

EFEITO DE VÁRIAS DISPONIBILIDADES HÍDRICAS, ATUANDO
COMO PRÉ-CONDICIONAMENTO FISIOLÓGICO DURANTE A
GERMINAÇÃO DAS SEMENTES DE MILHO, NO
DESENVOLVIMENTO DAS PLÂNTULAS*

W.R.da Silva**

J. Marcos Filho**

RESUMO: O presente trabalho buscou estimar os eventuais efeitos de pré-condicionamento fisiológico promovidos, durante o início da germinação das sementes de milho, por ambientes variáveis quanto à disponibilidade de água (0 a -12 atm). Para tanto, os períodos de deficiência eram sucedidos por prazos fixos de 5 dias sem limitações hídricas e comparados com uma testemunha que permaneceu, igualmente, sem restrições quanto à disponibilidade de água durante 5 dias. Os resultados encontrados indicaram que a técnica de pré-condicionamento hídrico das sementes pode, se devidamente adaptada em seus detalhes, propiciar algumas vantagens no desenvolvimento das plântulas delas oriundas. Adicionalmente, o tratamento químico fungicida das sementes, submetidas a pré-condicionamento hídrico, pode não trazer os benefícios esperados às plântulas; há casos isolados, ligados à produção de anormalidades nas estruturas embrionárias, em que o seu efeito é prejudicial.

* Publicado em Resumos dos Trabalhos Técnicos do VI Congresso Brasileiro de Sementes, Brasília, 1989. Extraído da Tese de Doutorado do primeiro autor: (ESALQ/USP, 1989).

** Departamento de Agricultura da E.S.A. "Luiz de Queiroz" da Universidade de São Paulo - 13.400 - Piracicaba, SP. Bolsistas do CNPq.

Termos para indexação: milho, sementes, germinação, pré-condicionamento fisiológico.

CORN SEEDLING DEVELOPMENT AS AFFECTED BY
PHYSIOLOGICALLY CONDITIONING SEED
GERMINATION UNDER VARIOUS WATER
AVAILABILITY CONDITIONS

ABSTRACT: The present paper considers the possible effects of physiological pre-treatment during the beginning of corn seeds germination in environments variable as to water availability (0 to -12 atm). Periods of deficiency followed by 5 days without hydric limitations were compared with a control that remained equally, without reservations as to the disposability of water during 5 days. Results indicated that hydric pre-treatment of seeds can, if properly adapted in its details, provide some advantages in the development of the seedlings derived from them. Chemical fungicide treatment of the seeds, submitted to the hydric pre-treatment may not be beneficial to the seedlings; as indicated by, in some isolated cases, the production of abnormalities in the embryonic structures.

Index terms: corn, seeds, germination, priming.

INTRODUÇÃO

Durante o processo de germinação, a semente libera várias substâncias para a solução que a envolve (HENDRICKS & TAYLORSON, 1976, PESKE & DELOUCHE, 1985 e MARCOS FILHO, 1986). Este processo de transferência pode ser ampliado com a deterioração, em razão da progressiva desorganização dos sistemas de membranas celulares (WOODSTOCK & TAO, 1981 e LABOURIAU, 1983) e agravado em situações de temperaturas subótimas para a

germinação (CAL & OBENDORF, 1972).

A desorganização das membranas celulares conduz à uma redução no controle das relações de troca entre a semente e o solo, com sensíveis prejuízos para a primeira e relacionados ao metabolismo e ao gerenciamento da entrada de água. O resultado desse desequilíbrio é conhecido como dano por embebição, facilmente detectado pela elevada exsudação de eletrólitos ao meio, quando há um grande diferencial entre os potenciais hídricos da semente e do solo (PESKE, 1983).

A reparação das membranas pode ocorrer, naturalmente, durante a hidratação das sementes com a reorganização dos fosfolipídios que a compõem (PANDEY, 1988). Para tanto, o prolongamento do tempo de embebição tem se mostrado eficiente e tem norteado as pesquisas que tentam o revigoramento das sementes. Estas, apesar de variáveis quanto ao método, baseiam-se na premissa de que, provocando-se a embebição lenta, há possibilidade do aparecimento de acréscimos na qualidade fisiológica das sementes, tanto pela restauração das membranas como, possivelmente, por uma reorganização metabólica a nível celular (KNYPL *et alii*, 1980; KNYPL & KHAN, 1981; WOODSTOCK & TAO, 1981; WOODSTOCK & TAYLORSON, 1981; PESKE, 1983; TILDEN & WEST, 1985 e PANDEY, 1988).

As técnicas que buscam o revigoramento pela ampliação do tempo de embebição são, genericamente, denominadas pré-condicionamento fisiológico (KHAN *et alii*, 1976). Metabolicamente, parecem estar relacionadas à ativação ou síntese de enzimas encarregadas da mobilização de gorduras e proteínas (KHAN *et alii*, 1978) e, conseqüentemente, à formação de ésteres fosfatados e glicose (KNYPL & KHAN, 1981). Paralelamente, tem sido constatada a redução das quantidades de ácido abscísico, ou de outros inibidores, com favorecimento à germinação (KHAN *et alii*, 1978; KNYPL & KHAN, 1981).

A realização, do pré-condicionamento fisiológico, favorece a lenta absorção de água até um limite inferior ao requerido para a emissão do eixo embrionário, o que permite à semente realizar todos os processos

metabólicos preparatórios à germinação (HEYDECKER *et alii*, 1975 e BRADFORD, 1986). Com o controle do potencial hídrico do substrato, a semente pode permanecer sem adentrar à fase de crescimento embrionário, o que permite aos indivíduos do lote certa uniformização quanto ao estado metabólico; tão logo o fornecimento de água seja ampliado, o crescimento é acionado quase que imediatamente (HEYDECKER *et alii*, 1975).

