

AValiação DO VIGOR DE SEMENTES DE CEBOLA PELO TESTE DE ESTRESSE HÍDRICO¹

ZENÓRIO PIANA², MARIA ANGELA ANDRÉ TILLMANN³ e WALTER RODRIGUES DA SILVA⁴

RESUMO - O objetivo do presente trabalho foi o de estudar a eficácia do teste de estresse hídrico na avaliação do vigor de sementes de cebola (*Allium cepa* L.). Foram avaliadas sementes de seis lotes da cultivar Pira Ouro, pelos testes de germinação, primeira contagem, de frio em solo, envelhecimento artificial, condutividade elétrica, emergência em campo, e estresse hídrico nos potenciais de 0, -3, -6 e -9 atm. Os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Análise de Sementes e no campo experimental da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" - ESALQ/USP. O teste de estresse hídrico, no potencial de -3 atm, apresentou alta correlação com a emergência em campo e com o teste de frio, sendo indicado para avaliar o vigor de sementes de cebola.

Termos para indexação: *Allium cepa* L., teste de vigor de semente, polietileno glicol.

ONION SEED VIGOR AS AFFECTED BY THE HYDRIC STRESS TEST

ABSTRACT - An investigation was carried out to study the effectiveness of the hydric stress test on the evaluation of the onion (*Allium cepa* L.) seed vigor. Six lots of onion seeds, cultivar "Pira Ouro", were submitted to several tests such as germination, first count, cold test, accelerated aging, electrical conductivity, field emergence and hydric stress at 0, -3, -6 and -9 atm potentials. The experiments were conducted at the Seed Analysis Laboratory and at the Experimental Field of the Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"-ESALQ/USP. The results suggested that the hydric stress test at -3 atm potential was highly correlated with the field emergence and with the cold test. This test can be indicated to evaluate the vigor of onion seeds.

Index terms: *Allium cepa* L., seed vigor test, polyethylene glycol.

INTRODUÇÃO

A qualidade fisiológica tem sido pesquisada pelo fato de as sementes estarem sujeitas a uma série de mudanças degenerativas associadas com a redução

do vigor (Abdul-Baki & Anderson, 1972). A qualidade dos lotes de sementes, a serem comercializados para fim de semeadura, tem sido avaliada através do teste de germinação que é realizado sob condições ideais e artificiais, permitindo a manifestação do máximo potencial qualitativo (Association of Official Seed Analysts, 1983). No campo, porém, as sementes poderão estar sujeitas a condições adversas, representadas por excesso ou déficit hídrico, obstrução mecânica imposta por compactação ou crostas do solo, e por ataque de microorganismos e insetos (Perry, 1981); portanto, a porcentagem de emergência de plântulas, geralmente, é inferior à sugerida pelos resultados obtidos no teste de germinação (Johnson & Wax, 1978 e Yaklich & Kulik, 1979). Em razão disso, e na procura de um método com sensibilidade suficiente para estimar com maior precisão a

¹ Aceito para publicação em 24 de maio de 1995.

² Eng. Agr., M.Sc., Dr., Pesquisador da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Difusão de Tecnologia de Santa Catarina S.A. - EPAGRI, Caixa Postal 502, CEP 88034-901 Florianópolis, SC.

³ Eng. Agr., M.Sc., Dr., Dep. de Fitot. - Faculdade Agronomia Eliseu Maciel - UFPel, Caixa Postal 354, CEP 96.100 Pelotas, RS.

⁴ Eng. Agr., M.Sc., Dr., Prof. Adjunto do Dep. de Agric. da ESALQ/USP, Caixa Postal 9, CEP 13418-900 Piracicaba, SP.

qualidade das sementes, têm sido desenvolvidos testes de vigor, principalmente, nas sementes de grandes culturas. Como exemplo, podem ser citados o teste de frio, em milho, e o envelhecimento artificial, em soja. Porém, sobre hotaliças, são escassas as pesquisas voltadas ao desenvolvimento de métodos destinados à avaliação do vigor das sementes.

