

## POTENCIAL FISIOLÓGICO DE SEMENTES DE MILHO HIDRATADAS PELO MÉTODO DO SUBSTRATO DE PAPEL TOALHA

CLAUDEMIR ZUCARELI<sup>1</sup>, CLÁUDIO CAVARIANI<sup>2</sup>, GEORGGIA PORTUGAL<sup>3</sup>, JOÃO NAKAGAWA<sup>4</sup>

RESUMO - Na avaliação da qualidade de sementes pode ser necessária a hidratação das mesmas, como ocorre no teste de deterioração controlada que requer a uniformização do teor de água na amostra de sementes antes do processo de deterioração. Objetivou-se com o presente trabalho avaliar o potencial fisiológico de sementes de milho após a hidratação pelo método do substrato de papel toalha, sob diferentes temperaturas e quantidades de água no substrato, para elevar o teor de água para 15%, 20% e 25%. Foram avaliadas três quantidades de água no substrato (2,0; 2,5 e 3,0 vezes a massa do papel), sob temperaturas de 20 e 30°C. A qualidade inicial das sementes e após a hidratação foi determinada pelos seguintes testes: teor de água, massa de mil sementes, germinação, massa seca de plântulas, teste de frio, envelhecimento acelerado, condutividade elétrica, tetrazólio, porcentagem e velocidade de emergência das plântulas em campo. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey, a 5%, seguindo o delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial (3x2), independentemente para cada teor de água. A hidratação pelo método do substrato de papel toalha não afetou a germinação de sementes de milho, independentemente da temperatura e das proporções de água no substrato. As proporções de 2,0 e 2,5 vezes a massa do substrato papel toalha em água para a temperatura de 30°C e de 3,0 vezes a massa do substrato para a temperatura de 20°C não alteraram o potencial fisiológico das sementes, mostrando-se adequadas para hidratação de sementes de milho para teores de água de 15, 20 e 25%.

Termos para indexação: *Zea mays* L., germinação, teor de água.

### PHYSIOLOGICAL POTENTIAL OF MAIZE SEEDS HYDRATED BY THE METHOD OF PAPER TOWEL SUBSTRATE

ABSTRACT - In the evaluation of the seed quality it may be necessary the hydration of the seeds, as in the controlled deterioration test that requires uniformization in the moisture content of the seed lots before the process of deterioration. The goal of the paper was to evaluate the physiological potential of maize seeds after the hydration through the method of paper towel substrate, under different temperatures and amounts of water in the substrate, for raising the water content to 15%, 20% and 25%. Three amounts of water were evaluated in the paper towel substrate (2,0; 2,5 and 3,0 times the paper mass), under temperatures of 20 and 30° C. The quality of the seeds, both before and after the hydration, were determined by the following evaluations: moisture content, mass of thousand seeds, germination, seedlings dry weight, cold test, accelerated aging, electrical conductivity, tetrazolium, percentage and speed of emergence of seedlings on field. The experiment was conducted in a

<sup>1</sup> Submetido em 15/01/2008. Aceito para publicação em 20/08/2008.

<sup>1</sup> Prof. Adjunto, Dr., Depto. de Agronomia da Universidade Estadual de Londrina (UEL), Caixa Postal 6001, CEP86051-990, Londrina-PR; e-mail: claudemircca@uel.br.

<sup>2</sup> Prof. Assistente, Dr., Faculdade de Ciências Agrônomicas-UNESP/

Botucatu.

<sup>3</sup> Eng<sup>a</sup> Agr<sup>a</sup>, Programa de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Estadual de Londrina-PR.

<sup>4</sup> Prof. Titular Aposentado, Voluntário, Faculdade de Ciências Agrônomicas -UNESP/Botucatu.

completely randomized design outlining in a factorial scheme (3x2), independently for each moisture content. The data were submitted to analysis of variation and the average compared by the Tukey test at 5%. The hydration by the method of paper towel substrate did not affect the germination of the maize seeds, independently of temperature and amount of water in the substrate. The proportions of 2,0 and 2,5 times the mass of paper towel substrate under temperature of 30°C and of 3,0 times the mass of substrate under temperature of 20°C did not affect the physiological potential of seeds, being adequate in the hydration of maize seeds for the moisture content of 15, 20 and 25%.

