

CONDICIONAMENTO OSMÓTICO DE SEMENTES DE BETERRABA¹

CAROLINE JÁCOME COSTA², FRANCISCO AMARAL VILLELA³

RESUMO - O estabelecimento rápido e uniforme de plântulas no campo é pré-requisito fundamental para se alcançar bom estande e garantir produtividade e qualidade do produto colhido, notadamente no caso de espécies olerícolas. Várias técnicas têm sido desenvolvidas visando o aumento da velocidade e uniformidade da germinação e emergência das plântulas, sendo o condicionamento osmótico das sementes uma das mais promissoras. O objetivo do presente trabalho foi avaliar a possibilidade de ganhos na velocidade de germinação e emergência de plântulas de beterraba em resposta ao condicionamento osmótico das sementes. Três lotes de sementes de beterraba foram submetidos a sete condições de condicionamento: pré-hidratação em água destilada por zero (controle), 16 e 24h; pré-hidratação em solução de PEG 6000 por 24, 48 e 72h e pré-hidratação em solução de MgSO₄ por 24h. Avaliaram-se a germinação aos oito e quatorze dias a 15°C e a 20°C, o índice de velocidade de germinação e emergência, o tempo médio de germinação e a emergência de plântulas em casa de vegetação. Embora o condicionamento osmótico de sementes de beterraba de média e alta qualidade fisiológica tenha proporcionado benefícios ao desempenho das sementes relativamente à velocidade de germinação e de emergência das plântulas em casa de vegetação, a técnica necessita aprimoramento para a espécie, dada à necessidade de adaptação da metodologia de condicionamento aos diferentes lotes produzidos pela indústria de sementes.

Termos para indexação: *Beta vulgaris*, condicionamento fisiológico, vigor.

OSMOTIC CONDITIONING OF BEET SEEDS

ABSTRACT - Rapid and uniform establishment of seedlings in the field are two important prerequisites to achieve a good stand and to ensure the productivity and quality of harvest especially in the case of the vegetable crops. Several techniques have been developed with the objective of increasing the speed and uniformity of the germination and emergence of the seedlings, and osmotic conditioning of the seeds is one of the most promising. The purpose of this study was to evaluate the response of beet seeds to osmotic conditioning in order to achieve more rapid germination and emergence of the seedlings. Three beet seed lots were submitted to seven conditioning treatments: prehydration in distilled water for zero (control), 16 and 24h; prehydration in PEG solution for 24, 48 and 72h and prehydration in MgSO₄ solution for 24h. Germination was evaluated at eight and fourteen day at 15°C and 20°C along with index of germination speed and emergence, mean times to germination and seedling emergence. Although the osmotic conditioning of beet seeds of average and high physiologic quality has provided benefits to the speed of germination and seedling emergence, the technique needs to be adjusted for the species, given the adaptation need of the conditioning methodology to the different lots produced by the seed industry.

Index terms: *Beta vulgaris*, physiologic conditioning, vigor.

¹ Submetido em 23/08/2004. Aceito para publicação em 01/03/2005. Parte da dissertação de Mestrado do primeiro autor apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes, FAEM/UFPel;

² Eng. Agrônoma, doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Ciência e

Tecnologia de Sementes da Universidade Federal de Pelotas, cjacome@ufpel.edu.br;

³ Eng. Agríc., Dr., Professor Adjunto, FAEM/UFPel, francisco.villela@ufpel.edu.br

INTRODUÇÃO

Considerando o atual panorama do segmento olerícola, com a crescente adoção de novas tecnologias e o desenvolvimento de variedades e híbridos cada vez mais adaptados às diversas condições edafo-climáticas e exigências do mercado consumidor, o setor de produção de sementes reveste-se de importância cada vez maior como responsável pela geração de inovações e indutor de difusão na cadeia produtiva.

Nesse contexto, o alto custo dos híbridos, o desenvolvimento das tecnologias de semeadura de precisão e a crescente competitividade do setor enfatizam a importância da qualidade da semente, vista, nesse caso, como a sua capacidade de apresentar bom desempenho no campo, sob as mais variadas condições, originando plantas vigorosas e potencialmente produtivas, no menor tempo possível.

No caso das olerícolas, sabe-se que o período decorrido entre a semeadura e a emergência das plântulas pode influenciar o tempo requerido para a maturação e, conseqüentemente, a produção comercializável de diversas espécies (Currah, 1978). De acordo com Eira e Marcos Filho (1990), um dos mais importantes sintomas do declínio da qualidade fisiológica é a lentidão do processo de germinação das sementes, acompanhada pelo aumento do período decorrido entre a germinação da primeira e da última semente de um lote e conseqüente desuniformidade entre plântulas de um mesmo lote. Além disso, quanto maior o tempo requerido para a emergência das plântulas, eleva-se os riscos oferecidos por estresses abióticos e bióticos no campo (Khan et al., 1983). Dessa forma, o estabelecimento rápido e uniforme das plântulas no campo é pré-requisito fundamental para se alcançar bom estande e garantir a produtividade e qualidade do produto colhido (Nascimento, 1998).

A partir da década de 1970 foi desenvolvida a técnica do condicionamento osmótico, sendo essa uma das mais promissoras para aumentar a velocidade e uniformidade da germinação e da emergência das plântulas. Essa técnica consiste em um tratamento de condicionamento fisiológico das sementes e, embora envolva modificações morfológicas, bioquímicas e fisiológicas complexas e ainda não completamente elucidadas, é conceitualmente simples: o condicionamento osmótico consiste na hidratação controlada das sementes, utilizando substâncias osmóticas em solução que limitam a absorção de água pelas mesmas, de tal forma que as etapas iniciais da germinação sejam ativadas sem que ocorra, no entanto, a emissão da raiz primária, isto é, sem

que se atinja a fase da germinação visível durante o procedimento.

