

Avaliação de cultivares de soja quanto à tolerância ao estresse hídrico

Leandra Regina Texeira¹
Alessandro de Lucca e Braccini¹
Décio Sperandio¹
Carlos Alberto Scapim¹
Ivan Schuster²
Joselaine Viganó²
Carla Cristina Jaremtchuk¹

RESUMO

No presente trabalho objetivou-se avaliar cultivares de soja quanto à tolerância ao estresse hídrico pelo método do papel-solução embebido com polietileno glicol (PEG 6000), utilizando diferentes níveis de potencial osmótico. Sementes recém-colhidas de 21 cultivares de soja foram utilizadas, estando elas relacionadas a seguir: CD 201, CD 202, CD 203, CD 204, CD 205, CD 206, CD 208, CD 209, CD 210, CD 215 (provenientes da Coodetec, Cascavel – PR), BR 16, Embrapa 48, BRS 133, BRS 184, BRS 212, BRS 213, BRS 214, BRS 215, BRS 230, BRS 231 e BRS 232 (provenientes da Embrapa Soja, Londrina - PR). As sementes foram avaliadas por meio dos testes de germinação, classificação do vigor das plântulas, comprimento e biomassa seca das plântulas, conduzidos em água (testemunha) e sob condição de estresse hídrico induzida por embebição do papel em solução de PEG 6000, com quatro níveis de potencial osmótico (-0,05; -0,1; -0,2; e -0,4 MPa). Os cultivares foram agrupados em diferentes classes de tolerância à seca, em razão da redução percentual na germinação e no vigor das sementes { % Redução = [1-(Germinação ou Vigor em PEG 6000/ Germinação ou Vigor em água)] x 100 }, pela técnica de análise de agrupamento, segundo o método hierárquico do vizinho mais próximo. Utilizou-se, como medida de dissimilaridade, a distância euclidiana. Foram empregados os programas SAS e Statistica para análise dos dados. Os genótipos de soja apresentaram comportamento diferenciado quanto à tolerância à condição de estresse hídrico induzido pelo PEG 6000. A menor suscetibilidade foi observada no cultivar CD 202. O método utilizado e o procedimento estatístico adotado permitiram diferenciar os cultivares de soja em curto período de tempo.

Palavras-chave: *Glycine max* (L.) Merrill, cultivares, potencial osmótico, estresse hídrico.

ABSTRACT

Water stress tolerance in soybean cultivars.

The objective of this work was to evaluate tolerance of soybean cultivars to water stress using the method solution-paper soaked with polyethylene glycol (PEG 6000) at different levels of osmotic potential. Recently-picked seeds of 21 soybean cultivars were used: CD 201, CD 202, CD 203, CD 204, CD 205, CD 206, CD 208, CD 209, CD 210, CD 215 (Coodetec, Cascavel – Paraná– Brazil), BR 16, Embrapa 48, BRS 133, BRS 184, BRS 212, BRS 213, BRS 214, BRS 215, BRS 230, BRS 231 and BRS 232 (Embrapa Soja, Londrina – Paraná– Brazil). Seeds were evaluated by the standard germination test, seedling vigor classification, seedling length and dry biomass carried out in water and under water stress induced by PEG 6000, at four levels of osmotic potential (-0.05; -0.1; -0.2 and -0.4 MPa). Cultivars were grouped in different classes of drought tolerance, in relation to percentage reduction in seed germination and vigor { % Reduction

¹ Universidade Estadual de Maringá, Av. Colombo 5790, CEP 87020-900, Maringá, PR, leandra_texeira@yahoo.com.br

² Cooperativa Central de Pesquisa Agrícola Setor de Biotecnologia, Cascavel.

= $[1 - (\text{Germination or Vigor in PEG 6000} / \text{Germination or Vigor in water})] \times 100$, using the nearest-neighbor hierarchical method in cluster analysis, and Euclidean distance as dissimilarity measure. Data were analyzed by SAS and Statistica software. The soybean genotypes showed different behavior for water stress tolerance induced by PEG 6000. Cultivar CD 202 showed the lowest susceptibility to drought conditions. The cluster method and statistical procedures allowed the differentiation of soybean cultivars in short time.

Key words: *Glycine max* (L.) Merrill, cultivars, osmotic potential, water stress.

INTRODUÇÃO

A soja constitui atualmente um dos produtos agrícolas de maior importância na economia brasileira, ocupando lugar de destaque na oferta de óleo para consumo interno, na fabricação de ração animal, como principal fonte protéica, bem como no mercado de exportação de grãos e farelo. Em razão da sua grande importância, procura-se aumentar a produção, por meio do incremento na área de plantio e do rendimento por área (Embrapa Soja, 2006). Em razão da boa aceitação, pelos produtores de novas tecnologias desenvolvidas no País, associadas ao relevante esforço dos técnicos envolvidos nos programas de melhoramento, foi possível obter produtividade superior a 3.000 kg ha⁻¹ em diversas regiões do Brasil (Sediyama *et al.*, 2005).