Indexation terms: *Zea mays* L., germination, moisture content.

## INTRODUÇÃO

As sementes, mesmo dormentes, exceto no caso da dormência causada por impermeabilidade do tegumento, embebem ou reidratam quando colocadas em contato direto com a água ou quando expostas à ambientes com alta umidade relativa (Bewley e Black, 1994).

O potencial hídrico das sementes depende do teor de água das mesmas. Sementes secas apresentam geralmente baixo potencial hídrico em relação ao substrato usado para germinação, sendo que, a movimentação de moléculas de água entre os dois sistemas depende da diferença de potencial hídrico entre os mesmos. Com a absorção de água, o fluxo hidráulico da semente aumenta e tende a se igualar ao do substrato (Shioga, 1990).

A velocidade de absorção de água pela semente depende de fatores como espécie, disponibilidade de água, área de contato, temperatura (Carvalho e Nakagawa, 2000), natureza do material de reserva, permeabilidade do tegumento, pressão osmótica da água, tempo de exposição ao ambiente úmido, teor de água inicial (Vertucci e Leopold, 1983) e qualidade fisiológica (Toledo e Marcos Filho, 1977).

A força exercida pelas sementes para retirar água do solo é variável com a espécie, mas é usualmente alta; as sementes de milho podem retirar a água retida com uma força de 1,24 MPa (Hunter e Erickson, 1952), sendo que o volume de água absorvido raramente ultrapassa 2 a 3 vezes a sua massa seca. As estruturas presentes na semente de milho não absorvem água com velocidades similares; o pericarpo reidrata com velocidade inferior às demais estruturas, o embrião absorve com maior velocidade e de forma contínua, em razão do alongamento e da divisão celular. O endosperma, por outro lado, reidrata a uma velocidade intermediária (Bewley e Black, 1994; McDonald et al., 1994).

Existe relação direta entre a velocidade de hidratação das sementes e a temperatura. De acordo com Carneiro e Braccini (1996), a elevação da temperatura aumenta a energia da água, provocando elevação da sua pressão de difusão.

Paralelamente, as atividades metabólicas são também aumentadas, o que diminui o potencial interno, propiciando maior absorção de água. Por ser um processo físico, a hidratação ocorre mais rapidamente em temperaturas elevadas (Nobrega e Rodrigues, 1995). Quando sementes com baixo grau de umidade são rapidamente hidratadas à temperatura de 25°C, há um declínio pouco acentuado do vigor, mas as reduções são agravadas quando essa hidratação ocorre sob temperaturas inferiores a 10°C (Vertucci, 1989), no entanto a quantidade final de água absorvida é praticamente a mesma, independente da temperatura.

O processo de hidratação quando ocorre de maneira rápida, pode ocasionar a desorganização da membrana celular ou rupturas em seus tecidos, favorecendo a ocorrência de respiração anaeróbia (Lucca e Reis, 1995; Rossetto et al., 1997), gerando prejuízos decorrentes da carência de oxigênio por aeração insuficiente (Peske e Delouche, 1985). De acordo com Powell e Matthews (1978), os reflexos das injúrias causadas pela embebição acelerada manifestam-se pelo aumento de anormalidades e redução no vigor das plântulas.

Na avaliação da qualidade de sementes pode ser necessária à hidratação das mesmas, como ocorre no teste de deterioração controlada que requer a uniformização do teor de água entre os lotes de sementes antes do processo de deterioração. O processo de hidratação não pode afetar a qualidade das sementes de modo a comprometer a estimativa do vigor dos lotes pelo referido teste, tornando-se fundamental o estudo de metodologias para o adequado umedecimento das sementes.

O substrato úmido é um dos métodos relatados para umedecimento de sementes, no entanto, a literatura não descreve a quantidade de água que deve ser adicionada no papel, sendo recomendado apenas a utilização do papel toalha úmido (Krzyzanowski e Vieira, 1999). Esse procedimento não possibilita o controle da quantidade de água absorvida pela semente, sendo comum nesse caso, fixar o número de folhas de papel e variar a quantidade de água (Rossetto et.

al., 1995). Contudo, não está definida ainda a relação entre a massa do papel e o volume de água a ser utilizado, e também a temperatura durante o período de hidratação não está descrita (Hampton e Tekrony, 1995).