O tratamento tem tido maior sucesso em espécies cujas sementes apresentam o tamanho reduzido, como as olerícolas e ornamentais, nas quais o prolongamento do período decorrido entre a semeadura e a emergência das plântulas pode comprometer a produtividade e a qualidade da produção. Sementes osmoticamente condicionadas dessas espécies tornaram-se comercialmente disponíveis a partir do fim dos anos 1970, onde o melhor desempenho das sementes justificava o seu custo adicional (Welbaum et al., 1998). Além disso, tem-se evidenciado, cada vez mais, melhor resposta ao condicionamento osmótico quando as sementes tratadas são semeadas sob condições adversas, como temperaturas sub ou superótimas (Ali et al., 1990; Cantliffe e Elballa, 1994), baixa disponibilidade hídrica (Mauromicale e Cavallaro, 1995), salinidade do solo (Pill et al., 1991), entre outras. Isso traz possibilidades de atenuar efeitos de termodormência em algumas espécies, assim como de ampliar a faixa de temperatura para cultivo de muitas outras.

Embora os principais benefícios do condicionamento osmótico estejam relacionados aos processos de germinação e emergência das plântulas, notadamente a redução no tempo requerido para que eles ocorram (Brocklehurst e Dearman, 1983a, b; Rossetto et al., 1998), assim como maior uniformidade, outras vantagens atribuídas ao tratamento já foram mencionadas, como a uniformização no desempenho de lotes de qualidade fisiológica distinta (Bray et al., 1989), a redução na incidência de doenças em pré e pós-emergência, como *damping-off* (Osburn e Schroth, 1988) e ganhos na produtividade (Rossetto et al., 1998). Acredita-se que esses efeitos sejam resultantes de um adiantamento metabólico sofrido pelas sementes tratadas, que leva a um incremento na quantidade de macromoléculas sintetizadas, como ácidos nucléicos e proteínas (Smith e Cobb, 1992; Sung e Chang, 1993; Garcia et al., 1995), envolvendo a ativação ou síntese de novo de enzimas-chave envolvidas no processo de germinação (Nonogaki et al., 1992; Smith e Cobb, 1992; Trigo et al., 2000) e até mesmo mecanismos de reparo das membranas com algum grau de desestruturação (Fujikura e Karssen, 1992).

Embora vários estudos tenham sido desenvolvidos com diversas espécies olerícolas de interesse econômico, no caso das sementes de beterraba, a informação disponível na literatura concernente à resposta da espécie ao condicionamento osmótico ainda é esparsa e inconsistente, embora um dos fatores limitantes à produtividade da cultura esteja associado

à baixa ou irregular germinação de suas sementes. De acordo com Filgueira (2000), as “sementes” utilizadas para a propagação da espécie são, na verdade, aglomerados de três a quatro pequenos frutos corticosos, formando glomérulos, medindo aproximadamente quatro milímetros de diâmetro. Cada fruto apresenta um óvulo, que origina uma semente botânica. Assim, cada glomérulo origina mais de uma plântula, embora existam sementes comercializadas cujos glomérulos contêm uma única semente, provenientes de linhagens monogérmicas. A germinação das sementes costuma ser baixa, sendo 80% considerado bom índice.

Alguns resultados de pesquisas vêm mostrando respostas positivas ao condicionamento de sementes de beterraba (de mesa ou açucareira) empregando diferentes tratamentos: pré-hidratação em água por períodos de 24 e 48h (Rossetto et al., 1998); condicionamento osmótico com soluções de PEG 6000 e $MgSO_4$ com ou sem aeração das respectivas soluções (Khan et al., 1983); condicionamento osmótico com solução de NaCl durante 6 dias (Durrant et al., 1983) e condicionamento osmótico com soluções de NaCl ou PEG 8000 (Osburn e Schroth, 1988).

Dessa forma, considerando a falta de consistência e escassez de informações referentes à influência do condicionamento osmótico no desempenho de sementes de beterraba e os potenciais benefícios que o tratamento possa proporcionar à espécie, o presente trabalho teve o objetivo de avaliar a possibilidade de ganhos na velocidade de germinação e de emergência de plântulas de beterraba em resposta ao condicionamento osmótico das sementes.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido no Laboratório Didático de Análise de Sementes da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel da Universidade Federal de Pelotas (UFPEL), no período de junho a novembro de 2003.

Foram utilizados três lotes de sementes de beterraba não tratadas da cultivar Maravilha, designados A, B e C. Para a caracterização da qualidade fisiológica inicial dos lotes de sementes, os seguintes testes e/ou determinações foram utilizados:

Germinação: realizado em rolo de papel, a 20°C, empregando-se quatro subamostras de 50 sementes para cada lote, com avaliações a cada dois dias após a semeadura até o décimo quarto dia. Os dados de germinação aos oito e aos quatorze dias foram utilizados como parâmetros de avaliação, baseando-se em testes preliminares, no trabalho de Lovato e

Cagalli (1992) e nas Regras para análise de sementes (Brasil, 1992).

Germinação à temperatura subótima: conduzido conforme descrito anteriormente, empregando-se a temperatura de 15°C em substituição a 20°C.

