

RESPOSTAS DE SEMENTES DE MILHO, COM DIFERENTES NÍVEIS DE VIGOR, À DISPONIBILIDADE HÍDRICA¹

ZENÓRIO PIANA² e WALTER RODRIGUES DA SILVA³

RESUMO - Com o objetivo de estudar a relação existente entre o desempenho das sementes de milho (*Zea mays* L.) e a disponibilidade hídrica, desenvolveu-se este trabalho empregando substratos, com potenciais hídricos variáveis, em estudos de laboratório e de campo. A germinação e o vigor de 60 lotes de sementes, da cultivar AG 303, das safras agrícolas 1989/90, 1990/91 e 1991/92, foram avaliados, em laboratório, mediante testes de germinação, de frio com solo e de germinação sob estresse hídrico de -3 atm, usando solução de PEG 6.000. No campo, as sementes foram expostas a potenciais hídricos de -0,1, -0,5, -1,5 e inferior a -1,5 atm, para avaliação da porcentagem de emergência de plântulas. Sementes de milho com vigor mais elevado apresentam desempenho superior em condições de deficiência hídrica. O potencial hídrico de -0,5 atm no solo possibilita emergência superior às sementes de milho. Os testes de frio com solo e de germinação sob estresse hídrico de -3 atm podem ser usados para estimar o desempenho relativo de lotes de sementes de milho em situações desfavoráveis de disponibilidade hídrica no solo.

Termos para indexação: *Zea mays*, estresse hídrico, polietilenoglicol.

RESPONSES OF CORN SEEDS WITH DIFFERENT LEVELS OF VIGOR TO WATER AVAILABILITY

ABSTRACT - An investigation was carried out under laboratory and field conditions in order to study the relationship between corn (*Zea mays* L.) seed performance and water availability. Physiological quality of seeds from 60 lots, cultivar AG 303, yields of 1989/90, 1990/91 and 1991/92, were evaluated in laboratory using the standard germination test, the cold test with soil and germination test with hydric stress of -3 atm (PEG 6000). Under field conditions seed lots were exposed to four hydric potentials: -0.1, -0.5, -1.5 and less than -1.5 atm, in order to evaluate field emergence. Corn seeds with high vigor presented the highest performance under water deficit condition. Soil hydric potential of -0.5 atm allows a higher corn seed emergence. Cold test and the germination test with hydric stress of -3 atm can be used to estimate behavior of seed lots under adverse conditions of water availability in the soil.

Index terms: *Zea mays*, hydric stress, polyethylene glycol.

¹ Aceito para publicação em 2 de abril de 1997.

² Eng. Agr., Dr., Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina S.A. (EPAGRI), Caixa Postal 502, CEP 88034-901 Florianópolis, SC.

³ Eng. Agr., Dr., Dep. de Agricultura, ESALQ/USP, Caixa Postal 9, CEP 13418-900 Piracicaba, SP.

INTRODUÇÃO

A velocidade e a uniformidade de emergência das plântulas dependem do vigor das sementes e das condições do ambiente. Por ocasião da época de semeadura em regiões tropicais, ocorrem com frequência problemas relacionados à disponibilidade hídrica. Tanto a água do substrato, quanto o vigor das sementes são agentes ativos do processo de estabelecimento de plântulas no solo.

Conforme Copeland (1976), o solo, em situação de capacidade de campo, possibilita a máxima germinação. No entanto, a germinação ainda ocorre com teores de água do solo situados entre a capacidade de campo e o ponto de murcha permanente (Doneen & MacGillivray, 1943). Em solos excessivamente úmidos ou secos, a água pode retardar ou inibir a germinação de sementes de várias espécies. Segundo alguns autores, o teor de água do substrato, mais favorável para a emergência das plântulas, situa-se na faixa de 40 a 60% da capacidade de saturação do solo (Razera, 1982; Piana et al., 1994).

