, III e V, enquanto os testes de frio detectaram melhor desempenho dos lotes I, IV e VI em comparação aos lotes III e V; neste teste, o lote II se situou mais próximo dos lotes de pior qualidade fisiológica.

As discrepâncias apontadas entre os testes de germinação e de vigor, correspondentes ao posicionamento relativo dos lotes I e V, não constituem ocorrências incomuns em pesquisas desta natureza. Deve-se considerar que os

testes de germinação, tetrazólio, envelhecimento artificial e de frio avaliam diferentes aspectos do comportamento das sementes, ou seja, sua capacidade de reação quando expostas a condições favoráveis ou a diferentes situações de estresse; conseqüentemente, um mesmo lote pode exibir reações variáveis diante de ambiente de alta ou baixa temperatura. Por esses motivos, diversos pesquisadores, dentre os quais TekRony & Egli (1977), Kulik & Yaklich (1982) e Marcos Filho et al. (1984), destacaram a importância da utilização conjunta dos resultados de vários testes para a avaliação do vigor de sementes de soja.

Por outro lado, o histórico de cada lote e o conjunto de suas deficiências também permitem justificar sua maior ou menor sensibilidade às condições distintas enfrentadas em cada teste conduzido. Neste caso, têm sido relatadas na literatura as dificuldades ou a baixa eficiência de testes de vigor em detectar diferenças entre amostras com níveis médios de vigor (McDonald Junior & Wilson 1979, Kulik & Yaklich 1982, Marcos Filho et al. 1984, Marcos Filho et al. 1986), que freqüentemente apresentam comportamento semelhante ao das de alto vigor ou ao das de vigor mais baixo, dependendo do método empregado para sua avaliação.

Desta forma, considerando-se o conjunto dos resultados obtidos nos testes de germinação, tetrazólio, frio e envelhecimento arti-

TABELA 1. Cultivar Paraná: valores médios obtidos em testes para avaliação da qualidade fisiológica de sete lotes de sementes. Piracicaba, SP, 1987/88.

Lotes	Testes										
	Germin. (%)	Tetraz. (%)	Frio (%)	Envelh. (%)	Condut. 4h (µmhos/g)	Condut. 8h (µmhos/g)	Condut. 12h (µmhos/g)	Condut. 16h (µmhos/g)	Condut. 20h (µmhos/g)	Condut. 24h (µmhos/g)	Emerg. (%)
I	86,4 a	86,2 ab	70,1 a	69,1 a	40,5 ab	56,7 a	67,6 a	74,2 abc	85,5 ab	90,0 a	73,4 a
II	72,9 c	81,4 bc	64,1 ab	41,2 d	41,0 ab	59,9 ab	74,5 ab	81,6 d	96,9 c	99,5 a	69,3 ab
III	76,4 c	77,3 c	61,1 b	41,6 d	43,0 b	63,7 b	80,1 b	80,3 cd	94,1 bc	109,8 b	64,0 b
IV	82,1 ab	87,4 ab	69,8 a	57,3 bc	38,9 a	57,0 a	69,3 a	74,1 abc	87,5 abc	90,9 a	70,4 ab
V	81,4 ab	89,1 a	63,1 b	51,6 c	40,0 a	56,5 a	68,8 a	12,7 ab	84,4 ab	90,8 a	68,9 ab
VI	86,3 a	89,1 a	69,6 a	63,1 ab	41,4 ab	58,1 a	70,3 a	69,2 a	79,3 a	89,7 a	73,1 a
VII	85,5 a	88,4 a	65,0 ab	64,9 ab	41,3 ab	58,1 a	70,4 a	72,6 ab	84,3 ab	94,2 a	65,4 b
C.V.(%)	7,5	5,1	7,0	8,4	6,7	8,3	9,1	10,5	10,5	10,1	9,5

Em cada coluna, médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste Tukey.

cial, os lotes VI, VII e I manifestaram potencial fisiológico superior, enquanto os lotes II e III foram identificados como os de pior qualidade.

Conforme destacaram Clarck et al. (1980), os lotes de sementes de soja que apresentam desempenho favorável em testes de germinação e de vigor devem ser considerados como potencialmente aptos para apresentarem índices adequados de emergência das plântulas em campo. De acordo com esses autores, sementes de constituição genética, qualidade fisiológica e sanidade distintas são colocadas, com frequência, para germinar em solos que variam quanto a propriedades físicas, químicas, grau de umidade, temperatura e microflora; desta maneira, em função das inúmeras interações possíveis entre esses fatores, a estimativa do potencial de emergência das plântulas não é uma tarefa simples.