Índice de velocidade de germinação a 15°C e a 20°C: realizado conjuntamente com os testes de germinação e germinação à temperatura subótima, sendo conduzido conforme Nakagawa (1999), com avaliações diárias da percentagem de plântulas normais até o décimo quarto dia.

Tempo médio de germinação a 15°C e a 20°C: realizado conjuntamente com os testes de germinação e germinação à temperatura subótima, sendo conduzido conforme Mauromicale e Cavallaro (1995), com avaliações diárias da germinação até o décimo quarto dia.

Emergência de plântulas em casa de vegetação: empregaram-se bandejas de poliestireno expandido de 200 células contendo substrato artificial e uma semente por célula, com contagens diárias da percentagem de plântulas normais até o décimo quarto dia e utilizando 200 sementes para cada lote, subdivididas em quatro subamostras.

Índice de velocidade de emergência em casa de vegetação: conduzido conforme Nakagawa (1999), com contagens diárias da percentagem de plântulas normais até o décimo quarto dia, empregando quatro subamostras de 50 sementes para cada lote. Apenas as plântulas que apresentavam no mínimo duas folhas definitivas foram consideradas normais.

Envelhecimento acelerado modificado (utilizando solução saturada de NaCl): as sementes de cada lote foram distribuídas sobre tela de alumínio fixada no interior de caixas plásticas do tipo gerbox contendo, ao fundo, 40mL da solução salina (40g de NaCl para cada 100mL de água). As caixas tampadas foram mantidas em câmara do tipo BOD a 42°C por 72h. Decorrido esse período, as sementes foram colocadas para germinar, em rolos de papel, a 20°C, utilizando-se quatro subamostras de 50 sementes para cada lote, com avaliações da percentagem de plântulas normais a cada dois dias após a semeadura, até o décimo quarto dia.

As sementes de cada lote foram submetidas a sete condições de condicionamento: pré-hidratação em água destilada por zero (controle), 16 e 24h; pré-hidratação em solução de PEG 6000 (-1,2 MPa) por 24, 48 e 72h e pré-hidratação em solução de $MgSO_4$ (-1,18MPa) por 24 h. A solução de polietilenoglicol foi preparada empregando 30,24g de PEG 6000 para cada 100mL de água deionizada, conforme Villela et al. (1991) e a de $MgSO_4$ foi preparada utilizando

5,2g de $MgSO_4$ heptahidratado para cada 100mL de água deionizada, de acordo com Khan et al. (1983). Os potenciais osmóticos adotados foram escolhidos de acordo com Khan et al. (1983) e os respectivos períodos de exposição, conforme curvas de hidratação realizadas preliminarmente.

Os tratamentos foram conduzidos em rolos de papel umedecidos com as respectivas soluções, na proporção de 2,5 vezes seu peso, sendo as sementes uniformemente distribuídas em cada rolo. Os rolos foram acondicionados em sacos plásticos e permaneceram em câmara do tipo BOD, regulada a 15°C, sob luz contínua, ao longo dos períodos estabelecidos.

Após os períodos de condicionamento, as sementes osmoticamente condicionadas em PEG e $MgSO_4$ foram lavadas em água corrente para a remoção de possíveis resíduos dos respectivos reagentes, sendo posteriormente colocadas sobre uma camada de papel toalha para a remoção da umidade superficial.

Após o condicionamento, as sementes foram avaliadas empregando-se os mesmos testes descritos para a caracterização da qualidade inicial dos lotes, exceto envelhecimento acelerado.

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições. Realizou-se a análise de variância dos dados, sendo as médias dos tratamentos comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Para execução das análises estatísticas utilizou-se o “Sistema de Análise Estatística para Microcomputadores – SANEST” (Zonta e Machado, 1984). Os dados referentes aos testes de germinação, emergência de plântulas e envelhecimento acelerado foram transformados em $\text{sen}^{-1}x/100$. Nas tabelas foram apresentados os dados originais.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A caracterização da qualidade fisiológica dos três lotes de sementes de beterraba estudados indicou a superioridade

do lote B, em relação aos lotes A e C, pelos resultados obtidos na maioria dos testes e determinações utilizados (Tabela 1).

Dentre os onze testes e determinações utilizados para avaliar a qualidade fisiológica dos três lotes (Tabela 1), a germinação aos quatorze dias a 15°C, a emergência de plântulas em casa de vegetação e o índice de velocidade de emergência foram eficazes em detectar diferenças fisiológicas correspondentes entre os lotes de qualidade inferior, A e C. De acordo com esses resultados, o lote B foi considerado de qualidade fisiológica superior; o lote C, de qualidade intermediária e o lote A, de qualidade fisiológica inferior.

A análise da influência do condicionamento no desempenho das sementes de beterraba permitiu verificar que houve interdependência entre lotes e tipos de tratamentos de condicionamento para as variáveis germinação aos oito dias, a 15°C; tempo médio de germinação a 15°C e a 20°C e índice de velocidade de germinação a 15°C e a 20°C, determinando interação significativa entre os efeitos dos tipos de condicionamento e os efeitos dos lotes (Tabelas 2, 3 e 4). Tal ocorrência confirma resultados anteriores e amplamente divulgados na literatura que atribuem efeitos variáveis do condicionamento osmótico entre espécies, cultivares e entre lotes de sementes (Brocklehurst e Dearman, 1983a, b; Ali et al., 1990; Bradford et al., 1990; Cantliffe e Elballa, 1994), o que justifica, em parte, o uso ainda pouco freqüente da técnica pela indústria de sementes, mesmo em países desenvolvidos, o que é potencializado pelas dificuldades relativas ao preparo, manuseio, custo e descarte das soluções osmóticas necessárias para o tratamento das sementes (Welbaum et al., 1998). Além disso, a indústria ainda teria o inconveniente de adaptar e otimizar diferentes métodos de condicionamento osmótico aos diferentes lotes produzidos a serem comercializados.