O trabalho teve como objetivo avaliar o potencial fisiológico de sementes de milho após a hidratação pelo método do substrato de papel toalha, sob diferentes temperaturas e quantidades de água no substrato.

## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido no Laboratório de Análise de Sementes do Departamento de Produção Vegetal – Setor Agricultura da Faculdade de Ciências Agronômicas (FCA), da Universidade Estadual Paulista (UNESP), em Botucatu-SP. Foi utilizado um lote de sementes de milho híbrido CO32, peneira 20, não tratado, cedido pela empresa Dow AgroSciences, cuja caracterização da qualidade inicial foi realizada mediante as seguintes determinações:

**Teor de água:** realizado com quatro repetições de 15 sementes inteiras, em estufa regulada a  $105 \pm 3^\circ\text{C}$ , durante 24 horas, conforme as Regras para Análise de Sementes (Brasil, 1992);

**Massa de mil sementes:** determinado empregando-se oito repetições de 100 sementes, conforme as Regras para Análise de Sementes (Brasil, 1992);

**Germinação:** conduzido com quatro repetições de 50 sementes, em papel toalha umedecido na proporção de 2,5 vezes a massa (g) do substrato, sob temperatura de  $30^\circ\text{C}$ , com contagens aos quatro e sete dias após a instalação do teste;

**Primeira contagem de germinação:** determinação, em porcentagem, das plântulas normais aos quatro dias após a instalação do teste de germinação;

**Massa seca de plântulas:** as plântulas normais obtidas na primeira contagem do teste de germinação foram separadas em duas porções, parte aérea e radicular, secadas em estufa a  $60 \pm 5^\circ\text{C}$  até atingirem peso constante. A massa seca obtida, dividida pelo número de plântulas, expressou os resultados em gramas por plântula das porções aérea, radicular e total, nesse caso pela somatória das duas anteriores (Nakagawa, 1999);

**Frio:** conduzido utilizando-se a metodologia do rolo de papel sem solo, com quatro repetições de 50 sementes (Dias e Barros, 1995);

**Envelhecimento acelerado:** utilizando-se quatro repetições de 65 sementes envelhecidas a  $42^\circ\text{C}$  por 72 horas (Dias e Barros, 1995). Quatro repetições de 15 sementes

foram utilizadas para determinação do teor de água e, quatro repetições de 50 sementes foram submetidas ao teste de germinação.;

**Condutividade elétrica:** quatro repetições de 25 sementes, embebidas em 75 mL de água destilada, por um período de 24 horas a  $25^\circ\text{C}$  (Dias e Barros, 1995);

**Teste de tetrazólio:** conduzido empregando-se quatro repetições de 50 sementes conforme metodologia descrita por Dias e Barros (1995);

**Emergência das plântulas em campo:** conduzido com quatro repetições de 50 sementes, semeadas a 0,05m de profundidade em linhas de 2,5m de comprimento, distanciadas de 0,30m entre si. A avaliação foi realizada aos 14 dias após a semeadura, considerando-se as plântulas emersas presentes, com resultados expressos em porcentagem;

**Velocidade de emergência das plântulas em campo:** O índice de velocidade de emergência (IVE) foi calculado segundo Nakagawa (1999).

Após análise da qualidade inicial dos lotes, foram avaliadas três quantidades de água a serem adicionadas no substrato, correspondentes a 2,0, 2,5 e 3,0 vezes a massa do substrato de papel toalha (germitest), sob temperaturas de 20 e  $30^\circ\text{C}$ . Foram realizados três ensaios visando elevar o teor de água das sementes para 15%, 20% e 25%.

A massa a ser atingida pelas amostras para elevar o teor de água aos níveis desejados foi previamente calculada considerando-se a massa e os teores de água iniciais das mesmas (Hampton e Tekrony, 1995). Foram utilizadas três folhas de papel toalha, com dimensão de 37,5 x 35,0cm e massa média de 6,6g/folha, umedecidas com a quantidade de água determinada, distribuindo-se as sementes sobre duas delas, cobrindo-se com a terceira. Os rolos, confeccionados de modo idêntico ao do teste de germinação, foram acondicionados em sacos plásticos fechados e mantidos, em câmara tipo BOD, nas temperaturas estabelecidas.