Conseqüentemente, considera-se que os testes de laboratório devem ser suficientes para, pelo menos, diferenciar lotes com potencial fisiológico elevado daqueles que exibem desempenho deficiente em testes de germinação e vigor. Nesse aspecto, pode-se considerar que os resultados já apresentados para a cultivar Paraná relacionaram-se aos de emergência das plântulas em campo, onde se notou a superioridade do desempenho dos lotes I e VI e o comportamento deficiente dos lotes III e VII; este lote havia-se situado entre os melhores, nos testes para a avaliação da viabilidade, e como de vigor "médio" nos testes de envelhecimento e de frio.

Nos testes de condutividade elétrica, onde foi estudada a possibilidade de redução do período de embebição das sementes, verificou-se (Tabela 1) que, com o uso de quatro ou oito horas, não houve diferenciação marcante entre os lotes avaliados, embora o lote III tenha sido identificado como o de menor vigor. Porém, a partir das doze horas de embebição, o teste de condutividade elétrica tornou-se mais sensível às diferenças de qualidade fisiológica entre os lotes, caracterizada pela tendência do desagrupamento das médias, conforme ilustra a Fig. 1.

Essa sensibilidade, em termos de separação de níveis de vigor dos lotes estudados, acentuou-se com os períodos de 16 e 20 horas de embebição, onde se destacou o lote VI como o de melhor qualidade, enquanto os lotes II e III mostraram desempenho deficiente. Porém, com o período de 24 horas, considerado padrão para o teste de condutividade elétrica (Tao 1978), houve novamente a concentração das médias dos lotes de melhor qualidade, possibilitando apenas a identificação dos lotes de pior desempenho (II e III).

Quanto aos efeitos de épocas (Tabela 2), todos os testes mostraram a queda significativa da qualidade fisiológica das sementes nas épocas subseqüentes a dezembro de 1987 (E₃), caracterizando a intensificação do processo de deterioração. As sementes que, no início do período experimental (E₁), apresentavam grau médio de 9,0% de umidade, atingiram aproximadamente 12,5% em fevereiro de 1988 (E₂); este teor de água é considerado apenas relativamente seguro para a conservação da quali-

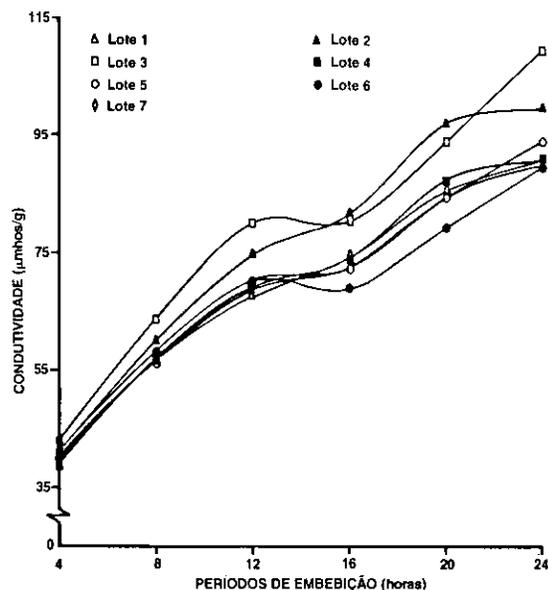


FIG. 1. Cultivar Paraná: representação gráfica da variação das médias de condutividade elétrica ($\mu\text{mhos/g}$) de sete lotes de sementes, submetidos a diferentes períodos de embebição. Piracicaba, SP, 1987/88.

dade das sementes. No entanto, seria esperada certa intensidade de deterioração com o decorrer das épocas de testes, porque as temperaturas mais elevadas, predominantes entre os meses de outubro e março, favorecem as perdas de qualidade fisiológica.

Dentre os testes conduzidos, o envelhecimento artificial e a condutividade elétrica (períodos de 16 e 20 horas de embebição) foram mais eficientes no sentido de acompanhar a evolução do processo de deterioração, detectando, inclusive, diferenças de qualidade fisiológica entre as sementes avaliadas nas épocas iniciais (E₁ e E₃). Porém, o envelhecimento artificial revelou-se muito drástico ao final do período experimental (E₇), causando

efeitos letais às sementes expostas às condições desse teste.