Outro teste citado pela Association of Official Seed Analysts (1983) é o de estresse osmótico. Este método fundamenta-se no princípio de que sementes mais vigorosas podem tolerar condições mais severas de estresse hídrico (Hadas, 1977).

Segundo El-Sharkawi & Springuel (1977), a taxa de germinação e as emergências tanto da radícula como da plúmula são reduzidas, em condições de estresse de água. De maneira geral, a redução progressiva do potencial hídrico do substrato provoca decréscimo no comprimento das plântulas e na porcentagem de germinação (Helmerick & Pfeifer, 1954; Evans & Stickler, 1961; Manohar & Heydecker, 1964; McWilliam & Phillips, 1971; Saint-Clair, 1976; Sharma, 1976; El-Sharkawi & Springuel, 1977; Wright et al., 1978; Stout et al., 1980; Hegarty & Ross, 1981; Somers et al., 1983; Thanos & Skordilis, 1987; Van De Venter, 1988; Kumar et al., 1990; Emmerich & Hardegee, 1990; Emmerich & Hardegee, 1991; Germu & Naylor, 1991 e Takaki & Toledo, 1991).

Fixada a espécie vegetal, a resposta das sementes colocadas para germinar sob deficiência hídrica tem-se mostrado dependente da qualidade fisiológica. Em termos gerais, menor qualidade fisiológica (Parmar & Moore, 1968 e Matthews & Powell, 1986) tem sido associada aos piores desempenhos nessa condição. Hadas (1977), trabalhando com um lote de sementes de grão-de-bico, sugeriu que o estresse hídrico poderia se constituir em um teste de vigor. No entanto, estudos com maior número de lotes apresentando diferentes níveis de vigor, submetidos a situações distintas de disponibilidade hídrica, podem definir melhor a relação entre vigor das sementes e estresse hídrico.

Assim, o objetivo deste trabalho foi o de estudar a eficácia do teste de estresse hídrico, também denominado de teste de estresse osmótico, na avaliação do vigor de sementes de cebola.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi conduzido em Piracicaba/SP, na Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"-ESALQ/USP. Foram utilizadas sementes de cebola, cultivar Pira Ouro (ciclo 1991/92), não tratadas, pertencentes a seis lotes procedentes da ESALQ/USP.

Os seis lotes permaneceram armazenados em sacos de papel sob condições controladas (10 °C e 35% de umidade relativa) durante a fase experimental, correspondente ao período de março a maio de 1992.

O estudo empregou os seguintes testes:

Germinação: conduzido com 200 sementes (quatro amostras de 50 sementes) para cada lote, distribuídas em caixas gerbox sobre duas folhas de papel mata-borrão, colocadas para germinar sob temperatura de 20 °C. O volume de água utilizado para embebição foi equivalente a 2,5 vezes o peso do substrato. As contagens foram realizadas aos 6 e 12 dias após a semeadura, e as avaliações, efetuadas segundo os critérios estabelecidos pelas Regras para Análise de Sementes (Brasil, 1992).

Primeira contagem: realizada concomitantemente ao teste de germinação, consistiu no registro da porcentagem de plântulas normais, presentes na primeira contagem do teste de germinação no sexto dia após a semeadura, seguindo as prescrições das Regras para Análise de Sementes (Brasil, 1992).

Condutividade elétrica: foram utilizadas quatro repetições de 50 sementes para cada lote, sem seleção, pesadas em balança com precisão de 0,0001 g. As sementes, imersas em 25 ml de água destilada, permaneceram 24 horas em germinador à temperatura constante de 25 °C. Decorrido esse período, a condutividade elétrica da solução foi determinada através de condutivímetro; os valores médios obtidos de cada amostra foram expressos em micromhos por grama de sementes (Krzyzanowski et al., 1991).