Embora existam programas de melhoramento visando, entre outros objetivos, selecionar genótipos tolerantes a estresses abióticos, um dos grandes problemas que os agricultores ainda encontram é a baixa disponibilidade de cultivares de soja tolerantes ao déficit hídrico. Neste contexto, Casagrande *et al.* (2001) citam que diferentes genótipos reagem diferentemente quando submetidos a déficit hídrico, por apresentarem diferenças qualitativas e quantitativas em expressão gênica. Dessa forma, segundo os autores, é possível selecionar genótipos com capacidade superior de tolerância ao estresse hídrico. Matthews & Powell (1986) citam, ainda, que a resposta das sementes, quando colocadas para germinar sob deficiência hídrica, além de ter se mostrado dependente da espécie ou do cultivar, também é dependente do tamanho e, principalmente, da qualidade fisiológica das sementes. Em geral, menor qualidade fisiológica, maiores tamanhos e massa das sementes têm sido associados aos piores desempenhos nessa condição.

O uso de sementes de baixa qualidade, aliado à ocorrência de condições adversas (oscilações de temperatura e períodos de estiagem) por ocasião do plantio, pode resultar em baixa porcentagem de germinação e menor velocidade de emergência das plântulas. Por outro lado, as sementes consideradas de alto vigor normalmente germinam de maneira mais rápida e uniforme, sendo capazes de

suportar melhor as adversidades do ambiente (Lopes *et al.* 2002). Em concordância, Sá (1987) descreve que sementes de soja mais vigorosas são mais resistentes às condições de deficiência hídrica e que a baixa disponibilidade de água reduz o comprimento do hipocótilo e da raiz primária, bem como o acúmulo de matéria seca nas plântulas de soja. Dessa forma, considerando a hidratação como etapa limitante de processos fisiológicos que ocorrem na semente e durante o desenvolvimento das plântulas, no presente estudo objetivou-se avaliar a tolerância de cultivares de soja ao estresse hídrico pelo método do papel-solução contendo polietileno glicol, utilizando diferentes níveis de potencial osmótico.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi conduzido nas instalações do Laboratório de Tecnologia de Sementes do Núcleo de Pesquisas Aplicadas à Agricultura (NUPAGRI) da Universidade Estadual de Maringá (UEM), em Maringá, PR.

Foram utilizadas sementes de soja [*Glycine max* (L.) Merrill] dos seguintes cultivares: (1) CD 201, (2) CD 202, (3) CD 203, (4) CD 204, (5) CD 205, (6) CD 206, (7) CD 208, (8) CD 209, (9) CD 210, (10) CD 215, (11) BR16, (12) EMBRAPA 48, (13) BRS 133, (14) BRS 184, (15) BRS 212, (16) BRS 214, (17) BRS 213, (18) BRS 215, (19) BRS 230, (20) BRS 231 e (21) BRS 232, produzidas no ano agrícola de 2003/2004 e provenientes da Cooperativa Central de Pesquisa Agrícola (Coodetec) de Cascavel, PR e da Embrapa Soja de Londrina, PR.

As sementes de soja dos 21 cultivares foram submetidas ao método de embebição do papel-solução com soluções contendo polietileno glicol (PEG 6000) nos seguintes níveis de potencial osmótico: zero (controle); -0,05; -0,1; -0,2 e -0,4 MPa. Este método consistiu em semear as sementes em papel-toalha umedecido com água destilada (controle) e com as soluções contendo o agente osmótico nos diferentes níveis de potencial osmótico, acrescido de 0,2% do fungicida Vitavax-Thiram (Carboxim + Thiram). O fungicida foi utilizado para inibir o desenvolvimento de microrganismos promovido pelo uso do PEG 6000 (Braccini, 1996).

O cálculo da quantidade de PEG 6000 adicionada para obtenção das tensões de água utilizadas no umedecimento do substrato foi realizado utilizando-se a equação proposta por Michel & Kaufmann (1973) e pelos procedimentos adotados por Villela *et al.* (1991), Braccini (1996) e Braccini *et al.* (1998), ou seja:

$$\Psi_{os} = -(1,18 \times 10^{-2}) C - (1,18 \times 10^{-4}) C^2 + (2,67 \times 10^{-4}) CT + (8,39 \times 10^{-7}) C^2$$

em que:

Ψ_{os} = potencial osmótico (bar);

C = concentração do agente osmótico (gramas de PEG 6000 L⁻¹ de água); e

T = temperatura (°C).

As concentrações de PEG 6000, em gramas L⁻¹ de água destilada, utilizadas para obter cada nível de potencial osmótico encontram-se na Tabela 1.

As sementes das diferentes cultivares de soja foram avaliadas por meio dos seguintes testes:

Teste de germinação

Nessa avaliação foram utilizadas oito subamostras de 50 sementes para cada cultivar. O teste foi conduzido segundo as prescrições contidas nas Regras para Análise de Sementes (Brasil, 1992). Os resultados foram expressos em percentagem de plântulas normais obtidas nas contagens realizadas aos cinco e oito dias após a instalação do teste.

Classificação do vigor das plântulas

Esse teste foi conduzido com oito subamostras de 50 sementes para cada cultivar. A classificação do vigor foi realizada conforme descrito por Nakagawa (1994). Os resultados foram expressos em percentagem de plântulas normais fortes (alto vigor), computadas nas duas contagens do teste de germinação (Brasil, 1992).