Observa-se pelos resultados de germinação aos oito e quatorze dias, a 15°C e a 20°C, e de emergência de plântulas em casa de vegetação que o condicionamento osmótico de sementes de beterraba assim como a pré-hidratação em água

TABELA 1. Dados médios de germinação aos 8 dias (G 8d) e aos 14 dias (G 14d), índice de velocidade de germinação (IVG) e tempo médio de germinação (TMG) a 15°C e 20°C, índice de velocidade de emergência (IVE), emergência (E) e envelhecimento acelerado modificado (EA) de três lotes de sementes de beterraba, cultivar Maravilha. Pelotas, RS, 2003.

LOTES	G 8d (%)		G 14d (%)		IVG		TMG (dias)		IVE	E (%)	EA
	15°C	20°C	15°C	20°C	15°C	20°C	15°C	20°C			
A	69 b	72 b	74 c	75 b	12,19 b	15,87 a	6,44 a	4,99 a	16,83 c	78 c	76 b
B	85 a	86 a	91 a	91 a	14,13 a	15,61 a	6,76 a	6,19 b	20,67 a	96 a	86 a
C	70 b	66 b	80 b	76 b	12,04 b	11,73 b	7,35 b	6,85 c	18,13 b	89 b	81 ab

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

TABELA 2. Germinação (%) aos 8 dias (G 8d) e aos 14 dias (G 14d), a 15°C, de três lotes de sementes de beterraba, cultivar Maravilha, submetidas a diferentes tratamentos de condicionamento. Pelotas, RS, 2003.

TRATAMENTOS	G 8d			MÉDIAS	G 14d			MÉDIAS
	A	B	C		A	B	C	
H ₂ O 16 h	74 Ab	86 Aa	76 Ab	79	76	92	81	84 A
H ₂ O 24 h	67 ABb	86 Aa	70 ABb	74	75	93	77	83 AB
PEG 24 h	68 ABb	77 Ba	52 Cc	66	73	88	74	79 AB
PEG 48 h	59 Bb	81 ABa	66 Bb	69	68	88	79	77 B
PEG 72 h	68 ABb	78 ABa	67 ABb	71	74	87	80	80 AB
MgSO ₄	65 ABb	81 ABa	49 Cc	65	73	91	74	80 AB
Controle	69 ABb	85 ABa	70 ABb	75	74	91	80	82 AB
				MÉDIAS	73 c	90 a	78 b	

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

TABELA 3. Índice de velocidade de germinação (IVG) a 15°C e 20°C de três lotes de sementes de beterraba, cultivar Maravilha, submetidas a diferentes tratamentos de condicionamento. Pelotas, RS, 2003.

TRATAMENTOS	IVG 15 °C			IVG 20 °C		
	A	B	C	A	B	C
H ₂ O 16 h	14,77 Ab	15,93 Ba	13,60 Ac	16,75 BCb	20,38 Aa	14,75 Bc
H ₂ O 24 h	14,13 Ab	17,51 Aa	12,75 ABc	16,86 BCb	20,41 Aa	14,14 Bc
PEG 24 h	11,35 CDb	13,41 DEa	9,78 Cc	16,63 BCb	18,88 Ba	12,37 Cc
PEG 48 h	11,01 Db	15,09 BCa	10,70 Cb	15,71 Cb	16,86 Ca	13,75 Bc
PEG 72 h	12,66 Bb	14,24 CDa	11,90 Bb	17,35 ABb	19,22 ABa	16,29 Ac
MgSO ₄	11,73 BCDa	12,54 Ea	8,55 Db	18,22 Aa	19,02 Ba	14,98 Bb
Controle	12,19 BCb	14,13 CDa	12,04 Bb	15,87 Ca	15,61 Da	11,73 Cb

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

TABELA 4. Tempo médio de germinação (TMG) a 15°C e 20°C de três lotes de sementes de beterraba, cultivar Maravilha, submetidas a diferentes tratamentos de condicionamento. Pelotas, RS, 2003.

TRATAMENTOS	TMG 15°C			TMG 20°C		
	A	B	C	A	B	C
H ₂ O 16 h	5,28 Aa	6,07 ABb	6,27 Ab	4,54 Aa	4,94 Ab	5,79 Bc
H ₂ O 24 h	6,05 Ba	5,78 Aa	6,54 Ab	4,73 ABa	4,91 Aa	5,77 Bb
PEG 24 h	6,90 Ca	7,08 Da	8,35 Cb	4,67 ABa	5,36 BCb	6,58 Cc
PEG 48 h	6,78 Cb	6,18 ABa	7,93 Cc	5,15 Ca	5,49 Cb	5,91 Bc
PEG 72 h	6,13 Ba	6,46 BCa	7,18 Bb	4,77 ABa	5,14 ABCb	5,34 Ab
MgSO ₄	6,90 Ca	7,62 Eb	8,96 Ec	4,60 Aa	5,13 ABb	6,02 Bc
Controle	6,44 BCa	6,76 CDa	7,35 Bb	4,99 BCa	6,19 Db	6,85 Cc