Envelhecimento artificial: utilizaram-se 200 sementes por lote, em quatro repetições de 50 sementes, distribuídas sobre bandejas de tela de alumínio, fixadas no interior de caixas de plástico, tipo gerbox (mini-câmara). No interior do gerbox foram colocados 40 ml de água, e, em seguida, as caixas foram levadas a uma incubadora, regulada à temperatura constante de 42 °C, onde permaneceram por 48 horas (Marcos Filho et al., 1987). Decorrido este período, as sementes foram colocadas para germinar, seguindo o método descrito para o teste de germinação (Brasil, 1992). A avaliação das plântulas foi realizada seis dias após a semeadura, computando-se a porcentagem de plântulas normais.

Teste de frio com solo: foram utilizadas 200 sementes por lote, em 4 repetições de 50 sementes, instaladas a 1,0 cm de profundidade, em gerbox contendo uma mistura de solo e areia na proporção de 3:1, com umidade de 60% da capacidade de campo (Cícero, 1992).

Os gerbox foram levados para uma câmara com temperatura regulada a 10 °C por um período de sete dias (Marcos Filho et al., 1987). Findo esse período, foram mantidos em condições ambientes por sete dias; a seguir foi contado o número de plântulas normais emersas.

Emergência das plântulas em campo: o teste foi realizado com quatro repetições de 100 sementes, por lote, distribuídas em sulcos com 0,80 m de comprimento. A densidade de semeadura foi de 125 sementes/m; a profundidade de instalação foi de 0,01 m, e o espaçamento entre linhas foi de 0,10 m. As contagens, efetuadas aos 21 dias após a semeadura, determinaram o número de plântulas emersas com, no mínimo, duas folhas (Popinigis, 1977).

Teste de estresse hídrico: foi conduzido em 4 situações de disponibilidade hídrica, utilizando os potenciais de 0, -3, -6 e -9 atm (9,87 atm = 1 bar = 1 MPa) obtidos em soluções aquosas de polietileno glicol (PEG 6.000). O cálculo, das quantidades de soluto, foi efetuado segundo Michel & Kaufmann (1973) e Villela et al. (1991). Uma vez obtidas, as soluções foram aplicadas sobre o papel substrato, em quantidade equivalente a 2,5 vezes o peso deste último.

Foram utilizadas quatro repetições de dez sementes por lote, semeadas equidistantemente sobre um traço horizontal demarcado no limite do terço superior da folha de germitest.

A seguir, as sementes foram cobertas por uma outra folha de papel; o conjunto foi enrolado no sentido do comprimento, embalado em sacos de plástico, e levado para germinador regulado à temperatura de 20 °C, em ausência de luz, de maneira que as radículas pudessem crescer voltadas para baixo.

O prazo de permanência das sementes em contato com as soluções foi de 12 dias. No final do período, foram feitas avaliações do comprimento total das plântulas, obtendo-se um índice, representado pela divisão do somatório dos comprimentos da população total de plântulas normais (mm) presentes na repetição, pelo número de sementes colocadas para germinar.

Os dados obtidos em cada teste foram analisados separadamente através da análise de variância, e, conjuntamente, mediante análise de correlação. As médias obtidas foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observando-se a Tabela 1, constata-se que os testes não foram igualmente sensíveis para distinguir diferenças na qualidade fisiológica entre lotes.

O teste de germinação não se correlacionou com o de emergência em campo (Tabela 2), mostrando valores apreciavelmente superiores. A qualidade fisiológica das sementes é avaliada rotineiramente, em laboratório, mediante a condução de testes de germinação. No entanto, há vários anos a literatura critica as informações fornecidas por este teste, realizado sob condições ótimas que, geralmente, conduzem à superestimativa do desempenho das sementes em campo (Marcos Filho et al., 1987 e Caliarí & Marcos Filho, 1990). A experiência tem demonstrado, com grande frequência, que a manifestação do potencial fisiológico das sementes responde diretamente à influência do meio ambiente; portanto, quando as condições de ambiente, após a semeadura em campo, desviam-se das ideais, é esperada uma porcentagem de emergência das plântulas inferior à de germinação (Marcos Filho et al., 1987). Este fato foi constatado em todos os lotes empregados nesta pesquisa.