Comprimento das plântulas

Neste teste foram utilizadas cinco subamostras de 20 sementes para cada cultivar nos diferentes níveis de potencial osmótico. O comprimento das plântulas consideradas normais foi avaliado ao final do sétimo dia, com o auxílio de régua milimetrada. O teste foi conduzido segundo Nakagawa (1994) e Brasil (1992).

Biomassa seca das plântulas

Os dados desse teste foram obtidos após a avaliação do comprimento, conforme descrito por Nakagawa (1994).

Os cultivares de soja foram agrupados em diferentes classes de tolerância à seca, em razão da redução percentual nas características avaliadas, utilizando-se a seguinte fórmula:

$$\{ \% \text{ Redução} = [1 - (\text{Germinação e Vigor em PEG 6000} / \text{Germinação e Vigor em água})] \times 100 \}$$

O delineamento empregado foi o inteiramente casualizado, utilizando-se cinco ou oito repetições, conforme o teste usado. Os resultados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas por meio do método de agrupamento de Scott-Knott (Scott & Knott, 1974). Como medida de dissimilaridade, para o agrupamento dos cultivares foi utilizada a distância euclidiana. A dissimilaridade entre os cultivares foi representada em gráfico de dispersão, em espaço bidimensional, sendo as coordenadas estimadas de acordo com Cruz & Viana (1994). Foram utilizados os programas SAS (1996) e Statistica (Statsoft, 2004) para análise dos dados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados médios dos 21 genótipos avaliados, quanto ao percentual de redução na germinação final, nos quatro níveis de potencial osmótico, encontram-se na Tabela 2. Eles indicaram que o cultivar CD 206 foi o único a apresentar o menor percentual de redução em relação ao controle na germinação para todos os níveis de potencial osmótico avaliados e, portanto, a maior tolerância à referida condição de estresse hídrico. Esse resultado indica a existência de variabilidade para a tolerância ao estresse hídrico entre os genótipos avaliados. Contudo, o resultado obtido nos níveis de potencial osmótico de -0,05 e -0,1 MPa não está em conformidade com Farias *et al.* (2000), que descreveram o cultivar BR 16 como um dos mais sensíveis à seca durante a germinação das sementes.

Na Tabela 3 encontram-se as médias da redução percentual na biomassa seca das plântulas dos 21 genótipos de soja. Para os níveis de -0,05 e -0,1 MPa não foi encontrada diferença significativa entre os cultivares na referida variável. Já nos níveis de -0,2 e -0,4 MPa, houve formação de dois grandes grupos quanto à redução na biomassa seca das plântulas. Os cultivares CD 201, CD 202, CD 203, CD 205, CD 206, BRS 212 e BRS 232 apresentaram as menores médias de redução nessa caracte-

Tabela 1. Concentração de polietileno glicol (PEG 6000) estimada à temperatura de 25° C para a obtenção dos diferentes níveis de potencial osmótico

Potencial Osmótico (MPa) ¹	0	-0,05	-0,1	-0,2	-0,4
Concentração (g PEG 6000 L ⁻¹ água)	0	50,069	78,472	119,544	178,302

¹ 1 MPa = 9,87 atm = 10 bar.

Tabela 2. Médias da redução percentual na germinação final, avaliada em 21 cultivares de soja, em função de quatro níveis de potencial osmótico

Lote/Cultivar	%				
	-0,05 MPa	-0,1 MPa	-0,2 MPa	-0,4 MPa	
1	CD 201	54 a	61 b	66 c	75 c
2	CD 202	13 d	44 d	58 d	79 b
3	CD 203	40 b	51 c	61 c	81 b
4	CD 204	30 c	40 d	88 a	93 a
5	CD 205	50 b	58 b	66 c	86 b
6	CD 206	18 d	31 d	53 d	62 d
7	CD 208	64 a	77 a	87 a	96 a
8	CD 209	25 d	36 d	63 c	87 b
9	CD 210	36 c	45 d	66 c	83 b
10	CD 215	55 a	63 b	81 a	95 a
11	BR 16	24 d	35 d	60 c	85 b
12	Embrapa 48	47 b	61 b	70 b	92 a
13	BRS 133	33 c	44 d	51 d	73 c
14	BRS 184	29 c	40 d	79 a	82 b
15	BRS 212	22 d	36 d	53 d	62 d
16	BRS 213	49 b	64 b	76 b	86 b
17	BRS 214	22 d	36 d	57 d	79 b
18	BRS 215	23 d	38 d	54 d	73 c
19	BRS 230	41 b	52 c	58 d	89 a
20	BRS 231	28 c	35 d	46 d	57 d
21	BRS 232	45 b	63 b	70 b	78 b
Média	35,61	48,09	64,90	80,61	
C.V. (%)	33 %	23%	14%	9%	

Médias nas colunas seguidas da mesma letra não diferem significativamente, a 5% de probabilidade, pelo teste de Scott-Knott.