A massa das amostras foi monitorada periodicamente mediante pesagens em balança analítica. Quando alcançada a massa pré-determinada foram retiradas 10 sementes por repetição para determinação do teor de água, acondicionando-se as restantes em frascos plásticos que, devidamente vedados, foram mantidos à temperatura de  $10^\circ\text{C}$ , por um período de cinco dias, para uniformização do teor de água. Decorrido esse período, as sementes foram retiradas dos frascos determinando-se teor de água, condutividade elétrica, porcentagens de germinação e de plântulas normais na primeira contagem do teste de germinação, massas secas das porções aérea, radicular e total das plântulas obtidas na primeira contagem, seguindo metodologias anteriormente

descritas.

**Método estatístico:** Os resultados de cada ensaio foram submetidos a análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey (<0,05), sendo o delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial (3x2), correspondente a três quantidades de água e duas temperaturas, totalizando seis tratamentos, com quatro repetições.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO**

O lote de sementes utilizado obteve inicialmente, uma elevada germinação e vigor, mostrando-se adequado ao estudo do efeito da hidratação sobre o potencial fisiológico de sementes de milho (Tabela 1).

**TABELA 1. Qualidade inicial do lote de sementes de milho, avaliada pelo teor de água (TA), massa de mil sementes (MM), germinação (G), tetrazólio viabilidade (TZ Viab.), primeira contagem do teste de germinação (PC), teste de frio (TF), envelhecimento acelerado (EA), teor de água após envelhecimento acelerado (TAEA), tetrazólio vigor (TZ Vig.), emergência de plântulas em campo (EC), índice de velocidade de emergência (IVE) e condutividade elétrica (CE), Botucatu, SP, 2006/07.**

TA (%)	MM (g)	G (%)	TZ Viab. (%)	PC (%)	TF (%)	EA (%)	TAEA (%)	TZ Vig. (%)	EC (%)	IV E	CE (µS/cm/g)
7,8	28,0	94	92	85	95	33	25,1	87	91	7,4	22,0

**Ensaio 1: Teor de água de 15%**

O teor de água das sementes após ajuste e uniformização, a condutividade elétrica da solução de embebição das sementes, a porcentagem de plântulas normais na primeira

contagem, a porcentagem de germinação e a massa seca de raiz das plântulas obtidas no teste de germinação não foram afetados pela temperatura e quantidade de água no substrato (Tabela 2).

**TABELA 2. Dados médios do teor de água após ajuste (TAA), teor de água após uniformização (TAU), condutividade elétrica (CE), primeira contagem do teste de germinação (PC), germinação (G), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca de raiz (MSR) e massa seca total de plântulas obtidas na primeira contagem do teste de germinação (MST), em sementes de milho com teor de água de 15%, embebidas sob diferentes temperaturas e quantidades de água no substrato. Botucatu, SP, 2006/07.**

Tratamento	TAA (%)	TAU (%)	CE (µS/cm/g)	PC (%)	G (%)	MSPA (g/plântula)	MSR (g/plântula)	MST (g/plântula)
<b>Temperatura</b>								
20 °C	14,9 a	15,1 a	19,48 a	96 a	96 a	0,0051	0,0071 a	0,0122 b
30 °C	14,9 a	15,1 a	17,74 a	94 a	95 a	0,0060	0,0072 a	0,0132 a
<b>Quantidade água</b>								
2.0	14,8 a	15,1 a	19,85 a	97 a	95 a	0,0056	0,0070 a	0,0126 a
2.5	15,0 a	15,1 a	18,73 a	95 a	95 a	0,0053	0,0074 a	0,0127 a
3.0	14,9 a	15,0 a	17,22 a	94 a	97 a	0,0058	0,0071 a	0,0129 a
<b>Valor de F</b>								
Temperatura (T)	0,13 ns	0,04 ns	3,64 ns	0,67 ns	0,66 ns	25,80 *	0,31 ns	6,86 *
Qtde água (QA)	0,21 ns	0,44 ns	2,69 ns	0,14 ns	0,77 ns	2,90 ns	0,71 ns	0,17 ns
T*QA	0,60 ns	1,18 ns	2,32 ns	1,18 ns	2,37 ns	6,03 *	2,36 ns	1,30 ns
CV (%)	3,70	1,88	12,01	4,18	3,66	7,71	9,19	7,67

