

MÁRIO LÚCIO CARVALHO BITTENCOURT

CONDICIONAMENTO OSMÓTICO DE SEMENTES DE ASPARGO
(*Asparagus officinalis* L.)

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2002

MÁRIO LÚCIO CARVALHO BITTENCOURT

CONDICIONAMENTO OSMÓTICO DE SEMENTES DE ASPARGO

(*Asparagus officinalis* L.)

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

APROVADA: 27 de maio de 2002.

Prof. Eduardo Fontes Araújo
(Conselheiro)

Dr. Luiz Antônio dos Santos Dias
(Conselheiro)

Prof. Roberto Ferreira da Silva

Dr^a. Maria Aparecida Nogueira Sedyama

Prof^a. Denise Cunha Fernandes dos Santos Dias
(Orientadora)

A Deus,

À minha mãe, Renée, "in memoriam",

Ao meu pai, Antônio,

Ao meu irmão, Antônio Carlos, "in memoriam",

Ao meu irmão, José Caetano, "in memoriam",

Às minhas irmãs, Maria Bernadete e Maria Deuslira, e sobrinhos.

AGRADECIMENTOS

A Deus, sempre presente, ajudando-nos a vencer os momentos difíceis.

À Universidade Federal de Viçosa, em especial ao Departamento de Fitotecnia, pela oportunidade de realização do Curso.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudo.

À Professora Denise Cunha Fernandes dos Santos Dias, pela segura orientação, amizade, especial atenção, valiosas sugestões, interesse e acompanhamento constantes na elaboração deste trabalho.

Ao Dr. Luiz Antônio dos Santos Dias, pela amizade, especial atenção e dedicada e rigorosa orientação nas análises estatísticas.

Ao Professor Eduardo Fontes Araújo, pela amizade e valiosas sugestões que muito contribuíram para o aprimoramento deste trabalho.

Ao Professor Roberto Ferreira da Silva, pela especial atenção, incentivo e valiosas sugestões apresentadas.

À Dr^a. Maria Aparecida Nogueira Sedyama, pelo tratamento sempre amigo e cordial, pela leitura criteriosa e valiosas sugestões apresentadas.

Ao Professor Tocio Sedyama, pela sua grande dedicação à Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia.

Ao Professor Vicente Wagner Dias Casali, pela amizade e pelo grande incentivo na realização deste Curso.

À Professora Eveline Mantovani Alvarenga e à Pesquisadora Maria Carmem Bhering, pela amizade, especial atenção, constante apoio e convivência muito agradável.

Aos Professores Mário Puiatti, Derly José Henriques da Silva, Francisco Affonso Ferreira, Antônio Alberto da Silva, Múcio Silva Reis e Júlio César Lima Neves, pela amizade, especial atenção e incentivo.

À Mara Rodrigues pela amizade, agradável convívio e dedicação à Secretaria da Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Fitotecnia.

À TOPSEED Sementes, na pessoa da Dr^a. Sandra Regina da Silveira, pela atenção muito especial no fornecimento das sementes de aspargo, com a qualidade fisiológica necessária, para a realização deste trabalho.

À Escola Superior de Agricultura e Ciências de Machado, nas pessoas dos Professores Giselle Prado Brigante, Lia Mara Ferreira Martins e Marcos Ramos de Oliveira, pela amizade e apoio para realização deste Curso.

Aos meus pais, Renée de Carvalho Bittencourt, "in memoriam", e Antônio Toledo Bittencourt, pelo exemplo de amor, esperança, honestidade, inestimável apoio e incansável dedicação aos filhos, meu especial e eterno agradecimento.

À amiga Eliete da Mota Ferreira, pelos longos anos de uma amizade muito especial, apoio e muito incentivo.

À Josete Pertel, pela amizade, apoio e momentos de convivência muito agradável.

A todos os colegas do Curso de Fitotecnia pela convivência muito agradável.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho.

BIOGRAFIA

MÁRIO LÚCIO CARVALHO BITTENCOURT, filho de Antônio Toledo Bittencourt e Renée de Carvalho Bittencourt, nasceu em 26 de maio de 1963, em Leopoldina, Estado de Minas Gerais.

Realizou os Cursos de 1º e 2º Graus na Escola Estadual Professor Botelho Reis, em Leopoldina, Minas Gerais.

Em 1987, graduou-se em Engenharia Agrônômica, pela Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

Em fevereiro de 1988, iniciou o Curso de Mestrado em Fitotecnia, na Universidade Federal de Viçosa, com área de concentração em Olericultura, na linha de pesquisa de Produção e Tecnologia de Sementes, defendendo Tese em 19 de março de 1991.

Em abril de 1991, foi contratado, mediante concurso público, pela Escola Superior de Agricultura e Ciências de Machado, em Machado, Minas Gerais, onde exerce a função de Professor até o presente momento.

Em fevereiro de 1998, iniciou o Curso de Doutorado no Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, na Universidade Federal de Viçosa, também com área de concentração em Olericultura, na linha de pesquisa de Produção e Tecnologia de Sementes, defendendo Tese em 27 de maio de 2002.

ÍNDICE

	Página
RESUMO.....	viii
ABSTRACT.....	xi
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	4
2.1. Relações hídricas.....	4
2.2. Embebição.....	5
2.3. Condicionamento osmótico.....	8
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	23
3.1. Determinação das curvas de embebição das sementes.....	23
3.2. Condicionamento osmótico das sementes.....	25
3.3. Avaliação do efeito do condicionamento osmótico na qualidade fisiológica das sementes.....	26
3.3.1. Germinação.....	26
3.3.2. Germinação sob estresse hídrico.....	26
3.3.3. Germinação a baixa temperatura.....	26
3.3.4. Deterioração controlada.....	27
3.3.5. Pesos da matéria verde e seca.....	27
3.3.6. Germinação a alta temperatura.....	28
3.3.7. Comprimento da radícula.....	28
3.3.8. Comprimento da plântula.....	29

3.3.9. Comprimento do epicótilo.....	29
3.3.10. Velocidade de emergência.....	29
3.4. Delineamento experimental e análise estatística.....	32
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	33
4.1. Curvas de embebição.....	33
4.2. Considerações gerais sobre as análises combinadas de variância	39
4.3. Germinação.....	43
4.4. Primeira contagem da germinação.....	44
4.5. Germinação sob estresse hídrico.....	47
4.6. Germinação a baixa temperatura.....	49
4.6.1. Primeira contagem da germinação a baixa temperatura.....	49
4.6.2. Germinação a baixa temperatura.....	50
4.7. Deterioração controlada.....	53
4.7.1. Primeira contagem da deterioração controlada.....	53
4.7.2. Germinação total após deterioração controlada.....	54
4.8. Pesos da matéria verde e seca.....	57
4.9. Germinação a alta temperatura.....	60
4.10. Comprimento da radícula.....	63
4.11. Comprimento da plântula.....	65
4.12. Comprimento do epicótilo.....	66
4.13. Velocidade de emergência.....	68
4.14. Considerações gerais.....	71
5. RESUMO E CONCLUSÕES.....	77
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	79
APÊNDICE.....	90

RESUMO

BITTENCOURT, Mário Lúcio Carvalho, D.S., Universidade Federal de Viçosa, maio de 2002. **Condicionamento osmótico de sementes de aspargo (*Asparagus officinalis* L.)**. Orientadora: Denise Cunha Fernandes dos Santos Dias. Conselheiros: Luiz Antônio dos Santos Dias e Eduardo Fontes Araújo.

O tempo decorrido da semeadura até o estabelecimento da plântula de aspargo é relativamente longo, podendo levar de quatro a seis semanas, dependendo da temperatura e umidade do solo, justificando o uso de técnicas que acelerem a germinação, como o condicionamento osmótico ("priming") das sementes. O presente trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Pesquisa de Sementes, do Departamento de Fitotecnia, da Universidade Federal de Viçosa, no período de janeiro a dezembro de 2000, tendo como objetivos: determinar as curvas de embebição para sementes de aspargo em água destilada, PEG 6000 e água do mar; estudar as interações entre potencial osmótico, agente condicionador e período de condicionamento adequados ao condicionamento osmótico dessas sementes; e avaliar os efeitos do condicionamento osmótico em lotes de sementes com diferentes níveis de vigor. Foram utilizadas sementes de aspargo 'Mary Washington', provenientes de quatro lotes. Inicialmente, determinaram-se as curvas de embebição das sementes de cada lote, em água destilada, em PEG 6000 a $-1,0$ e $-1,2$ MPa e em água do mar a $-3,3$ MPa, todas em incubadora BOD a 25°C . Para o condicionamento em PEG 6000 e em água do mar, utilizaram-se períodos de embebição de 2, 4, 6, 8, 10,

12, 24, 48, 72, 96, 120, 144, 168, 336, 504 e 672 horas. Períodos de embebição de 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 24, 48, 72, 96, 120, 144 e 168 horas foram utilizados para o condicionamento em água destilada. Após cada período, o grau de umidade atingido pelas sementes foi determinado em estufa a 130⁰C por uma hora. Foram, então, estabelecidos os seguintes tratamentos de condicionamento osmótico: PEG 6000 a -1,0 MPa por 7 e 14 dias, PEG 6000 a -1,2 MPa por 7 e 14 dias, água do mar a -3,3 MPa por 7 e 14 dias e água destilada por 3 dias. Sementes não condicionadas e embebidas em água destilada foram utilizadas como testemunhas. Imediatamente após o condicionamento, o efeito dos tratamentos na qualidade fisiológica das sementes foi avaliado pelos seguintes testes: germinação e 1^a contagem da germinação, deterioração controlada, pesos da matéria verde e seca das plântulas, germinação sob estresse hídrico (PEG 6000 a -0,4 MPa), germinação a baixa temperatura (15⁰C), germinação a alta temperatura (35⁰C), comprimentos da radícula, do epicótilo e da plântula e velocidade de emergência das plântulas em areia. O experimento foi instalado no delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições e oito tratamentos para cada lote. Os dados foram submetidos à análise combinada de variância envolvendo todos os lotes, sendo as médias comparadas pelo teste Duncan, ao nível de 5% de probabilidade. Os resultados permitiram concluir que: as curvas de embebição obtidas em PEG 6000 a -1,2 MPa e em água do mar a -3,3 MPa indicaram que, até 672 horas (28 dias) de embebição, não houve protrusão da radícula. Já para as sementes condicionadas em PEG 6000 a -1,0 MPa, a protrusão da radícula ocorreu a partir das 504 horas (21 dias) de embebição. Houve protrusão da radícula a partir das 120 horas (5^o dia) de embebição em água destilada; o condicionamento em PEG a -1,0 MPa por 336 horas (14 dias), de modo geral, foi o tratamento mais adequado; sementes de aspargo condicionadas apresentaram maior porcentagem de germinação e maior vigor em relação às sementes não condicionadas; o condicionamento osmótico mostrou-se benéfico tanto para o lote de baixa quanto o de alta qualidade fisiológica, embora o efeito tenha sido mais expressivo para o lote de menor vigor; o condicionamento osmótico apresentou efeito benéfico no vigor

das sementes, tanto no lote de baixa quanto no de alta qualidade fisiológica, sob condições de estresse térmico e hídrico.

ABSTRACT

BITTENCOURT, Mário Lúcio Carvalho, D.S. Universidade Federal de Viçosa, May 2002. **Osmotic priming of asparagus (*Asparagus officinalis* L.) seeds.** Adviser: Denise Cunha Fernandes dos Santos Dias. Committee Members: Luiz Antônio dos Santos Dias and Eduardo Fontes Araújo.

The period of time between the sowing and the establishment of asparagus seedling is relatively long, being able to take four at six weeks, depending on temperature and soil moisture, justifying the use of techniques that speed up the germination, as the osmotic priming of the seeds. The study was carried out at the Seed Research Laboratory of the Universidade Federal de Viçosa, in january-december period of 2000, with the objectives: to determine the imbibition curves for asparagus seeds in distilled water, PEG 6000 and seawater; to study the interactions between osmotic potential, priming agent and period of time suitable for seed priming, and to evaluate the effect of the osmotic priming in seed lots with different vigor levels. Four seed lots of 'Mary Washington' asparagus were used. Initially imbibition curves were drawn for each seed lot imbibed in distilled water, PEG 6000 at -1,0 and -1,2 MPa and in seawater at -3,3 MPa at 25⁰C. For the priming in PEG 6000 and seawater, imbibition periods of 2, 4, 6, 8, 10, 12, 24, 48, 72, 96, 120, 144, 168, 336, 504 and 672 hours had been used. For the priming in distilled water, imbibition periods of 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 24, 48, 72, 96, 120, 144 and 168 hours had been used. After each period of priming was monitored the moisture degree reaching for the seeds in stove at 130⁰C for one hour. The following

osmotic priming treatments were established: seeds imbibed in PEG 6000 at -1,0 MPa for 7 days and 14 days, in PEG 6000 at -1,2 MPa for 7 days and 14 days, in seawater at -3,3 MPa for 7 days and 14 days and distilled water for 3 days. Unprimed seeds and seeds imbibed in distilled water were used as controls. Immediately after the priming, the effect of the treatments in the physiological quality of the seeds was evaluated by the following tests: standard germination (first count and final count); controlled deterioration; dry and fresh matter weight of the seedlings; germination under water stress (PEG 6000 at -0,4 MPa); cool germination (15⁰C); germination at high temperature (35⁰C); radicle, epicotyl and seedling length; and seedling emergence speed in sand. The experiment was arranged in a completely randomized design, with four replications and eight treatments for each lot. The data were submitted to the joint analysis of variance involving all the lots. The treatment means were compared using the Duncan test at 5% probability level. The results allowed the following conclusions: the imbibition curves in PEG 6000 at -1,2 MPa and in seawater at -3,3 MPa had indicated that there was no radicle protrusion until the 672 hours (28th day) of imbibition. For the seeds imbibed in PEG 6000 at -1,0 MPa, radicle protrusion occurred from the 504 hours (21th day) of imbibition. There was radicle protrusion from the 120 hours (fifth day) of imbibition in distilled water; the seed priming in PEG at -1,0 MPa for 336 hours (14 days), in general, was the most effective treatment; primed asparagus seeds presented greater germination and vigor in relation to the untreated seeds; the osmotic priming had beneficial effect on vigor and seedling growth; the osmotic priming showed beneficial effect on vigor in the seed lots with high and low physiological quality, specially over stress conditions.

1. INTRODUÇÃO

O aspargo é uma espécie nativa do leste do Mediterrâneo e parte da Ásia, sendo amplamente distribuído na Europa. Pertence à família Liliaceae, sendo mais recentemente também classificado na família Asparagaceae e espécie *Asparagus officinalis* L. É uma espécie dióica, cuja planta é herbácea, rizomatosa e perene, dependendo o ciclo médio da cultivar, das condições ambientais e, principalmente, dos tratos culturais dispensados à lavoura.