Tabela 3. Médias da redução percentual na biomassa seca das plântulas, avaliada em 21 cultivares de soja, em função de quatro níveis de potencial osmótico

Lote/Cultivar	%				
	-0,05 MPa	-0,1 MPa	-0,2 MPa	-0,4 MPa	
1	CD 201	19 a	32 a	53 b	59 b
2	CD 202	9 a	15 a	36 b	62 b
3	CD 203	21 a	28 a	49 b	58 b
4	CD 204	17 a	34 a	48 b	76 a
5	CD 205	26 a	40 a	52 b	59 b
6	CD 206	17 a	25 a	50 b	66 b
7	CD 208	21 a	37 a	64 a	82 a
8	CD 209	98 a	48 a	69 a	81 a
9	CD 210	25 a	53 a	65 a	75 a
10	CD 215	21 a	47 a	69 a	89 a
11	BR 16	10 a	38 a	57 a	86 a
12	Embrapa 48	23 a	36 a	54 b	72 a
13	BRS 133	25 a	41 a	54 b	78 a
14	BRS 184	16 a	36 a	48 b	73 a
15	BRS 212	14 a	29 a	42 b	67 b
16	BRS 213	19 a	32 a	48 b	80 a
17	BRS 214	18 a	35 a	55 b	73 a
18	BRS 215	39 a	51 a	61 a	85 a
19	BRS 230	25 a	39 a	47 b	73 a
20	BRS 231	22 a	41 a	48 b	79 a
21	BRS 232	21 a	38 a	56 b	65 b
Média	24,09	36,90	53,57	73,23	
C.V. (%)	59%	40%	24%	16%	

Médias nas colunas seguidas da mesma letra não diferem significativamente, a 5% de probabilidade, pelo teste de Scott-Knott.

terística para os dois níveis de potencial osmótico, além dos cultivares CD 204, Embrapa 48, BRS 133, BRS 184, BRS 213, BRS 214, BR 230 e BRS 231; contudo, estes últimos apenas no nível de potencial osmótico de - 0,2 MPa.

Neumaier *et al.* (2001) avaliaram cultivares de soja que se destacaram na tolerância à seca e observaram que, em relação à matéria seca de plantas, em qualquer das condições hídricas testadas, os cultivares mais tolerantes foram BRS 133 e BRS 134. Neste trabalho, somente BRS 133 foi testado; entretanto, está presente no grupo dos cultivares com a menor redução na biomassa seca no potencial de - 0,2 MPa. Para os demais potenciais, apresentou sensibilidade comparável aos demais cultivares considerados menos tolerantes ao estresse hídrico durante a fase de germinação das sementes.

Para a característica comprimento total das plântulas, conforme indicado na Tabela 4, o cultivar CD 202 apresentou as menores médias de redução nos quatro níveis de potencial osmótico avaliados.

Outra característica que apresentou variabilidade entre os genótipos foi o comprimento da raiz primária das plântulas (Tabela 5). Em relação a essa variável, os cultivares CD 202, CD 215, BRS 133 e BRS 212 forneceram as menores médias de redução para os quatro níveis de potencial osmótico avaliados, permitindo inferir que apre-

sentam maior tolerância à seca durante a germinação das sementes em relação aos demais genótipos avaliados. Segundo Farias *et al.* (2000), os genótipos tolerantes à seca têm capacidade de emitir raízes mesmo em condições adversas, o que os difere dos genótipos sensíveis, os quais emitem raízes somente na presença de condições ideais.

Considerando todas as características avaliadas, em todos os níveis de potencial osmótico, o cultivar CD 202 apresentou as menores médias de redução para todas as variáveis analisadas nesse experimento, quando comparadas pelo método de agrupamento de Scott-Knott, em nível de 5% de probabilidade. Em relação aos níveis de estresse, o potencial osmótico de - 0,2 MPa foi o que permitiu melhor distinção entre os genótipos quanto à tolerância ao estresse hídrico induzido por diferentes concentrações de PEG 6000 nas soluções.

O agrupamento dos genótipos pelo método hierárquico do vizinho mais próximo foi realizado utilizando-se a distância euclidiana. Nas Figuras 1, 2, 3 e 4 estão representados, respectivamente, os resultados das análises de agrupamento pelo método hierárquico do vizinho mais próximo, que visam maximizar a similaridade dentro do grupo e a dissimilaridade entre grupos. As figuras supracitadas representam a variabilidade existente entre

Tabela 4. Médias da redução percentual no comprimento total das plântulas, avaliado em 21 cultivares de soja, em função de quatro níveis de potencial osmótico

Lote/Cultivar	-0,05 MPa	-0,1 MPa	-0,2 MPa	-0,4 MPa	
	%				
1	CD 201	42 a	55 a	69 a	69 b
2	CD 202	20 b	29 c	50 d	71 b
3	CD 203	37 a	55 a	62 b	76 a
4	CD 204	38 a	43 b	62 b	73 b
5	CD 205	42 a	48 a	67 a	74 b
6	CD 206	21 b	35 c	59 b	72 b
7	CD 208	40 a	48 a	68 a	77 a
8	CD 209	23 b	33 c	61 b	67 b
9	CD 210	24 b	34 c	63 b	74 b
10	CD 215	32 b	39 b	61 b	75 a
11	BR 16	38 a	49 a	60 b	77 a
12	Embrapa 48	29 b	41 b	45 d	75 a
13	BRS 133	36 a	50 a	58 c	72 b
14	BRS 184	39 a	58 a	62 b	81 a
15	BRS 212	46 a	51 a	56 c	71 b
16	BRS 213	48 a	56 a	65 a	81 a
17	BRS 214	40 a	48 a	52 d	80 a
18	BRS 215	47 a	52 a	55 c	78 a
19	BRS 230	42 a	52 a	57 c	79 a
20	BRS 231	30 b	42 b	49 d	76 a
21	BRS 232	40 a	56 a	69 a	77 a
Média	35,90	46,38	59,52	75,00	
C.V. (%)	22%	15%	9%	5%	

Médias nas colunas seguidas da mesma letra não diferem significativamente, a 5% de probabilidade, pelo teste de Scott-Knott.