As sementes têm potenciais hídricos extremamente reduzidos; em milho, por exemplo, foi encontrado valor de -3.950 atm, inferior ao da maioria dos solos agricultáveis. Este fato garante, de início, a entrada de água na semente que, paulatinamente, eleva sua difusão interna pela ampliação da área e redução de bloqueios nas vias de fluxo (Shaykewich, 1973).

Após a fase inicial de absorção, os potenciais hídricos da semente e do solo tendem a ficar muito próximos e o fluxo inicialmente estabelecido pode ser alterado por qualquer redução do potencial hídrico (Young et al., 1983) ou por problemas na condutividade hidráulica do solo (Collis-George & Hector, 1966).

De maneira geral, a redução progressiva do potencial hídrico do solo apresenta tendências de redução na porcentagem e nas velocidades de germinação e de emergência (Piana, 1980; Young et al., 1983; Peske & Delouche, 1985).

Hadas (1977), trabalhando com um lote de sementes de grão-de-bico, sugeriu que o estresse hídrico poderia constituir-se num teste de vigor. Assim, um maior número de lotes de sementes, possivelmente com diferentes níveis de vigor e submetidos a situações distintas de disponibilidade hídrica, em laboratório e no campo, poderia definir com mais clareza a relação entre o vigor das sementes e a disponibilidade hídrica.

Este trabalho teve como objetivos avaliar a germinação e o vigor de sementes de milho submetidas a estresse hídrico e frio, em laboratório; verificar a emergência, no campo, de sementes com diferentes níveis de vigor em solos com potenciais hídricos variáveis; e estabelecer correlações entre os testes de laboratório e de campo.

MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho, realizado durante o segundo semestre de 1992, utilizou o laboratório de sementes e o campo experimental (22° 43' de latitude sul, 47° 25' de longitude oeste e 580 m de altitude), pertencentes a Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP, em Piracicaba, SP.

Após o beneficiamento em peneiras com crivos circulares de 22/64 polegadas, sementes de milho híbrido duplo, cultivar AG 303, provenientes das safras agrícolas de 1989/90, 1990/91 e 1991/92, constituíram um total de 60 lotes, sendo 20 lotes por safra, representando 20 lavouras. Depois de cada lote ser homogeneizado em divisor de solos, a qualidade fisiológica da semente foi avaliada, utilizando-se o teste padrão de germinação, o teste de frio com solo e o teste de germinação sob estresse hídrico de -3 atm.

O teste padrão de germinação foi conduzido a 30°C em rolos de papel toalha, com quatro repetições de 50 sementes, segundo Brasil (1992).

No teste de frio com solo quatro repetições de 50 sementes foram submetidas a estresse térmico de 10° C durante sete dias, adotando-se as recomendações de Cícero & Vieira (1994). O teste de germinação sob estresse hídrico de -3 atm foi conduzido a 30° C; quatro repetições de 50 sementes foram semeadas em substrato de papel toalha embebido em solução aquosa de polietileno glicol 6.000, com potencial hídrico de -3 atm (Vilella et al., 1991). Os rolos de papel toalha contendo as sementes foram embalados em sacos de plástico e colocados no germinador. Os demais procedimentos seguiram-se conforme as Regras para Análise de Sementes (Brasil, 1992).

A avaliação da qualidade fisiológica da semente no campo foi feita em solo classificado como Terra Roxa Estruturada Latossólica eutrófica, textura argilosa (Vidal-Torrado & Sparovek, 1993). A curva de retenção de água do solo na camada de 0 a 20 cm da área experimental foi determinada por Moraes (1991).

As situações variáveis, quanto à disponibilidade hídrica, foram aplicadas em quatro áreas individualizadas. Pelos dados da curva de retenção de água utilizaram-se os potenciais hídricos de -0,1, -0,5, -1,5 e inferior a -1,5 atm (valor estimado em -9,5 atm); que corresponderam respectivamente a valores de teta de 0,417, 0,357, 0,298 e 0,149 cm³ de água/cm³ de solo.