Medias seguidas por letras iguais, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Significativo a 5% de probabilidade

Os valores inferiores de condutividade elétrica após o umedecimento em relação aos inicialmente verificados ( $22\mu\text{S}/\text{cm}/\text{g}$ ), possivelmente estejam associados à perda de lixiviados para o substrato durante o período de ajuste do teor de água, reduzindo a liberação dos mesmos para a solução de embebição ou ainda, à influência do teor de água das sementes nos resultados desse teste, uma vez que, quanto menor o teor de água da semente, maior a desorganização do seu sistema de membranas e, conseqüentemente, maior quantidade de solutos é liberada, o que eleva o valor da condutividade elétrica (Vieira e Krzyzanowski, 1999).

A porcentagem de germinação após umedecimento da semente aumentou 1 a 3 pontos percentuais em relação à porcentagem inicial (94%). Considerando que a temperatura mínima para germinação de sementes de milho situa-se entre 8 e  $10^{\circ}\text{C}$ , provavelmente, o acréscimo observado na germinação, seja decorrente do aumento na atividade metabólica da semente durante o período de uniformização. Em função do teor de água, pode ter ocorrido a ativação dos mecanismos de reparo das membranas e dos sistemas enzimáticos de degradação de reservas, resultando em maior velocidade de germinação e maior número de plântulas germinadas. A maior velocidade de germinação é confirmada pela porcentagem de plântulas normais obtidas por ocasião da primeira contagem do teste após o umedecimento, em relação a primeira contagem do teste realizada inicialmente (85%).

A massa seca total de plântulas do teste de germinação variou apenas em função da temperatura durante o período do ajuste do teor de água, com maior peso para a temperatura de  $30^{\circ}\text{C}$ . A massa seca da parte aérea foi significativamente alterada pela interação dos fatores temperatura e quantidade de água no substrato (Tabela 2), cujo desdobramento é apresentado na Tabela 3. A temperatura de  $20^{\circ}\text{C}$  reduziu o desenvolvimento da parte aérea das plântulas, em relação à temperatura de  $30^{\circ}\text{C}$ , quando foi utilizada a proporção de 2,5 vezes a massa do substrato em água. Na temperatura de  $20^{\circ}\text{C}$ , a quantidade de 2,5 vezes a massa do substrato em água, proporcionou também menor massa seca da parte aérea quando comparada às demais quantidades.

### Ensaio 2: Teor de água de 20%

Foram verificadas alterações significativas apenas para massa seca de raiz, em função da quantidade de água no substrato, e para massa seca da parte aérea, na qual se verificou efeito da interação dos fatores estudados (Tabela 4).

Os resultados obtidos em relação à condutividade

elétrica, da mesma forma que no ensaio 1, foram menores que os obtidos na caracterização inicial do lote, confirmando os efeitos do teor de água sobre os resultados do teste de condutividade elétrica relatados por Vieira e Krzyzanowski (1999).

**TABELA 3. Massa seca da parte aérea de plântulas obtidas na primeira contagem do teste de germinação, em sementes de milho com teor de água de 15%, embebidas em substrato sob diferentes temperaturas e quantidades de água, Botucatu, SP, 2006/07.**

Temperaturas	Quantidades de água		
	2.0	2.5	3.0
20 °C	0,0054 a A	0,0044 b B	0,0056 a A
30 °C	0,0057 a A	0,0062 a A	0,0060 a A

Médias seguidas por letras iguais, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

A porcentagem de germinação após elevação do teor de água para 20% aumentou em relação à porcentagem inicial (94%), exceto para a proporção de 3,0 vezes a massa do papel em água, em que o valor inicial foi mantido. Apesar da ausência de efeitos significativos dos fatores sobre a porcentagem de germinação verificou-se que as médias tenderam a reduzir com o aumento da temperatura e da proporção de água no papel. Possivelmente, essa redução na porcentagem de germinação decorreu da maior velocidade de umedecimento, uma vez que, a ocorrência de danos por embebição em sementes está associada ao aumento na velocidade de absorção de água, em função da elevação da temperatura e do aumento da disponibilidade hídrica (Carvalho e Nakagawa, 2000).