Na década de 1930 foi introduzido no Brasil, no Rio Grande do Sul e, até recentemente, acreditava-se ser o aspargo uma cultura de clima temperado, necessitando do frio invernal para o repouso fisiológico e o acúmulo de reservas. No entanto, foi verificado que a seca é capaz de propiciar o período de repouso necessário à planta, independente da temperatura. Hoje, a cultura do aspargo se expandiu para o Norte de Minas Gerais e em várias áreas do Submédio São Francisco, como Petrolina, em Pernambuco. Resultados de pesquisa já permitiram consolidar definitivamente o aspargo como uma boa alternativa de exploração agrícola nos perímetros irrigados da região Nordeste do Brasil, oferecendo, inclusive, condições da região competir nos mercados interno e externo.

Para se obter uma adequada população de plantas com boa produtividade e qualidade do produto colhido é necessário que as plântulas se estabeleçam rápida e uniformemente. Comumente, durante a emergência, as

sementes ficam sujeitas a condições edafo-climáticas adversas, muitas vezes difíceis de serem controladas pelo agricultor.

As sementes de aspargo apresentam, freqüentemente, baixa capacidade de germinação, uma vez que, geralmente, as sementes utilizadas para plantio são oriundas de lavouras comerciais. Segundo as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 1992), a baixa germinação em sementes de aspargo pode ser devido à presença de sementes sem embrião ou sementes com embrião rudimentar.

O tempo decorrido da sementeira até o estabelecimento da plântula de aspargo é relativamente longo, podendo levar de quatro a seis semanas, dependendo da temperatura e umidade do solo, o que poderá ter reflexo no ciclo de produção da cultura, justificando o uso de técnicas que acelerem a germinação. A sementeira sob baixas temperaturas ocasiona emergência mais lenta e irregular. A porcentagem de emergência e a uniformidade irão refletir na produção de mudas em sementeira ou, principalmente, na instalação inicial da cultura quando pelo método da sementeira direta. Entre as várias pesquisas que têm sido realizadas, objetivando reduzir o período de tempo entre a sementeira e a emergência das plântulas, destacam-se os estudos sobre o condicionamento osmótico (“priming”) das sementes.

Esta técnica consiste em pré-umedecer as sementes em água ou em uma solução osmótica, por determinado período de tempo, até essas entrarem em equilíbrio com o potencial osmótico da solução. Assim, as sementes absorvem água até um nível que permite a ativação de eventos metabólicos essenciais à germinação, sem, contudo, ocorrer a emissão da raiz primária (KHAN, 1992). A seguir, as sementes são secadas até atingirem o grau de umidade original, para que possam ser manuseadas ou armazenadas. Assim, quando semeadas no campo, a emergência será rápida, sincronizada e em maior porcentagem. Há grande variação em termos de resposta ao condicionamento osmótico entre as espécies, variedades e mesmo entre lotes de uma mesma variedade, especialmente no que diz respeito às melhores combinações de potencial osmótico, agente condicionador, temperatura e tempo de condicionamento.

Inicialmente, para definir as melhores condições de condicionamento das sementes, é necessário conhecer os padrões de embebição dessas sementes e a influência dos principais fatores envolvidos nesse processo até o início da emissão da radícula e, principalmente, a melhor combinação de potencial osmótico, temperatura e período de condicionamento. Para as sementes de aspargo os resultados sobre condicionamento osmótico são pouco conclusivos. A maioria dos estudos avalia os efeitos do condicionamento osmótico aplicado a um único lote de sementes, o que torna interessante testar a eficiência dessa técnica em lotes com níveis distintos de qualidade.

Assim, este trabalho teve como objetivos: conhecer os padrões de embebição de sementes de aspargo; estudar as interações entre potencial osmótico, agente condicionador e período de condicionamento; avaliar os efeitos do condicionamento osmótico em lotes com diferentes níveis de vigor.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Relações hídricas

Com a absorção de água pelas sementes secas e viáveis, inicia-se uma série de processos físicos, fisiológicos e bioquímicos no interior da semente que ocasionam a emergência da radícula, indicando que a germinação ocorreu, desde que não haja fator limitante. Assim, com a embebição, o metabolismo rapidamente recomeça, sendo que a respiração, síntese de enzimas, atividade de organelas, síntese de RNA e proteínas são atividades celulares envolvidas na germinação.

No entanto, deve-se considerar que muitos fatores podem interferir no processo de embebição, como a área de contato semente/água, a temperatura, a composição e permeabilidade do tegumento, a disponibilidade de água no ambiente, a pressão hidrostática e o estado fisiológico da semente (CARVALHO e NAKAGAWA, 2000; MAYER e POLJAKOFF-MAYBER, 1989).

O potencial hídrico das células (ψ_w) nos tecidos das sementes resulta da interação entre os potenciais osmótico, mátrico e de pressão. O potencial osmótico (ψ_o) equivale à concentração de solutos dissolvidos nas células; o potencial mátrico (ψ_m) relaciona-se com a capacidade de matrizes como parede celular, amido, proteínas e outras hidratarem-se e ligarem-se à água; e o de pressão (ψ_p) representa a força contrária exercida pela parede celular externa devido à turgescência causada pela entrada de água nas células.

Os potenciais osmótico e mátrico apresentam valores negativos, que são, portanto, inferiores ao potencial da água pura. O potencial de pressão, por ser uma força contrária, é positivo. Somando-se os três componentes do potencial hídrico, obtém-se um valor negativo, exceto em células completamente túrgidas, em que o somatório se aproxima de zero (BEWLEY e BLACK, 1994).

Como o potencial hídrico na semente seca é sempre menor que o do solo úmido, a água vai se movimentar no sentido do menor potencial, penetrando na semente, uma vez que a tendência é de a água buscar um estado de menor energia (BEWLEY e BLACK, 1994). As sementes secas apresentam um baixo potencial hídrico devido às forças mátricas (ψ_m) resultantes das interações interfaciais com os constituintes moleculares da semente. Assim, no estado quiescente, as sementes possuem baixo grau de umidade, sendo metabolicamente praticamente inativas.

2.2. Embebição

Como a água é essencial à germinação das sementes, a embebição é a etapa inicial de uma seqüência de eventos como ativação enzimática, quebra, translocação e uso do material de reserva, que culminam com a retomada de crescimento pelo eixo embrionário (BEWLEY e BLACK, 1994). Com a embebição ocorre hidratação de partículas coloidais dos tecidos das sementes de forma diferenciada, acarretando aumento de volume e posterior ruptura do tegumento, permitindo a emergência das estruturas da plântula (COPELAND, 1976).

Havendo condições favoráveis de temperatura e umidade, o processo de embebição, para a maioria das sementes, ocorre segundo um padrão trifásico. A primeira fase (Fase I), conhecida como embebição, é rápida, durando de uma a duas horas, sendo um processo físico que ocorre devido à diferença de potencial hídrico entre a semente e o meio. Assim, é consequência das forças matriciais das paredes celulares e do conteúdo celular das sementes secas, que pode chegar a valores de até -100 MPa. Essa

absorção de água ocorre mesmo que a semente esteja dormente (não havendo impermeabilidade do tegumento) ou inviável (BEWLEY e BLACK, 1994).

A rápida absorção de água na Fase I é atribuída a um potencial mátrico negativo da semente, que é causado pelos componentes da parede celular e proteínas. Durante a embebição, a semente intumescce devido à expansão de compostos hidrofílicos como proteínas, celulose, substâncias pécnicas e mucilagem (MAYER e POLJAKOFF-MAYBER, 1989). Nessa fase, a taxa de absorção de água é influenciada por fatores como temperatura, grau de umidade inicial, composição e morfologia da semente, sendo que as substâncias de reserva são digeridas em substâncias simples de menor peso molecular, que são mais facilmente transportadas ao embrião, viabilizando o fornecimento de energia e de nutrientes necessários para a retomada de crescimento do embrião. Sementes ricas em lipídio tendem a apresentar hidratação mais lenta, devido ao caráter hidrofóbico dos lipídios. Também nessa fase pode ocorrer vazamento de solutos (íons K^+ , fosfatos, açúcares simples, aminoácidos, fenóis, etc) cuja intensidade aumenta em função de rachaduras no tegumento (BEWLEY e BLACK, 1994).

No geral, quando as sementes endospermicas atingem grau de umidade de 25 a 30% e as sementes cotiledonares de 35 a 40%, a absorção de água se estabiliza ou aumenta muito pouco, começando uma fase estacionária (Fase II ou fase lag), na qual vai ocorrer digestão e transporte ativo das substâncias de reserva. Nessa fase, os potenciais hídricos do meio e da semente ficam muito próximos, e com isso a absorção de água pela semente se estabiliza. Durante essa fase, ocorre ativação de processos metabólicos pré-germinativos, pois, enzimas, membranas e organelas como as mitocôndrias, tornam-se funcionais nas células hidratadas para as sementes completarem a germinação. Essa fase pode durar oito a dez vezes mais que a fase I, caracterizando-se por um período de repouso, cuja duração é dependente da temperatura e do potencial hídrico da semente, pois, baixa temperatura e baixo potencial hídrico aumentam a duração dessa fase (TAYLOR, 1997).

Assim, a água é mais rapidamente absorvida nas temperaturas mais altas comparado às mais baixas, embora nessas o volume total de água

absorvida ao final do processo seja maior. A taxa de absorção é proporcional ao aumento da temperatura, embora varie muito com as espécies (COPELAND, 1976). Com o aquecimento da água ocorre aumento da sua energia cinética, ocasionando aumento de sua pressão de difusão e, por outro lado, das atividades enzimáticas e metabólicas, diminuindo o potencial hídrico interno, e permitindo maior entrada de água na semente (POPINIGIS, 1985).

Na terceira e última fase (Fase III) ocorre um novo aumento no grau de umidade com o crescimento visível do eixo embrionário (início da protrusão da raiz primária). O crescimento da radícula é causado por alongamento celular, seguido pela divisão celular. Nessa fase, a maior absorção de água deve-se a uma redução no potencial osmótico, causada pela degradação de materiais de reserva em moléculas menores e osmoticamente ativas, e também ao alongamento dos tecidos da plântula. Assim, ocorre a reorganização das reservas digeridas nas fases I e II em substâncias mais complexas para formar novas células, permitindo, então, o crescimento do eixo embrionário. Em função disso, ocorre uma retomada rápida na absorção de água e somente sementes viáveis e não dormentes atingem a fase III (POWELL e MATTHEWS, 1979; BEWLEY e BLACK, 1994; CARVALHO e NAKAGAWA, 2000). No entanto, o aumento no grau de umidade é muito mais lento na fase III devido ao crescimento da plântula do que pelos processos físicos de absorção de água na fase I.

À medida que embebem água as sementes vão se tornando menos tolerantes a uma possível desidratação. Assim, desidratar a semente até a fase II da embebição não resulta em danos irreparáveis ao embrião, de tal forma que a germinação pode ter continuidade quando houver novamente possibilidade de hidratação. Porém, a partir da fase III, a secagem pode acarretar danos irreparáveis sobre o embrião, que já atingiu a fase de divisão celular perdendo sua habilidade para resistir à dessecação (PARERA e CANTLIFFE, 1994). Portanto, secar sementes depois da protrusão da radícula resultará na sua morte, enquanto sementes secadas durante a fase I ou II não são prejudicadas quanto à viabilidade (TAYLOR, 1997). O estresse, no início da germinação, tem efeito de prolongar a fase II, retardando a emergência das plântulas (BEWLEY e BLACK, 1994; TAYLOR, 1997). Portanto, com base

nessas informações, para manter as sementes hidratadas nas Fases I e II, por um determinado período de tempo, sem atingir a fase III, procede-se ao uso de soluções osmóticas.

2.3. Condicionamento osmótico

Há diversos tratamentos de sementes aplicados antes da semeadura que objetivam melhorar o desempenho durante a germinação. Esses tratamentos consistem em promover o início do metabolismo de germinação e dividem-se naqueles que simplesmente antecipam parte ou mesmo todos os processos de germinação antes da semeadura e naqueles que modificam esse processo, mantendo as sementes embebidas num nível que inibe a emergência da radícula por um determinado período de tempo antes da semeadura (HEYDECKER e COOLBEAR, 1977).

Assim, com o objetivo de reduzir o período de tempo entre a semeadura e a emergência das plântulas, de forma que as sementes permaneçam por menos tempo submetidas a condições adversas, foram desenvolvidos diversos processos para o tratamento de sementes em pré-semeadura. Esses tratamentos que melhoram o desempenho das sementes, através do controle da hidratação, são, geralmente, denominados pré-condicionamento fisiológico, condicionamento osmótico ou “priming” (KHAN et al., 1976; HEYDECKER e COOLBEAR, 1977) ou osmocondicionamento (KHAN et al., 1978) e têm apresentado resultados promissores para várias espécies, especialmente para sementes de hortaliças que, por apresentarem, em geral, tamanho reduzido, requerem pequeno volume de solução osmótica para o tratamento de grande volume de sementes.

O pré-condicionamento da semente consiste, portanto, na hidratação controlada de sementes quiescentes que são expostas a um potencial osmótico externo suficientemente adequado para evitar a protrusão da radícula (Fase III), mas capaz de promover a embebição de modo a estimular as atividades fisiológicas e bioquímicas que ocorrem nas fases preparatórias (Fases I e II) essenciais à germinação (BRADFORD, 1986; KHAN, 1992). Assim, as sementes são colocadas em contato com uma solução aquosa de

um composto quimicamente inerte mas osmoticamente ativo, como o PEG 6000, permitindo o início do processo de embebição, que é paralisado quando o equilíbrio entre o potencial hídrico da semente e o potencial osmótico da solução seja atingido, podendo-se, assim, regular o grau de umidade das sementes. Dessa forma, durante o osmocondicionamento ocorre o desdobramento de materiais de reserva e a síntese de compostos necessários ao processo germinativo, resultando em germinação muito rápida após a quebra da barreira do potencial osmótico.

Durante o período de embebição controlada, as sementes mais lentas (menos vigorosas) tendem a alcançar aquelas de germinação mais rápida (mais vigorosas) e, assim, a emergência das plântulas é mais uniforme, mesmo sob condições adversas como baixa temperatura (EIRA, 1988). Também ocorre, durante o osmocondicionamento, a reorganização de membranas, redução do vazamento de solutos e de injúrias por embebição rápida, superação da dormência, entre outros eventos (WEGES et al., 1991; KHAN, 1992; SUNG e CHANG, 1993).