Assim, de um modo geral, o conjunto das informações provenientes dos testes de laboratório forneceu resultados comparáveis aos de emergência em campo, permitindo identificar os lotes com potenciais fisiológicos mais elevados e os deficientes, bem como acompanhar o progresso da deterioração durante o período experimental com a cultivar Paraná.

2. Cultivar Bossier

Examinando-se a Tabela 3, onde se encontram valores médios referentes aos efeitos de

TABELA 2. Cultivar Paraná: valores médios obtidos em testes para avaliação da qualidade fisiológica, correspondentes aos efeitos de épocas. Piracicaba, SP, 1987/88.

Épocas	Testes										
	Germin. (%)	Tetraz. (%)	Frio (%)	Envelh. (%)	Condut. 4h (μ.mhos/g)	Condut. 8h (μ.mhos/g)	Condut. 12h (μ.mhos/g)	Condut. 16h (μ.mhos/g)	Condut. 20h (μ.mhos/g)	Condut. 24h (μ.mhos/g)	Emerg. (%)
E1	89,9 a	93,9 a	86,2 a	75,4 a	36,5 a	50,9 a	60,5 a	66,1 b	75,8 b	79,0 a	----
E3	87,2 a	91,9 a	85,8 a	71,0 b	36,2 a	51,0 a	59,3 a	58,4 a	69,1 a	73,1 a	90,8 a
E5	81,0 b	82,0 b	67,3 b	20,3 c	43,9 b	65,6 b	82,1 b	82,6 c	100,8 c	109,1 b	46,8 b
E7	68,1 c	74,4 c	25,1 c	----	46,8 c	66,9 b	84,4 b	92,7 d	104,0 c	118,9 c	----
C.V.(%)	7,5	5,1	7,0	8,4	6,7	8,3	9,1	10,5	10,5	10,1	9,5

Em cada coluna, médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste Tukey.

TABELA 3. Cultivar Bossier: valores médios obtidos em testes para avaliação da qualidade fisiológica, de sete lotes de sementes. Piracicaba, SP, 1987/88.

Lotes	Testes										
	Germin. (%)	Tetraz. (%)	Frio (%)	Envelh. (%)	Condut. 4h (μ.mhos/g)	Condut. 8h (μ.mhos/g)	Condut. 12h (μ.mhos/g)	Condut. 16h (μ.mhos/g)	Condut. 20h (μ.mhos/g)	Condut. 24h (μ.mhos/g)	Emerg. (%)
I	93,7 a	90,3 a	83,1 b	80,6 a	38,4 a	51,4 a	59,4 a	59,1 a	66,8 a	74,0 a	92,5 a
II	94,6 a	90,6 a	87,2 a	85,6 a	39,4 a	52,1 ab	60,7 ab	59,1 a	67,1 a	76,0 ab	89,9 a
III	85,0 b	88,2 ab	77,2 c	81,2 a	42,1 bc	54,7 abc	64,2 bc	66,7 b	75,9 b	81,7 bc	83,3 b
IV	76,3 b	81,0 ab	70,6 d	70,5 b	40,4 ab	55,5 bc	66,2 cd	73,0 c	84,0 cd	86,6 cd	79,2 bc
V	78,1 b	83,2 b	76,0 c	74,3 b	43,3 c	58,1 cd	68,4 cd	70,7 bc	81,9 bc	88,2 cd	76,5 c
VI	80,4 b	85,2 ab	80,7 bc	82,3 a	42,5 bc	56,3 cd	66,4 cd	69,1 bc	77,3 abc	84,0 cd	84,2 b
VII	75,7 b	86,4 ab	80,0 bc	81,8 a	44,2 c	59,4 d	70,2 d	74,7 c	86,1 d	90,0 d	76,6 c
C.V.(%)	10,9	6,0	5,1	6,2	5,5	5,9	6,6	8,7	8,6	8,0	10,8

Em cada coluna, médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste Tukey.

lotes sobre a qualidade fisiológica das sementes, pode-se observar que, de um modo geral, os testes de germinação, tetrázólio, frio e envelhecimento artificial proporcionaram informações consistentes quanto à superioridade dos desempenhos dos lotes I e II e ao comportamento deficiente dos lotes IV e V. Os lotes III, VI e VII apresentaram a tendência de se situarem em posição intermediária, não diferindo significativamente dos demais lotes, com exceção para os testes de germinação e de envelhecimento artificial.