A manutenção dos potenciais hídricos foi realizada por irrigação. A quantidade de água aplicada foi definida com base nos dados de tensiômetros de mercúrio, instalados a 5 cm de profundidade, na parcela com potencial hídrico de -0,1 atm; nas demais parcelas, desprovidas de tensiômetros, a irrigação baseou-se em dados diários do teor de água do solo obtidos, em três repetições, pelo método padrão da estufa (105°C por 24 horas, segundo Bernardo, 1986).

No teste de emergência das plântulas, a semeadura foi realizada no dia 10/08/1992, em quatro repetições de 50 sementes por lote, em cada uma das condições de disponibilidade hídrica. As sementes de cada repetição foram semeadas a 3 cm de profundidade, em linhas com 4 m de comprimento e distanciadas de 0,50 m entre si. No 14º dia, após a semeadura, foi determinada a porcentagem de emergência das plântulas segundo os procedimentos descritos por Marcos Filho et al. (1987). Nessa ocasião, as duas parcelas com menores potenciais hídricos (-1,5 atm e inferior a -1,5 atm) passaram a ser mantidas com -0,5 atm e no 28º dia após a semeadura foi avaliada a porcentagem de emergência das plântulas.

As determinações nos 60 lotes foram realizadas com quatro repetições. A análise estatística foi efetuada por correlações simples entre as médias dos resultados dos testes (Tekrony & Egli, 1997; Van de Venter, 1988).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados obtidos nos testes conduzidos em laboratório e no campo são mostrados na Tabela 1.

Foi observada a existência de correlação positiva altamente significativa entre os testes padrão de germinação, de frio e de germinação sob estresse hídrico (Tabela 2), indicando tendência de variação semelhante entre os parâmetros (Tekrony & Egli, 1977).

TABELA 1. Avaliação da qualidade fisiológica de 60 lotes de sementes de milho, cultivar AG 303. Dados médios (%) obtidos em laboratório nos testes padrão de germinação, de frio e de germinação sob estresse hídrico de -3 atm, e dados médios (%) obtidos no campo, da emergência de plântulas, relativos a diferentes potenciais hídricos.

Lote de semente		Testes de laboratório			Testes de emergência no campo			
Safra	Nº	Germinação	Frio	Estresse hídrico	-0,1 atm	-0,5 atm	-15 atm	<-15 atm
1989/90	1	60,0	40,5	33,0	56,5	57,0	57,0	60,0
	2	82,0	29,5	33,0	60,0	66,0	57,0	62,5
	3	80,5	26,5	37,5	58,5	61,5	60,0	62,0
	4	73,0	40,5	36,5	67,0	74,5	64,5	76,0
	5	77,0	26,0	38,5	71,0	74,5	70,0	75,5
	6	78,5	20,5	34,0	57,0	74,0	56,0	65,5
	7	56,5	21,5	33,5	58,0	65,5	59,5	52,5
	8	81,5	22,0	42,0	68,5	72,5	71,0	69,0
	9	75,5	15,5	37,5	49,5	71,5	71,0	69,0
	10	81,0	33,5	23,0	59,0	69,0	61,0	63,5
	11	72,5	19,5	45,5	57,0	68,5	58,0	54,5
	12	80,5	18,0	54,5	59,0	60,5	60,5	58,5
	13	71,5	17,5	47,0	54,0	59,5	57,5	61,0
	14	78,5	22,0	50,0	59,0	65,0	59,0	60,0
	15	69,0	11,5	49,5	36,0	61,5	46,5	47,0
	16	71,5	13,0	52,0	60,0	59,0	70,0	66,0
	17	72,5	23,5	32,0	44,0	59,5	42,0	53,5
	18	82,5	12,0	41,5	59,0	67,5	71,5	72,5
	19	82,0	13,0	32,0	58,0	69,5	65,5	63,0
	20	59,5	5,5	32,5	45,5	56,5	49,0	43,0
1990/91	21	89,5	72,0	74,5	78,5	81,0	81,0	80,0
	22	92,0	69,5	78,5	88,5	87,5	83,5	87,5
	23	93,5	62,5	82,5	84,5	87,5	81,0	90,0
	24	94,0	60,5	68,0	81,5	82,5	79,5	84,0
1990/91	25	88,5	76,5	81,5	78,5	90,5	81,5	81,0
	26	92,0	53,5	78,0	84,0	84,5	84,0	88,0
	27	89,0	67,5	84,5	80,0	85,5	80,5	87,0
	28	92,5	71,0	81,0	83,5	91,5	90,0	85,0
	29	85,5	78,0	85,0	90,0	87,5	90,5	91,5
	30	91,0	71,5	73,5	86,0	88,0	83,5	86,5
	31	93,0	73,5	84,5	85,0	85,0	83,5	90,0
	32	93,5	76,5	86,5	85,0	91,0	86,0	87,5
	33	92,0	82,5	82,0	76,5	88,5	80,0	78,5
	34	96,5	67,5	89,0	83,0	85,5	85,5	84,0
	35	92,0	78,5	89,5	80,5	88,5	80,5	83,0
	36	97,0	65,5	80,0	82,5	85,0	81,0	85,5
	37	94,5	70,5	81,0	81,0	85,5	86,5	84,0
	38	90,0	78,5	87,5	74,5	86,5	78,0	76,5
	39	96,0	60,5	89,0	84,0	84,0	79,0	91,5
	40	95,0	68,5	91,0	81,0	83,5	82,0	83,5
1991/92	41	91,0	82,0	92,5	84,5	88,0	86,0	90,0
	42	84,5	66,5	78,5	74,0	83,0	67,0	80,5
	43	85,0	62,5	72,0	82,5	75,5	78,5	74,0
	44	94,0	86,0	86,5	89,5	92,0	77,0	93,0
	45	94,5	82,0	79,5	90,5	90,0	83,0	89,5
	46	90,5	83,0	86,5	81,0	91,5	81,0	91,0
	47	90,0	81,5	81,5	82,0	85,0	82,5	84,0