Sementes condicionadas podem ter a taxa de germinação e uniformidade melhoradas, particularmente sob condições adversas de campo, como baixa temperatura (PILL e FINCH-SAVAGE, 1988), estresse hídrico (AKERS et al., 1987; FRETT e PILL, 1989), salinidade (WIEBE e MUHYADDIN, 1987; PILL et al., 1991) e temperatura elevada (WURR e FELLOWS, 1984; DEMIR e VAN DE VENTER, 1999).

Há duas linhas de evidências que não são mutuamente exclusivas para explicar os efeitos do condicionamento fisiológico: a restauração na integridade de membranas perdidas durante a secagem de sementes maduras e o aumento na disponibilidade de metabólitos prontos para serem utilizados na germinação e nos processos de crescimento (KNYPL e KHAN, 1981). A reparação do vigor das sementes durante o osmocondicionamento é um evento hipotético defendido por alguns pesquisadores e questionado por outros.

O ajuste osmótico que ocorre durante o condicionamento fisiológico (BRADFORD, 1986) foi definido por TAIZ e ZEIGER (1998) como o acúmulo de solutos pelas células em resposta ao baixo potencial osmótico do meio. O potencial osmótico das células pode ser reduzido por meio do aumento na

concentração de diversos solutos, incluindo açúcares, ácidos orgânicos e íons (especialmente K⁺).

O tratamento ideal de condicionamento para um determinado lote deve ser determinado experimentalmente (BRADFORD, 1986). Como principais fatores variáveis têm-se o período de tempo de exposição das sementes a um agente condicionador (PILL e FINCH-SAVAGE, 1988; EVANS e PILL, 1989; FRETTE e PILL, 1989), a temperatura de condicionamento e o potencial osmótico do agente condicionador (HAIGH e BARLOW, 1987; EVANS e PILL, 1989; FRETTE e PILL, 1989), bem como a natureza do agente condicionador (BRADFORD, 1986; HAIGH e BARLOW, 1987). Outros fatores que também influenciam o condicionamento osmótico são: aeração, luz, lavagem, secagem (quanto ao modo, período, temperatura e grau de umidade), vigor inicial da semente, espécie e cultivar dentro da espécie (HEYDECKER et al., 1975; KHAN et al., 1979; BROCKLEHURST e DEARMAN, 1984; FURUTANI et al., 1986; DEARMAN et al., 1987; MURRAY, 1989; BUJALSKI et al., 1991; SMITH e COBB, 1991; BUJALSKI et al., 1993; BRADFORD e HAIGH, 1994; PEREZ-GARCIA et al., 1995).

Em termos gerais, o potencial osmótico da solução de condicionamento tem variado de -0,5 a -2,0 MPa. A temperatura de condicionamento, para a maioria das espécies, varia entre 10 e 25^oC, sendo, geralmente, usada a temperatura indicada para a germinação das sementes (NASCIMENTO, 1998). Quanto ao período de tempo para embebição, esse tem variado de 4 a 35 dias, dependendo da espécie, temperatura e outros fatores (KHAN et al., 1980/81). Para quase todas as espécies, é importante a aeração da solução, para que haja adequado suprimento de oxigênio durante o processo de germinação das sementes. A luz também deve ser considerada, pois, sementes que necessitam de luz para germinar, a requerem também durante a embebição. Quanto à secagem das sementes após a embebição, a mesma deve ser lenta (NASCIMENTO, 1998).

O agente condicionador mais comumente usado é o polietileno glicol (PEG), tanto o de peso molecular \cong 6000 (PILL e FINCH-SAVAGE, 1988; FINCH-SAVAGE e PILL, 1990), como o PEG 8000 (PILL et al., 1991), também podendo ser usado manitol ou glicerol. A solução de PEG utilizada no

condicionamento osmótico de sementes pode, inclusive, ser reaproveitada (PETCH et al., 1991). O PEG apresenta características que, segundo SLAVICK (1974), são importantes para uma solução osmótica que esteja em contato com tecidos vivos: não é fitotóxico, não ocasiona alterações estruturais e também não pode penetrar através do sistema de membranas por apresentar peso molecular acima de 4.000 e nem mesmo ser metabolizado pelas sementes ou estar sujeito a mudanças causadas por microrganismos durante a prolongada imersão dos tecidos na solução. No entanto, o PEG é um produto relativamente caro e suficientemente viscoso podendo dificultar a aeração (MEXAL et al., 1975). A maioria dos solutos comumente utilizados para condicionamento fisiológico não obedece completamente a tais características (SLAVICK, 1974).

HARDEGREE e EMMERICH (1990) verificaram que o papel filtro pode absorver água da solução de PEG, reduzindo o potencial osmótico da solução, uma vez que o papel filtro contém uma fração hidrofílica que absorve água e é inacessível a polímeros de alto peso molecular, concentrando a solução de PEG. No entanto, o grau desse efeito depende da concentração de PEG na solução e da relação do volume da solução para o peso do papel filtro.

Sais inorgânicos como $MgSO_4$ (KRARUP, 1991), $MnSO_4$, $MgCl_2$, $NaCl$, $NaNO_3$, $CaCl_2$, KNO_3 , KH_2PO_4 , K_3PO_4 e Na_2SO_4 (HAIGH e BARLOW, 1987), bem como água do mar sintética (FRETT et al., 1991), também são usados como agentes condicionadores. Íons dissociados desses sais podem penetrar os tecidos das sementes, entretanto moléculas de PEG não, por apresentarem tamanho coloidal. A absorção variável de diferentes íons de sais condicionadores não somente influencia a quantidade de água absorvida pelas sementes ao longo de um gradiente osmótico, mas podem também permitir que íons específicos destruam enzimas e membranas, causando toxidez às plantas (FRETT et al., 1991).

Sementes tratadas podem ser secas ao seu grau de umidade inicial e armazenadas por períodos de tempo que variam em função da espécie. Sementes condicionadas osmoticamente e secas, geralmente, germinam mais rápida e uniformemente, quando reidratadas, especialmente quando as condições ambientais são adversas (BRADFORD, 1986).

No entanto, deve-se considerar que tratamentos de semente subseqüentes ao condicionamento podem afetar posterior resposta em germinação. Se sementes condicionadas são transferidas diretamente da solução condicionadora para o meio de germinação, a germinação é mais rápida do que se sementes condicionadas tivessem sido secas antes do plantio (PILL, 1986; EVANS e PILL, 1989). Tais sementes têm sido consideradas “pré-germinadas” (BRADFORD, 1986) e podem ser suspensas em gel hidrofílico protetor que após a semeadura é liberado na sementeira, pela técnica de plantio “fluid drilling” (GRAY, 1984). Esse sistema de plantio pode ocasionar emergência mais rápida, maior e mais uniforme, rendimentos mais rápidos e maiores e, em algumas culturas, maturação mais uniforme (GRAY, 1984). Sementes condicionadas de aspargo (EVANS e PILL, 1989), cenoura e cebola (BROCKLEHURST e DEARMAN, 1983a), que foram secas antes da semeadura, germinaram mais lentamente, o que pode ser, em parte, atribuído ao maior tempo necessário para reumbebição da semente.

O uso de sementes com alto grau de umidade, como sementes condicionadas e apenas superficialmente secas, é uma estratégia efetiva para melhorar a porcentagem final de emergência sob condições adversas de campo, especialmente solos salinos. Em substrato salino, o condicionamento aumentou a velocidade e/ou a porcentagem final de emergência das sementes de aspargo, desde que elas não fossem submetidas à secagem e plantadas pelo sistema “fluid drilling” (PILL et al., 1991).

Tem havido muita controvérsia sobre os efeitos da secagem das sementes após o tratamento de condicionamento. Embora inicialmente tenha sido considerada benéfica por HEYDECKER et al. (1975) e KHAN et al. (1978), trabalhos posteriores indicaram que a secagem reverteu os benefícios do osmocondicionamento (HEYDECKER e COOLBEAR, 1977; HEYDECKER, 1980; BODSWORTH e BEWLEY, 1981). No entanto, muitos desses autores consideraram como reversão dos benefícios, a menor velocidade de germinação devido ao maior período de tempo necessário à embebição, quando as semente eram submetidas à secagem após o osmocondicionamento.

Segundo NASCIMENTO (1998), há na literatura controvérsia com respeito ao mérito do condicionamento e o vigor das sementes, gerando dúvidas se o lote a ser condicionado deverá ser o de mais alta ou mais baixa qualidade. PARERA e CANTLIFFE (1994) sugerem o uso de sementes de alto vigor como pré-requisito para se obter um bom resultado. No entanto, o condicionamento osmótico tem revigorado lotes de sementes de baixa qualidade fisiológica (SZAFIROWSKA et al., 1981).

Como as condições de condicionamento favorecem disseminação de fungos e bactérias (BINIEK e TYLKOWSKA, 1987), é desejável que as sementes estejam livres de microrganismos para a obtenção de resultados satisfatórios. Assim, recomenda-se a adição prévia de fungicidas às sementes ou durante a embebição das mesmas (FINCH-SAVAGE et al., 1991; BUJALSKI et al., 1993).

A inclusão de substâncias protetoras de sementes como fungicidas e reguladores de crescimento na solução osmótica durante o osmocondicionamento melhorou o desempenho de sementes de alface, aipo, leguminosas e cereais (KHAN et al., 1978). No entanto, a desinfecção de sementes com TMTD ocasionou diminuição na porcentagem e velocidade de germinação, provavelmente por efeito fitotóxico do fungicida (KRARUP, 1991). Já WARREN e BENNETT (1999) melhoraram os efeitos do osmocondicionamento pelo revestimento das sementes de tomate com a bactéria *Pseudomonas aureofaciens* para o controle do fungo de solo *Pythium ultimum*.

Segundo HEYDECKER et al. (1973, 1975), a maior vantagem do osmocondicionamento é a emergência mais rápida da radícula. No entanto, a duração total do processo é superior à da germinação convencional, pois, é dividida em duas fases, a fase de condicionamento osmótico e a fase de protrusão da radícula, após a semeadura.

Vários autores têm relatado efeitos positivos do condicionamento osmótico em sementes de hortaliças. No entanto, a obtenção de resultados satisfatórios depende, dentre outros fatores, da definição de um ajuste osmótico adequado e da qualidade inicial das sementes. A maioria dos trabalhos se refere aos efeitos do condicionamento osmótico no desempenho

fisiológico das sementes (germinação e vigor). Contudo, algumas pesquisas têm sido feitas também avaliando as principais alterações metabólicas e/ou moleculares decorrentes do condicionamento osmótico.

Foi verificado que a síntese de proteínas em sementes de pimentão aumentou durante o condicionamento osmótico (SMITH e COOB, 1992). Também foi constatado em sementes de amendoim e alho-porró que, durante e logo após o osmocondicionamento, grandes quantidades de RNA foram sintetizadas (FU et al., 1988 e BRAY et al., 1989).

Estudos bioquímicos demonstraram que o osmocondicionamento em sementes de alface reduziu o tempo de embebição necessário ao reinício da síntese de RNA e proteínas. O aumento verificado na síntese de RNA, proteínas e enzimas, em semente condicionadas, pode ser devido à remoção de certos fatores de inibição e/ou à produção de fatores promotores. A mobilização de materiais de reserva, tais como açúcares, lipídios e proteínas, pela ativação ou síntese-de-novo de enzimas chaves durante o osmocondicionamento, pode explicar os benefícios advindos da prática (KHAN et al., 1978).

Incremento na atividade de enzimas, como a esterase, fosfatase ácida e 3-fosfogliceraldeído desidrogenase, sugere que a mobilização de materiais de reserva da semente, como carboidratos, lipídios e proteínas, possa estar relacionada ao aumento da germinação e vigor induzido pelo osmocondicionamento (KHAN, 1992). Já BARRIOS et al. (1999) verificaram que as enzimas catalase e glucose-6-fosfato desidrogenase foram eficientes para monitorar a melhoria do desempenho de sementes de pimentão devido ao osmocondicionamento.

O aumento na germinação e vigor das sementes devido ao condicionamento deve-se ao acúmulo de solutos (açúcar, ácidos orgânicos e íons) provenientes do início do metabolismo das sementes, resultando em maior turgor na reidratação, promovendo a emergência da radícula em menor espaço de tempo (BRADFORD, 1986; KHAN, 1992). A embebição das sementes em soluções de PEG, além de prevenir injúrias provocadas pela rápida entrada de água, pode reduzir as taxas respiratórias e evitar possíveis concentrações tóxicas de etanol, resultante da respiração anaeróbica, que

pode ocorrer nas primeiras horas de embebição das sementes (POWELL e MATTHEWS, 1979; ISHIDA et al., 1988).

Considera-se que esse aumento na germinação e vigor seja provavelmente uma combinação de reparos estimulados pelo condicionamento e reconfiguração da membrana (síntese-de-novo de enzimas), aumento na atividade de enzimas removedoras de radicais (peroxidases e catalases) e maior eficiência na mobilização de reservas (SRINIVASAN et al., 1999)

As sementes condicionadas emergem mais rapidamente que sementes submetidas somente à embebição em água. Assim, durante o condicionamento em PEG, quando o grau de umidade permanece razoavelmente constante, eventos metabólicos ocorrem que aceleram a subsequente emergência. Como alguns desses eventos, pode-se incluir a ativação de enzimas que participam da mobilização de reservas como açúcares, lipídios e proteínas; melhoria na capacidade para síntese de DNA, RNA e proteína; ativação e síntese-de-novo de numerosas enzimas; produção de ATP; além de reparo e rearranjo de membranas celulares e do aparato respiratório (KHAN et al., 1978; BRADFORD, 1986; KHAN, 1992; McDONALD, 1998). Efeitos favoráveis do condicionamento têm sido aumentados pelo pré-condicionamento via embebição em água (AKERS et al., 1987; PILL e FINCH-SAVAGE, 1988) presumivelmente por remover inibidores de germinação.

Em alho porró, o condicionamento osmótico afetou vários processos bioquímicos relacionados à expressão gênica e ao crescimento. Foi verificado que embriões de sementes osmocondicionadas apresentaram elevada taxa de síntese de proteínas e DNA comparados aos de sementes não tratadas (BRAY et al., 1989). Segundo Burgass e Powell (1984), citados por TRIGO et al. (1999), o melhor desempenho germinativo verificado em sementes osmocondicionadas deve-se à reparação da deterioração sofrida pela semente durante a maturação ou armazenamento.

Entre os benefícios do condicionamento osmótico está a maior probabilidade de se obter melhor emergência, especialmente sob condições de estresse, como déficit hídrico, baixa temperatura e salinidade (EIRA, 1988). Alguns autores verificaram melhor desempenho em temperaturas sub ou superótimas das sementes condicionadas de diferentes espécies como aipo

(PARERA et al., 1993), alface (GUEDES e CANTLIFFE, 1980), alho-porró (CORBINEAU et al., 1994), beterraba (KHAN et al., 1983), brássicas (RAO et al., 1987), cenoura (CANTLIFFE e ELBALLA, 1994) e melão (DEMIR e VAN DE VENTER, 1999). De modo geral, maior uniformidade de germinação e emergência também têm sido verificadas em sementes condicionadas.