Dessa maneira, os objetivos do pré-condicionamento fisiológico são voltados a uniformizar e acelerar a germinação do lote, elevar a resistência das sementes às condições subótimas de temperatura, homogeneizar o desenvolvimento inicial das plântulas e, finalmente, influir positivamente sobre a produção (HEYDECKER *et alii*, 1975 e KHAN *et alii*, 1980/81). Portanto, são esperadas a redução no tempo de contato direto entre a semente e o solo e, conseqüentemente, a menor possibilidade do ataque de patógenos e insetos (KHAN *et alii*, 1976 e HERNER, 1986); além disso, as elevações de velocidade e de uniformidade na emergência contribuem para favorecer a competição das plantas cultivadas com o mato (HEYDECKER *et alii*, 1975; KHAN *et alii*, 1976 e AKALEHIWOT & BEWLEY, 1977).

O controle da hidratação por intermédio de soluções é denominado pré-condicionamento osmótico ou "priming", muito embora STEUTER *et alii* (1981) tenham sugerido o termo matricial em lugar do osmótico. O produto, mais generalizadamente adotado nessa prática, tem sido o polietileno glicol, também conhecido por PEG. Os seus alto peso molecular e inércia química, com a ausência de toxicidade sobre as plantas, têm permitido a recomendação para os estudos que requeiram o controle de hidratação das sementes (MANCHAR, 1966, PARMAR & MOORE, 1968; PRICOS & O'LEARY, 1970, HEYDECKER *et alii*, 1975; YOUNG *et alii*, 1983 e TONKIN, 1985). A calibração da concentração das soluções com PEG, visando atingir potenciais hídricos predeterminados, foi proposta por WALDREN & MANBEIAN (1970) e por MICHEL & KAUFMAN (1973), permitindo facilidades aos usuários dessa técnica. Como observações particulares em seu comportamento,

foram notados efeitos prejudiciais ao crescimento de pelos absorventes, quando usadas altas concentrações (JACKSON, 1962), uma variação no potencial hídrico atin- gido para uma mesma concentração em temperaturas dife- rentes (MICHEL & KAUFMAN, 1973) e, apesar da ausência de efeitos na absorção, dificuldades operacionais no manuseio do PEG 20000 com peso molecular superior ao do PEG 6000 (HADAS, 1976).

Os resultados obtidos com o uso do pré-condicio- namento não podem ser considerados como conclusivos. Ao mesmo tempo em que foram detectadas a aceleração e sincronização da germinação em condições ideais (HEY- DECKER *et alii*, 1973, AKALEHIYWOT & BEWLEY, 1977; ADEGBUYI *et alii*, 1981 e KNYPL & KHAN, 1981), a veloci- dade de emergência no campo pode não ser alterada (KHAN *et alii*, 1980/81). Ainda admitidas condições ideais para a germinação, os valores finais encontrados se ele varam (KNYPL & KHAN, 1981), não foram modificados (HEY- DECKER *et alii*, 1973 e ADEGBUYI *et alii*, 1981) ou se reduziram, apesar de haver estímulo ao crescimento ra- dicular (SINCLAIR, 1979). Em situações de temperatura subótima, a aceleração e sincronização da germinação e da emergência têm sido uma constante (HEYDECKER *et alii*, 1975; KHAN *et alii*, 1978; KNYPL *et alii*, 1980; ADEGBUYI *et alii*, 1981; BODSWORTH & BEWLEY, 1981 e KNYPL & KHAN, 1981).

A pequena amplitude de dados disponíveis não per- mite antever, com segurança, a viabilidade de uso do pré-condicionamento para toda a série de plantas cul- tivadas (BRADFORD, 1986). Paralelamente, apesar do aparente sucesso obtido em algumas pesquisas, há carên- cia de informações para que o método possa ser empre- gado em escala comercial; dentre estas, merecem des- taque as relacionadas aos aspectos de custo do proces- so, viabilidade operacional e contenção da atividade de microrganismos (HEYDECKER *et alii*, 1975 e TONKIN, 1979).

Dessa maneira, o presente trabalho objetivou ava- liar, nas sementes de milho, o significado do controle

hídrico durante a absorção em uma eventual recuperação da qualidade fisiológica.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi conduzida a partir de dois lotes de sementes de um híbrido duplo de milho (cv. HMD 7974) com uniformidade de tamanho entre os indivíduos (100% de retenção em peneira de crivos circulares com 23/64 de polegada).

Anteriormente ao processo de embebição, as sementes foram tratadas com fungicidas em dois níveis:

a) ST: ausência de fungicidas

b) CT: 2g/kg, de Thiabendazol (100g p.a./kg), seguindo recomendações de KIMATI *et alii* (1986).

A germinação foi conduzida em soluções aquosas de polietileno glicol (PEG 6000), seguindo a mesma metodologia empregada por SILVA & MARCOS FILHO (1990a), de maneira a possibilitar a obtenção de potenciais hídricos de 0, -3, -6, -9 e -12 atm. O prazo de contato com as soluções foi de 1, 2, 3, 4 e 5 dias sendo sucedido, invariavelmente, por período fixo de 5 dias sob condições de plena disponibilidade de água.

Assim, o conjunto das condições de hidratação obtidas, por lote e tratamento fungicida, foi o indicado na Tabela 1.

As determinações laboratoriais, efetuadas com quatro repetições estatísticas em delineamento inteiramente casualizado, adotaram os procedimentos descritos por SILVA & MARCOS FILHO (1990b). A sua listagem é a seguinte:

- a) Número de epicótilos e de raízes emersos
- b) Número de plântulas normais
- c) Número de plântulas anormais típicas
- d) Número de plântulas anormais infeccionadas

- e) Número de plântulas anormais (típicas + infeccionadas)
- f) Número de sementes mortas
- g) Comprimento do epicôtilo e da raiz das plântulas normais
- h) Comprimento das plântulas normais
- e) Comprimento de epicôtilo e raiz das plântulas (normais + anormais)
- j) Relação raiz/epicôtilo
- k) Comprimento das plântulas (normais + anormais)
- l) Velocidade diária de crescimento do epicôtilo e da raiz das plântulas (normais + anormais) durante 5 dias de plena disponibilidade de água
- m) Velocidade diária de crescimento das plântulas (normais + anormais) durante 5 dias de plena disponibilidade de água.