Pode-se notar, também, que o conjunto de lotes da cultivar Bossier mostrou qualidade fisiológica superior à da Paraná. Este fato normalmente é verificado em condições normais de produção de sementes de soja, pois a cultivar Bossier atinge a maturidade sob a influência de temperaturas mais amenas e umidades relativas inferiores, permitindo a obtenção de sementes mais vigorosas.

O melhor desempenho dos lotes I e II e a deficiência do potencial fisiológico do lote V foram constatados nos testes de emergência das plântulas, o que confirma os resultados gerais dos testes de germinação, tetrázólio, frio e envelhecimento. Em campo, notou-se, também, a discrepância do comportamento do lote VII, em relação aos testes onde o lote VII foi identificado como de médio vigor; neste aspecto, podem ser novamente ressaltadas as dificuldades apontadas por McDonald Junior & Wilson (1979), e por outros pesquisadores já citados, quanto à caracterização do comportamento de lotes com níveis médios de vigor.

Os testes de condutividade elétrica também mostraram consistência na identificação do potencial fisiológico superior para os lotes I e II, embora, à semelhança da 'Paraná', a separação dos lotes em diferentes níveis de vigor tenha sido mais evidente a partir das doze horas de embebição (Fig. 2).

Porém, os resultados dos testes de condutividade elétrica não foram totalmente compatíveis com os dos demais testes de laboratório, pois, além dos lotes IV e V, em geral o lote VII também foi incluído entre os de desempenho inferior. Por outro lado, este aspecto pode

ser ressaltado como uma vantagem do teste de condutividade e embasamento da necessidade da utilização conjunta dos resultados de diferentes testes para a avaliação da qualidade fisiológica de sementes de soja, pois nos testes de emergência das plântulas em campo o lote VII apresentou desempenho deficiente.

A possibilidade da redução do período de embebição das sementes de soja para o teste de condutividade elétrica foi confirmada pelos resultados obtidos, tanto na cultivar Paraná como na 'Bossier', mas de maneira mais evidente em 'Bossier'. Pode-se considerar que os menores períodos (quatro e oito horas) podem ser utilizados quando se desejam informações menos detalhadas sobre o potencial fisiológico dos lotes, ou seja, em programas de controle de qualidade, onde são necessárias informações rápidas para identificação de lotes de baixo vigor com vistas ao descarte pré-colheita ou pré-beneficiamento.

Neste caso, os resultados obtidos no presente trabalho permitem confirmar a hipótese,

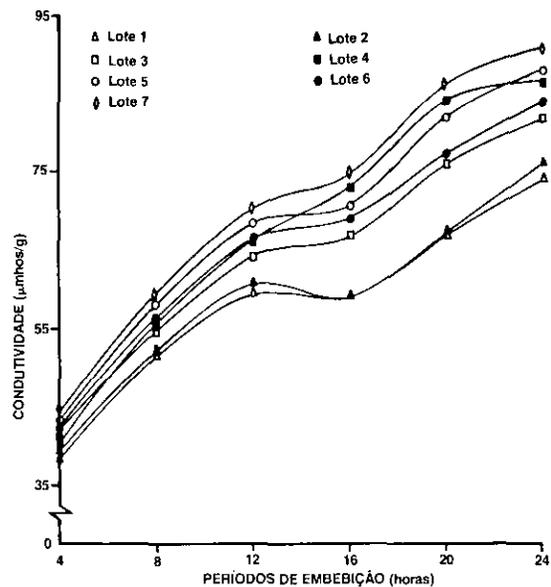


FIG. 2. Cultivar Bossier: representação gráfica da variação das médias de condutividade elétrica ($\mu\text{mhos/g}$) de sete lotes de sementes, submetidos a diferentes períodos de embebição. Piracicaba, SP, 1987/88.

baseada em considerações de Bewley & Black (1985) e de Simon & Raja Harum (1972) e Powell (1986), de que durante o período de rápida absorção de água (fase I do processo de germinação), coincidente com liberação de maiores quantidades de exsudatos, as sementes de baixo vigor apresentariam leituras de condutividade elétrica significativamente superiores às das provenientes de sementes com potencial fisiológico mais elevado, em função do estado de organização do sistema de membranas.