O condicionamento osmótico das sementes acelera, aumenta e uniformiza a germinação de sementes, bem como permite uma emergência mais rápida e uniforme de plântulas no campo, o que beneficia o estabelecimento da cultura no campo pela redução do tempo requerido para produzir mudas em sementeira ou pela redução no ciclo da cultura, fator importante para regiões de clima frio, quando se faz uso da semeadura direta. Também deve-se considerar que a execução dos tratamentos culturais e da colheita torna-se mais fácil; com o estabelecimento mais rápido e uniforme das plântulas no campo, o ciclo se encurta, permitindo melhor controle de plantas daninhas e uma melhor eficiência da irrigação. O condicionamento osmótico também permite aumento no sistema radicular, proteção fisiológica das sementes contra condições de estresse do meio, bem como a possibilidade do aumento do número de plantios por área dentro do mesmo período (KHAN, 1977).

Também tem sido constatado que o condicionamento permite melhor emergência das plântulas mesmo em solos com alta concentração salina (CANO et al., 1991; PILL et al., 1991). Como a germinação das sementes e emergência das plântulas podem ser reduzidas pela incidência de fungos, como os do gênero *Pythium*, *Phytophthora*, *Rizoctonia* e *Fusarium* (AGRIOS, 1988), sementes condicionadas, por emergirem mais rápido, ficam menos expostas aos efeitos desses microrganismos, diminuindo a ocorrência de "damping-off" (TAYLOR et al., 1985; OSBURN e SCHROTH, 1989; RUSH, 1991). Segundo NASCIMENTO e WEST (1988), problemas relacionados com a aderência do tegumento aos cotilédones durante a emergência também têm sido minimizados pelo condicionamento osmótico.

A maior velocidade de emergência das plântulas pode influenciar o posterior desenvolvimento vegetativo. Assim, o período para a maturação e colheita de algumas olerícolas pode ser influenciado pelo tempo gasto por

ocasião da germinação e emergência (CURRAH, 1978). Estudos relacionados com o desenvolvimento de plântulas após o condicionamento osmótico têm sido realizados em diferentes espécies, como alface (WURR e FELLOWS, 1984), brócoli (JETT e WELBAUM, 1996), coentro (PILL, 1986), pimentão (STOFFELLA et al., 1992), tomate (ODELL e CANTLIFFE, 1986), etc. No entanto, em termos de produtividade não foi verificada resposta positiva ao condicionamento em alface (SEALE e CANTLIFFE, 1986), aipo (RENNICK e TIERMAN, 1978), tomate (WOLFE e SIMS, 1982), mostarda (SRINIVASAN et al., 1999) e outras espécies (PASSAM et al., 1989).

Sementes de aspargo apresentam germinação geralmente lenta, necessitando de quatro a seis semanas para a emergência da plântula, dependendo da temperatura e da umidade do solo. No entanto, a absorção de água é relativamente rápida, aproximadamente 50% do peso da semente em 80 horas (Krarup, 1970 citado por KRARUP, 1991) e 43% do peso da semente também em 80 horas segundo BORTHWICK (1925), que já havia demonstrado que as sementes de aspargo embebidas previamente em água germinaram mais rapidamente que aquelas não embebidas. Assim, é comum o agricultor imergir as sementes em água, a 30-35^oC, durante três a cinco dias, antes da semeadura, com o objetivo de acelerar a germinação. Depois, devem ser bem enxutas e a seguir, semeadas no solo (OLIVEIRA et al., 1981). A temperatura ótima para a germinação situa-se entre 20 e 30^oC. Temperaturas constantes abaixo de 20^oC ou acima de 30^oC são prejudiciais à germinação. Segundo ANXIANG et al. (1998), a temperatura ótima para a germinação de sementes de aspargo foi de 20 a 25^oC, sendo que esses autores obtiveram melhor germinação em um regime de temperatura alternada a 25^o/20^oC (dia/noite). Em função do longo tempo para germinar, as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 1992) recomendam que a primeira e a última contagem do teste de germinação sejam realizadas aos 10 e 28 dias, respectivamente, o que reforça a necessidade de um período relativamente longo para a emergência completa da plântula.

Considerando este fato, o uso da técnica de condicionamento osmótico para as sementes de aspargo pode se constituir em alternativa interessante para acelerar o processo de germinação e obter melhor emergência em campo.

Nesse sentido, alguns trabalhos já foram feitos e os resultados são contraditórios, variando conforme o tratamento empregado.

EVANS e PILL (1989) verificaram que sementes de aspargo condicionadas, independente das condições de condicionamento (potencial osmótico, temperatura, duração), germinaram mais rapidamente que sementes não condicionadas, o que foi verificado também em outras espécies (BROCKLEHURST e DEARMAN, 1983a e 1983b; BROCKLEHURST et al., 1984; BRADFORD, 1986; PILL, 1986; PILL e FINCH-SAVAGE, 1988). Uma vez que a resposta ao tratamento de condicionamento pode variar entre lotes de sementes do mesmo cultivar (BROCKLEHURST e DEARMAN, 1983a e 1983b; BROCKLEHURST et al., 1984), o tratamento de condicionamento ótimo para um determinado lote de sementes deve ser otimizado experimentalmente (BRADFORD, 1986). Por exemplo, diferentes temperaturas (15^o, 20^o e 25^oC) durante condicionamento de sementes de cebola tiveram pouco efeito sobre a emergência. Entretanto, o aumento da duração de condicionamento em solução salina de uma para três semanas aumentou a taxa de emergência mas, no entanto, decresceu a porcentagem final, bem como a sincronia de emergência (HAIGH e BARLOW, 1986).

O tratamento mais adequado para o ondicionamento de sementes de aspargo 'UC 157' foi a embebição em água por três dias a 20^oC, antes de serem condicionadas em solução de PEG 8000 a -0,6 MPa e temperatura de 20^oC. Esse tratamento antecipou o tempo para 50% de germinação em 5,3 dias, mas, no entanto, não melhorou a sincronia ou mesmo a porcentagem final de germinação quando comparado às sementes não condicionadas (EVANS e PILL, 1989). Também KRARUP (1988) não obteve diferença em porcentagem de germinação e emergência, ao condicionar sementes de aspargo em MgSO₄ e em PEG 6000, embora a velocidade de germinação e de emergência tenham sido maiores devido ao condicionamento.

Por sua vez, TIESSEN et al. (1983) concluíram que o uso de KNO₃ ou PEG 8000 como agentes osmocondicionadores de sementes de aspargo não teve efeito positivo sobre o vigor das sementes. Já MAPPLEBECK e TIESSEN (1983) concluíram que o melhor tratamento foi a embebição das sementes em água a 31^oC por três dias.

KRARUP (1988) não obteve diferença na porcentagem de germinação e emergência pelo osmocondicionamento de sementes de aspargo com $MgSO_4$ e PEG, observando efeito positivo na velocidade de germinação e emergência. Já KRARUP (1991) condicionou sementes de aspargo 'UC 72' em PEG 6000 e $MgSO_4$ por 9 dias a $25^{\circ}C$ e ao final do condicionamento, após lavagem, as sementes foram secas a $30^{\circ}C$ por 3 horas. Novamente, a porcentagem de germinação e emergência não foram afetadas pelo condicionamento, enquanto a velocidade de germinação e emergência foram favorecidas. Também foi verificado que o condicionamento não afetou as características morfofisiológicas do rizoma, como peso, número de raízes carnosas, número de gemas e diâmetro do rizoma.

FRETT et al. (1991), avaliando respostas em germinação de sementes de aspargo pelo condicionamento em vários sais inorgânicos, água do mar sintética ou PEG 8000, verificaram que água do mar sintética foi tão efetiva quanto o PEG como agente condicionante, sendo que o uso de soluções de sais não apresentou vantagem em relação ao PEG, o que pode ser atribuído à tolerância do aspargo aos sais (FRANCOIS, 1987). O uso de água do mar sintética, para garantir alto estresse osmótico durante a germinação, pode resultar em um sobrecondicionamento, ou seja, uma resposta verificada em condicionamento com KNO_3^- , o que não ocorre em sementes condicionadas em PEG (ALVARADO e BRADFORD, 1988). Assim, durante a embebição em água do mar, certos cátions e ânions podem ser absorvidos preferencialmente e apresentar efeito tanto do íon quanto osmótico. FRETT et al. (1991) conseguiram melhorar e uniformizar a velocidade de germinação em sementes de aspargo condicionadas com sais de nitrato. Os sais de NO_3^- podem ser absorvidos preferencialmente sob potenciais osmóticos internos mais baixos e, assim, facilitar a absorção de água, um efeito que poderia explicar uma retenção mais eficiente da germinação pela inclusão de KNO_3^- na solução condicionadora (HAIGH e BARLOW, 1987). Efeitos nutricionais de absorção de nitrato, durante o condicionamento, em fornecer substrato adicional para síntese de aminoácidos e proteínas, também são possíveis.

O condicionamento em aspargo aumentou a porcentagem de germinação final de 85%, na semente não condicionada, para 90% na

condicionada (FRETT et al., 1991). Em contraste aos resultados de FRETT et al. (1991), EVANS e PILL (1989) não encontraram efeito benéfico do condicionamento em lotes de sementes com 94% de germinação, o que pode ser atribuído, em parte, à alta viabilidade do lote. Uma outra razão pode ser a ausência de estresse térmico (20⁰C) e osmótico (0,0 MPa) no teste de germinação realizado, uma vez que os efeitos benéficos do condicionamento são mais evidentes sob condições adversas como temperatura subótima (BRADFORD, 1986; AKERS et al., 1987; PILL e FINCH-SAVAGE, 1988) e reduzida disponibilidade de água (BRADFORD, 1986; AKERS et al., 1987).

Enquanto o condicionamento aumentou a sincronia de germinação em sementes de cebola e tomate (HAIGH e BARLOW, 1986), alho porró (BROCKLEHURST et al., 1984) e cenoura (PILL e FINCH-SAVAGE, 1988), fracassou em aumentar a sincronia de germinação em sementes de aspargo (EVANS e PILL, 1989) e salsa (PILL, 1986; AKERS et al., 1987).

O condicionamento osmótico de semente beneficia a emergência sob baixas temperaturas (SZAFIROWSKA et al., 1981; PILL e FINCH-SAVAGE, 1988). A porcentagem de germinação final de sementes de aspargo em meio não salino a 20⁰C não foi aumentada pelo condicionamento, mas em meio salino a 20⁰C foi aumentada com as sementes condicionadas em água do mar sintética ou NaNO₃ (PILL et al., 1991). No entanto, a porcentagem de germinação final em sementes de aspargo a 30⁰C em meio salino não foi aumentada pelo condicionamento, revelando, assim, uma maior tolerância aos sais pelo aspargo (FRANCOIS, 1987).

As sementes condicionadas apresentaram uma porcentagem de germinação mais alta que as sementes não condicionadas em meio não salino, a -0,05 MPa, somente a 10⁰C, enquanto que em meio salino (-0,6 MPa) o condicionamento aumentou a porcentagem de germinação das sementes a 10 e 20⁰C. A emergência em sementeira de sementes de aspargo condicionadas com fornecimento de irrigação salina (-0,39 MPa) foi mais rápida em relação às sementes não condicionadas (PILL et al., 1991).

O condicionamento osmótico tem propiciado às sementes melhor desempenho sob condições de temperaturas sub ou superótimas para várias espécies como tomate (ALI et al., 1990), alface (GUEDES e CANTLIFFE,

1980), pimenta (RIVAS et al., 1984), cenoura (CANTLIFFE e ELBALLA, 1994), brássicas (RAO et al., 1987), beterraba (KHAN et al., 1983), aipo (PARERA et al., 1993), dentre várias outras espécies. Assim, de modo geral, o condicionamento osmótico tem se mostrado promissor para aumentar a germinação de sementes de hortaliças (SARACCO et al., 1995 e JETT e WELBAUM, 1996).

Com relação ao condicionamento osmótico de sementes, há ainda muita controvérsia sobre os efeitos da secagem e do armazenamento após o tratamento. HEYDECKER et al. (1975) e KHAN et al. (1978) consideraram a secagem benéfica. Para MATTHEWS e POWELL (1986), os benefícios do condicionamento são fixados à semente pela secagem (“dry back”). Já outros autores verificaram que a secagem reverteu os benefícios do tratamento (HEYDECKER e COOLBEAR, 1977; ARMSTRONG e McDONALD, 1992).

A secagem das sementes após o condicionamento, entretanto, pode afetar a subsequente germinação. Germinação das sementes de aspargo é retardada em proporção à extensão de secagem da semente depois do condicionamento (EVANS e PILL, 1989; PILL et al., 1991). As sementes podem ser transferidas diretamente da solução condicionadora para o meio de germinação, sendo consideradas pré-germinadas (BRADFORD, 1986) e também podem ser suspensas em um gel hidrofílico protetor usado na semeadura pela técnica “fluid drilling” (PILL et al., 1991).

Assim, como o aspargo apresenta germinação e emergência lentas, há necessidade de encontrar meios de acelerar esses processos, diminuindo o período entre a semeadura e a obtenção de plântulas; o condicionamento osmótico pode se constituir em boa alternativa para solucionar esse problema. Os poucos trabalhos realizados com o objetivo de estabelecer uma metodologia para o condicionamento osmótico de sementes de aspargo ainda não definiram bem as condições de potencial osmótico, período de exposição e agente condicionador entre outros fatores necessários ao uso eficiente da técnica, uma vez que já se verifica bastante variação entre os poucos resultados encontrados. Deve-se também procurar informações sobre a possibilidade de o condicionamento permitir o revigoramento e aumentar a

germinação de sementes oriundas de lotes com diferentes níveis de vigor e porcentagem de germinação.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Pesquisa de Sementes do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa, no período de janeiro a novembro/2000. Foram utilizados quatro lotes comerciais de sementes de aspargo (*Asparagus officinalis* L.), variedade Mary Washington, apresentando níveis distintos de qualidade fisiológica. As sementes, após retiradas da embalagem original, foram colocadas em sacos de papel que, por sua vez, foram acondicionados dentro de sacos plásticos com sílica e vedados, sendo, a seguir, armazenadas em câmara fria a 10⁰C e 75% de umidade relativa do ar, durante todo o período de condução dos testes. O grau de umidade inicial dos lotes variou de 7,5 a 8,2% e o peso de 1000 sementes variou de 17,52 a 17,97g.