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

destilada não foram eficientes em melhorar o desempenho das sementes (Tabelas 2, 5 e 6). Todavia, ao avaliarem a resposta de sementes de beterraba de mesa ao condicionamento osmótico utilizando soluções de PEG e MgSO₄, Khan et al. (1983) relataram incremento da ordem de 200 % no número de plântulas obtidas decorridos 20 dias após a semeadura. Yeoung e Wilson (1995) obtiveram 10% de incremento na percentagem de germinação de sementes de beterraba açucareira após terem sido osmoticamente condicionadas em

PEG 8000 sob o influxo de uma corrente de N₂. Semelhantemente, a pré-hidratação em água pura de sementes de beterraba de mesa, cultivar Top Tall Early Wonder, por períodos de 24 e 48h proporcionou maior percentagem de germinação do que a de sementes que não foram submetidas ao mesmo processo (Rossetto et al., 1998). De toda forma, embora o condicionamento osmótico de sementes inclua vários benefícios, como o aumento da percentagem e uniformidade de germinação e emergência, a ampliação da

TABELA 5. Germinação (%) aos 8 e 14 dias – G 8d e G 14d, a 20°C de três lotes de sementes de beterraba, cultivar Maravilha, submetidas a diferentes tratamentos de condicionamento. Pelotas, RS, 2003.

TRATAMENTOS	G 8d			MÉDIAS	G 14d			MÉDIAS
	A	B	C		A	B	C	
H ₂ O 16 h	71 A	93 A	70 AB	78	73	94	77	81 A
H ₂ O 24 h	72 A	90 AB	65 AB	76	74	93	71	79 A
PEG 24 h	72 A	89 AB	66 AB	76	74	94	75	81 A
PEG 48 h	68 A	74 C	64 B	69	73	90	71	78 A
PEG 72 h	73 A	87 AB	74 A	78	74	92	79	82 A
MgSO ₄	75 A	89 AB	70 AB	78	77	92	79	83 A
Controle	72 A	86 B	66 AB	75	75	91	76	81 A
MÉDIAS	72 b	87 a	68 b		74 b	92 a	75 b	80

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

TABELA 6. Índice de velocidade de emergência (IVE) e emergência (E) de plântulas de três lotes de sementes de beterraba, cultivar Maravilha, submetidas a diferentes tratamentos de condicionamento. Pelotas, RS, 2003.

TRATAMENTOS	IVE			MÉDIAS	E (%)			MÉDIAS
	A	B	C		A	B	C	
H ₂ O 16 h	18,74	21,77	17,96	19,49 ABC	81	98	82	88 A
H ₂ O 24 h	18,99	22,72	19,38	20,36 AB	81	99	87	91 A
PEG 24 h	17,91	21,55	18,28	19,25 BC	80	95	84	87 A
PEG 48 h	18,67	21,67	21,25	20,53 AB	82	95	92	90 A
PEG 72 h	19,31	22,39	20,27	20,66 A	71	97	89	88 A
MgSO ₄	17,72	21,43	19,40	19,52 ABC	77	96	87	88 A
Controle	16,83	20,67	18,13	18,54 C	78	96	89	89 A
MÉDIAS	18,31 c	21,74 a	19,24 b		79 c	97 a	87 b	

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

faixa considerada ótima para a germinação das sementes de várias espécies, o reparo de danos celulares e subcelulares, a superação da dormência, a redução na liberação de exsudatos durante a fase de pré-emergência, entre outros, cada espécie tende a apresentar respostas mais ou menos específicas, sendo que o benefício geralmente comum a todas elas não inclui ganhos na percentagem de germinação das sementes e emergência das plântulas, mas sim na velocidade e uniformidade na qual esses processos ocorrem (Parera e Cantliffe, 1994; Welbaum et al., 1998). Assim, Murray et al. (1993), trabalhando com sementes de beterraba açucareira, não obtiveram ganhos na percentagem de emergência na ausência de problemas fitossanitários ou outras fontes de estresse no campo. De acordo com os resultados obtidos no presente experimento, nem mesmo uma condição de temperatura considerada subótima (15°C) para a germinação da espécie foi suficiente para promover respostas ao condicionamento osmótico das sementes, relativamente à percentagem de germinação (Tabela 2). Nesse caso, presume-

se que condições mais drásticas de temperatura seriam requeridas para que o efeito do condicionamento osmótico pudesse se evidenciar. Nesse aspecto, Sobral et al. (1987), com o intuito de estabelecer as condições ideais para o teste de germinação de sementes poligêrmicas de beterraba açucareira, encontraram que a percentagem de germinação das sementes foi maior a 15°C do que a 20°C, concluindo que a temperatura de 20°C não permite a expressão da capacidade máxima de germinação das sementes, sendo suplantada pela temperatura de 15°C. Isso foi confirmado nos resultados obtidos para a germinação de sementes de beterraba avaliada no presente trabalho, no qual respostas muito similares foram encontradas considerando as duas temperaturas testadas ou mesmo superiores em alguns casos quando a temperatura de 15°C foi empregada durante o teste de germinação (Tabelas 2 e 5). Redfearn e Osborne (1997), ao compararem o desempenho de sementes pré-condicionadas de beterraba açucareira durante o teste de germinação realizado a 9°C e a 20°C, apenas detectaram respostas ao tratamento

no teste realizado a 9°C. Desta forma, considerando a proximidade entre a beterraba de mesa e a beterraba açucareira, pelo fato de pertencerem à mesma espécie, parece que a temperatura de 15°C não constituiu fator de estresse para a germinação das sementes, o que pode ter influenciado a falta de resposta ao condicionamento osmótico quando avaliado sob essa temperatura, no presente experimento.