A maior proporção de água em relação à massa do papel promoveu redução significativa na massa seca de raiz das plântulas obtidas no teste de germinação, em relação à proporção de 2,5 vezes.

Na temperatura de  $20^{\circ}\text{C}$  a quantidade de 2,5 a massa do substrato resultou em massa seca de parte aérea significativamente inferior as demais (Tabela 5). No entanto, sob temperatura de  $30^{\circ}\text{C}$ , essa quantidade resultou em maior massa seca de parte aérea, com diferença significativa em relação à quantidade de 3,0 vezes o peso do papel. A temperatura de  $30^{\circ}\text{C}$  promoveu maior massa seca de parte aérea que a de  $20^{\circ}\text{C}$  na quantidade de 2,5 vezes a massa do substrato.

**TABELA 4. Dados médios do teor de água após ajuste(TAA), teor de água após uniformização (TAU), condutividade elétrica (CE), primeira contagem do teste de germinação (PC), germinação (G), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca de raiz (MSR) e massa seca total de plântulas obtidas na primeira contagem do teste de germinação (MST), em sementes de milho com teor de água de 20%, embebidas sob diferentes temperaturas e quantidades de água no substrato, Botucatu, SP, 2006/07.**

Tratamento	TAA (%)	TAU (%)	CE (µS/cm/g)	PC (%)	G (%)	MSPA (g/plântula)	MSR (g/plântula)	MST (g/plântula)
<b>Temperatura</b>								
20 °C	20,2 a	20,4 a	18,03 a	95 a	97 a	0,0062	0,0078 a	0,0140 a
30 °C	20,1 a	20,3 a	17,31 a	93 a	95 a	0,0060	0,0075 a	0,0137 a
<b>Quantidade água</b>								
2.0	19,9 a	20,3 a	18,09 a	96 a	97 a	0,0062	0,0078 ab	0,0139 a
2.5	20,2 a	20,4 a	16,91 a	95 a	95 a	0,0061	0,0080 a	0,0140 a
3.0	20,3 a	20,3 a	18,01 a	92 a	94 a	0,0060	0,0073 b	0,0133 a
<b>Valor de F</b>								
Temperatura (T)	0,20 ns	0,01 ns	0,68 ns	1,13 ns	0,44 ns	2,97 ns	4,08 ns	1,15 ns
Qtde água (QA)	0,37 ns	0,08 ns	0,75 ns	1,46 ns	1,12 ns	0,50 ns	4,60 *	0,80 ns
T*QA	0,12 ns	0,08 ns	1,60 ns	0,71 ns	1,14 ns	12,87 *	1,61 ns	1,49 ns

Médias seguidas por letras iguais, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

\* Significativo a 5% de probabilidade.

**TABELA 5. Massa seca da parte aérea de plântulas obtidas na primeira contagem do teste de germinação, em sementes de milho com teor de água de 20%, embebidas em substrato sob diferentes temperaturas e quantidades de água, Botucatu, SP, 2006/07.**

Temperaturas	Quantidades de água		
	2.0	2.5	3.0
20 °C	0,0062 a A	0,0053 b B	0,0064 a A
30 °C	0,0061 ab A	0,0067 a A	0,0060 b A

Médias seguidas por letras iguais, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

**Ensaio 3: Teor de água de 25%**

Os fatores avaliados não promoveram alterações no teor de água após ajuste, na condutividade elétrica, na porcentagem de plântulas normais, na porcentagem de germinação e na massa seca de raiz de plântulas do teste de germinação (Tabela 6).

O teor de água das sementes após o período de uniformização foi significativamente alterado pela temperatura e quantidade de água no substrato. A temperatura de 20°C e a quantidade de 2,5 vezes resultaram em teores de água inferiores, todavia, as diferenças observadas não são significativas quando se considera os efeitos do teor de água sobre os processos biológicos da semente. Os valores de condutividade elétrica da solução de embebição das sementes com teor de água de 25% foram menores que os obtidos inicialmente, conforme observado também nos teores de 15 e 20%.