3.1. Determinação das curvas de embebição das sementes

Inicialmente, foram traçadas curvas de embebição para cada lote de sementes, em água destilada, em solução osmótica utilizando-se como agente osmótico o polietileno glicol 6000 (PEG 6000), nos potenciais osmóticos de -1,0 e -1,2 MPa e em água do mar natural (colhida no litoral de Vila Velha – ES), no potencial osmótico de -3,3 MPa (determinado via osmômetro). Todas as soluções de PEG e água do mar, bem como a água destilada, foram acrescidas de 0,15% do ingrediente ativo do produto comercial Captan 750 TS.

A concentração das soluções de PEG 6000 para obtenção dos potenciais osmóticos a $-1,0$ e $-1,2$ MPa foi definida segundo recomendações de VILLELA et al. (1991).

Duas folhas de papel toalha, colocadas em caixas gerbox, foram umedecidas com 20 mL de cada solução condicionadora de PEG 6000, água do mar e água destilada, sendo esse volume suficiente para cobrir apenas a terça parte das sementes, ficando parte da superfície exposta à atmosfera do interior das caixas. As soluções utilizadas como agente osmótico não foram trocadas durante o período de ensaio e, assim, os potenciais acima mencionados são os potenciais iniciais.

Foi utilizada temperatura de 25°C , a mesma recomendada para a condução do teste de germinação, com períodos de embebição de 2, 4, 6, 8, 10, 12, 24, 48, 72, 96, 120, 144, 168, 336, 504 e 672 horas para as soluções de PEG 6000 nos potenciais de $-1,0$ e $-1,2$ MPa e solução de água do mar a $-3,3$ MPa. Para o condicionamento em água destilada foram utilizados períodos de 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 24, 48, 72, 96, 120, 144 e 168 horas, também na temperatura de 25°C . Para cada tratamento de condicionamento, foram usadas subamostras de 10 g de sementes de cada lote, sendo distribuídas duas subamostras de 5 g em camada única ao fundo de caixas gerbox, para cada uma das soluções condicionadoras. As caixas gerbox foram envolvidas por sacos plásticos transparentes para evitar perdas por evaporação e contaminações externas, sendo, a seguir, colocadas ao acaso em incubadora BOD à temperatura de 25°C .

Após cada período de condicionamento, foi determinado o grau de umidade atingido pelas sementes em cada uma das soluções condicionadoras. Para cada uma das duas subamostras por tratamento foram retiradas 15 sementes do gerbox e colocadas sobre papel toalha para secagem superficial e, logo a seguir, foi determinado o grau de umidade em estufa a 130°C por uma hora, sendo os resultados expressos em porcentagem (base úmida), conforme prescrito nas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 1992). Para cada lote, foram traçadas curvas de embebição das sementes em água destilada, em água do mar a $-3,3$ MPa e em solução de PEG nos potenciais de $-1,0$ e

-1,2 MPa. Sementes que haviam emitido raiz primária também foram submetidas à determinação do grau de umidade.

3.2. Condicionamento osmótico das sementes

Para cada lote, as sementes foram condicionadas osmoticamente em solução de PEG 6000 com potenciais osmóticos ajustados a -1,0 e -1,2 MPa, sendo as concentrações definidas segundo recomendações de VILLELA et al. (1991) e em água do mar a -3,3 MPa, à temperatura de 25°C e por períodos de condicionamento de 7 e 14 dias. As sementes de cada lote foram também condicionadas em água destilada por três dias.

Para o condicionamento osmótico foi adotado o mesmo procedimento descrito no item 3.1, sendo colocados por gerbox 4,0 g de sementes para a realização de cada teste para avaliação da qualidade fisiológica. Ao final de cada tratamento, as sementes foram retiradas e lavadas em água destilada durante um minuto, para eliminar o excesso de PEG ou água do mar. Logo a seguir, foram submetidas a testes com o objetivo de avaliar o efeito imediato do condicionamento osmótico na qualidade fisiológica das sementes, sem que essas fossem submetidas à secagem.

Em função da combinação de agente condicionador, potencial osmótico e período de condicionamento, foram definidos os seguintes tratamentos:

- T1 = condicionamento em PEG 6000 a -1,0 MPa por 7 dias
- T2 = condicionamento em PEG 6000 a -1,0 MPa por 14 dias
- T3 = condicionamento em PEG 6000 a -1,2 MPa por 7 dias
- T4 = condicionamento em PEG 6000 a -1,2 MPa por 14 dias
- T5 = condicionamento em água do mar a -3,3 MPa por 7 dias
- T6 = condicionamento em água do mar a -3,3 MPa por 14 dias
- T7 = embebição em água destilada por 3 dias (Testemunha 1)
- T8 = semente não condicionada (Testemunha 2)

3.3. Avaliação do efeito do condicionamento osmótico na qualidade fisiológica das sementes

Para cada tratamento foram conduzidos os seguintes testes e determinações:

3.3.1. Germinação

Foram utilizadas quatro subamostras de 50 sementes de cada tratamento. As sementes foram distribuídas sobre três folhas de papel toalha, umedecidas com volume de água destilada equivalente a três vezes o peso do papel e dispostas em caixas gerbox que foram mantidas em germinador a 25⁰C. Foram feitas avaliações aos 13 e 28 dias após a semeadura, sendo o resultado expresso pela média das porcentagens de plântulas normais obtidas de cada subamostra, segundo as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 1992).

3.3.2. Germinação sob estresse hídrico

As sementes de cada tratamento foram postas para germinar segundo metodologia descrita no item 3.3.1, sendo as três folhas de papel toalha umedecidas com 15 mL de solução de PEG 6000 a -0,4 MPa e, a seguir, colocadas em germinador a 25⁰C. As avaliações foram feitas também segundo descrito no item 3.3.1.

3.3.3. Germinação a baixa temperatura

Igualmente ao teste de germinação, para cada tratamento foram utilizadas quatro subamostras de 50 sementes, segundo metodologia descrita no item 3.3.1, sendo que as caixas gerbox foram colocadas em câmara de germinação tipo BOD a 15⁰C. As avaliações foram feitas também segundo

metodologia descrita no item 3.3.1. O resultado foi expresso pela média das porcentagens de plântulas normais obtidas.

3.3.4. Deterioração controlada

Este teste foi conduzido com sementes com 20% de umidade. Para tanto, as sementes, após cada tratamento de condicionamento, foram submetidas à secagem em estufa com circulação de ar a 25⁰C até atingir 20% de umidade. As sementes não condicionadas, foram colocadas para embeber em papel toalha umedecido em germinador a 25⁰C, até alcançar 20% de umidade, o que foi determinado de acordo com a metodologia de POWELL (1995). Atingido o grau de umidade pretendido (20%) para todos os tratamentos, as sementes foram imediatamente colocadas em embalagem de alumínio, que foi selada e permaneceram por uma noite, a 10⁰C, para uniformizar o grau de umidade das sementes. Após uniformizado o grau de umidade a 20%, as amostras foram colocadas em banho maria à temperatura de 45⁰C por 24 horas. Logo após, as sementes foram submetidas ao teste de germinação segundo metodologia descrita no item 3.3.1, com os resultados expressos em porcentagem de plântulas normais aos 13 e 28 dias.

3.3.5. Pesos da matéria verde e seca

Foram utilizadas as plântulas normais obtidas aos 13 dias no teste de deterioração controlada (item 3.3.4), que foram retiradas do substrato e contadas. Com o auxílio de uma lâmina foram removidos o tegumento juntamente ao resíduo do tecido de reserva. As plântulas foram pesadas em balança com precisão de 0,001 g, determinando-se o peso da matéria verde total das plântulas em gramas. Para a determinação do peso da matéria seca das plântulas, essas foram colocadas em cápsulas de papel alumínio e, a seguir, postas para secar em estufa com circulação de ar forçado a 70⁰C até atingir peso constante. Após, as cápsulas foram retiradas e colocadas em dessecador. As subamostras foram pesadas também em balança com precisão

de 0,001 g, determinando-se o peso da matéria seca total das plântulas em gramas. O peso da matéria verde e matéria seca total das plântulas, dividido pelo número de plântulas, resultou, respectivamente, no peso da matéria verde e matéria seca por plântula em miligrama, por tratamento e repetição, segundo metodologia de NAKAGAWA (1994).

3.3.6. Germinação a alta temperatura

Seguiu-se a metodologia descrita no item 3.3.1. para o teste de germinação, adotando-se a temperatura de 35⁰C.

3.3.7. Comprimento da radícula

Para o teste de comprimento da radícula foram utilizadas quatro subamostras de dez sementes. As sementes foram distanciadas 1,0 cm uma da outra, com o hilo apontado na mesma direção, sobre uma linha reta de 9,0 cm traçada ao longo da extremidade superior do papel toalha. Foram utilizadas três folhas de papel toalha umedecidas com volume de água destilada equivalente a três vezes o peso do papel. O papel foi colocado na base de caixas gerbox que foram invertidas, usando-se a tampa para assegurar a fixação das sementes sobre o papel, mantendo-as eqüidistantes. As caixas gerbox foram colocadas no germinador de câmara, à temperatura de 25⁰C, em posição inclinada, com um ângulo de 45⁰, para facilitar o crescimento descendente das raízes e ascendente do epicótilo das plântulas. A avaliação foi realizada 12 dias após a instalação do teste, tomando-se o comprimento em centímetros das radículas das plântulas normais. O comprimento médio foi obtido somando-se as medidas tomadas para cada subamostra e dividindo-se pelo número total de sementes por subamostra.

3.3.8. Comprimento da plântula

Foi realizado juntamente ao teste de comprimento da radícula descrito no item 3.3.7, tomando-se o comprimento em centímetros das plântulas normais. O comprimento médio foi obtido somando-se as medidas tomadas para cada subamostra e dividindo-se pelo número total de sementes por subamostra.

3.3.9. Comprimento do epicótilo

Também foi realizado juntamente ao teste de comprimento da radícula descrito no item 3.3.7, tomando-se o comprimento em centímetros do epicótilo das plântulas normais. O comprimento médio foi obtido somando-se as medidas tomadas para cada subamostra e dividindo-se pelo número total de sementes por subamostra.

3.3.10. Velocidade de emergência

Foram semeadas quatro subamostras de 25 sementes em bandejas plásticas nas dimensões de 32,0 X 27,0 X 6,0 cm, contendo areia lavada, esterilizada e peneirada. Após o umedecimento da areia a 60% da capacidade de retenção foram feitos, transversalmente ao comprimento da bandeja, oito sulcos de 2 cm de profundidade, uniformemente espaçados entre si. Assim, a semeadura foi realizada distribuindo-se 25 sementes eqüidistantes ao longo de cada sulco. A seguir, as sementes foram cobertas com uma camada de areia de cerca de 2 cm de espessura, sendo a areia umedecida com água destilada. A umidade do substrato foi mantida por acréscimo diário de água durante todo o período, em função das perdas por evaporação constatadas mediante pesagem das bandejas plásticas. Após a semeadura, as bandejas permaneceram numa câmara de crescimento, sendo que a temperatura máxima, mínima e média (Figura 1) bem como a umidade relativa média do ar (Figura 2) foram registradas diariamente.

Foram feitas observações diárias e, a partir do dia em que a primeira plântula emergiu, foi contado diariamente o número de plântulas normais emergidas em cada repetição. O período de avaliação encerrou-se no 23^o dia após a sementeira, ocasião em que ocorreu estabilização da emergência. A seguir, foi calculado o número de plântulas emergidas a cada dia e através da fórmula empregada por EDMOND e DRAPALA (1958) foi obtida a velocidade de emergência das plântulas como segue:

$$VE = \frac{(N1 \times E1) + (N2 \times E2) + \dots + (Nn \times En)}{E1 + E2 + \dots + En}$$

Onde VE = velocidade de emergência

N1, N2, ..., Nn = número de dias da sementeira à primeira, segunda, ..., última contagem.

E1, E2, ..., En = número de plântulas emergidas, computadas na primeira, segunda, ..., última contagem.

O valor da VE para cada tratamento foi calculado pela média aritmética dos resultados obtidos para as quatro subamostras.

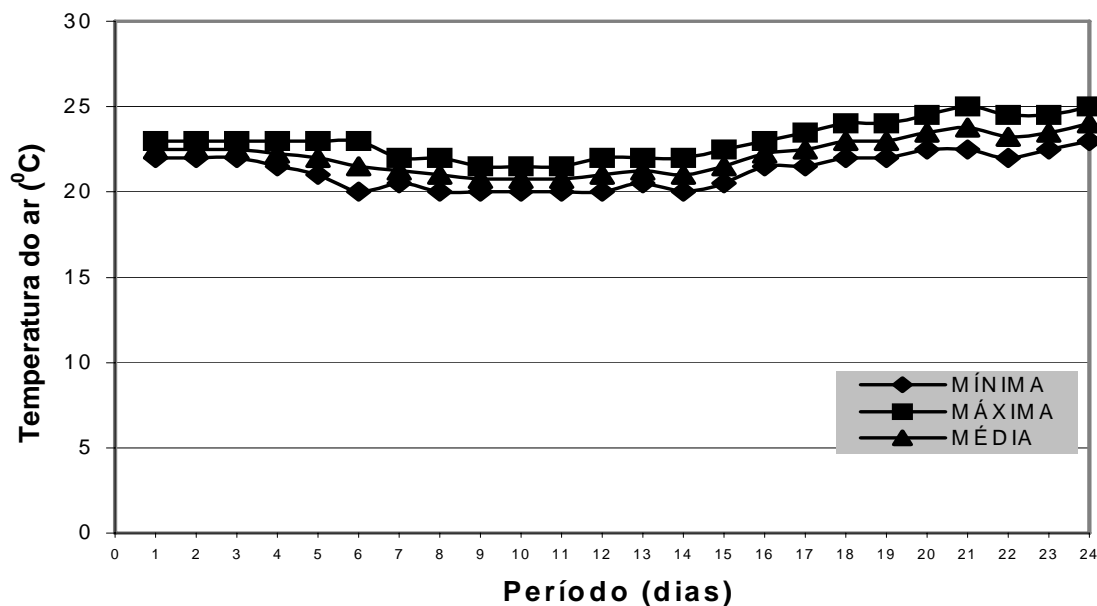


Figura 1 – Temperatura máxima, média e mínima do ar ($^{\circ}\text{C}$) diária na câmara de crescimento durante o teste de velocidade de emergência em areia das sementes de aspargo. Viçosa, MG, 2000.