48	94,5	74,5	81,0	85,5	88,0	81,5	92,0
49	95,5	83,0	79,5	91,5	92,5	89,0	92,0
50	93,0	81,0	79,5	84,5	90,5	80,0	90,5
51	94,0	79,0	82,0	94,0	87,5	85,0	89,0
52	96,0	78,0	91,0	83,0	91,0	86,5	91,0
53	95,0	80,5	87,5	83,5	89,5	78,0	88,5
54	91,0	80,0	82,0	86,0	87,0	79,5	84,0
55	95,5	84,0	81,5	83,0	86,5	86,5	91,0
56	91,5	77,0	89,0	82,5	86,5	82,5	78,0
57	94,0	71,0	88,5	79,0	88,0	76,5	91,0
58	97,5	98,0	96,5	93,0	95,0	93,0	94,5
59	98,5	94,0	95,0	96,0	91,0	90,5	93,5
60	98,0	96,5	96,5	92,5	94,0	91,5	93,5

O teste de frio apresentou maior correlação ($r = 0,91$) com o teste de germinação sob estresse hídrico de -3 atm do que com o teste padrão de germinação ($r = 0,83$); o que pode ser atribuído às limitações hídricas impostas pelo teste de frio (Nijenstein; 1985; Cícero & Vieira, 1994), e pelo teste de germinação sob estresse hídrico.

Os coeficientes de correlação simples (r) entre os testes de frio e de emergência no campo, em quatro situações de disponibilidade hídrica, mostraram-se superiores a 0,80 (Tabela 2). Correlações similares entre os dois testes são citadas por Association of Official Seed Analysts (1983).

TABELA 2. Coeficientes de correlação simples (r) entre os testes de germinação (G) de frio (F), de germinação sob estresse hídrico de -3 atm (GE), e de emergência no campo (E) em 60 lotes de sementes de milho provenientes das safras 1989/90, 1990/91 e 1991/92.