Por outro lado, os períodos de 16 ou 20 horas e, possivelmente, o de doze horas, seriam dirigidos a situações em que se torna desejável uma comparação mais precisa entre a qualidade dos lotes. O período de 24 horas de embebição deve ser estudado com mais intensidade, pois, embora tenha sido padronizado para o teste de condutividade, também apresentou tendência de concentração das médias, aparentando ser um período excessivo, dependendo da qualidade dos lotes submetidos ao teste. Essas considerações referentes aos períodos de embebição inferiores a 24 horas foram semelhantes às conclusões de Loeffler et al. (1988).

Os diferentes testes conduzidos foram sensíveis ao progresso da deterioração das sementes, conforme se observa na Tabela 4. A queda da qualidade fisiológica tornou-se, em geral, mais evidente a partir de dezembro de 1987 (E₃), podendo ser utilizadas para as sementes de 'Bossier' as mesmas considerações

efetuadas na apresentação dos resultados obtidos com 'Paraná', inclusive quanto aos efeitos letais do envelhecimento artificial na última época de avaliação (E₇).

As variações do grau de umidade das sementes foram semelhantes às constatadas para a cv. Paraná. Assim, como em E₃ as sementes se apresentaram mais úmidas que em E₁, nesta época foram obtidos valores mais elevados no teste de condutividade elétrica; nas épocas subsequentes, o aumento da condutividade pode ser atribuído ao progresso da deterioração.

3. Cultivar BR-6

As informações originadas pelos resultados dos testes de germinação, tetrázólio, frio e envelhecimento artificial foram, de um modo geral, semelhantes. Pode-se verificar, de acordo com a Tabela 5, que os lotes IV e VI apresentaram qualidade fisiológica inferior, acompanhados pelo lote VII no teste de frio e pelos lotes V e VII no de envelhecimento artificial, que impõem condições mais drásticas às sementes. Paralelamente, o conjunto de resultados desses quatro testes permitiu caracterizar os lotes II e III como os de maior potencial fisiológico.

Esses testes revelaram eficiência na avaliação comparativa do potencial de emergência das plântulas, pois nesta determinação constatou-se a superioridade do desempenho dos lotes IV e VI, conjuntamente com o lote V, o

TABELA 4. Cultivar Bossier: valores médios obtidos em testes para avaliação da qualidade fisiológica, correspondentes aos efeitos de épocas. Piracicaba, SP, 1987/88.

Épocas	Testes										
	Germin. (%)	Tetráz. (%)	Frio (%)	Envelh. (%)	Condut. 4h (μ .mhos/g)	Condut. 8h (μ .mhos/g)	Condut. 12h (μ .mhos/g)	Condut. 16h (μ .mhos/g)	Condut. 20h (μ .mhos/g)	Condut. 24h (μ .mhos/g)	Emerg. (%)
E1	88,7 a	96,7 a	89,7 a	90,7 a	39,7 b	52,9 b	61,3 b	65,4 b	75,6 b	78,1 b	----
E3	81,0 b	95,1 a	87,9 a	88,4 a	37,3 a	48,9 a	56,7 a	57,4 a	65,5 a	67,4 a	90,8 a
E5	80,4 b	83,8 b	82,6 b	59,3 b	45,1 c	62,3 d	73,9 d	74,0 c	85,6 c	94,5 c	73,8 b
E7	83,6 ab	70,1 c	56,8 c	----	43,6 c	57,3 c	68,4 c	73,0 c	81,3 c	92,2 c	----
C.V.(%)	10,9	6,0	5,1	6,2	5,5	5,9	6,6	8,7	8,6	8,0	10,8

Em cada coluna, médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste Tukey.

TABELA 5. Cultivar BR-6: valores médios obtidos em testes para avaliação da qualidade fisiológica de sete lotes de sementes. Piracicaba, SP, 1987/88.