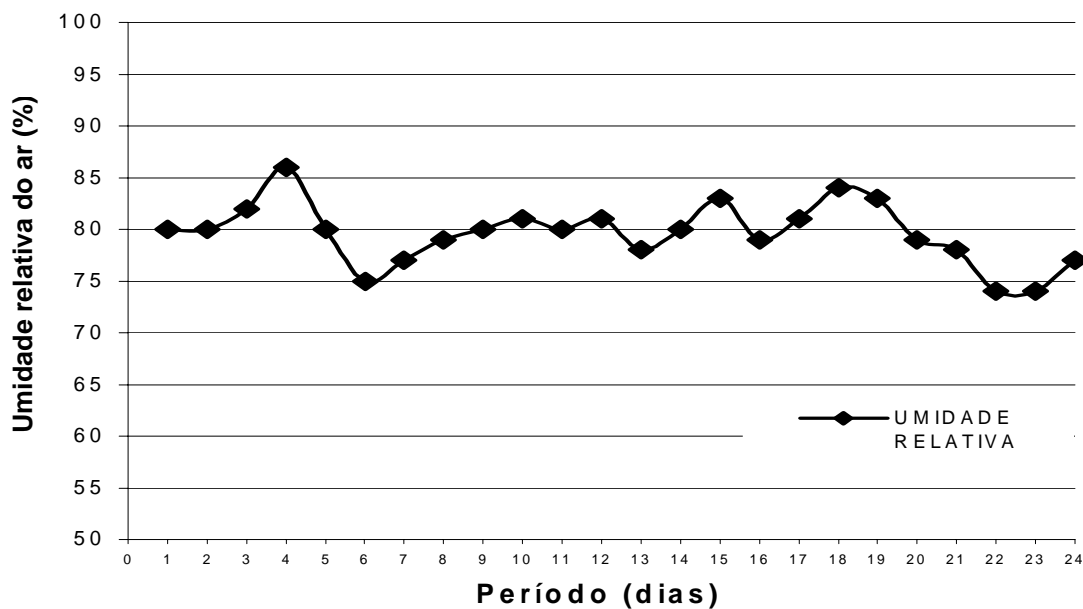


Figura 2 – Umidade relativa média do ar (%) diária na câmara de crescimento durante o teste de velocidade de emergência em areia das sementes de aspargo. Viçosa, MG, 2000.

3.4. Delineamento experimental e análise estatística

Os testes em laboratório foram instalados no delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições e oito tratamentos. Os dados experimentais coletados foram submetidos a testes de normalidade e homogeneidade de variância (homocedasticidade), utilizando-se o programa SAEG (1993). Uma vez verificado que os dados não apresentaram desvios de normalidade e nem heterocedasticidade, realizaram-se as análises individuais de variância para cada lote. A seguir, foram processadas as análises combinadas de variância, sempre que a razão entre o maior e o menor quadrado médio residual das análises individuais se apresentou inferior a sete (GOMES, 1990). Todas as análises de variância foram processadas no SAS (1989). Utilizaram-se os níveis de significância de 1% e 5% de probabilidade para o teste F. Os tratamentos e lotes foram comparados pelo teste Duncan, ao nível de 5% de probabilidade.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Curvas de embebição

Nas Figuras 3, 4, 5 e 6 observa-se que, de modo geral, o padrão de absorção de água pelas sementes de aspargo foi semelhante para os quatro lotes, considerando-se cada um dos tratamentos. Verifica-se que, inicialmente, nas primeiras 24 horas, houve uma rápida velocidade de embebição para as sementes de todos os tratamentos. Tanto a velocidade de embebição quanto o grau de umidade atingidos foram, de modo geral, praticamente iguais para os quatro lotes tanto na solução de PEG quanto na água do mar e água destilada. Essa rápida absorção de água caracteriza a fase I do processo de embebição da semente, o que segundo BEWLEY e BLACK (1994) é consequência das forças matriciais das paredes celulares e do conteúdo celular das sementes secas, que podem chegar a valores de potencial mátrico de até -100 MPa, o que justifica a rápida velocidade de embebição mesmo em água do mar, cujo potencial osmótico é de $-3,3$ MPa.

A partir das primeiras 24 horas, considerando-se os quatro lotes, tanto a velocidade de embebição quanto o grau de umidade atingido pelas sementes embebidas em água destilada foram maiores que aqueles obtidos na embebição em PEG e em água do mar, comprovando a eficiência desses últimos tratamentos em restringir a absorção de água pelas sementes. Já a partir de 48 horas de embebição, para todos os tratamentos, inicia-se a fase II,

com estabilização na absorção de água, estando mais atuante o Ψ parede, já que as células estão túrgidas (Figuras 3, 4, 5 e 6).

No entanto, quando se compara a velocidade de embebição e o grau de umidade atingido pelas sementes em PEG $-1,0$ e $-1,2$ MPa e em água do mar até as 504 horas (21 dias), verifica-se comportamento semelhante para os quatro lotes. Já a partir das 504 horas (21 dias), de modo geral, verifica-se ligeiro aumento no grau de umidade das sementes condicionadas em PEG $-1,0$ MPa, caracterizando o início da fase III. Verifica-se nas Figuras 3, 4, 5 e 6, para os tratamentos PEG $-1,2$ MPa e água do mar, que mesmo após 504 horas (21 dias) de embebição, o conteúdo de água das sementes praticamente permaneceu em equilíbrio com o potencial osmótico da solução, impedindo a continuidade do processo germinativo até 672 horas (28 dias) de embebição, permanecendo as sementes na fase II de embebição descrita por BEWLEY e BLACK (1994).

Nas Figuras 3, 4, 5 e 6 verifica-se, respectivamente, que para as sementes dos lotes 1, 2, 3 e 4 embebidas em água destilada (0,0 MPa), a absorção de água ajustou-se segundo o padrão trifásico, proposto por BEWLEY e BLACK (1994), pois, no geral, a partir das 120 horas (5^o dia) de embebição, iniciou-se a protrusão da radícula, caracterizando o início da fase III, ocorrendo um novo aumento no grau de umidade com o crescimento visível do eixo embrionário. Verifica-se que, para o condicionamento osmótico em água do mar a $-3,3$ MPa e em PEG a $-1,2$ MPa, não houve emissão de radícula, ficando permanentemente na fase II, durante as 672 horas (28 dias) de condicionamento. A não emissão de radícula após o osmocondicionamento das sementes em PEG a $-1,2$ MPa e água do mar até as 672 horas (28 dias) de embebição pode ser atribuída, segundo BEWLEY e BLACK (1994) e BASKIN e BASKIN (1998), ao fato de ser necessário para que a protrusão ocorra, que as células da radícula se expandam, rompendo barreiras, como o endosperma e o tegumento. A expansão inicial e a ruptura dos tecidos que envolvem a radícula parecem depender da capacidade de alongamento celular e distensão dos tecidos. A diminuição do potencial osmótico das células da radícula pelo acúmulo de solutos tem efeito no alongamento celular, pois, aumenta a absorção de água e assim, aumenta a pressão de turgescência,

provocando aumento no volume celular; já a redução da rigidez dos tecidos ao redor da radícula depende de ação enzimática. O aumento da pressão osmótica nas células e o aumento da turgescência são inter-relacionados e estão associados ao processo metabólico que ocorre durante o condicionamento osmótico. Já a ação enzimática nas células vizinhas à radícula está associada à mobilização de glucomananas, que começa nas camadas mais internas do endosperma, ao redor da superfície do cotilédone que também vai se expandindo (GOLDBERG et al., 1992). As células do endosperma contêm a enzima β -mananase que é ativa no citosol e também no apoplasma, limitado às paredes celulares. Assim, as células mais internas do endosperma apresentam alta atividade hidrolítica, sendo que a digestão seqüencial dos polissacarídeos armazenados é muito semelhante às rotas de mobilização de galactomananas em sementes de alfaca em germinação (OUELLETTE e BEWLEY, 1986).

Já para o condicionamento em PEG a $-1,0$ MPa verifica-se nas Figuras 3, 4, 5 e 6, que já a partir das 504 horas (21^0 dia) iniciou-se a protrusão de radícula, caracterizando o início da fase III de embebição, verificando-se, portanto, o ajuste segundo o padrão trifásico de embebição proposto por BEWLEY e BLACK (1994), apresentando as fases I, II e início da fase III, sendo essa última caracterizada pelo início da protrusão da radícula, com lento incremento no grau de umidade.

No entanto, o padrão trifásico foi melhor representado nas curvas de embebição em água destilada, comparado às soluções de PEG e água do mar, pois, nessas últimas soluções houve uma tendência de se manter constante o grau de umidade das sementes, o que também foi constatado por DIAS et al. (1999), verificando melhor ajuste ao padrão trifásico nas curvas de embebição para as sementes de quiabo condicionadas em água do que em PEG 6000, onde o grau de umidade das sementes também tendeu a se manter constante. Segundo BEWLEY e BLACK (1994) o padrão trifásico se caracteriza por uma fase inicial de absorção rápida de água, seguida por uma fase estacionária, finalizando com um novo aumento na absorção de água que coincide com a protrusão da raiz primária, que está muito bem representado, especialmente

nas curvas de embebição em água destilada para os quatro lotes (Figuras 3, 4, 5 e 6).

Observa-se nas Figuras 3, 4, 5 e 6 que a redução do potencial osmótico da solução de PEG de $-1,0$ MPa para $-1,2$ MPa restringiu ligeiramente a absorção de água pelas sementes, durante todo o período de condicionamento, para os quatro lotes. No caso da água do mar, devido ao potencial osmótico bem menor ($-3,3$ MPa), a restrição foi ainda ligeiramente maior que na solução de PEG a $-1,2$ MPa, especialmente para as sementes do lote 1. No entanto, durante os 28 dias (672 horas) de condicionamento, tanto a água do mar quanto a solução de PEG a $-1,2$ MPa impediram a emissão de radícula. HEGARTY (1977) verificou não haver protrusão de radícula em pressões osmóticas menores que $-1,5$ MPa, trabalhando com potenciais de zero a $-2,0$ MPa; daí, a água do mar a $-3,3$ MPa restringiu ainda mais a absorção de água.

Assim, com base nas curvas de embebição (Figuras 3, 4, 5 e 6), pode-se verificar que o condicionamento com PEG 6000 a $-1,0$ MPa só deve ser indicado por período de até 504 horas (21 dias), uma vez que após esse período já se inicia a emissão de radícula.

Considerando-se a embebição em água destilada, verifica-se que o condicionamento a partir do quinto dia ocasionou a emissão de radícula (Figuras 3, 4, 5 e 6), o que é indesejável, devido ao fato de que as sementes tornam-se intolerantes à secagem após a protrusão da radícula. Já com o uso de PEG a $-1,2$ MPa e água do mar, é possível adotar períodos de condicionamento de até 672 horas (28 dias), sem que ocorra emissão de radícula, em sementes de aspargo.

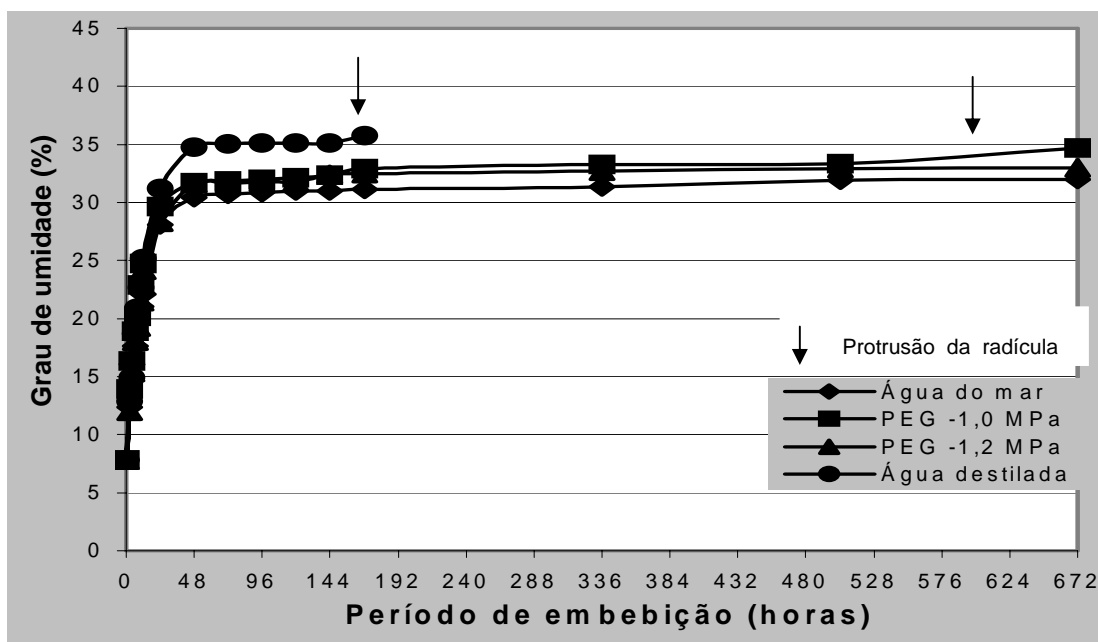


Figura 3 – Grau de umidade das sementes de aspargo do lote 1 após vários períodos de embebição em água do mar, PEG 6000 a $-1,0$ e $-1,2$ MPa e água destilada. Viçosa, MG, 2000.

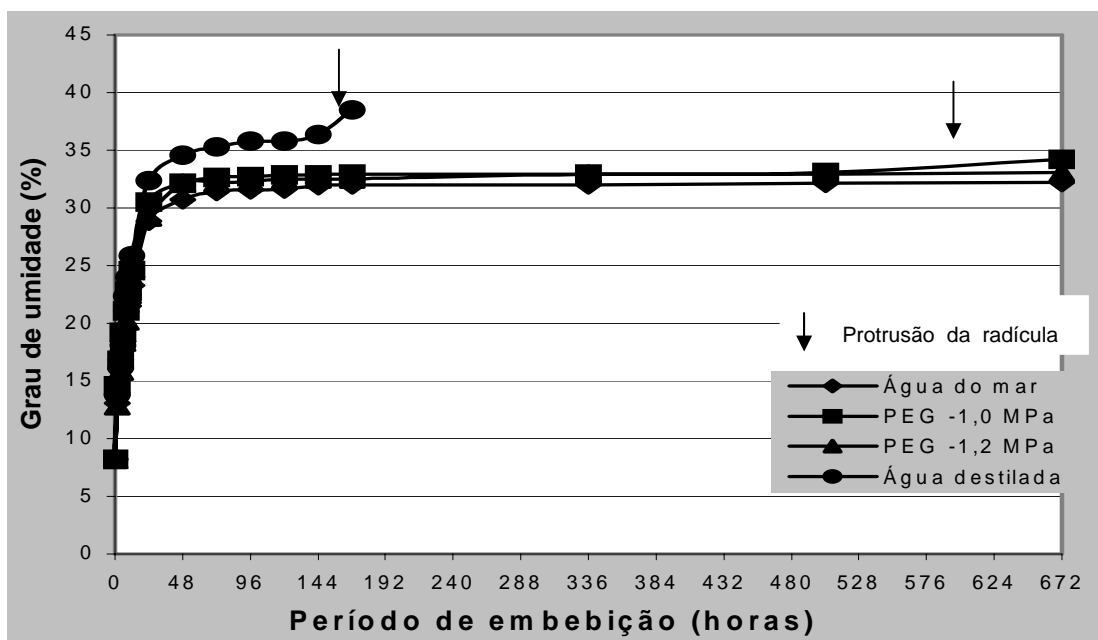


Figura 4 – Grau de umidade das sementes de aspargo do lote 2 após vários períodos de embebição em água do mar, PEG 6000 a $-1,0$ e $-1,2$ MPa e água destilada. Viçosa, MG, 2000.