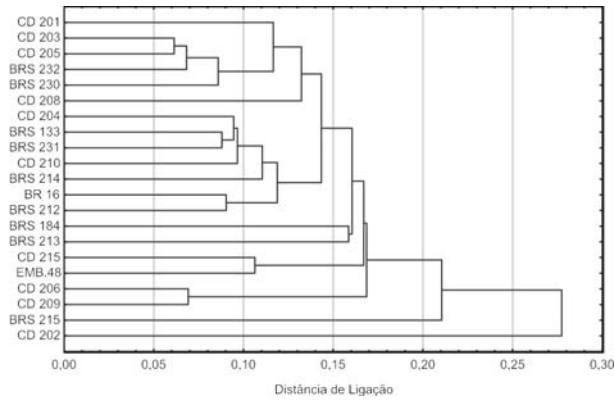


Figura 1. Representação da dissimilaridade genética entre os 21 cultivares de soja avaliados, no potencial osmótico de - 0,05 MPa, obtida pela técnica do vizinho mais próximo, com base na distância euclidiana.

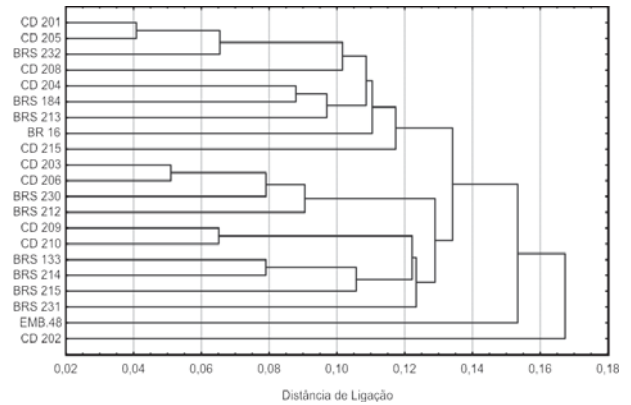


Figura 3. Representação da dissimilaridade genética entre os 21 cultivares de soja avaliados, no potencial osmótico de - 0,2 MPa, obtida pela técnica do vizinho mais próximo, com base na distância euclidiana.

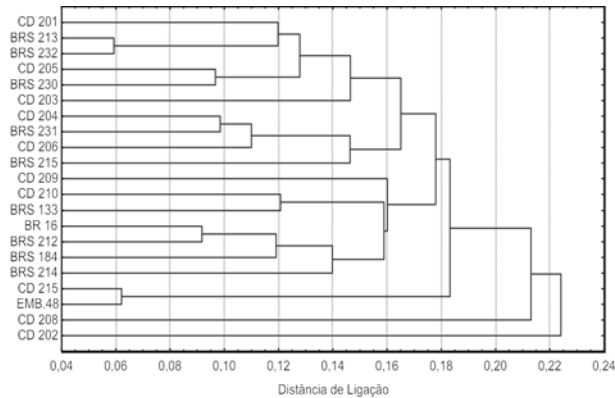


Figura 2. Representação da dissimilaridade genética entre os 21 cultivares de soja avaliados, no potencial osmótico de - 0,1 MPa, obtida pela técnica do vizinho mais próximo, com base na distância euclidiana.

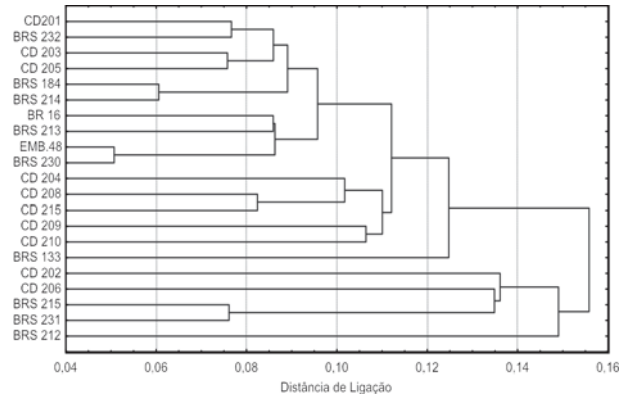


Figura 4. Representação da dissimilaridade genética entre os 21 cultivares de soja avaliados, no potencial osmótico de - 0,4 MPa, obtida pela técnica do vizinho mais próximo, com base na distância euclidiana.

os cultivares quando submetidos aos diferentes níveis de estresse hídrico. Observando a variação entre os cultivares representados, os resultados indicam que diferentes genótipos, quando submetidos a cada um dos potenciais osmóticos, apresentam diferentes comportamentos.