A porcentagem de germinação foi superior à observada inicialmente (94%) e similares aos constatados na primeira contagem do teste, demonstrando maior velocidade de germinação. Esse fato, possivelmente esteja associado ao maior teor de água inicial das sementes que, em função dos processos metabólicos de reparo e degradação desencadeados pela absorção de água, acelerou o processo de germinação (Carvalho e Nakagawa, 2000).

A massa seca total foi alterada apenas pela temperatura, com maior valor na temperatura de 30°C. A massa seca

da parte aérea das plântulas foi influenciada pela interação dos fatores estudados (Tabela 7). Não houve diferença significativa entre temperaturas para a maior quantidade de água no substrato. Entretanto, nas quantidades de 2,0 e 2,5 vezes a massa do papel em água, a temperatura de 30°C proporcionou incremento significativo na massa seca

da parte aérea das plântulas. Essa variável não foi alterada pela quantidade de água quando sob temperatura de 30°C. Contudo, quando embebidas sob temperatura de 20°C, a menor quantidade de água no papel resultou em plântulas com menor massa seca na parte aérea.

**TABELA 6. Dados médios do teor de água após ajuste (TAA), teor de água após uniformização (TAU), condutividade elétrica (CE), primeira contagem do teste de germinação (PC), germinação (G), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca de raiz (MSR) e massa seca total de plântulas obtidas na primeira contagem do teste de germinação (MST), em sementes de milho com teor de água de 25%, embebidas sob diferentes temperaturas e quantidades de água no substrato. Botucatu, SP, 2006/07.**

Tratamento	TAA (%)	TAU (%)	CE ( $\mu\text{S}/\text{cm}/\text{g}$ )	PC (%)	G (%)	MSPA (g/plântula)	MSR (g/plântula)	MST (g/plântula)
<b>Temperatura</b>								
20 °C	25,2 a	25,1 b	15,76 a	95 a	95 a	0,0058	0,0082 a	0,0141 b
30 °C	24,9 a	25,6 a	16,26 a	95 a	96 a	0,0070	0,0081 a	0,0151 a
<b>Quantidade água</b>								
2.0	24,8 a	25,7 a	14,93 a	96 a	97 a	0,0068	0,0085 a	0,0145 a
2.5	25,0 a	24,8 b	16,29 a	94 a	95 a	0,0065	0,0083 a	0,0148 a
3.0	25,3 a	25,6 a	16,81 a	95 a	95 a	0,0061	0,0078 a	0,0145 a
<b>Valor de F</b>								
Temperatura (T)	0,71 ns	5,93 *	0,37 ns	0,15 ns	0,40 ns	28,51 *	0,49 ns	5,96 *
Qtde água (QA)	0,53 ns	8,21 *	1,85 ns	0,15 ns	1,68 ns	3,60 *	2,63 ns	0,17 ns
T*QA	0,16 ns	2,53 ns	2,16 ns	0,05 ns	0,33 ns	11,67 *	2,51 ns	6,23 ns
CV (%)	3,85	2,11	12,64	3,29	2,70	8,20	7,11	6,85

Médias seguidas por letras iguais, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

\* Significativo a 5% de probabilidade

**TABELA 7. Massa seca da parte aérea de plântulas obtidas na primeira contagem do teste de germinação, em sementes de milho com teor de água de 25%, embebidas em substrato sob diferentes temperaturas e quantidades de água, Botucatu, SP, 2006/07.**

Temperaturas	Quantidades de água		
	2.0	2.5	3.0
20 °C	0,0048 b B	0,0061 a B	0,0067 a A
30 °C	0,0070 a A	0,0070 a A	0,0067 a A

### CONCLUSÕES

- A hidratação pelo método do substrato papel toalha não afeta a germinação de sementes de milho, independentemente

da temperatura e das proporções de água no substrato.

- As proporções de 2,0 e 2,5 vezes a massa do substrato papel toalha em água para a temperatura de 30°C e de 3,0 vezes a massa do substrato para a temperatura de 20°C não

alteram o potencial fisiológico das sementes, mostrando-se adequadas para hidratação de sementes de milho para teores de água de 15, 20 e 25%.