Lotes	Testes										
	Germin. (%)	Tetraz. (%)	Frio (%)	Envelh. (%)	Condu. 4h (μ.mhos/g)	Condu. 8h (μ.mhos/g)	Condu. 12h (μ.mhos/g)	Condu. 16h (μ.mhos/g)	Condu. 20h (μ.mhos/g)	Condu. 24h (μ.mhos/g)	Emerg. (%)
I	94,5 a	94,5 a	79,8 ab	79,2 b	34,8 d	47,9 cd	57,2 c	58,9 bc	67,7 bc	74,0 bc	79,1 ab
II	92,0 a	92,0 a	87,1 a	83,1 a	34,0 cd	46,4 bc	55,1 abc	56,3 abc	64,5 abc	70,5 ab	82,0 a
III	93,6 a	94,2 a	85,5 a	85,5 a	34,9 d	47,9 cd	56,6 bc	57,3 abc	65,8 ab	72,7 bc	84,1 a
IV	81,2 b	82,6 b	65,8 e	53,8 d	31,7 ab	45,8 abc	56,5 bc	58,7 bc	68,7 c	75,2 c	70,7 bc
V	90,9 a	90,4 ab	79,4 ab	57,2 cd	30,4 a	43,7 a	52,4 a	53,5 a	61,5 a	68,8 a	71,7 bc
VI	83,7 b	84,9 b	69,7 de	62,8 c	34,0 cd	48,3 d	57,6 c	59,8 c	67,3 bc	75,3 c	65,0 c
VII	89,7 a	90,5 ab	72,9 cd	62,4 c	32,9 bc	46,7 bc	55,1 abc	55,1 ab	63,6 ab	70,3 ab	78,6 ab
C.V.(%)	6,6	5,4	6,3	7,4	5,3	6,3	7,2	8,8	9,5	11,3	9,6

Em cada coluna, médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste Tukey.

que concorda com os resultados do envelhecimento artificial.

Os testes de condutividade elétrica foram conduzidos durante sete épocas, com o objetivo de se obter maior quantidade de informações sobre a viabilidade da redução do período de embebição. Nota-se, pela Tabela 5, a identificação do lote V como o de maior vigor; além disso, verificou-se que nos períodos de quatro e oito horas houve certa concentração das médias, de modo que nos períodos de embebição a partir de doze horas houve maior diferenciação da qualidade fisiológica dos lotes. Assim, embora tenham ocorrido certas disparidades entre os resultados da condutividade elétrica e dos demais testes, houve consistência na indicação dos menores potenciais fisiológicos dos lotes IV e VI, principalmente quando foram utilizados os períodos de 16, 20 e 24 horas de embebição.

A Fig. 3 permite observar que as variações das médias referentes a cada período de embebição foram, evidentemente, menos acentuadas, em relação às verificadas para as sementes de 'Bossier' e 'Paraná'; porém, a sensibilidade do teste, em termos de separação de diferentes níveis de vigor, tornou-se mais clara a partir das 12 horas de embebição.

Por outro lado, todos os testes, de modo geral, confirmaram os resultados obtidos para as cultivares Paraná e Bossier quanto aos efeitos de épocas, ou seja, a qualidade das sementes declinou com maior intensidade a partir de de-

zembro de 1987 (E₃), coincidindo com a elevação do grau de umidade das sementes. O menor grau de umidade das sementes, em E₁, também determinou a superioridade das leituras de condutividade, em relação a E₂ e/ou E₃. Da mesma forma que para as demais cultivares, o teste de envelhecimento artificial (Tabela 6) foi drástico, provocando efeitos

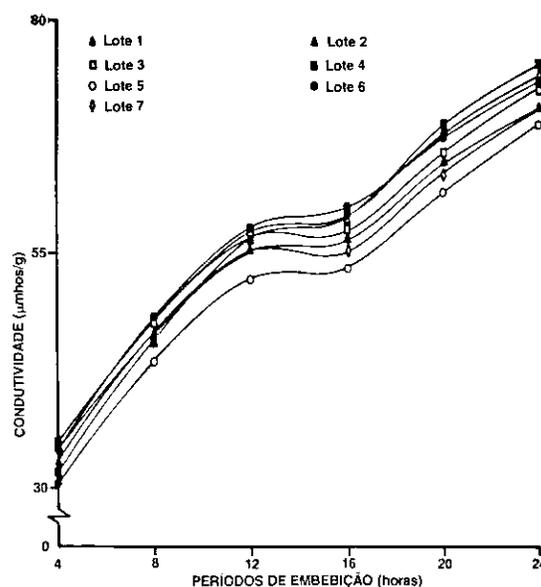


FIG. 3. Cultivar BR-6: representação gráfica da variação das médias de condutividade elétrica (μmhos/g) de sete lotes de sementes, submetidos a diferentes períodos de embebição. Piracicaba, SP, 1987/88.

TABELA 6. Cultivar BR-6: valores médios obtidos em testes para avaliação da qualidade fisiológica, correspondentes aos efeitos de épocas. Piracicaba, SP, 1987/88.