Visando complementar os resultados do teste de germinação, têm sido utilizados testes de vigor. Resultados obtidos por Thomazelli et al. (1990) mostraram a importância de testes de vigor no acompa-

TABELA 1. Resultados dos testes de germinação, primeira contagem, teste de frio, envelhecimento artificial, condutividade elétrica e emergência em campo de seis lotes de sementes de cebola¹.

Lote	Teste de germinação (%)	Primeira contagem (%)	Teste de frio (%)	Envelhecimento artificial (%)	Condutividade elétrica (umhos/g)	Emergência em campo (%)
1	80 ab	39 c	52 cd	24 bc	0,399 c	50 b
2	85 ab	57 b	47 d	20 c	0,427 c	37 c
3	75 b	41 c	50 cd	32 b	0,400 c	38 c
4	81 ab	70 a	82 a	58 a	0,375 bc	74 a
5	92 a	71 a	64 bc	64 a	0,253 a	57 b
6	91 a	67 ab	76 ab	66 a	0,302 ab	71 a

C.V. % 5,8 7,8 8,7 9,7 9,2 7,4

¹ Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

TABELA 2. Coeficiente de correlação simples (r) entre os resultados dos testes de laboratório e de emergência em campo para sementes de cebola.

Teste de laboratório x emergência em campo	r
Germinação	33,35ns
Primeira contagem	65,30*
Teste de frio	94,15**
Envelhecimento artificial	79,91**
Condutividade elétrica	-49,34*

ns = não-significativo

* = significativo a 5% de probabilidade.

** = significativo a 1% de probabilidade.

nhamento do processo de deterioração de sementes de cebola.

Os testes de vigor de primeira contagem, de frio, de envelhecimento artificial, de condutividade elétrica e de emergência em campo indicaram diferenciação de qualidade entre lotes. Os lotes 4, 5 e 6 apresentaram desempenho superior ao dos lotes 1, 2 e 3 (Tabela 1). Embora os testes de vigor tenham-se correlacionado com a emergência em campo (Tabela 2), os testes de frio e de envelhecimento artificial apresentaram, em valores absolutos, as maiores correlações. Dentre os testes de vigor, considerados como os mais importantes pela International Seed Testing Association (1981) e Association of Official Seed Analysts (1983), encontram-se o teste de frio e o de envelhecimento artificial (Carvalho, 1986). Segundo Grabe (1976), os lotes de qualidade adequada devem apresentar, no mínimo, 70 a 85% de plântulas normais como resultado do teste de frio, valores observados nos lotes 4 e 6, que também apresentaram desempenho superior no teste de emergência em campo.

A utilidade do teste de envelhecimento artificial em detectar diferenças na qualidade das sementes foi observada por Kulik & Yaklich (1982) e Caliaro & Marcos Filho (1990). Sua eficiência em refletir o potencial de emergência de plântulas em campo foi relatada por Grabe (1976).

O teste de estresse hídrico (Tabela 3) mostrou resultados diferentes, em função do potencial hídrico a que as sementes foram expostas durante o período de germinação. Observou-se a correlação elevada entre o teste de estresse hídrico a -3 atm e a emergên-

TABELA 3. Valores médios de comprimento total de plântulas (mm) do teste de estresse hídrico, em seis lotes de sementes de cebola¹.

Lote	Potenciais hídricos (atm)			
	0	-3	-6	-9
1	85,3 cd	62,3 c	21,3 b	9,3 a
2	97,3 bc	52,5 d	23,3 b	4,8 b
3	70,8 d	47,3 d	12,0 c	1,0 c
4	130,8 a	80,8 a	24,5 ab	3,3 b
5	122,0 a	68,8 bc	28,8 a	8,5 a
6	110,8 ab	74,0 ab	15,0 c	4,8 b
C.V. %	9,6	6,3	10,8	16,8

¹ Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

cia em campo (Tabela 4). O teste no potencial hídrico de 0 atm apresentou correlação significativa, porém inferior à de -3 atm. As correlações entre o teste de estresse hídrico a -6 e a -9 atm e a emergência em campo não foram significativas (Tabela 4).