## REFERÊNCIAS

- BEWLEY, J.D.; BLACK, M. **Seed physiology of development and germination**. 2.ed. New York: Press, 1994. 445 p.
- BRASIL Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: SNDA/DNDV/CLAV, 1992. 364p.
- CARNEIRO, J.W.P.; BRACCINI, A.L. Ralações hídricas durante a germinação. **Informativo. ABRATES**, Brasília, v.6, n.1, p.46-55, 1996. CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. Jaboticabal: FUNEP, 2000. 429p.
- DIAS, M.C.L.L.; BARROS, A.S.R. **Avaliação da qualidade de sementes de milho**. Londrina: IAPAR, 1995. 43p.
- HAMPTON, J.G.; TEKRONY, D.M. Controlled deterioration test. In: HAMPTON, J.G.; TEKRONY, D.M. (Ed.). **Handbook of vigour test methods**. Zurich: International Seed Testing Association, 1995. p.70-78.
- HUNTER, J. R.; ERICKSON, A. E. Relation of seed germination to soil moisture tension. **Agronomy journal**, Madison, 44: 107-9, 1952.
- KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D. Deterioração controlada. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. p.6.1-6.8.
- LUCCA, A.; REIS, M. S. Considerações sobre a influência do potencial hídrico e do condicionamento osmótico na qualidade fisiológica de sementes de soja. **Informativo. ABRATES**, Pelotas v.5, n.1, p.42-50, 1995.
- McDONALD, M.B. JR.; SULLIVAN, J.; LAUER, M.J. The pathway of water uptake in maize seeds. **Seed Science e Technology**, Zurich, v.22, p.79-90, 1994.
- NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho de plântulas. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. p.2.1-2.24.
- NOBREGA, L.H.P.; RODRIGUES, T.J.P. Efeitos do estresse hídrico sobre a absorção de água durante a germinação de sementes e o estabelecimento de plântulas de soja. **Informativo ABRATES**, Pelotas v.5, n.1, p.51-8, 1995.
- PESKE, S.T.; DELOUCHE, J.C. Semeadura de soja em condições de baixa umidade do solo. **Pesquisa. Agropecuária. Brasileira**, v.20, n.1, p.69-85, 1985.
- POWELL. A. A.; MATTHEWS, S. The damaging effect of water of dry pea embryos during imbibition. **J. Exp. Bot.**, Lancaster, v.29, p.1215-29, 1978.
- ROSSETTO, C.A.V.; FERNANDES, E.M.; MARCOS FILHO, J. Metodologia de ajuste do grau de umidade e comportamento das sementes de soja no teste de germinação. **Revista Brasileira de Sementes**. Brasília, v.17, p.171-8, 1995.
- ROSSETTO, C.A.V.; NOVENBRE, A.D.L.C.; MARCOS FILHO, J.; SILVA, W.R.; NAKAGAWA, J. Comportamento das sementes de soja durante a fase inicial do processo de germinação. **Scientia Agrícola**. Piracicaba, v.54, n.1/2, p.106-15, 1997.
- SHIOGA, P.S. **Controle da hidratação e desempenho das sementes de feijão (Phaseolus vulgaris L.)**. Piracicaba, 1990. 106p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São paulo, São Paulo, 1990.
- TOLEDO, F.F.; MARCOS FILHO, J. **Manual das sementes: tecnologia da produção**. São Paulo: Ceres, 1977. 224p.
- VERTUCI, C. W. The Kinetics of seed imbibition: conrollinf factors and relevance to seedling vigor. In: STANWOOD, P. C.; MCDONALD, M. B. (ed). **Seed Moisture**. Madison, Crop Science Society of America, p. 93-115, 1989. (CSSA Special Publication, 14).
- VERTUCCI, C.W.; LEOPOLD, A.C. Dynamics of imbibition of soybean embryos. **Plant Physiology.**, Rockville, v.72, p.190-3, 1983.
- VIEIRA, R.D.; KRZYZANOWSKI, F.C. **Teste de condutividade elétrica**. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina, ABRATES, 1999. p.4.1-4.26.