Tabela 1. Ambientes de hidratação para cada lote e fungicida. Obs. A base representa o potencial hídrico (atm) sem o sinal negativo e, o expoente, o número de dias de contato

Ambientes de hidratação				
0^5 (testemunha)				
3^1+0^5 ,	3^2+0^5 ,	3^3+0^5 ,	3^4+0^5 ,	3^5+0^5
6^1+0^5 ,	6^2+0^5 ,	6^3+0^5 ,	6^4+0^5 ,	6^5+0^5
9^1+0^5 ,	9^2+0^5 ,	9^3+0^5 ,	9^4+0^5 ,	9^5+0^5
12^1+0^5 ,	12^2+0^5 ,	12^3+0^5 ,	12^4+0^5 ,	12^5+0^5

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A pesquisa buscou, a partir de sementes com ausência (ST) e presença (CT) de tratamento fungicida, verificar a atuação do déficit hídrico como eventual fator estimulador na recuperação da qualidade fisiológica das sementes. Para tanto, ambientes de hidratação variáveis, quanto à intensidade e ao período de deficiência hídrica, foram comparados a uma testemunha representada por plena disponibilidade de água durante cinco dias.

As determinações relativas à emissão de estruturas embrionárias não detectaram quaisquer efeitos das causas de variação estudadas. Por este motivo, deixaram de ser apresentados.

Quanto à avaliação qualitativa de plântulas e de sementes não germinadas, apenas os efeitos de fungicidas foram observados (Tabelas 2, 3 e 4). A aplicação de fungicidas (CT) reduziu o número de plântulas normais (Tabela 2) ao mesmo tempo em que elevou o número de plântulas anormais típicas e o número de plântulas anormais (típicas + infeccionadas). O fato, até certo ponto inesperado, dá indicações da presença de fitotoxicidade.

Tabela 2. Número de plântulas normais; dados médios originais referentes aos efeitos de fungicidas nos Lotes A e B

Fungicidas	Lotes	
	A	B
CT	7,7B	7,3b
ST	8,1A	7,8a
cv %	7,0	9,4

Obs.: Comparações entre médias baseadas no Teste de Tukey - 5% de probabilidade

Tabela 3. Número de plântulas anormais típicas: dados médios originais referentes aos efeitos de fungicidas nos Lotes A e B

Fungicidas	Lotes	
	A	B
CT	0,8A	0,8a
ST	0,3B	0,3b
cv %	33,7	33,9

Obs.: Comparações entre médias baseadas no Teste de Tukey - 5% de probabilidade

Tabela 4. Número de plântulas anormais (típicas + infeccionadas): dados médios originais referentes aos efeitos de fungicidas nos Lotes A e B

Fungicidas	Lotes	
	A	B
CT	1,1A	1,2a
ST	0,6A	0,7b
cv %	31,8	37,2

Obs.: Comparações entre médias baseadas no Teste de Tukey - 5% de probabilidade

Nas demais determinações conduzidas, os efeitos de fungicidas e da interação com os ambientes não tiveram significado estatístico e, também, não revelaram quaisquer tendências nas análises de variância. Assim, foram apresentados somente os resultados referentes aos efeitos dos ambientes de hidratação, significativos em todas as determinações.

Os comprimentos de raiz, epicótilo e plântula, tanto para as plântulas normais como para o seu somatório com as anormais, estão apresentados nas Tabelas 5, 6, 7, 8, 9 e 10 e tiveram a testemunha (0^5) como referencial para a interpretação dos dados.

Os efeitos dos ambientes de hidratação, sobre os comprimentos da raiz, epicótilo e plântula, foram mais acentuados nas determinações que consideraram unicamente as plântulas normais (Tabelas 5, 7 e 9).

O comprimento da raiz (Tabela 5) indicou superioridade dos ambientes 3^3+0^5 , 3^4+0^5 , 3^5+0^5 , 6^5+0^5 e 9^5+0^5 em relação à testemunha em ambos os lotes. Adicionalmente, no lote B, o ambiente 12^5+0^5 também mostrou a mesma superioridade. Estes dados indicam efeitos de pré-condicionamento osmótico direcionados para os maiores períodos de exposição ao déficit de água em todos os potenciais hídricos testados e, se desconsiderados aspectos estatísticos, têm esta interpretação reforçada pela análise dos valores numéricos absolutos obtidos.

Por outro lado, o comprimento do epicótilo (Tabela 7), apesar das tendências similares às do comprimento da raiz, destacou como superiores à testemunha a grande maioria dos ambientes em ambos os lotes. As exceções, encontradas no lote B, foram as dos ambientes 9^1+0^5 , 9^3+0^5 , 9^5+0^5 , 12^1+0^5 e 12^3+0^5 que não diferiram da testemunha.

Os resultados do comprimento da plântula (Tabela 9) apresentaram comportamento intermediário aos ocorridos para os comprimentos de raiz e de epicótilo.

Tabela 5. Comprimento da raiz das plântulas normais: da dos médios (mm) referentes aos efeitos de ambientes nos Lotes A e B

Ambientes	Lotes	
	A	B
0 ⁵ (Test.)	190,3 efg	201,9 bc
3 ¹ +0 ⁵	176,8 fg	181,4 cd
3 ² +0 ⁵	197,5 def	202,8 bc
3 ³ +0 ⁵	218,0 bcd	232,5a
3 ⁴ +0 ⁵	236,8ab	237,8a
3 ⁵ +0 ⁵	244,9a	241,0a
6 ¹ +0 ⁵	174,3 fg	174,5 d
6 ² +0 ⁵	186,4 efg	186,4 bcd
6 ³ +0 ⁵	196,3 def	198,4 bc
6 ⁴ +0 ⁵	210,5 cde	202,1 bc
6 ⁵ +0 ⁵	239,6ab	248,5a
9 ¹ +0 ⁵	178,0 fg	180,5 cd
9 ² +0 ⁵	187,5 efg	186,1 bcd
9 ³ +0 ⁵	191,5 efg	187,9 bcd
9 ⁴ +0 ⁵	181,8 fg	207,9 b
9 ⁵ +0 ⁵	231,8abc	255,1a
12 ¹ +0 ⁵	185,2 fg	174,4 d
12 ² +0 ⁵	172,9 fg	188,3 bcd
12 ³ +0 ⁵	186,3 efg	186,9 bcd
12 ⁴ +0 ⁵	182,2 fg	187,4 bcd
12 ⁵ +0 ⁵	168,1 g	250,6a
cv %	6,9	6,1