Analisando os potenciais osmóticos de - 0,05, - 0,1 e - 0,2 MPa, verificou-se que o cultivar CD 202 se destacou com as menores médias de redução nas características avaliadas, quando submetidos aos diferentes níveis de estresse. Entretanto, quando submetida ao potencial osmótico de - 0,4 MPa, não apresentou o mesmo comportamento.

Na Figura 5 está representada a dispersão gráfica dos 21 cultivares de soja, com base nas coordenadas estimadas a partir da matriz de dissimilaridade, que indica as distâncias entre os grupos. Para elaboração desse agrupamento, foram utilizadas as médias de redução obtidas pelos testes de germinação, biomassa seca, comprimento da raiz primária e comprimento total das plântulas, quando submetidas ao potencial osmótico de - 0,05 MPa. Conforme ilustra a Figura 5, não foi possível observar comportamento dife-

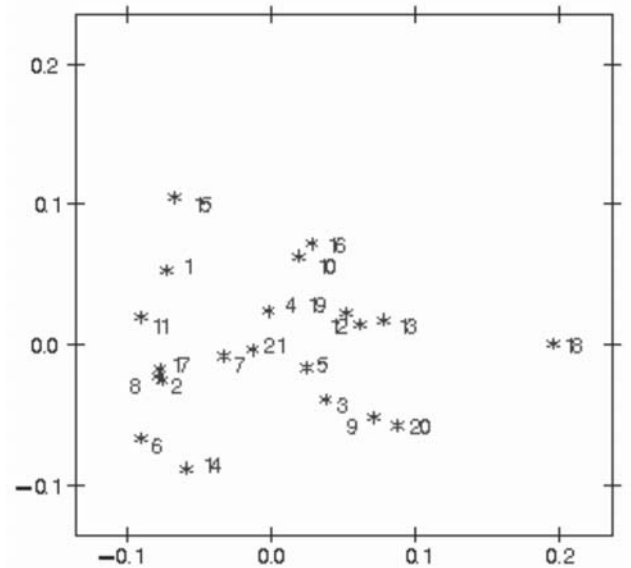


Figura 5. Dispersão de 21 cultivares de soja, em função do percentual de variação da germinação, biomassa seca, comprimento da raiz primária e comprimento total das plântulas, sob o nível de potencial osmótico de - 0,05 MPa, por meio da projeção de distâncias no plano.

Tabela 5. Médias da redução percentual no comprimento da raiz primária das plântulas, avaliado em 21 cultivares de soja, em função de quatro níveis de potencial osmótico

Lote/Cultivar	%				
	-0,05 MPa	-0,1 MPa	-0,2 MPa	-0,4 MPa	
1	CD 201	27 b	37 a	52 a	66 a
2	CD 202	7 c	19 b	35 c	58 b
3	CD 203	26 b	37 a	48 b	66 a
4	CD 204	16 c	25 b	45 b	55 b
5	CD 205	29 b	37 a	55 a	60 b
6	CD 206	12 c	18 b	47 b	58 b
7	CD 208	32 b	40 a	57 a	62 a
8	CD 209	8 c	18 b	44 b	51 b
9	CD 210	81 c	14 b	43 b	54 b
10	CD 215	8 c	16 b	39 c	59 b
11	BR 16	21 b	26 b	39 c	67 a
12	Embrapa 48	6 c	18 b	32 c	66 a
13	BRS 133	11 c	20 b	31 c	48 b
14	BRS 184	26 b	42 a	46 b	71 a
15	BRS 212	16 c	27 b	34 c	53 b
16	BRS 213	43 a	49 a	53 a	71 a
17	BRS 214	8 c	21 b	30 c	66 a
18	BRS 215	19 c	27 b	39 c	66 a
19	BRS 230	21 b	30 b	41 c	67 a
20	BRS 231	14 c	24 b	27 c	65 a
21	BRS 232	26 b	49 a	57 a	67 a
Média	17,52	28,28	42,57	61,71	
C.V. (%)	53%	33%	19%	11%	

Médias nas colunas seguidas da mesma letra não diferem significativamente, a 5% de probabilidade, pelo teste de Scott-Knott.

renciado dos genótipos, quando submetidos ao referido nível de potencial osmótico em solução de PEG 6000.

A Figura 6 representa o agrupamento e a dispersão gráfica dos 21 cultivares de soja, com base nas coordenadas estimadas pela matriz de dissimilaridade, que indica as distâncias entre os grupos. As médias de redução foram obtidas pelos testes de germinação, biomassa seca, comprimento da raiz primária e comprimento total das plântulas, quando submetidas ao potencial osmótico de -0,1 MPa para elaboração desse agrupamento. O grupo I apresenta a maior distância em relação ao grupo III, indicando maior divergência genética quanto à tolerância ao estresse hídrico (Tabela 6). Neste potencial, destaca-se o cultivar CD 202 como o de maior tolerância ao estresse hídrico. Estes resultados confirmam a análise realizada por meio do teste de médias para o potencial osmótico de -0,1 MPa. Em contrapartida, o cultivar BRS 215 foi classificada como sendo o mais sensível à condição de estresse imposta pelo PEG 6000.