Testes	Frio	Germinação sob estresse hídrico	Emergência no campo			
			-0,1 atm	-0,5 atm	-15 atm	<-15 atm
G	0,83**	0,85**	0,87**	0,88**	0,85**	0,89**
F	-	0,91**	0,92**	0,93**	0,86**	0,89**
GE		-	0,87**	0,89**	0,86**	0,86**

** Significativo a 1% de probabilidade.

As correlações entre os testes de avaliação da qualidade fisiológica, na maioria dos estudos efetuados com o objetivo de associar o desempenho de sementes submetidas a testes distintos, envolvem análises de correlação simples entre os dados obtidos. Como referência, podem ser citados os trabalhos conduzidos por Tekrony & Egli (1977) e Van De Venter (1988).

Os coeficientes de correlação entre os testes de germinação sob estresse hídrico de -3 atm e de emergência no campo, nos quatro ambientes de hidratação, foram semelhantes aos obtidos entre ambos e o teste de frio. Dessa forma, os testes de frio e de germinação sob estresse hídrico (-3 atm) mostraram-se semelhantes em relação à capacidade de previsão do desempenho das sementes em condições de campo sob deficiência hídrica.

Foram observados menores valores numéricos nos lotes com idade mais avançada (Tabela 1). Neste caso, a deterioração foi associada à inferioridade na capacidade de superação das condições adversas do teste, concordando com Cícero & Vieira (1994).

O teste de germinação sob estresse hídrico de -3 atm (Tabela 1), quando comparado ao teste padrão de germinação, reduziu os valores obtidos na maioria dos 60 lotes. Isso deveu-se à restrição na disponibilidade hídrica, que relaciona-se com limitações na divisão e no crescimento celulares (Rogan & Simon, 1975), com decorrentes prejuízos ao desenvolvimento das plântulas (Hegarty, 1978) que, por sua vez, tendem a apresentar anormalidades (Piana, 1980; Young et al., 1983; Peske & Delouche, 1985).

Os dados de emergência no campo indicam comportamentos distintos dos lotes quando submetidos aos diferentes ambientes de hidratação (Tabela 1).

No ambiente de hidratação inferior a -15 atm, no 14º dia após a semeadura, as sementes apresentavam-se com aspecto de não terem absorvido água; no entanto, no ambiente de -15 atm as sementes achavam-se intumescidas. A ausência de emergência nesses potenciais hídricos está de acordo com os dados de Hunter &

Erickson (1952), que citam -12,5 atm como limite inferior para o desencadeamento do processo de germinação.

São de ocorrência comum, no campo, as situações de déficit hídrico em que a hidratação das sementes ocorre sem que haja a germinação completa. Tais sementes, embebidas a um nível que não permite o desenvolvimento da plântula, poderão tolerar a condição de estresse hídrico e, na supressão desta, continuar o processo de estabelecimento ou morrer por causas fisiológicas ou patológicas (Hegarty, 1977).

Considerada como adequada uma emergência mínima de 85%, o ambiente de hidratação de -0,5 atm selecionou o maior número de lotes com alto vigor, o que, aparentemente, lhe atribuiu a melhor condição para a emergência entre os ambientes de hidratação testados (Tabela 1), concordando com Razera (1982).

Para o estabelecimento das plântulas no campo, tanto o excesso como o déficit hídricos são fatores desfavoráveis; o estresse hídrico pode resultar no atraso, na redução ou, ainda, no impedimento da germinação.

O tempo requerido para o início da germinação é maior sob potenciais hídricos reduzidos (Phillips, 1968; Silva, 1989), os quais prejudicam também o crescimento das plântulas, em termos de comprimento e espessura (Parmar & Moore, 1968; Young et al., 1983).

A Tabela 1 permite observar que as sementes, de menor idade, (lotes 41 a 60) tiveram desempenho superior nas condições de estresse hídrico no campo. Esse fato está relacionado à capacidade de as sementes de maior vigor estabelecerem plântulas sob condições adversas (Parmar & Moore, 1968; Matthews & Powell, 1986). Sementes com alto vigor apresentam alto peso em matéria seca, baixa deterioração e alto nível de energia (Carvalho, 1986). Assim, uma vez expostas às condições adversas de estresse hídrico, devem, possivelmente, utilizar essa energia de maneira a possibilitar o crescimento da raiz e o desenvolvimento completo da plântula. Por sua vez, as sementes de baixo vigor, apresentando alta deterioração e baixo nível de energia, não conseguem superar condições adversas e apresentam desempenho inferior nessas condições.