Obs.: Comparações entre médias baseadas no teste de Tukey - 5% de probabilidade

Tabela 6. Comprimento da raiz das plântulas (normais + anormais): dados médios (mm), do somatório na população, referentes aos efeitos de ambientes nos Lotes A e B

Ambientes	Lotes	
	A	B
0 ⁵ (Test.)	1685,3 bcde	1793,0abcde
3 ¹ +0 ⁵	1638,0 cde	1607,9 cdef
3 ² +0 ⁵	1709,4 bcde	1730,6abcde
3 ³ +0 ⁵	1893,6abc	2102,3abc
3 ⁴ +0 ⁵	2102,8ab	2100,8abc
3 ⁵ +0 ⁵	2295,5a	2164,9a
6 ¹ +0 ⁵	1524,1 cde	1580,0 def
6 ² +0 ⁵	1547,5 cde	1639,4 bcdef
6 ³ +0 ⁵	1629,9 cde	1600,6 cdef
6 ⁴ +0 ⁵	1745,6 bcd	1593,0 cdef
6 ⁵ +0 ⁵	1915,0abc	2149,6ab
9 ¹ +0 ⁵	1667,3 cde	1578,1 def
9 ² +0 ⁵	1608, cde	1500,0 ef
9 ³ +0 ⁵	1708,1 bcde	1598,0 cdef
9 ⁴ +0 ⁵	1407,6 de	1667,0abcdef
9 ⁵ +0 ⁵	1934,0abc	2050,1abcd
12 ¹ +0 ⁵	1739,8 bcd	1473,0 ef
12 ² +0 ⁵	1545,1 cde	1689,5abcdef
12 ³ +0 ⁵	1558,6 cde	1622,1 cdef
12 ⁴ +0 ⁵	1439,1 de	1215,6 f
12 ⁵ +0 ⁵	1319,0 e	1931,4abcde
cv %	13,6	16,3

Obs.: Comparações entre médias baseadas no teste de Tukey - 5% de probabilidade

Tabela 7. Comprimento do epicótilo das plântulas normais: dados médios (mm) referentes aos efeitos de ambientes nos Lotes A e B

Ambientes	Lotes	
	A	B
0 ⁵ (Test.)	111,0 f	128,4 f
3 ¹ +0 ⁵	156,1 de	160,8 bcde
3 ² +0 ⁵	173,6 bcd	174,3abcd
3 ³ +0 ⁵	185,2abc	182,4ab
3 ⁴ +0 ⁵	192,5ab	197,9a
3 ⁵ +0 ⁵	209,5a	179,3abc
6 ¹ +0 ⁵	161,4 cde	156,6 bcde
6 ² +0 ⁵	166,4 bcde	165,2 bcde
6 ³ +0 ⁵	174,0 bcd	167,5 bcd
6 ⁴ +0 ⁵	192,3ab	175,0abcd
6 ⁵ +0 ⁵	175,5 bcd	180,1ab
9 ¹ +0 ⁵	150,4 de	150,0 def
9 ² +0 ⁵	171,5 bcde	161,2 bcde
9 ³ +0 ⁵	177,5 bcd	151,7 def
9 ⁴ +0 ⁵	177,0 bcd	158,0 bcde
9 ⁵ +0 ⁵	173,3 bcd	149,2 def
12 ¹ +0 ⁵	151,3 de	138,9 ef
12 ² +0 ⁵	143,1 e	153,7 cdef
12 ³ +0 ⁵	166,2 bcde	151,2 def
12 ⁴ +0 ⁵	163,9 bcde	169,2 bcd
12 ⁵ +0 ⁵	144,0 bcde	159,1 bcde
cv %	9,3	8,9

Obs.: Comparações entre médias baseadas no teste de Tukey - 5% de probabilidade

Tabela 8. Comprimento do epicôtilo das plântulas (normais + anormais): dados médios (mm), do somatório na população, referentes aos efeitos de ambientes nos Lotes A e B

Ambientes	Lotes	
	A	B
0 ⁵ (Test.)	984,9 c	1135,3 cd
3 ¹ +0 ⁵	1390,6 b	1401,1abcd
3 ² +0 ⁵	1467,6 b	1428,3abcd
3 ³ +0 ⁵	1577,1ab	1657,5a
3 ⁴ +0 ⁵	1577,6ab	1607,4ab
3 ⁵ +0 ⁵	1901,1a	1520,9abc
6 ¹ +0 ⁵	1373,1 b	1382,8abcd
6 ² +0 ⁵	1431,5 b	1374,3abcd
6 ³ +0 ⁵	1435,3 b	1310,3abcd
6 ⁴ +0 ⁵	1506,6 b	1278,4abcd
6 ⁵ +0 ⁵	1348,9 bc	1517,6abc
9 ¹ +0 ⁵	1376,8 b	1257,4abcd
9 ² +0 ⁵	1462,8 b	1266,4abcd
9 ³ +0 ⁵	1535,4ab	1256,0abcd
9 ⁴ +0 ⁵	1303,3 bc	1177,6 cd
9 ⁵ +0 ⁵	1416,1 b	1175,1 cd
12 ¹ +0 ⁵	1379,9 b	1067,3 d
12 ² +0 ⁵	1245,6 bc	1318,9abcd
12 ³ +0 ⁵	1353,8 bc	1249,5abcd
12 ⁴ +0 ⁵	1276,0 bc	1023,6 d
12 ⁵ +0 ⁵	1243,8 bc	1196,5 bcd
cv %	14,4	17,6

Obs.: Comparações entre médias baseadas no teste de Tukey - 5% de probabilidade

Tabela 9. Comprimento das plântulas normais: dados médios (mm) referentes aos efeitos de ambientes nos Lotes A e B