Épocas	Testes										
	Germin. (%)	Tetraz. (%)	Frio (%)	Envelh. (%)	Condut. 4h (μ mhos/g)	Condut. 8h (μ mhos/g)	Condut. 12h (μ mhos/g)	Condut. 16h (μ mhos/g)	Condut. 20h (μ mhos/g)	Condut. 24h (μ mhos/g)	Emerg. (%)
E1	94,2 a	95,6 a	91,0 a	90,5 a	33,1 b	46,0 bc	54,2 b	54,6 b	62,8 bc	68,9 b	----
E2	----	----	----	----	31,2 a	44,6 ab	52,3 b	51,2 a	60,0 b	65,8 b	----
E3	88,5 b	94,3 a	88,8 a	85,4 a	31,0 a	42,7 a	47,7 a	50,6 a	54,8 a	57,3 a	89,3 a
E4	----	----	----	----	31,9 a	45,1 b	54,5 b	55,3 b	64,9 cd	70,1 b	----
E5	92,1 a	86,7 b	82,3 b	35,4 b	35,8 c	51,0 e	60,6 c	62,5 cd	71,5 e	80,2 c	61,5 b
E6	----	----	----	----	33,5 b	48,8 de	60,6 c	65,1 d	78,9 f	82,6 c	----
E7	83,0 c	82,9 b	45,0 c	----	35,5 c	47,3 cd	59,1 c	60,8 c	68,7 de	81,8 c	----
C.V.(%)	6,6	5,4	6,3	7,4	5,3	6,3	7,2	8,8	9,5	11,3	9,6

Em cada coluna, médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste Tukey.

letais às sementes ao final do período experimental (E_7).

CONCLUSÕES

1. Há possibilidade da redução do período de embebição das sementes para a condução do teste de condutividade elétrica; com o uso de quatro ou de oito horas de embebição pré-leitura, há identificação de diferenças mais acentuadas, enquanto com a embebição durante 16 ou 20 horas o teste se torna mais sensível às variações do vigor das sementes de soja.

2. A avaliação da qualidade fisiológica das sementes e do conseqüente potencial de emergência das plântulas em campo deve basear-se no conjunto de resultados de diferentes testes, para maior segurança das informações obtidas.

REFERÊNCIAS

- ABDUL-BAKI, A.A. & ANDERSON, J.D. Vigor determination in soybean seed by multiple criteria. *Crop Sci.*, Madison, **13**(6):630-33, 1973.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYSTS, EUA. *Seed vigor testing handbook*. Contrib. nº 32 to the Handbook on Seed Testing. 1983. 88p.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYSTS, EUA. Accelerated aging and conductivity vigor test procedures revised by AOSA. *The Newsl. Assoc. Off. Seed Anal.*, Lincoln, **62**(4):1-3, 1988.
- BARROS, A.S.R. *Testes para avaliação rápida da viabilidade e do vigor de sementes de soja*. Piracicaba, ESALQ/USP, 1988. 104p. Tese Mestrado.
- BECKWAR, M.R.; STANWOOD, P.C.; ROOS, E.E. Dehydration effects on imbibitional leakage from desiccation - sensitive seeds. *Plant Physiol.*, **69**:1132-5, 1982.
- BEWLEY, J.D. & BLACK, M. *Seeds: physiology of development and germination*. New York, Plenum Press, 1985. 367p.
- BRASIL, Ministério da Agricultura. *Regras para análise de sementes*. Brasília, Depto. Nac. Prod. Veg., 1976. 182p.
- CLARCK, B.E.; HARMAN, G.E.; KENNY, T.T.; WATERS JÚNIOR, E. Relationship between the results of certain laboratory tests and the field germination of soybean seeds. *The Newsl. Assoc. Off. Seed. Anal.*, Lansing, **54**(2):36-43, 1980.
- COSTA, J.A. & MARCHEZAN, E. *Características dos estádios de desenvolvimento da soja*. Campinas, Fundação Cargill, 1982. 30p.
- EDJE, O.T. & BURRIS, J.S. Seedling vigor in soybeans. *Proc. Assoc. Off. Seed. Anal.*, **60**:149-57, 1970.