Em relação ao potencial hídrico do solo para a germinação, a bibliografia recomenda a manutenção do solo nos níveis da capacidade de campo (Copeland, 1976). No entanto, no estudo da emergência das plântulas no campo sob vários ambientes de hidratação, foi observado desempenho superior das sementes em níveis de água do solo situados abaixo da capacidade de campo (- 0,5 atm); estudos de laboratório (Piana, 1980; Peske & Delouche, 1985; Piana et al., 1994) apóiam essa observação.

Os lotes 1 a 20, que apresentaram, no teste de frio, resultados inferiores a 70%, considerados de baixo vigor (Grabe, 1976), mostraram desempenho inferior nas situações de estresse hídrico, enquanto, os lotes 41 a 60, de médio e alto vigor, com exceção dos lotes 42 e 43 (Tabela 3), revelaram desempenho superior nos mesmos ambientes de hidratação, indicando que sementes com vigor mais elevado apresentam desempenho superior em situações desfavoráveis de disponibilidade hídrica no solo.

TABELA 3. Freqüência dos lotes de sementes de milho, classificados de acordo com o teste de frio em lotes de vigor alto (\geq 80%), médio (79 a 70%) e baixo (\leq 70%).

Lotes (safra)	Classes de vigor		
	Alto	Médio	Baixo
1 a 20 (1989/90)	0	0	20
21 a 40 (1990/91)	1	10	9
41 a 60 (1991/92)	13	5	2
Total	14	15	31

CONCLUSÕES

1. Sementes de milho, com vigor mais elevado, apresentam desempenho superior em condições de deficiência hídrica.
2. O potencial hídrico de -0,5 atm no solo possibilita emergência superior às sementes de milho.

3. Os testes de frio e de germinação sob estresse hídrico de -3 atm podem ser usados para estimar o desempenho relativo de lotes de sementes de milho em situações desfavoráveis de disponibilidade hídrica no solo.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYSTS. Seed Vigor Test Committee. **Seed vigor testing handbook**. Lincoln, 1983. 88p. (Contribution, 32).
- BERNARDO, S. **Manual de irrigação**. Viçosa: UFV, 1986. 488p.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, do Abastecimento e da Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília, 1992. 365p.
- CARVALHO, N.M. Vigor de sementes. In: CÍCERO, S.M.; MARCOS FILHO, J.; SILVA, W.R. (Eds.). **Atualização em produção de sementes**. Campinas: Fundação Cargill, 1986. p.207-223.
- CÍCERO, S.M.; VIEIRA, R.D. Teste de frio. In: VIEIRA, R.D.; CARVALHO, N.M. (Eds.). **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. p.58-62.
- COLLIS-GEORGE, N.; HECTOR, J.B. Germination of seeds as influenced by matric potential and by area of contact between the seed and soil water. **Australian Journal of Soil Research**, East Melbourne, v.4, p.45-165, 1966.
- COPELAND, L.O. **Principles of seed science and technology**. Minneapolis: Burgess Publ., 1976. 369p.
- DONEEN, L.D.; MacGILLIVRAY, J.H. Germination (Emergence) of vegetable seed as affected by different soil moisture conditions. **Plant Physiology**, Rockville, v.18, p.524-529, 1943.
- GRABE, D.F. Measurement of seed vigor. **Journal of Seed Technology**, Madison, v.1, n.2, p.18-31, 1976.
- HADAS, A. A suggested method for testing seed vigor under water stress in simulated arid conditions. **Seed Science and Technology**, Zurich, v.5, p.519-525, 1977.
- HEGARTY, T.W. Seed activation and seed germination under moisture stress. **New Phytologist**, London, v.78, p.349-359, 1977.
- HEGARTY, T.W. The physiology of seed hydration and dehydration, and the relation between water stress and the control of germination: a review. **Plant Cell and Environment**, New York, v.1, p.101-119, 1978.
- HUNTER, J.R.; ERICKSON, A.E. Relation of seed germination to soil moisture tension. **Agronomy Journal**, Madison, v.44, p.107-109, 1952.
- MARCOS FILHO, J.; CÍCERO, S.M.; SILVA, W.R. **Avaliação da qualidade das sementes**. Piracicaba: FEALQ, 1987. 230p.
- MATTHEWS, S.; POWELL, A.A. Environmental and physiological constraints on field performance of seeds. **HortScience**, Alexandria, v.21, n.5, p.1125-1128, 1986.
- MORAES, S.O. **Heterogeneidade hidráulica de uma terra roxa estruturada**. Piracicaba: USP-ESALQ 1991. 141p. Tese de Doutorado.
- NIJENSTEIN, J.H. Effects of some factors influencing cold test germination of maize. **Seed Science and Technology**, Zurich, v.12, n.1, p.313-326, 1985.
- PARMAR, M.T.; MOORE, R.P. Carbowax 6000, 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.
- PESKE, S.T.; DELOUCHE, J.C. Semeadura de soja em condições de baixa umidade do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.20, n.1, p.69-85, jan. 1985.
- PHILLIPS, R.E. Water diffusivity of germinating soybean, corn and cotton seed. **Agronomy Journal**, Madison, v.60, p.568-571, 1968.
- PIANA, Z. **Influência do tamanho da semente de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) e nível de umidade do solo na germinação e no vigor**. Pelotas: UFPel-Fac. de Agronomia, 1980. 95p. Tese de Mestrado.