Das variáveis analisadas, a germinação aos quatorze dias a 15°C, a emergência de plântulas em casa de vegetação e o índice de velocidade de emergência evidenciaram efeitos independentes dos tipos de condicionamento e dos lotes no desempenho das sementes de beterraba (Tabelas 2 e 6), possibilitando a separação dos lotes em três níveis de qualidade fisiológica.

Além disso, vale ressaltar a menor percentagem de germinação das sementes obtida sob condições controladas de temperatura, umidade e luminosidade comparativamente à percentagem de emergência em casa de vegetação (Tabelas 5 e 6). Em relação a esse fato, sabe-se que a germinação de sementes de beterraba pode ser negativamente afetada pela presença de substâncias inibidoras presentes nos envoltórios externos das mesmas e que, conforme Junttila (1976), são de natureza predominantemente inorgânica, sendo que o processo inibitório pode estar relacionado ao potencial osmótico dos íons em solução e/ou simplesmente ao efeito de íons específicos originados das soluções de sais inorgânicos. Isso sugere que, ao entrar em contato com o substrato artificial durante a germinação/emergência em casa de vegetação, os íons possivelmente tiveram sua ação neutralizada através de sua retenção na matriz sólida, por meio de mecanismos de troca de cátions, minimizando seu efeito inibitório, sob tais condições, comparativamente à germinação em laboratório, onde tais mecanismos foram inexistentes (Khan et al., 1983). Da mesma forma, Sobral et al. (1987) verificaram melhor desempenho de sementes de beterraba açucareira semeadas em solo e areia comparativamente aos resultados obtidos com utilização de substratos de rolos de papel tipo germitest. Esse fato pode explicar, ainda, a variabilidade dos resultados encontrados quando as sementes de beterraba são lavadas previamente à semeadura, como forma de melhorar a germinação e emergência no campo. Nestes casos, pode ser que, dependendo das condições encontradas, mecanismos naturais de neutralização possam reduzir o efeito inibitório das substâncias presentes na superfície das sementes, equiparando os resultados encontrados após a lavagem ou não das sementes.

Ao se analisar as variáveis relacionadas à velocidade dos

processos de germinação e emergência (índice de velocidade de germinação, tempo médio de germinação e índice de velocidade de emergência, respectivamente), verificou-se que alguns tratamentos de condicionamento osmótico das sementes e/ou a pré-hidratação em água destilada promoveram ganhos no desempenho das sementes de beterraba, dependendo da qualidade inicial do lote para a maioria das variáveis consideradas.

De modo geral, os lotes B e C, de qualidade fisiológica superior, responderam favoravelmente aos diversos tratamentos empregados, relativamente ao índice de velocidade de germinação a 20°C. A magnitude da resposta, todavia, variou conforme a qualidade do lote de sementes e com o tipo de condicionamento empregado. Assim, para o lote B, de melhor qualidade, maiores índices de velocidade de germinação (a 15°C e a 20°C) foram obtidos com a simples pré-hidratação em água destilada, por 16 ou 24h. Isso levou a correspondentes reduções (em torno de 20%) no tempo médio de germinação (Tabelas 3 e 4). O lote C, por outro lado, embora tenha respondido favoravelmente a todos os tipos de pré-condicionamento empregados, teve melhor desempenho com o condicionamento osmótico utilizando solução de polietilenoglicol 6000 (-1,2MPa) por 72h, sendo que o emprego da mesma solução por um período de 24h não diferiu do controle, a despeito da diferença absoluta entre as respectivas médias.

Analisando-se as variáveis índice de velocidade de germinação a 15°C e a 20°C e tempo médio de germinação a 15°C (Tabelas 3 e 4), notou-se um efeito menos pronunciado do condicionamento das sementes, ocorrendo, inclusive, efeitos prejudiciais decorrentes de alguns tratamentos de condicionamento osmótico. Desta forma, reduções no índice de velocidade de germinação a 15°C foram observadas nas sementes do lote A submetidas ao condicionamento osmótico utilizando solução de polietilenoglicol durante 48h; no lote B, após o condicionamento osmótico das sementes com solução de sulfato de magnésio ($MgSO_4$) por 24h e no lote C, após o condicionamento com solução de polietilenoglicol por 24 e 48h e $MgSO_4$ por 24h. Essas reduções levaram ao prolongamento no tempo médio de germinação, embora no lote A, a diferença encontrada entre o desempenho das sementes do tratamento controle e aquelas submetidas ao condicionamento osmótico em PEG por 48h não tenha sido significativa (Tabelas 3 e 4). Diante desses resultados e daqueles reportados por Sobral et al. (1987), nos quais a temperatura de 20°C foi considerada desfavorável para a germinação de sementes de beterraba açucareira, pode-se

supor que, para a cultivar e os lotes utilizados no presente trabalho, a temperatura de 20°C tenha se constituído em temperatura superótima para a germinação das sementes, sob condições de laboratório, possibilitando que o efeito do condicionamento tenha se evidenciado mais clara e significativamente a 20°C comparativamente a 15°C. Essa ocorrência suporta evidências e argumentos favoráveis ao melhor desempenho das sementes osmocondicionadas quando sob condições desfavoráveis, conforme Ali et al., (1990); Cantliffe e ElBalla (1994) e Mauromicale e Cavallaro (1995). Da mesma forma, sementes osmoticamente condicionadas de cenoura também apresentaram melhor desempenho quando submetidas a temperaturas elevadas, sendo que, assim como para a beterraba, maiores respostas foram obtidas para lotes de melhor qualidade inicial (Cantliffe e Elballa, 1994). Contrariamente, Khan et al. (1983) obtiveram respostas favoráveis ao condicionamento osmótico de sementes de beterraba de mesa quando submetidas à temperatura de 15°C durante a germinação.