O agrupamento e a dispersão gráfica dos 21 cultivares de soja, no nível de potencial osmótico de -0,2 MPa, com base nas coordenadas estimadas pela matriz de dissimilaridade, que indica as distâncias entre os grupos, estão representados na Figura 7. Para elaboração desse agrupamento foram utilizadas as médias de redução obtidas nos testes de germinação, biomassa seca, comprimento

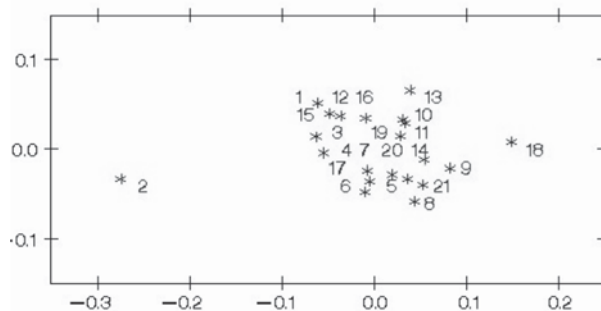


Figura 6. Dispersão de 21 cultivares de soja, em função do potencial de variação da germinação, biomassa seca, comprimento da raiz primária e comprimento total das plântulas, sob o nível de potencial osmótico de -0,1 MPa, por meio da projeção de distâncias no plano.

da raiz primária e comprimento das plântulas. O gráfico indicou que os cultivares não apresentaram comportamento claramente diferenciado, quando avaliados nesse nível de potencial osmótico.

Com base nas coordenadas estimadas pela matriz de dissimilaridade, que indica as distâncias entre os grupos, a Figura 8 representa o agrupamento e a dispersão gráfica dos 21 cultivares de soja. Para elaboração desse agrupamento foram utilizadas as médias de redução obtidas pelos testes de germinação, biomassa seca, comprimento da raiz primária e comprimento das plântulas, quando sub-

Tabela 6. Grupos com comportamentos similares estabelecidos com base na distância euclidiana, em função da percentagem de redução na germinação, biomassa seca, comprimento da raiz primária e comprimento total das plântulas de 21 cultivares de soja submetidas em nível de potencial osmótico de - 0,1 MPa.

Grupo	Classe ⁽¹⁾	Lote/Cultivar ⁽²⁾
I	T	2
II	MT	1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 19, 20, 21
III	S	18

⁽¹⁾ T = Tolerante; MT = Moderadamente Tolerante; S = Sensível.

⁽²⁾ 1 = CD 201; 2 = CD 202; 3 = CD 203; 4 = CD 204; 5 = CD 205; 6 = CD 206; 7 = CD 208; 8 = CD 209; 9 = CD 210; 10 = CD 215; 11 = BR 16; 12 = Embrapa 48; 13 = BRS 133; 14 = BRS 184; 15 = BRS 212; 16 = BRS 213; 17 = BRS 214; 18 = BRS 215; 19 = BRS 230; 20 = BRS 231 e 21 = BRS 232.

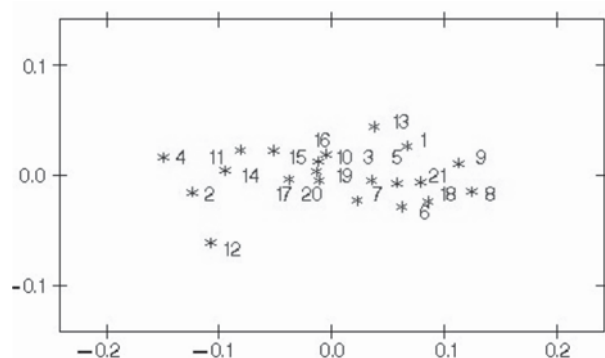


Figura 7. Dispersão de 21 cultivares de soja, em função do percentual de variação da germinação, biomassa seca, comprimento da raiz primária e comprimento total das plântulas, sob o nível de potencial osmótico de - 0,2 MPa, por meio da projeção de distâncias no plano.

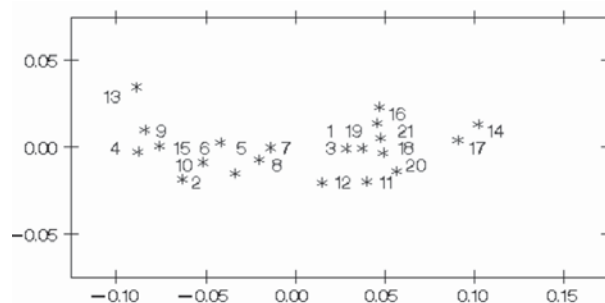


Figura 8. Dispersão de 21 cultivares de soja, em função do percentual de variação da germinação, biomassa seca, comprimento da raiz primária e comprimento total das plântulas, sob o nível de potencial osmótico de - 0,4 MPa, por meio da projeção de distâncias no plano.

metidas ao nível de potencial osmótico de - 0,4 MPa. Conforme pode ser observado, a dispersão apresentada na Figura 3 não possibilitou a distinção dos genótipos em diferentes classes de tolerância.

Analisando os diferentes níveis de potencial osmótico avaliados, verifica-se que, quando os dados foram submetidos ao agrupamento, o nível que melhor diferenciou os genótipos foi - 0,1 MPa. Porém, quando empregado o teste de agrupamento de Scott-Knott, nota-se maior divergência entre os genótipos para o nível de potencial osmótico de - 0,2 MPa, em concordância com os resultados obtidos por Schuab (2003).