Ambientes	Lotes	
	A	B
0 ⁵ (Test.)	301,3 h	330,3 ef
3 ¹ +0 ⁵	332,9 efgh	342,1 def
3 ² +0 ⁵	371,2 cde	377,1 bcd
3 ³ +0 ⁵	403,2 bcd	414,9ab
3 ⁴ +0 ⁵	429,3ab	435,7a
3 ⁵ +0 ⁵	454,4a	420,3a
6 ¹ +0 ⁵	335,8 efgh	331,0 ef
6 ² +0 ⁵	361,6 def	351,6 def
6 ³ +0 ⁵	370,3 cdef	365,8 cde
6 ⁴ +0 ⁵	402,8 bcd	377,1 bcd
6 ⁵ +0 ⁵	415,0ab	428,6a
9 ¹ +0 ⁵	328,3 fgh	330,5 ef
9 ² +0 ⁵	359,0 ef	347,3 def
9 ³ +0 ⁵	369,0 cdef	339,5 def
9 ⁴ +0 ⁵	358,8 ef	365,9 cde
9 ⁵ +0 ⁵	405,1 bc	404,3abc
12 ¹ +0 ⁵	336,5 efgh	331,3 f
12 ² +0 ⁵	316,0 gh	342,0 def
12 ³ +0 ⁵	352,5 efg	338,1 def
12 ⁴ +0 ⁵	346,1 efg	356,5 de
12 ⁵ +0 ⁵	331,4 efgh	409,6ab
cv %	6,4	6,0

Obs.: Comparações entre médias baseadas no teste de Tukey - 5% de probabilidade

Tabela 10. Comprimento das plântulas (normais + anormais): dados médios (mm), do somatório na população, referentes aos efeitos de ambientes nos Lotes A e B

	Lotes	
	A	B
0 ⁵ (Test.)	2681,4 de	2928,3abcd
3 ¹ +0 ⁵	3028,6 bcde	3009,0abcd
3 ² +0 ⁵	3177,0 bcde	3158,9abc
3 ³ +0 ⁵	3470,8 bc	3759,8a
3 ⁴ +0 ⁵	3680,4ab	3708,1ab
3 ⁵ +0 ⁵	4218,6a	3685,8ab
6 ¹ +0 ⁵	2897,3 de	2963,6abcd
6 ² +0 ⁵	2979,0 bcde	3013,6abcd
6 ³ +0 ⁵	3065,0 bcde	2910,9abcd
6 ⁴ +0 ⁵	3252,4 bcde	2871,4 bcd
6 ⁵ +0 ⁵	3263,9 bcde	3667,3ab
9 ¹ +0 ⁵	3044,0 bcde	2835,5 bcd
9 ² +0 ⁵	3060,4 bcde	2753,3 cd
9 ³ +0 ⁵	3243,5 bcde	2854,0 bcd
9 ⁴ +0 ⁵	2710,9 de	2844,6 bcd
9 ⁵ +0 ⁵	3350,1 bcd	3225,3abc
12 ¹ +0 ⁵	3119,6 bcde	2540,3 cd
12 ² +0 ⁵	2790,8 cde	2915,9abcd
12 ³ +0 ⁵	2912,4 cde	2817,6 bcd
12 ⁴ +0 ⁵	2715,1 de	2239,3 d
12 ⁵ +0 ⁵	2562,8 e	3127,9abc
cv %	13,1	16,0

Obs.: Comparações entre médias baseadas no teste de Tukey - 5% de probabilidade

Apesar de expressiva parte dos ambientes haverem superado a testemunha no lote A, alguns deles (3^1+0^5 , 6^1+0^5 , 9^1+0^5 , 12^1+0^5 , 12^5+0^5) não diferiram do referencial; no lote B, a frequência de casos de superioridade à testemunha foi reduzido (3^2+0^5 , 3^3+0^5 , 3^4+0^5 , 3^5+0^5 , 6^4+0^5 , 6^5+0^5 , 9^5+0^5 , 12^5+0^5). De qualquer forma, a tendência de resultados superiores para os déficits hídricos mais prolongados, dentro de cada potencial, foi mantida.

Ao serem analisados os resultados dos comprimentos que consideraram as plântulas "normais + anormais" (Tabelas 6, 8 e 10) as diferenças estatísticas em relação à testemunha foram atenuadas.

Assim, para o comprimento da raiz (Tabela 6), apenas o ambiente 3^5+0^5 , no lote A, diferiu da testemunha ao superá-la e, no lote B, o ambiente 12^4+0^5 foi estatisticamente inferior à testemunha. No caso do comprimento do epicótilo (Tabela 8), considerando-se o lote B, os ambientes 6^5+0^5 , 9^4+0^5 , 12^2+0^5 , 12^3+0^5 , 12^4+0^5 e 12^5+0^5 superaram a testemunha; para o lote A, contudo, apenas o ambiente 3^3+0^5 apresentou a referida superioridade.

Para o comprimento das plântulas (Tabela 10), e apenas no lote A, houve superioridade de alguns ambientes (3^3+0^5 , 3^4+0^5 e 3^5+0^5) em relação à testemunha.

As tendências gerais encontradas nos comprimentos de raiz, epicótilo e plântulas sugerem vantagens ao crescimento promovidas pelos déficits hídricos mais prolongados dentro de cada potencial. Maior destaque, contudo, merece ser dado ao ambiente que conteve a situação 12^5 , pois foi o último a iniciar a germinação e, como tal, não contou com acentuada vantagem sobre a testemunha nesse aspecto.

Dessa maneira, pode ser prevista a possibilidade de através da aplicação, por curto período, de um déficit hídrico no ambiente de hidratação das sementes postas a germinar, estimular o crescimento inicial das estruturas embrionárias a atingir valores superiores

acs obtidos sem essa prática. Esta constatação concorda com as obtidas por TILDEN & WEST (1985). MATTHEWS & POWELL (1986) e EIRA (1988) com sementes de soja e de hortaliças.