Segundo Hadas (1977), sementes mais vigorosas têm condições de apresentar melhor desempenho em condições de déficit hídrico, fato constatado neste estudo, até o limite de -3 atm; a partir desse valor, os dados não permitiram interpretações consistentes quanto à avaliação de qualidade fisiológica dos lotes (Tabelas 3 e 4).

Assim, as sementes de cebola, da cultivar Pira Ouro, colocadas para germinar sob condições de deficiência hídrica (-3 atm), mostraram desempenho dependente da qualidade fisiológica (Tabela 3), o que está em concordância com os estudos de Parmar & Moore (1968), Hadas (1977), e Matthews & Powel (1986). De maneira geral, a redução progressiva do potencial hídrico de 0 para -9 atm ocasionou redução no comprimento das plântulas, o que está de acordo com Helmerick & Pfeifer (1954), Evans & Stickler (1961), Manohar & Heydecker (1964) McWilliam & Phillips (1971), Saint-Clair (1976), Sharma (1976), El-Shakkawi & Springuel (1977), Wright et al. (1978), Stout et al. (1980), Hegarty & Ross (1981), Somers et al. (1983), Thanos & Skordilis (1987), Van De Venter (1988), Kumar et al. (1990), Emmerich & Hardegree

TABELA 4. Coeficientes de correlação simples (r) entre os resultados do teste de estresse hídrico conduzido em laboratório e a emergência em campo, em sementes de cebola.

Testes de laboratório x emergência em campo	r
Estresse híbrido sob 0 atm	72,62**
Estresse híbrido sob -3 atm	89,70**
Estresse híbrido sob -6 atm	21,81 ns
Estresse híbrido sob -9 atm	8,59 ns

ns = não-significativo.

* = significativo a 5% de probabilidade.

** = significativo a 1% de probabilidade.

(1990), Emmerich & Hardegree (1991), Germu & Naylor (1991) e Takaki & Toledo (1991).

O teste de estresse hídrico sob -3 atm apresentou, de modo semelhante ao ocorrido com o teste de frio, o mais alto coeficiente de correlação em relação à emergência em campo (Tabelas 2 e 4), além de alta correlação com o próprio teste de frio (Tabela 5).

As sementes vigorosas podem originar plântulas com maior crescimento, por apresentarem maiores capacidades de transformação, de suprimento e de incorporação das reservas pelo eixo embrionário (Dan et al., 1987); o fato foi observado neste estudo, para os potenciais de 0 atm e -3 atm, ao ser avaliado o crescimento das plântulas (Tabela 3).

Para o teste de estresse hídrico, a 0 atm e -3 atm, os lotes 4, 5 e 6 apresentaram desempenho superior ao dos lotes 1, 2 e 3 (Tabela 3), mostrando comporta-

TABELA 5. Coeficientes de correlação simples (r) entre os resultados dos testes de laboratório e de campo e o teste de estresse hídrico (-3 atm).

Testes x teste de estresse hídrico (-3 atm)	r
Germinação	42,98 ns
Primeira contagem	70,47**
Frio	84,10**
Envelhecimento artificial	72,97**
Condutividade elétrica	-44,97 ns
Emergência em campo	89,70**

ns = não-significativo

** = significativo a 1% de probabilidade.

mento semelhante ao encontrado nos demais testes de vigor (Tabela 1).

No teste de estresse hídrico a -6 atm e -9 atm, o comportamento das sementes não obedeceu à ordem observada nos demais testes de vigor (Tabela 3), talvez em virtude de o nível de estresse ter sido muito forte para as sementes, durante o processo germinativo.

CONCLUSÃO

O teste de estresse hídrico sob -3 atm é indicado para avaliar o vigor de sementes de cebola. Apresenta alta correlação com a emergência das plântulas em campo e com o teste de frio com solo.