A discordância verificada entre os resultados obtidos e aqueles de trabalhos de pesquisa anteriores (Durrant et al., 1983; Khan et al., 1983; Osburn e Schroth, 1988; Rossetto et al., 1998) pode ser resultante de diferenças entre cultivares, lotes, métodos empregados para promover o condicionamento osmótico das sementes, critérios utilizados para a avaliação dos resultados e temperaturas utilizadas no período de condicionamento. De toda forma, as diferenças entre os resultados obtidos no presente trabalho e nos anteriores podem levar a não recomendação do condicionamento osmótico de sementes de beterraba pela indústria de sementes, levando à necessidade de adaptação dos métodos de condicionamento osmótico de acordo com a cultivar e/ou os lotes produzidos. Segundo Rush (1992), embora a idéia de que o condicionamento de sementes de beterraba possa levar a ganhos na precocidade e uniformidade da emergência das plântulas, para a indústria de sementes, qualquer tratamento que exija modificações e/ou adaptações em função das cultivares ou lotes de sementes seria indesejável.

Adicionalmente, a resposta das sementes condicionadas relativamente ao índice de velocidade de emergência (Tabela 6) vem confirmar a hipótese de que o vigor das sementes é o componente da qualidade mais influenciado pelo condicionamento osmótico (Braccini et al., 1996). Neste caso, notou-se efeito independente dos tipos de tratamentos de condicionamento e dos lotes de sementes, ou seja, a resposta ao condicionamento osmótico foi independente da qualidade inicial dos lotes de sementes. Maiores velocidades de

emergência foram obtidas quando as sementes foram hidratadas em água destilada, durante 24h e após o condicionamento osmótico utilizando solução de PEG 6000 por períodos de 48 e 72h, relativamente às sementes não tratadas.

A reunião das informações obtidas no presente trabalho permite verificar que os tratamentos de condicionamento osmótico empregando PEG ou $MgSO_4$ ou a pré-hidratação não favoreceram a germinação à temperatura de 15°C ou 20°C e a emergência de plântulas em casa de vegetação, independentemente da qualidade fisiológica dos lotes. Todavia, para lotes de sementes de qualidade fisiológica alta e média, o condicionamento osmótico promoveu, de maneira geral, benefícios ao desempenho das sementes, com diminuição do tempo de germinação a 20°C e aumentos dos índices de velocidade de germinação a 20°C e de emergência de plântulas.

CONCLUSÃO

Embora o condicionamento osmótico de sementes de beterraba de média e alta qualidade fisiológica tenha proporcionado benefícios ao desempenho das sementes, especialmente à velocidade de germinação e de emergência das plântulas em casa de vegetação, a técnica necessita de aprimoramento para a espécie, dada a necessidade de adaptação da metodologia de condicionamento aos diferentes lotes de sementes produzidos pela indústria de sementes.

REFERÊNCIAS

- ALI, A.; SOUZA MACHADO, V.; HAMILL, A.S. Osmoconditioning of tomato and onion seeds. *Scientia Horticulturae*, Amsterdam, v. 43, n. 3/4, p.213-224, 1990.
- BRACCINI, A.L.; DIAS, D.C.F.S.; REIS, M.S. Tratamentos pré-germinativos e sua importância nos estudos de tecnologia de sementes. *Informativo ABRATES*, Brasília, v. 6, n. 2/3, p. 51-56, 1996.
- BRADFORD, K.J.; STEINER, J.J.; TRAWATHA, S.E. Seed priming influence on germination and emergence of pepper seed lots. *Crop Science*, Madison, v. 30, n. 3, p. 718-721, 1990.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e da Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: SNDA/DNDV/CLAV, 1992. 365p.
- BRAY, C.M.; DAVISON, P.A.; ASHRAF, M.; TAYLOR, R.M. Biochemical changes during osmopriming of leek seeds. *Annals of Botany*, London, v. 63, n. 2, p.185-193, 1989.
- BROCKLEHURST, P.A.; DEARMAN, J. Interactions between seed priming treatments and nine seed lots of carrot, celery and onion. I. Laboratory germination. *Annals of Applied Biology*,