A relação "raiz/epicótilo" acha-se indicada na Tabela 11. No caso do lote A, a testemunha foi superior a todos os outros tratamentos; já, no lote B, a testemunha superou a maioria dos demais ambientes de hidratação, com exceção de 3^4+0^5 , 3^5+0^5 , 6^5+0^5 , 9^4+0^5 , 12^1+0^5 e 12^5+0^5 que foram semelhantes àquela. A verificação dos dados de comprimento das estruturas embriônicas (Tabelas 6 e 8), sugere que a generalizada redução na relação "raiz/epicótilo" em comparação com a testemunha não se deveu à inibição do crescimento radicular, mas sim ao estímulo dado ao epicótilo. Esta observação é inversa à obtida por SILVA & MARCOS FILHO (1990b); deve-se considerar, contudo, que naquele caso todos os ambientes comparados, inclusive a testemunha, contavam com o mesmo prazo de hidratação, o que não aconteceu na situação presente.

Os dados das velocidades diárias de crescimento da raiz, epicótilo e plântula, considerando apenas os cálculos para as plântulas "normais + anormais", estão contidos nas Tabelas 12, 13 e 14.

Com relação à raiz (Tabela 12), a testemunha não se diferenciou estatisticamente de grande parte dos demais ambientes. Como exceções, foram inferiores ao referencial, em ambos os lotes, os ambientes 3^4+0^5 , 3^5+0^5 , 6^4+0^5 , 6^5+0^5 e, exclusivamente no lote B, o ambiente 12^4+0^5 . Adicionalmente, desconsiderados os procedimentos estatísticos, foi observável uma tendência generalizada de superioridade da testemunha em relação aos demais casos.

A velocidade de crescimento do epicótilo (Tabela 13) mostrou, diferentemente do relatado para a raiz, inferioridade estatística da testemunha em relação à maioria dos ambientes no lote A e, no lote B, apenas numericamente. As exceções foram, no lote A, a ausência

Tabela 11. Relação raiz/epicôtilo nas plântulas (normais + anormais): dados médios da população referentes aos efeitos de ambientes nos Lotes A e B

Ambientes	Lotes	
	A	B
0 ⁵ (Test.)	1,72a	1,58abc
3 ¹ +0 ⁵	1,18 de	1,15 f
3 ² +0 ⁵	1,16 de	1,21 def
3 ³ +0 ⁵	1,21 cde	1,28 def
3 ⁴ +0 ⁵	1,43 bc	1,33 cdef
3 ⁵ +0 ⁵	1,23 bcde	1,44 bcd
6 ¹ +0 ⁵	1,12 de	1,15 f
6 ² +0 ⁵	1,09 e	1,21 def
6 ³ +0 ⁵	1,14 de	1,23 def
6 ⁴ +0 ⁵	1,16 de	1,27 def
6 ⁵ +0 ⁵	1,46 b	1,43 bcde
9 ¹ +0 ⁵	1,21 cde	1,26 def
9 ² +0 ⁵	1,11 e	1,18 def
9 ³ +0 ⁵	1,12 e	1,29 def
9 ⁴ +0 ⁵	1,08 e	1,42 bcde
9 ⁵ +0 ⁵	1,36 bcd	1,76a
12 ¹ +0 ⁵	1,27 bcde	1,40 bcdef
12 ² +0 ⁵	1,24 bcde	1,29 def
12 ³ +0 ⁵	1,16 de	1,31 def
12 ⁴ +0 ⁵	1,15 de	1,18 ef
12 ⁵ +0 ⁵	1,06 e	1,60ab
cv %	10,6	10,7

Obs.: Comparações entre médias baseadas no teste de Tukey - 5% de probabilidade

Tabela 12. Velocidade diária de crescimento da raiz das plântulas (normais + anormais) durante 5 dias de plena disponibilidade de água: da dos médios (mm/dia), do somatário na população, referentes aos efeitos de ambientes nos Lotes A e B

Ambientes	Lotes	
	A	B
0 ⁵ (Test.)	337,0ab	358,6a
3 ¹ +0 ⁵	327,5ab	320,8ab
3 ² +0 ⁵	318,1abc	286,9abc
3 ³ +0 ⁵	258,8 bcde	294,5ab
3 ⁴ +0 ⁵	194,3 e	177,6 de
3 ⁵ +0 ⁵	182,9 e	149,8 e
6 ¹ +0 ⁵	304,8abc	316,0ab
6 ² +0 ⁵	306,5abc	311,0ab
6 ³ +0 ⁵	295,8abcd	274,6abcd
6 ⁴ +0 ⁵	244,8 cde	186,5 cde
6 ⁵ +0 ⁵	216,0 de	239,5 bcde
9 ¹ +0 ⁵	332,9ab	315,8ab
9 ² +0 ⁵	321,3abc	299,8ab
9 ³ +0 ⁵	335,8ab	315,9ab
9 ⁴ +0 ⁵	254,3 bcde	291,5ab
9 ⁵ +0 ⁵	313,1abc	338,1ab
12 ¹ +0 ⁵	348,0a	294,6ab
12 ² +0 ⁵	309,3abc	337,9ab
12 ³ +0 ⁵	311,6abc	324,5ab
12 ⁴ +0 ⁵	287,9abcd	242,3 bcde
12 ⁵ +0 ⁵	263,4 bcde	370,3a
cv %	15,9	19,6

Obs.: Comparações entre médias baseadas no teste de Tukey - 5% de probabilidade

Tabela 13. Velocidade diária de crescimento do epicôtilo das plântulas (normais + anormais) durante 5 dias de plena disponibilidade de água: dados médios (mm/dia), do somatório na população, referentes aos efeitos de ambientes nos Lotes A e B

Ambientes	Lotes	
	A	B
0 ⁵ (Test.)	197,0 c	227,0 b
3 ¹ +0 ⁵	278,1ab	280,2ab
3 ² +0 ⁵	292,1ab	279,0ab
3 ³ +0 ⁵	308,9ab	316,6a
3 ⁴ +0 ⁵	295,4ab	288,3ab
3 ⁵ +0 ⁵	328,4a	243,9ab
6 ¹ +0 ⁵	274,6ab	276,5ab
6 ² +0 ⁵	286,3ab	274,3ab
6 ³ +0 ⁵	286,2ab	260,1ab
6 ⁴ +0 ⁵	295,9ab	246,3ab
6 ⁵ +0 ⁵	255,7abc	288,2ab
9 ¹ +0 ⁵	275,4ab	251,5ab
9 ² +0 ⁵	292,5ab	253,3ab
9 ³ +0 ⁵	307,0ab	251,2ab
9 ⁴ +0 ⁵	260,6abc	234,6ab
9 ⁵ +0 ⁵	282,6ab	232,5ab
12 ¹ +0 ⁵	276,0ab	213,5 b
12 ² +0 ⁵	249,1 bc	263,8ab
12 ³ +0 ⁵	270,8abc	249,9ab
12 ⁴ +0 ⁵	255,2abc	204,7 b
12 ⁵ +0 ⁵	248,8 bc	239,3ab
cv %	14,7	18,1