REFERÊNCIAS

- ABDUL-BAKI, A.A.; ANDERSON, J.D. Physiological and biochemical deterioration of seeds. In: KOZLOWSKI, T.T. (Ed.). **Seed biology**. New York: Academic Press, 1972. v.2, p.283-315.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYSTS. Seed Vigor Test Committee. **Seed vigor testing handbook**. Lincoln, 1983. 88p. (Contribution, 32).
- BRASIL. Ministério da Agricultura. **Regras para análise de sementes**: Brasília, 1992. 365p.
- CALIARI, M.F.; MARCOS FILHO, J. Comparação entre métodos para a avaliação da qualidade fisiológica de sementes de ervilha (*Pisum sativum* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.12, n.3, p.52-75, 1990.
- CARVALHO, N.M. Vigor de sementes. In: CICERO, S.M.; MARCOS FILHO, J.; SILVA, W.R. (Coord.). **Atualização em produção de sementes**. Campinas: Fundação Cargill, 1986. p.207-223.
- CÍCERO, S.M. Teste de frio. In: VIEIRA, R.D.; SADER, R.; CARVALHO, N.M. **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: UNESP/FCAV, 1992. p.58-62.
- DAN, E.L.; MELLO, V.D.C.; WETZEL, C.T.; POPINIGIS, F.; ZONTA, E.P. Transferência de matéria seca como método de avaliação do vigor de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.9, n.3, p.45-55, 1987.

- EMMERICH, W.E.; HARDEGREE, S.P. Polyethylene glycol solution contact effects on seed germination. **Agronomy Journal**, Madison, v.82, p.1103-1107, 1990.
- EMMERICH, W.E.; HARDEGREE, S.P. Seed germination in polyethylene glycol solution: Effects of filter paper exclusion and water vapor loss. **Crop Science**, Madison, v.31, p.454-458, 1991.
- EL-SHARKAWI, H.M.; SPRINGUEL, I. Germination of some crop seeds under reduced water potential. **Seed Science and Technology**, Zurich, v.5, p.677-688, 1977.
- EVANS, W.F.; STICKLER, F.C. Grain sorghum seed germination under moisture and temperature stresses. **Agronomy Journal**, Madison, v.53, n.6, p.369-372, 1961.
- GRABE, D.F. Measurement of seed vigor. **Journal of Seed Technology**, Springfield, v.1, n.2, p.18-31, 1976.
- GERMU, M.; NAYLOR, R.E.L. Effects of low water availability on germination of two sorghum cultivars. **Seed Science & Technology**, Zurich, v.19, p.373-383, 1991.
- HADAS, A. A suggested method for testing seed vigor under water stress in simulated arid conditions. **Seed Science & Technology**, Zurich, v.p.519-525, 1977.
- HEGARTY, T.W.; ROSS, H.A. Investigations of control mechanisms of germination under water stress. **Israel Journal of Botany**, Jerusalém, v.29, p.83-92, 1980/81.
- HELMERICK, R.H.; PFEIFER, R.P. Differential varietal responses of winter wheat germination and early growth to controlled limited moisture conditions. **Agronomy Journal**, Madison, v.46, n.12, p.560-562, 1954.
- INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION. **Handbook of vigour test methods**. Zurich, 1981. 72p.
- JOHNSON, R.R.; WAX, L.M. Relationship of soybean germination and vigor tests to field performance. **Agronomy Journal**, Madison, v.70, n.2, p.273-278, 1978.
- KRZYZANOWSKI, F.C.; FRANÇA NETO, J. B.; HENNING, A.A. Relato dos testes de vigor dispostos para as grandes culturas. **Informativo ABRATES**, Brasília, v.1, n.1, p.15-50, 1991.
- 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 Science**, Madison, v.22, n.4, p.766-770, 1982.
- KUMAR, A.; PRAKASH, S.; NAUTIYAL, M.C. Effect of water stress on germination and seedling growth of three vegetable pea (*Pisum sativum* L.) varieties. **Science**, Bangarole, v.59, n.10, p.519-520, 1990.
- MARCOS FILHO, J.; CICERO, S.M.; SILVA, W.R. Avaliação da qualidade das sementes. Piracicaba: FEALQ, 1987. 230p.
- MANOHAR, W.S.; HEYDECKER, W. Effects of water potential on germination of pea seeds. **Nature**, London, v.202, p.22-24, 1964.
- MATTHEWS, S.; POWELL, A.A. Environmental and physiological constraints on field performance of seeds. **Hortscience**, Alexandria, v.21, n.5, p.1125-1128, 1986.
- McWILLIAM, J.R.; PHILLIPS, P.J. Effects of osmotic and matric potentials on the availability of water for seed germination. **Australian Journal Biology Science**, East Melbourne, v.24, p.423-431, 1971.
- MICHEL, B.E.; KAUFMANN, M.R. The osmotic potential of polyethylene glycol 6.000. **Plant Physiology**, Rockville, v.51, p.914-916, 1973.
- PARMAR, M.T.; MOORE, R.P. Carbowax 600, mannitol, and sodium chloride for simulation drought conditions in germination studies of corn (*Zea mays* L.) of strong and weak vigor. **Agronomy Journal**, Madison, v.60, p.192-195, 1968.
- PERRY, D.A. Introduction; methodology and application of vigor test; seedling growth and evaluation test. In: PERRY, D.A. (Ed.). **Handbook of vigor tests methods**. Zurich: International Seed Testing Association, 1981. p.3-20.
- POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente**. Brasília: AGIPLAN, 1977. 289p.
- SAINT-CLAIR, P.M. Germination of sorghum bicolor under polyethylene glycol induced stress. **Canadian Journal Plantarum Science**, Ottawa, v.56, p.21-24, 1976.
- SHARMA, M.L. Interaction of water potential and temperature effect on germination of three semi-arid plant species. **Agronomy Journal**, Madison, v.68, p.390-393, 1976.