- FRANÇA NETO, J.B.; PEREIRA, L.A.G.; COSTA, N.P. **Metodologia do teste de tetrazólio em sementes de soja**. Versão preliminar. Londrina, EMBRAPA-CNPSo, 1986. 36p. Mimeografado.
- FRATIN, P. & MARCOS FILHO, J. Teste de envelhecimento de sementes de soja em "gerbox" adaptados. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE PESQUISA DE SOJA, 3, Campinas, 1984. **Anais. . .** Londrina, EMBRAPA-CNPSo, 1984. p.1008-1016.
- HEPBURN, H.A.; POWELL, A.A.; MATHEWS, S. Problems associated with the routine application of electrical conductivity measurements of individual seeds in the germination testing of peas and soybeans. **Seed Sci. & Technol.**, Zurich, 12(2):403-13, 1984.
- JOHNSON, R.R. & WAX, L.M. Relationship of soybean germination and vigor tests to field performance. **Agron. J.**, Madison, 70(2):273-8, 1978.
- KULIK, M.M. & YAKLICH, R.W. Evaluation of vigor tests in soybean seeds: relationship of accelerated aging, cold, sand bench and speed of germination tests to field performance. **Crop Sci.**, Madison, 22(4):766-70, 1982.
- LOEFFLER, T.M.; TEKRONY, D.M.; EGLI, D.B. The bulk conductivity test as an indicator of soybean seed quality. **J. Seed Technol.**, Lansing, 12(1):37-53, 1988.
- MARCOS FILHO, J.; CARVALHO, R.V.; CICERO, S.M.; DEMETRIO, C.G.B. Qualidade fisiológica e comportamento de sementes de soja no armazenamento e no campo. **An. Esc. Sup. Agric. Luiz de Queiroz**, Piracicaba, 43:389-443, 1986.
- MARCOS FILHO, J.; CICERO, S.M.; SILVA, W.R. **Avaliação da qualidade das sementes**. Piracicaba, FEALQ, 1987. 230p.
- MARCOS FILHO, J.; PESCARIN, H.M.C.; KOMATSU, Y.H.; DEMETRIO, C.G.B.; FANCELLI, A.L. Testes para avaliação do vigor de sementes de soja e suas relações com emergência das plântulas em campo. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, 19(5):605-13, 1984.
- MCDONALD JUNIOR, M.B. & WILSON, D.O. An assessment of the standartization and the ability of the ASA-610 to rapidly predict potential soybean germination. **J. Seed Technol.**, Lansing, 4(2):1-11, 1979.
- OLIVEIRA, M.A.; MATTHEWS, S.; POWELL, A.A. The role of split seed coats in determining seed vigor in commercial seed lots of soybean, as measured by the electrical conductivity. **Seed Sci & Technol.**, Zurich, 12(2):659-68, 1984.
- POPINIGIS, F. **Effects of the physiological quality of seed on field performance of soybeans, as affected by population density**. s.l., Miss. State Univ., 1973. 85p. Tese Doutorado.
- POWELL, A. Cell membranes and seed leachate conductivity in relation to the quality of seed for sowing. **J. Seed Technol.**, Lansing, 10(2):81-100, 1986.
- SIMON, E.W. & MATHAVAN, S. The time-course of leakage from imbibing seeds of different species. **Seed Sci. & Technol.**, Zurich, 14(1):9-13, 1986.
- SIMON, E.W. & RAJA HARUM, R.M. Leakage during seed imbibition. **J. Exp. Bot.**, Oxford, 23(77):1076-85, 1972.
- STEERE, W.C.; LEVEENGOOD, W.C.; BONDIE, J.M. An electronic analyser for evaluating seed germination and vigor. **Seed Sci. & Technol.**, Zurich, 9(2):567-76, 1981.
- TAO, K.L.J. Factors causing variations in the conductivity test for soybean seeds. **J. Seed Technol.**, Lansing, 3(1):10-8, 1978.
- TEKRONY, D.M. & EGLI, D.B. Relationship between laboratory indices of soybean seed vigor and field emergence. **Crop Sci.**, Madison, 17(4):573-7, 1977.
- TOMES, L.J.; TEKRONY, D.M.; EGLI, D.B. Factors influencing the tray accelerated aging test for soybean seed. **J. Seed Technol.**, Lansing, 12(1):24-36, 1988.
- YAKLICH, R.W.; KULIK, M.M.; ANDERSON, J.D. Evaluation of vigor tests in soybean seeds: relationship of ATP, conductivity and radioactive tracer multiple criteria laboratory tests to field performance. **Crop Sci**, Madison, 19(6):806-10, 1979.