Obs.: Comparações entre médias baseadas no teste de Tukey - 5% de probabilidade

Tabela 14. Velocidade diária de crescimento das plântulas (normais + anormais) durante 5 dias de plena disponibilidade de água: dados médios (mm/dia), do somatório na população, referentes aos efeitos de ambientes nos Lotes A e B

Ambientes	Lotes	
	A	B
0 ⁵ (Test.)	534,0abc	585,7ab
3 ¹ +0 ⁵	605,5abc	601,0ab
3 ² +0 ⁵	600,5abc	566,1abc
3 ³ +0 ⁵	567,8abc	611,0a
3 ⁴ +0 ⁵	489,7 bc	463,3abc
3 ⁵ +0 ⁵	476,3 bc	393,6 c
6 ¹ +0 ⁵	579,4abc	592,5ab
6 ² +0 ⁵	592,8abc	585,1ab
6 ³ +0 ⁵	581,9abc	534,7abc
6 ⁴ +0 ⁵	540,6abc	433,0 bc
6 ⁵ +0 ⁵	472,1 c	527,4abc
9 ¹ +0 ⁵	608,8abc	567,0abc
9 ² +0 ⁵	611,4abc	550,6abc
9 ³ +0 ⁵	642,7a	567,0abc
9 ⁴ +0 ⁵	514,7abc	526,2abc
9 ⁵ +0 ⁵	595,7abc	570,5abc
12 ¹ +0 ⁵	623,9ab	508,1abc
12 ² +0 ⁵	558,2abc	583,2ab
12 ³ +0 ⁵	582,5abc	574,3ab
12 ⁴ +0 ⁵	543,0abc	447,9abc
12 ⁵ +0 ⁵	511,5abc	609,7ab
cv %	14,5	17,9

Obs.: Comparações entre médias baseadas no teste de Tukey - 5% de probabilidade

de diferenças estatísticas entre a testemunha e os ambientes 6^5+0^5 , 9^4+0^5 , 12^2+0^5 , 12^4+0^5 e 12^5+0^5 e, no lote B, a superioridade estatística do ambiente 3^3+0^5 em relação à testemunha.

A velocidade diária de crescimento da plântula (Tabela 14) indicou equivalência estatística entre a testemunha e os demais ambientes, com exceção feita ao ambiente 3^3+0^5 , no lote B, que foi inferior à testemunha. Esta constatação, aparentemente coerente com os resultados anteriores, parece haver decorrido de um equilíbrio numérico entre as tendências havidas para a raiz e epicótilo nestas avaliações; assim, enquanto o pré-condicionamento acelerava o crescimento do epicótilo, inibia levemente o da raiz de tal forma que, durante a soma para a composição da velocidade de crescimento da plântula, as tendências opostas se neutralizavam.

CONCLUSÕES

A interpretação dos resultados permite as seguintes constatações:

- A técnica do pré-condicionamento hídrico das sementes de milho pode, se devidamente adaptada em seus detalhes, propiciar algumas vantagens no desenvolvimento das plântulas delas oriundas.

- O tratamento químico fungicida das sementes, submetidas ao pré-condicionamento hídrico, pode não trazer os benefícios esperados às plântulas. Há casos isolados, ligados à produção de anormalidades nas estruturas embrionárias, em que o seu efeito é prejudicial.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADEGBUYI, E.; COOPER, R.S.; DON, R. Osmotic priming of some herbage grass seed using polyethylene glycol (PEG). *Seed Science and Technology*, Zurich, 9(3): 867-78, 1981.
- AKALEHIYOT, T. & BEWLEY, J.D. Promotion and synchronization of cereal grain germination by osmotic pretreatment with polyethylene glycol. *Journal of Agricultural Science*, Cambridge, 89:503-6, 1977.
- BODSWORTH, S. & BEWLEY, J.D. Osmotic priming of seeds of crop species with polyethylene glycol as a means of enhancing early and synchronous germination at cool temperatures. *Canadian Journal of Botany*, Ottawa, 59:672-6, 1981.
- BRADFORD, K.J. Manipulation of seed water relations via osmotic priming to improve germination under stress conditions. *Hortscience*. Alexandria, 21(5): 1105-12, 1986.
- CAL, J.P. & OBENDORF, R.L. Imbibitional chilling injury in *Zea mays* L. altered by initial kernel moisture and maternal parent. *Crop Science*, Madison, 12:369-73, 1972.
- EIRA, M.T.S. Condicionamento osmótico de sementes de alface (*Lactuca sativa* L.); efeitos sobre a germinação e desempenho sob estresses hídrico, salino e térmico. Piracicaba, 1988. 90p. (Mestrado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).
- HADAS, A. Water uptake and germination of leguminous seeds under changing external water potential in osmotic solutions. *Journal of Experimental Botany*, Oxford, 27:480-9, 1976.
- HENDRICKS, S.B. & TAYLORSON, R.B. Variation in the germination and aminoacid leakage of seeds with temperature related to membrane phase change. *Plant Physiology*, Rochville, 58:7-11, 1976.