- PIANA, Z.; CAVARIANI, C.; TILLMANN, M.A.A.; MINAMI, K. Disponibilidade hídrica e germinação de sementes de cebola (*Allium cepa* L.). **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.51, n.3, p.486-489, 1994.
- RAZERA, L.F. **Emergence of soybeans (*Glycine max* (L.) Merrill) seed at various levels of soil temperature and moisture**. Mississippi: Mississippi State University, 1982. 83p. Ph.D. Thesis.
- ROGAN, P.G.; SIMON, E.W. Root growth and onset of mitosis in germinating *Vicia faba*. **New Phytologist**, London, v.74, p.263-265, 1975.
- SHAYKEWICH, C.F. Proposed method for measuring swelling pressure of seeds prior to germination. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v.24, p.1056-1061, 1973.
- SILVA, W.R. **Relação entre disponibilidade de água, tratamento fungicida e germinação de sementes de milho (*Zea mays* L.)**. Piracicaba: USP-ESALQ, 1989. 113p. Tese de Doutorado.
- TEKRONY, D.M.; EGLI, D.B. Relationship between laboratory indices of soybean seed vigor and field emergence. **Crop Science**, Madison, v.17, n.4, p.573-577, 1977.
- VAN DE VENTER, H.A. Relative response of maize (*Zea mays* L.) seed lots to different stress conditions. **Seed Science and Technology**, Zurich, v.16, p.19-28, 1988.
- VIDAL-TORRADO, P.; SPAROVEK, G. **Mapa pedológico detalhado do Campus "Luiz de Queiroz"**. Piracicaba: USP-ESALQ, 1993. Esc. 1:10.000.
- VILLELA, F.A.; DONI FILHO, L.; SEQUEIRA, E.L. Tabela de potencial osmótico em função da concentração de polietileno glicol 6.000 e da temperatura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.26, n.11/12, p.1957-1968, nov./dez. 1991.
- YOUNG, J.A.; EVANS, R.A.; ROUNDY, B.; CLUFF, G. **Moisture stress and seed germination**. Oakland: USDA/ARS, 1983. 41p. (USDA/ARS. Agricultural Reviews and Manuals. Western Series, 36).