- Wellesbourne, v. 102, n.3, p.577-584, 1983a.
- BROCKLEHURST, P.A.; DEARMAN, J. Interactions between seed priming treatments and nine seed lots of carrot, celery and onion. II. Seedling emergence and plant growth. **Annals of Applied Biology**, Wellesbourne, v. 102, n.3, p.585-593, 1983b.
- CANTLIFFE, D.J.; ELBALLA, M. Improved germination of carrot at stressful high temperature by seed priming. **Proceedings of the Florida State Horticulture Society**, Lake Alfred, v. 107, p.121-128, 1994.
- CURRAH, I.E. Plant uniformity at harvest related to variation between emerging seedlings. **Acta Horticulturae**, Wellesbourne, n.72, p. 57-68, 1978.
- DURRANT, M.J.; PAYNE, P.A.; McLAREN, J.S. The use of water and some inorganic salt solutions to advance sugar beet seed. I. Laboratory studies. **Annals of Applied Biology**, Wellesbourne, v. 103, n.3, p. 507-515, 1983.
- EIRA, M.T.S.; MARCOS FILHO, J. Condicionamento osmótico de sementes de alface I. Efeitos sobre a germinação. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 12, n. 1, p.9-27, 1990.
- FILGUEIRA, F.A.R. **Novo Manual de Olericultura**: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. Viçosa: UFV, 2000. 402 p.
- FUJIKURA, Y.; KARSSSEN, C.M. Effects of controlled deterioration and osmopriming on protein synthesis of cauliflower seeds during early germination. **Seed Science Research**, New York, v. 2, n.1, p.23-31, 1992.
- GARCIA, F.C.; JIMENÉZ, L.F.; VÁZQUEZ-RAMOS, J.M. Biochemical and cytological studies on osmoprimed maize seeds. **Seed Science Research**, New York, v. 5, n.1, n.1, p. 15-23, 1995.
- JUNTILLA, O. Germination inhibitors in fruit extracts of red beet (*Beta vulgaris* cv. *rubra*). **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 27, n. 99, p. 827-836, 1976.
- KHAN, A.A.; PECK, N.H.; TAYLOR, A.G.; SAMIMY, C. Osmoconditioning of beet seeds to improve emergence and yield in cold soil. **Agronomy Journal**, Madison, v. 75, p. 788-794, 1983.
- MAUROMICALE, G.; CAVALLARO, V. Effects of seed osmopriming on germination of tomato at different water potential. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 23, n.2, p.393-403, 1995.
- MURRAY, G.; SWENSEN, J.B.; GALLIAN, J.J. Emergence of sugar beet seedlings at low soil temperature following seed soaking and priming. **HortScience**, Alexandria, v. 28, n. 1, p. 31-32, 1993.
- NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇANETO, J.B. (Ed.) **Vigor de sementes**: conceitos e testes. Londrina: ABRATES, 1999, p. 2.1-2.21.
- NASCIMENTO, W.M. Condicionamento osmótico de sementes de hortaliças: potencialidades e implicações. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 16, n. 2, p. 106-109, 1998.
- NONOGAKI, H.; MATSUSHIMA, H.; MOROHASHI, Y. Galactomannan hydrolyzing activity develops during priming in the micropylar endosperm tip of tomato seeds. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 85, n.2, p.167-172, 1992.
- OSBURN, R.M.; SCHROTH, M.N. Effect of osmopriming sugar beet on exudation and subsequent damping-off caused by *Pythium ultimum*. **Phytopathology**, Berkeley, v. 78, n. 9, p.1246-1250, 1988.
- PARERA, C.A.; CANTLIFFE, D.J. Presowing seed priming. **Horticultural Reviews**, New York, v. 16, p.109-141, 1994.
- PILL, W.G.; FRETT, J.J.; MORNEAU, D.C. Germination and seedling emergence of primed tomato and asparagus seeds under adverse conditions. **HortScience**, Alexandria, v. 26, n. 9, p.1160-1162, 1991.
- REDFEARN, M.; OSBORNE, D.J. Effects of advancement on nucleic acids in sugarbeet (*Beta vulgaris*) seeds. **Seed Science Research**, New York, v. 7, n.3, p. 261-267, 1997.
- ROSSETTO, C.A.V.; MINAMI, K.; NAKAGAWA, J. Efeito do condicionamento fisiológico de sementes de beterraba na emergência e na produtividade. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 20, n. 2, p. 350-355, 1998.
- RUSH, C.M. Stand establishment of sugar beet seedlings in pathogen-infested soils as influenced by cultivar and seed-priming technique. **Plant Disease**, St. Paul, v. 76, n. 8, p. 800-805, 1992.
- SMITH, P.T.; COBB, B.G. Physiological and enzymatic characteristics of primed, re-dried, and germinated pepper seeds. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 20, n.3, p. 503-513, 1992.
- SOBRAL, L.S.; IRIGON, D.L.; PORTO, M.P. Teste de germinação em sementes poligêrmicas de beterraba açucareira (*Beta vulgaris* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 9, n. 3, p. 39-44, 1987.
- SUNG, F.J.M.; CHANG, Y H. Biochemical activities associated with priming of sweet corn seeds to improve vigor. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 21, n.1, p.97-105, 1993.
- TRIGO, M.F.O.O.; NEDEL, J.L.; TRIGO, L.F.N. Alterações isoenzimáticas em sementes de cebola sob condicionamento osmótico. **Revista Científica Rural**, Bagé, v. 5, n. 1, p. 170-183, 2000.
- 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, 1991.
- WELBAUM, G.E.; SHEN, Z.; OLUOCH, M.O.; JETT, L. The evolution and effects of priming vegetable seeds. **Seed Technology**, Lansing, v. 20, n. 2, p.209-235, 1998.
- YEOUNG, Y.R.; WILSON, D.O. Effects of oxygen concentrations on germination during onion and sugar beet seed priming. **Journal of the Korean Society for Horticultural Science**, Korea Republic, v. 36, n. 5, p. 628-634, 1995.
- ZONTA, E.P.; MACHADO, A.A. **Sistema de análise estatística para microcomputadores-SANEST**. Ilha Solteira:UNESP, 1984. 109p.