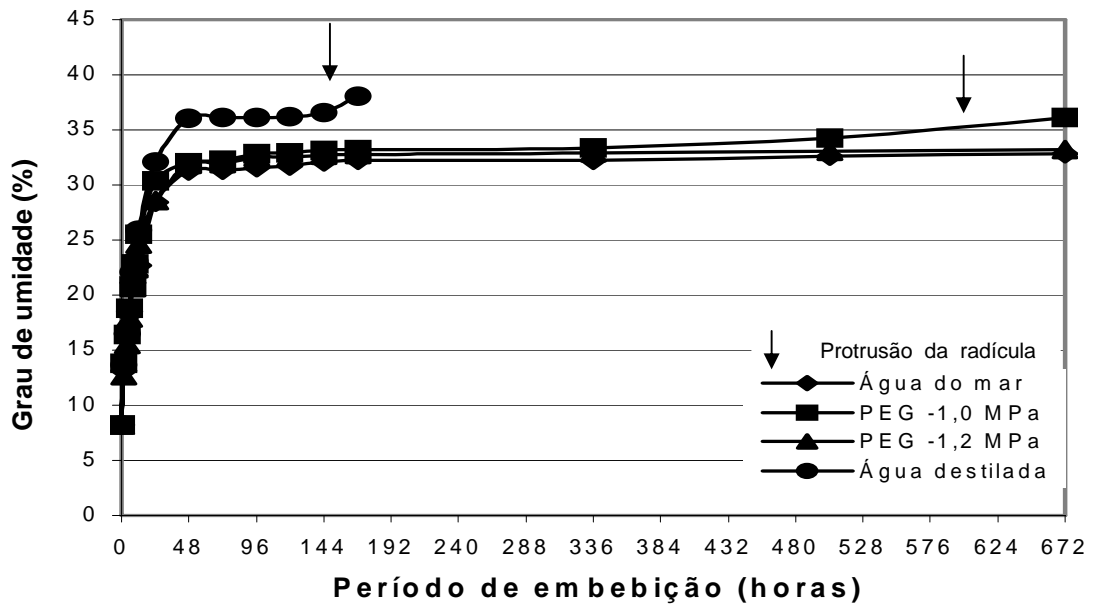


Figura 5 – Grau de umidade das sementes de aspargo do lote 3 após vários períodos de embebição em água do mar, PEG 6000 a $-1,0$ e $-1,2$ MPa e água destilada. Viçosa, MG, 2000.

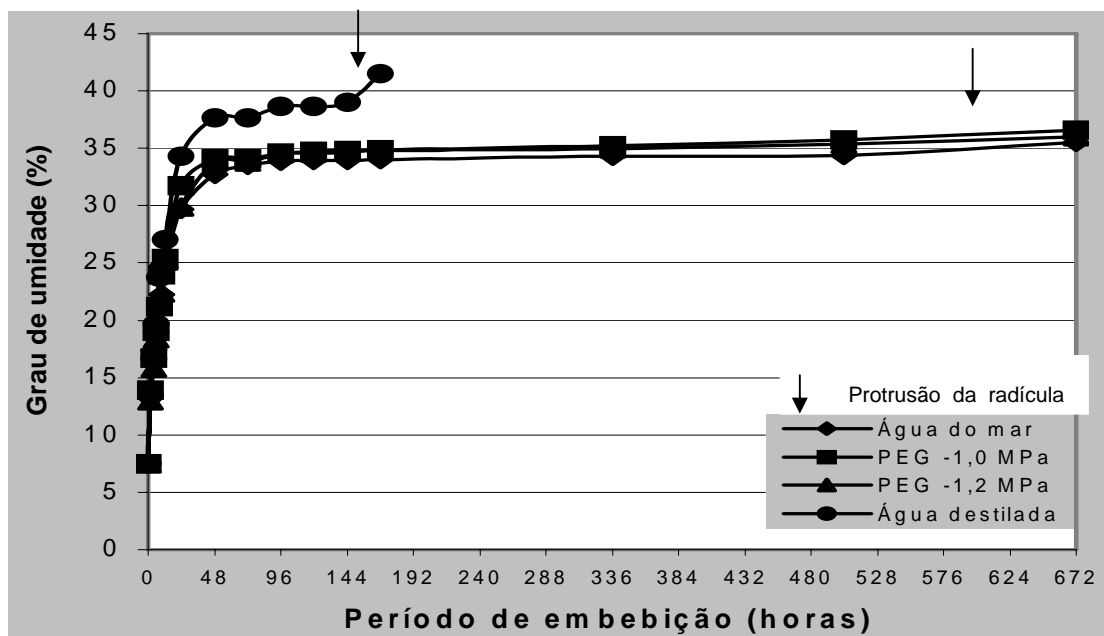


Figura 6 – Grau de umidade das sementes de aspargo do lote 4 após vários períodos de embebição em água do mar, PEG 6000 a $-1,0$ e $-1,2$ MPa e água destilada. Viçosa, MG, 2000.

4.2. Considerações gerais sobre as análises combinadas de variância

Pelos resultados das análises combinadas de variância (Tabelas 1, 2 e 3) verifica-se que os efeitos de tratamento e de lote foram significativos praticamente para todas as características avaliadas, com exceção apenas para a germinação após deterioração controlada (tratamento não significativo) e para peso da matéria seca das plântulas no teste de deterioração controlada (lote não significativo). Para todas as características avaliadas, com exceção ao peso da matéria seca na deterioração controlada, verifica-se que o contraste “C vs t” (condicionadores *versus* testemunhas) foi significativo, indicando que no geral, os tratamentos com agentes condicionadores (PEG e água do mar) foram superiores às testemunhas (embebição em água e semente não condicionada).

Observa-se ainda, (Tabelas 1, 2 e 3), que as interações de tratamentos com lotes e as interações de agentes condicionadores com lotes foram significativas para quase todas as características avaliadas, com exceção da primeira contagem da deterioração controlada, peso da matéria verde na deterioração controlada, peso da matéria seca na deterioração controlada e velocidade de emergência. Devido a essa interação entre os fatores, para a maioria das características avaliadas, a superioridade dos condicionadores variou com o lote e vice-versa.

Tabela 1 – Resumo das análises combinadas de variância dos dados referentes a quatro características avaliadas em sementes de aspargo ‘Mary Washington’ oriundas de quatro lotes e submetidas a diferentes tratamentos de condicionamento osmótico. Viçosa, MG, 2000.

F.V.	G.L.	F			
		PCG ¹	G ²	GEH ³	GBT ⁴
Tratamentos (T)	7	3,91**	3,39*	6,92**	2,79*
Condicionadores ⁵ (C)	5	2,19	2,46	2,07	1,02
Testemunhas ⁶ (t)	1	3,63	1,37	6,20*	5,01*
C vs t	1	12,78**	10,05**	31,86**	9,41**
Lotes (L)	3	157,72**	192,92**	64,13**	51,49**
T x L	21	6,69**	3,59**	5,96**	4,29**
C x L	15	3,49**	2,61**	5,04**	5,35**
t x L	3	8,17**	3,73*	9,15**	1,19
(C vs t) x L	3	21,25**	8,37**	7,36**	2,05
C.V. (%)		5,77	4,94	12,64	14,48
Média		74,59	80,86	43,72	43,72

¹PCG – primeira contagem da germinação

²G – germinação

³GEH – germinação sob estresse hídrico

⁴GBT – germinação a baixa temperatura

⁵Condicionadores – água do mar a –3,3 MPa e PEG 6000 a –1,0 e –1,2 MPa por períodos de 7 e 14 dias de condicionamento

⁶Testemunhas – água destilada e semente não condicionada

*, ** P < 0,05 e P < 0,01, respectivamente, pelo teste F

Tabela 2 – Resumo das análises combinadas de variância dos dados referentes a quatro características avaliadas em sementes de aspargo ‘Mary Washington’ oriundas de quatro lotes e submetidas a diferentes tratamentos de condicionamento osmótico. Viçosa, MG, 2000.

F.V.	G.L.	F			
		PCDC ¹	GDC ²	PVDC ³	PSDC ⁴
Tratamentos (T)	7	5,63**	2,30	5,91**	5,16**
Condicionadores ⁵ (C)	5	3,29*	0,31	4,15**	3,73*
Testemunhas ⁶ (t)	1	2,22	0,73	13,56**	13,81**
C vs t	1	20,76**	13,76**	7,06*	3,88
Lotes (L)	3	425,71**	194,43**	65,29**	88,12
T x L	21	1,14	2,82**	1,35	1,20
C x L	15	0,89	1,86*	1,06	0,65
t x L	3	2,47	2,54	2,29	5,07**
(C vs t) x L	3	1,09	7,89**	1,84	0,14
C.V. (%)		14,11	6,84	10,38	11,63
Média		45,61	68,27	0,0225	0,0029

¹PCDC – primeira contagem da deterioração controlada

²GDC – germinação na deterioração controlada

³PVDC – peso da matéria verde na deterioração controlada

⁴PSDC – peso da matéria seca na deterioração controlada

⁵Condicionadores – água do mar a –3,3 MPa e PEG 6000 a –1,0 e –1,2 MPa por períodos de 7 e 14 dias de condicionamento

⁶Testemunhas – água destilada e semente não condicionada

*, ** P < 0,05 e P < 0,01, respectivamente, pelo teste F

Tabela 3 – Resumo das análises combinadas de variância dos dados referentes a cinco características avaliadas em sementes de aspargo ‘Mary Washington’ oriundas de quatro lotes e submetidas a diferentes tratamentos de condicionamento osmótico. Viçosa, MG, 2000.

F.V.	G.L.	F				
		GAT ¹	CR ²	CE ³	CP ⁴	VE ⁵
Tratamentos (T)	7	2,49*	7,82**	14,74**	10,92**	34,12**
Condicionadores ⁶ (C)	5	0,49	4,99**	13,28**	8,15**	24,19**
Testemunhas ⁷ (t)	1	0,005	9,81**	15,60**	12,97**	78,84**
C vs t	1	14,99**	19,82**	21,14**	22,70**	39,08**
Lotes (L)	3	12,80**	56,68**	53,36**	62,20**	143,27**
T x L	21	15,40**	3,07**	2,73**	3,22**	1,48
C x L	15	14,73**	2,19*	3,25**	2,72**	1,30
t x L	3	1,86	2,48	0,72	2,13	0,93
(C vs t) x L	3	32,28**	8,05**	2,15	6,82**	2,94*
C.V. (%)		16,98	17,89	19,71	16,70	6,04
Média		36,47	3,62	1,71	5,33	12,86

¹GAT – germinação a alta temperatura

²CR – comprimento da radícula

³CE – comprimento do epicótilo

⁴CP – comprimento da plântula

⁵VE – velocidade de emergência

⁶Condicionadores – água do mar a –3,3 MPa e PEG 6000 a –1,0 e –1,2 MPa por períodos de 7 e 14 dias de condicionamento

⁷Testemunhas – água destilada e semente não condicionada

*, ** P < 0,05 e P < 0,01, respectivamente, pelo teste F

4.3. Germinação

Na Tabela 4 pode-se verificar que, para o lote 1, os tratamentos PEG $-1,0$ MPa e PEG $-1,2$ MPa por 14 dias foram superiores, sugerindo que para um lote com menor porcentagem de germinação e menos vigoroso, o PEG 6000 associado a um maior período de condicionamento parece ser o mais indicado. Nota-se que esses melhores tratamentos de condicionamento elevaram a germinação de 40%, na semente não condicionada, para cerca de 60%, que é o padrão mínimo de germinação estabelecido pela Comissão Nacional de Sementes e Mudanças para semente fiscalizada de aspargo (BRASIL, 1986). Assim, o período de condicionamento de 14 dias, permitiu a ativação do metabolismo por tempo adequado e a restrição na absorção de água foi suficiente para impedir emergência da radícula; daí, o efeito benéfico traduzido em uma maior porcentagem de germinação em relação à testemunha (sem embebição). Para o lote 2, não houve diferença significativa entre os tratamentos. No lote 3, também com alta porcentagem de germinação como o lote 2, o tratamento PEG $-1,2$ MPa por 14 dias apresentou-se superior. Já para o lote 4, todos os tratamentos, com exceção à água do mar por 14 dias, foram superiores à semente não condicionada. Verifica-se que o lote 1 apresentou-se inferior aos demais. Segundo NASCIMENTO (1998) as respostas obtidas em função dos tratamentos de condicionamento osmótico variam entre lotes de uma mesma cultivar, principalmente em função de sua qualidade fisiológica.

Tabela 4 – Médias da porcentagem de germinação de sementes de aspargo ‘Mary Washington’ oriundas de quatro lotes e submetidas a diferentes tratamentos de condicionamento osmótico. Viçosa, MG, 2000.

		Germinação (%)				
		Lotes				
Tratamentos		1	2	3	4	Médias
PEG -1,0 MPa	7d	54,5 AB b	92,0 A a	95,5 AB a	90,5 A a	83,13
PEG -1,0 MPa	14d	59,5 A b	90,5 A a	92,5 BC a	88,5 A a	82,75
PEG -1,2 MPa	7d	50,5 B b	91,5 A a	95,5 AB a	93,0 A a	82,63
PEG -1,2 MPa	14d	60,5 A b	93,0 A a	97,0 A a	93,0 A a	85,88
Água do mar	7d	57,0 AB c	88,5 A ab	92,5 BC a	87,0 A b	81,25
Água do mar	14d	55,0 AB c	87,0 A a	89,5 C a	76,0 B b	76,88
Água destilada	3d	49,0 B b	89,0 A a	90,0 C a	87,0 A a	78,75
Sem embebição		40,0 C c	90,0 A a	92,0 BC a	80,5 B b	75,63
Médias		53,25	90,19	93,06	86,94	80,86

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente, pelo teste Duncan, ao nível de 5% de probabilidade.