Os genótipos de soja apresentaram comportamento diferenciado quanto à tolerância à condição de estresse hídrico induzida pelo polietileno glicol na germinação das sementes. O cultivar CD 202 teve a menor suscetibilidade às condições de estresse hídrico.

Quando os dados foram submetidos ao agrupamento, o nível que melhor diferenciou os genótipos foi - 0,1 MPa. Quando foi empregado o teste de Scott-Knott, nota-se maior divergência entre os genótipos para o nível de potencial osmótico de - 0,2 MPa.

Comparando os resultados obtidos pela análise multivariada e os encontrados pelo método de agrupamento de Scott-Knott, pode-se verificar que houve boa concordância entre os dois métodos na constituição dos grupos.

CONCLUSÕES

Os genótipos de soja estudados apresentaram comportamentos diferenciados quanto à tolerância à condição de estresse hídrico induzido pelo polietileno glicol na germinação das sementes.

O cultivar Embrapa 48 foi o mais tolerante à seca, tendo apresentado a menor redução nas características avaliadas.

REFERÊNCIAS

- Braccini AL, Ruiz HA, Braccini MCL, Reis MS (1996) Germinação e vigor de sementes de soja sob estresse hídrico induzido por soluções de cloreto de sódio, manitol e polietileno glicol. *Revista Brasileira de Sementes*, 18:10-16.
- Braccini AL, Reis MS, Sedyama CS, Sedyama T, Rocha VS (1998a). Influência do potencial hídrico induzido por polietilenoglicol na qualidade fisiológica de sementes de soja. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 33:1451-1459
- Brasil (1992) Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Regras para análise de sementes. Brasília, DF: DNDV/SNAD/CLAV, 365p.
- Casagrande EC, Farias JRB, Neumaier N, Oya T, Pedrosa J, Martins PK, Breton MC, Nepomuceno AL (2001) Expressão gênica diferencial durante déficit hídrico em soja. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, 13:168-184.
- Cruz CD & Viana JMS (1994) A methodology of genetic divergence analysis based on sample unit projection on two-dimensional space. *Revista Brasileira de Genética*, 17:69-73.
- EMBRAPA-Soja(2006). Disponível em: <http://www.cnpsa.embrapa.br/noticia/index.php>. Acesso em 10 de junho de 2006.

- Farias JRB, Neumaier N, Nepomuceno AL, Delatre N, Bordignon JR, Oya T, Zapparoli MW, Casagrande EC (2000) Respostas da cultura da soja à disponibilidade hídrica. In: Embrapa Soja. Resultados de Pesquisa da Embrapa Soja 1999. Londrina: Embrapa Soja, p.73-76. (Embrapa Soja. Documentos, 142).
- Lopes JC, Martins-Filho S, Tagliaferre C, Rangel OJP (2002) Avaliação da Qualidade Fisiológica de sementes de soja produzidas em Alegre-ES. Revista Brasileira de Sementes, 24:51-58.
- Matthews S & Powell AA (1986) Environmental and physiological constraints on field performance of seeds. HortScience, Alexandria, 21:1125-1128.
- Michel BE & Kaufmann MR (1973) The osmotic potencial of polyethylene glycol 6000. Plant Physiology, Lancaster, USA, 51:914-916.
- Nakagawa J (1994) Testes de vigor baseados na avaliação das plântulas. In: Vieira RD, Carvalho NM (Ed.) Testes de vigor em sementes. Jaboticabal, SP: FUNEP, p.49-86.
- Neumaier N, Nepomuceno AL, Farias JRB, Cattelan AJ, Oya T, Delatre N, Rodrigues O (2001) Bases agronômicas e fisiológicas das respostas da soja à disponibilidade hídrica. In: Embrapa Soja. Resultados de Pesquisa da Embrapa Soja 2000 – Ecofisiologia e Biologia Molecular. Londrina: Embrapa Soja. p.8-12. (Embrapa Soja. Documentos, 164).
- Sá ME (1987) Relações entre qualidade fisiológica, disponibilidade hídrica e desempenho de sementes de soja (*Glycine max* (L.) Merrill). 1987. 147p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, SP.
- Sas Institute. (1996). System for information 6.11. Cary. Disquete 3.5".
- Schuab SRP (2003). Avaliação da qualidade fisiológica das sementes de soja por meio da taxa de crescimento das plântulas e do teste de germinação sob estresse hídrico. 2003. 77p. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, PR.
- Scott A & Knott M (1974) Cluster-analysis method for grouping means in analysis of variance. Biometrics, Washington D.C., 30:507-512.
- Sediyama T, Teixeira R de C, Reis MS (2005) Melhoramento da soja. In: Borém A Melhoramento de espécies cultivadas. 2ª ed. Viçosa: UFV. 969 p.
- Statsoft (2004) Inc. Statistica, version 7. Disponível em: www.statsoft.com. Acesso em: 2004.
- Villela FA, Doni Filho L, Sequeira EL (1991) Tabela de potencial osmótico em função da concentração de polietilenoglicol 6000 e da temperatura. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, DF, 26:1957-1968.