- HERNER, R.C. Germination under cold soil conditions. *Hortscience*, Alexandria, 21(5):1118-22, 1986.
- HEYDECKER, W.; HIGGINS, J.; GULLIVER, R.I. Accelerated germination by osmotic seed treatment. *Nature*, London, 246(42-4), 1973.
- HEYDECKER, W.; HIGGINS, J.; TURNER, Y.J. Invigoration of seeds? *Seed Science and Technology*, Zurich, 3: 881-8, 1975.
- JACKSON, W.T. Use of carbowaxes (polyethylene glycols) as osmotic agents. *Plant Physiology*, Rockville, 37(4):513-9, 1962.
- KHAN, A.A.; BRAUN, J.W.; TAO, K.L.; MILLIER, W.F.; BENSIN, R.F. New methods for maintaining seed vigor and improving performance. *Journal of Seed Technology*, East Lansing, 1(2):33-57, 1976.
- KHAN, A.A.; PECK, N.H.; SAMIMY, C. Seed osmoconditioning, physiological and biochemical changes. *Israel Journal of Botany*, Jerusalem, 29:133-44, 1980/81.
- KHAN, A.A.; TAO, K.L.; KNYPL, J.S.; BORKOWSKA, B.; POWELL, L.E. Osmotic conditioning of seeds: physiological and biochemical changes. *Acta Horticulturae*. The Hague, 83:267-78, 1978.
- KIMATI, H.; SOAVE, J.; ESKES, A.B.; KUROZAWA, C.; BRIGNANI NETO, F.; FERNANDES, N.G. *Guia de fungicidas agrícolas*. Piracicaba, Livroceres, 1986. 281p.
- KNYPL, J.S. & KHAN, A.A. Osmoconditioning of soybeans seeds to improve performance at suboptimal temperatures. *Agronomy Journal*, Madison, 73:112-6, 1981.
- KNYPL, J.S.; JANAS, K.M.; RADZIWONOWSKA-JOZWIAK, A. Is enhanced vigour in soybean (*Glycine max*) dependent on activation of protein turnover during controlled hydration of seeds? *Physiologie Vegetale*, Paris, 18(1):157-61, 1980.
- LABORIAU, L.G. *A germinação das sementes*. Washington, OEA, 1983. 174p.

- MANCHAR, M.S. Effects of osmotic systems on germination of peas (*Pisum sativum* L.). *Planta*, New York, 71: 81-8, 1966.
- MARCOS FILHO, J. Germinação de sementes. In: SEMANA DE ATUALIZAÇÃO EM PRODUÇÃO DE SEMENTES, 1., Piracicaba, 1986. Campinas, Fundação Cargill, 1986. p.11-39.
- MATTHEWS, S. & POWELL, A.A. Environmental and physiological constraints on field performance of seeds. *Hortscience*, Alexandria, 21(5):1125-8, 1986.
- MICHEL, B.E. & KAUFMAN, M.E. The osmotic potential of polyethylene glycol 6000. *Plant Physiology*, Rockville, 51:914-6, 1973.
- PANDEY, D.K. Priming induced repair in french bean seeds. *Seed Science and Technology*, Zurich, 16: 527-32, 1988.
- PARMAR, M.T. & MOORE, R.P. Carbowax 6000, mannitol, and sodium chloride for simulating drought conditions in germination studies of corn (*Zea mays* L.) of strong and weak vigor. *Agronomy Journal*, Madison, 60:192-5, 1968.
- PESKE, S.T. Germination and emergence of soybean seeds as related to moisture stress. Mississippi, 1983. 81p. (PhD - Mississippi State University).
- PESKE, S.T. & DELOUCHE, J.C. Semeadura de soja em condições de baixa umidade do solo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 20(1):69-85, 1985.
- PRISCO, J.F. & O'LEARY, J.W. Osmotic and "toxic" effects of salinity on germination of *Phaseolus vulgaris* L. seeds, Turrialba, San Jose, 20(2): 177-84, 1970.
- SINCLAIR, J.B. Soybean seed pathology. In: YORINORI, J.T.; SINCLAIR, K.B.; MEHTA, Y.R.; MOHAN, S.K., ed. *Seed pathology, problems and progress*. Londrina, IAPAR, 1979. 274p.

- SILVA, W.R. & MARCOS FILHO, J. Avaliação da embebição e do desenvolvimento inicial das estruturas embriônicas de sementes de milho submetidas a diferentes potenciais hídricos. *Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"*, Piracicaba, 47(2): 335-59, 1990a.
- SILVA, W.R. & MARCOS FILHO, J. Estudo comparativo entre o desenvolvimento de plântulas de milho após período de exposição a vários potenciais hídricos. *Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"*, Piracicaba, 47(2):361-87, 1990b.
- STEUTER, A.A.; MOZAFAR, A.; GOODIN, J.R. Water potential of aqueous polyethylene glycol. *Plant Physiology*, Pockville, 67:64-7, 1981.
- TILDEN, R.L. & WEST, S.H. Reversal of the effects of aging in soybean seeds. *Plant Physiology*, Rochville, 77:584-6, 1985.
- TONKIN, J.H.B. Pelleting and other presowing treatments. *Advances in Research and Technology of Seeds*, Wageningen, 4:84-105, 1979.
- TONKIN, J.H.B. Pelleting and other pre-sowing treatments. *Advances in Research and Technology of Seeds*, Wageningen, 9:94-127, 1985.
- WALDREN, L.J. & MANBEIAN, T. Soil moisture characteristics by osmosis with polyethylene glycol; a simple system with osmotic pressure data and some results. *Soil Science*, New Brunswick, 110:401-4, 1979.
- WOODSTOCK, L.W. & TAO, K.L.J. Prevention of imbibitional injury in low vigor soybean embryonic axes by osmotic control of water uptake. *Physiologia Plantarum*, Kobenhavn, 51:133-9, 1981.
- WOODSTOCK, L.W. & TAYLORSON, R.B. Soaking injury and its reversal with polyethylene glycol in relation to respiratory metabolism in high and low vigor soybean seeds. *Physiologia Plantarum*, Kobenhavn, 53:263-8, 1981.

416 An.ESALQ, Piracicaba, 47(parte 2):389-416, 1990

YOUNG, J.A.; EVANS, R.A.; ROUNDY, B.; GREG, C. *Moisture stress and seed germination*. Washington, USDA, 1983. 40p. (Agric. Res. Service, 36).

Entregue para publicação em: 26/01/90

Aprovado para publicação em: 10/10/90