- SOMERS, D.A.; ULLRICH, S.E.; RAMSAY, M.F. Sunflower germination under simulated drought stress. **Agronomy Journal**, Madison, v.75, p.570-572, 1983.
- STOUT, D.G.; SIMPSON, G.M.; FLOTRE, D.M. Drought resistance of sorghum bicolor L. Moench. 3. Seed germination under osmotic stress. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v.60, p.13-24, 1980.
- TAKAKI, N.; TOLEDO, J.C. Effect of pre-inhibition and scarification on the sensitivity to water stress in seeds of *Oryza sativa* L. **Seed Science & Technology**, Zurich, v.19, p.263-268, 1991.
- THANOS, C.A.; SKORDILIS, A. The effects of light, temperature and osmotic stress on the germination of *Pinus halepensis* and *P. brutia* seeds. **Seed Science & Technology**, Zurich, v.15, p.163-174, 1987.
- THOMAZELLI, L.F.; SILVA, R.F.; SEDIYANA, C.S. Como conservar a qualidade de sementes de cebola. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v.3, n.4, p.7-8, 1990.
- VAN DE VENTER, H.A. Relative response of maize (*Zea mays* L.) seeds lots to different stress conditions. **Seed Science & Technology**, Zurich, v.16, p.19-28, 1988.
- VILLELA, F.A.; DONI FILHO, L.; SEQUEIRA, E.L. Tabela de potencial osmótico em função da concentração de polietileno glicol 6000 e da temperatura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.26, n.11/12, p.1957-1968, 1991.
- WRIGHT, D.L.; BLASER, R. E.; WOODRUFF, J.M. Seedling emergence as related to temperature and moisture tension. **Agronomy Journal**, Madison, v.70, p.709-712, 1978.
- YAKLICH, R.W.; KULIK, M.M. Evaluation of vigor tests in soybean seeds: relationship of standard germination test, vigor classification, seedling length and tetrazolium staining, to field performance. **Crop Science**, Madison, v.19, p.247-252, 1979.