4.4. Primeira contagem da germinação

Na Tabela 5 verifica-se que para as sementes do lote 1 houve superioridade do tratamento PEG -1,0 MPa por 14 dias. Já para o lote 2, os tratamentos PEG -1,0 MPa por 7 dias e PEG -1,2 MPa por 7 e 14 dias apresentaram-se superiores. Nos lotes 3 e 4 o condicionamento em PEG -1,2 MPa por 14 dias foi superior, principalmente quando comparado à testemunha (sem embebição). Segundo NAKAGAWA (1994) as amostras que apresentam maior porcentagem de plântulas normais na data da primeira contagem, estabelecida pelas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 1992), são as mais vigorosas. Indiretamente, está realizando-se uma avaliação da velocidade de germinação. Comparando-se os lotes, verifica-se que, de modo geral, as

sementes do lote 1 apresentaram qualidade fisiológica inferior em relação aos demais, enquanto as dos lotes 2 e 3 podem ser consideradas como de alta qualidade e as do lote 4 como de médio vigor (Tabelas 4 e 5).

Tabela 5 – Médias da porcentagem de plântulas normais na primeira contagem do teste de germinação das sementes de aspargo 'Mary Washington' oriundas de quatro lotes e submetidas a diferentes tratamentos de condicionamento osmótico. Viçosa, MG, 2000.

		Germinação na primeira contagem (%)				
		Lotes				
Tratamentos		1	2	3	4	Médias
PEG -1,0 MPa	7d	40,0 B b	91,0 A a	95,0 AB a	88,5 AB a	78,63
PEG -1,0 MPa	14d	50,0 A b	85,5 AB a	89,0 C a	85,0 AB a	77,38
PEG -1,2 MPa	7d	40,0 B c	91,0 A a	94,5 AB a	84,5 AB b	77,50
PEG -1,2 MPa	14d	47,5 AB b	90,0 A a	96,5 A a	92,0 A a	81,50
Água do mar	7d	40,0 B c	87,0 AB b	91,5 BC a	83,5 B b	75,50
Água do mar	14d	40,0 B c	81,5 B a	87,5 C a	68,0 C b	69,25
Água destilada	3d	28,0 C c	87,0 AB ab	89,5 C a	84,5 AB b	72,25
Sem embebição		19,0 D c	84,0 B a	90,5 BC a	65,5 C b	64,75
Médias		38,06	87,13	91,75	81,44	74,59

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente, pelo teste Duncan, ao nível de 5% de probabilidade.

Portanto, constata-se, com base nos resultados de primeira contagem (Tabela 5), que o condicionamento osmótico mostrou-se mais efetivo para as sementes de média a baixa qualidade, ou seja, lotes 1 e 4, contribuindo menos para a melhoria do desempenho dos lotes de melhor qualidade fisiológica (lotes 2 e 3).

Verifica-se que os resultados da primeira contagem permitiram discriminar melhor os efeitos dos tratamentos (Tabela 5). Já na contagem final

(Tabela 4), a igualdade de efeito de tratamentos verificada no lote 2 talvez seja devido ao maior potencial de germinação e vigor desse lote, o que, no entanto, não ocorreu com o lote 3, que mesmo com alta germinação, ainda pode ser favorecido pelo osmocondicionamento, tanto na primeira contagem, quanto na germinação final. No entanto, deve-se considerar que mesmo para o lote 2, embora o condicionamento não tenha apresentado efeito benéfico na porcentagem de germinação final, pôde ocasionar maior germinação na primeira contagem, melhorando a velocidade de germinação da semente. NASCIMENTO (1998) considera que a eficiência do condicionamento osmótico depende, entre outros fatores, da qualidade inicial da semente. O uso de sementes de alto vigor é sugerido por PARERA e CANTLIFFE (1994) como pré-requisito para se obter um bom resultado com o condicionamento osmótico, o que no presente trabalho foi verificado para o lote 3 e, no entanto, não ocorreu com o lote 2, também de excelente qualidade fisiológica inicial. Nota-se, entretanto, que o aumento na germinação das sementes do primeiro lote, apesar de significativo, foi de 5%, enquanto para o lote de menor qualidade (lote 1) foi de 20%. O condicionamento osmótico tem revigorado lotes de sementes de baixa qualidade fisiológica (SZAFIROWSKA et al., 1981). É importante considerar, portanto, se o ganho com o uso dessa técnica é expressivo e economicamente justificável considerando o preço da semente.

Comparando-se os resultados de germinação (Tabela 4) com os de primeira contagem (Tabela 5), verifica-se que, de modo geral, houve tendência de superioridade para o tratamento PEG $-1,2$ MPa por 14 dias. FRETT et al. (1991) conseguiram aumentar a porcentagem de germinação em sementes de aspargo de 85% para 90%, usando solução de PEG 6000 ou água do mar sintética a $-0,8$ MPa durante uma semana. No entanto, EVANS e PILL (1989) não obtiveram resultados positivos com o condicionamento em sementes de aspargo. KRARUP (1991) também verificou que a porcentagem de germinação de sementes e a emergência de plântulas não foram afetadas pelo condicionamento, talvez devido ao fato de após o condicionamento as sementes terem sido submetidas a secagem a 30°C por 3 horas.

Deve-se considerar que o lote 1 foi nitidamente de desempenho inferior aos demais em todos os tratamentos, naturalmente por ser o lote de qualidade

fisiológica inferior, com baixa porcentagem de germinação. No entanto, para esse lote, os efeitos benéficos do condicionamento foram bem mais evidentes, tanto na primeira contagem quanto na germinação total. Para exemplificar, verifica-se na Tabela 4 que o condicionamento com PEG a $-1,2$ MPa por 14 dias ocasionou uma germinação total de 60,5%, o que comparado à semente não condicionada com 40,0% de germinação, representa um aumento de 51,25%. É importante observar que, no lote 1, as sementes sem embebição apresentaram 19% de plântulas normais na primeira contagem de germinação e que esse valor aumentou para 50% após o condicionamento em PEG a $-1,0$ MPa por 14 dias, o que representa um ganho de 163,16%. Nota-se, para esse lote, que todos os tratamentos contribuíram para aumentar não só a velocidade de germinação (Tabela 5), princípio básico desse teste, como também elevar a porcentagem de germinação (Tabela 4).

Para o lote 4, embora o condicionamento em PEG 6000 ou em água do mar tenha apresentado o mesmo efeito que a embebição na água destilada na contagem final (Tabela 4), deve-se considerar que na primeira contagem (Tabela 5) o mesmo não ocorreu, com o condicionamento em PEG $-1,2$ MPa por 14 dias apresentando melhor efeito na germinação e no vigor. Na Tabela 5 verifica-se que o condicionamento em PEG a $-1,2$ MPa por 14 dias ocasionou uma germinação de 92%, o que comparado à semente não condicionada com 65,5%, representa um aumento de cerca de 40,46% em germinação, indicando um envigoramento da semente.

4.5. Germinação sob estresse hídrico

Para os lotes 1, 3 e 4, o tratamento PEG $-1,0$ MPa por 14 dias foi superior aos demais, favorecendo a germinação das sementes sob estresse hídrico. Já o lote 2, foi mais beneficiado pelo uso de PEG $-1,0$ MPa por 7 dias. Verifica-se, contudo, que para as sementes do lote 2 todos os tratamentos empregados foram superiores à testemunha (Tabela 6). No entanto, para essa situação de baixa disponibilidade de água no substrato, no geral, o condicionamento em PEG a $-1,0$ MPa no período de 14 dias foi mais satisfatório. O maior potencial osmótico da solução associado ao maior período

de condicionamento parece ter acelerado o metabolismo de germinação a nível tal, que permitiu maior porcentagem de germinação em relação aos demais tratamentos numa condição de baixa disponibilidade de água.

Tabela 6 – Médias da porcentagem de germinação sob estresse hídrico de sementes de aspargo ‘Mary Washington’ oriundas de quatro lotes e submetidas a diferentes tratamentos de condicionamento osmótico. Viçosa, MG, 2000.

Tratamentos		Germinação (%)							
		Lotes							
		1	2	3	4	Médias			
PEG -1,0 MPa	7d	21,0 AB c	76,5 A a	68,5 AB a	35,0 B b	50,25			
PEG -1,0 MPa	14d	27,0 A c	63,0 B b	72,5 A a	57,5 A b	55,00			
PEG -1,2 MPa	7d	21,5 AB d	48,0 C b	66,0 AB a	34,5 B c	42,50			
PEG -1,2 MPa	14d	23,5 AB c	57,0 BC a	63,0 BC a	41,5 B b	46,25			
Água do mar	7d	17,5 BC d	61,5 B a	55,5 CD b	35,5 B c	42,50			
Água do mar	14d	21,0 AB c	63,5 B a	70,0 AB a	42,0 B b	49,13			
Água destilada	3d	18,5 BC b	57,5 BC a	50,5 DE a	25,5 C b	38,00			
Sem embebição		12,5 C c	28,0 D b	46,0 E a	18,0 C c	26,13			
Médias		20,31	56,88	61,50	36,19	43,72			

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente, pelo teste Duncan, ao nível de 5% de probabilidade.

Verifica-se, na Tabela 6, a superioridade dos lotes 2 e 3 em relação aos demais. Vale ressaltar que para o lote 4, o uso de PEG –1,0 MPa por 14 dias ocasionou uma germinação mais de três vezes superior à semente não condicionada.

Deve-se considerar que a condição de estresse hídrico permitiu demonstrar, com bastante evidência, os efeitos benéficos advindos do condicionamento osmótico, tanto no lote de alto quanto no de baixo vigor.

Segundo EIRA (1988), é freqüente a ocorrência de desempenho ruim de lotes de semente de alta qualidade fisiológica, quando plantados sob condições adversas de campo. Para BRADFORD (1986), AKERS et al. (1987), FRETT e PILL (1989) e DEMIR e VAN DE VENTER (1999), o condicionamento pode melhorar a germinação particularmente sob condições de baixa disponibilidade de água. Nessas condições, a prática de condicionamento poderia ser justificada tanto para lotes de baixa quanto de alta qualidade fisiológica. Por outro lado, segundo OWEN e PILL (1994), o estresse osmótico de $-0,4$ MPa, a 25°C , não apresentou efeito sobre a germinação de sementes de aspargo. Já as sementes condicionadas sob temperatura elevada (35°C), apresentaram maior porcentagem final de germinação em relação às sementes não condicionadas.

4.6. Germinação a baixa temperatura

4.6.1. Primeira contagem da germinação a baixa temperatura

Embora não tenha sido possível a análise combinada de variância com os quatro lotes para os dados da primeira contagem no teste de germinação a baixa temperatura, em função de vários tratamentos terem apresentado valor zero, uma avaliação dos valores médios obtidos para cada tratamento dentro de cada lote torna-se válida, em função da grande discrepância entre os valores encontrados para os tratamentos e de acordo com a tendência verificada para outras características avaliadas.

Aos 13 dias de germinação a 15°C , as sementes não condicionadas de todos os lotes ainda não tinham germinado. Quando condicionadas em PEG $-1,0$ MPa por 14 dias, as sementes dos lotes 2, 3 e 4 apresentaram respectivamente 20, 38 e 30,5% de germinação, indicando uma melhoria no seu desempenho sob condição de baixa temperatura (Tabela 7).

Tabela 7 – Médias da porcentagem de germinação na primeira contagem do teste de germinação a baixa temperatura (15⁰C) em sementes de aspargo 'Mary Washington' oriundas de quatro lotes e submetidas a diferentes tratamentos de condicionamento osmótico. Viçosa, MG, 2000.

Germinação na primeira contagem (%)						
Tratamentos	Lotes				Médias	
	1	2	3	4		
PEG -1,0 MPa 7d	0,0	5,0	4,0	19,5	7,13	
PEG -1,0 MPa 14d	4,5	20,0	38,0	30,5	23,25	
PEG -1,2 MPa 7d	0,0	2,5	10,0	2,5	3,75	
PEG -1,2 MPa 14d	3,5	6,5	25,5	8,0	10,88	
Água do mar 7d	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00	
Água do mar 14d	0,0	0,0	4,5	3,5	2,00	
Água destilada 3d	0,0	2,5	7,5	3,0	3,25	
Sem embebição	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00	
Médias	1,00	4,56	11,19	8,38	6,28	

4.6.2. Germinação a baixa temperatura

Para as sementes do lote 1, todos os tratamentos mostraram-se superiores à testemunha com destaque para os tratamentos PEG -1,0 MPa e PEG -1,2 MPa por 14 dias, demonstrando que, para essa situação de baixa temperatura e lote de baixa qualidade fisiológica, o período mais longo de condicionamento associado ao PEG parece ser o mais recomendado. Verifica-se também para o lote 1, que o tratamento com PEG a -1,0 MPa por 14 dias permitiu um aumento de quase oito vezes na germinação sob baixa temperatura em relação à semente não condicionada (Tabela 8). No lote 4, houve superioridade do PEG -1,0 MPa por 7 dias, seguido por PEG -1,0 MPa por 14 dias. Já, para os lotes 2 e 3, o condicionamento em água do mar por 14 dias mostrou-se mais eficiente, principalmente no lote 2, constituindo-se numa

alternativa satisfatória ao condicionamento osmótico, associada a maior período de condicionamento. Novamente vale a consideração de que talvez, para água do mar, o uso de maior período de condicionamento poderia apresentar melhor resultado, pois, pelo fato de a água do mar restringir mais a absorção de água pelas sementes, com um maior período de condicionamento o metabolismo germinativo poderia se adiantar mais. Conforme já comentado nos testes anteriores, as sementes do lote 1 foram significativamente inferiores às demais em germinação e vigor. É importante ressaltar que a situação de estresse térmico permitiu discriminar bem o efeito dos tratamentos entre os lotes, conforme verificado também por AKERS et al. (1987) em sementes de salsa e por PILL e FINCH-SAVAGE (1988) em sementes de cenoura.

Tabela 8 – Médias da porcentagem de germinação a baixa temperatura (15⁰C) em sementes de aspargo 'Mary Washington' oriundas de quatro lotes e submetidas a diferentes tratamentos de condicionamento osmótico. Viçosa, MG, 2000.

Tratamentos		Germinação (%)				Médias
		Lotes				
		1	2	3	4	
PEG -1,0 MPa	7d	19,5 B d	54,0 B b	44,5 B c	69,5 A a	46,88
PEG -1,0 MPa	14d	31,0 A b	52,5 B a	53,0 AB a	61,0 AB a	49,38
PEG -1,2 MPa	7d	17,0 B b	53,5 B a	54,0 AB a	54,0 BC a	44,63
PEG -1,2 MPa	14d	29,0 A b	52,5 B a	50,5 AB a	55,0 BC a	46,75
Água do mar	7d	15,5 B c	55,5 B a	41,5 B b	46,5 CD ab	39,75
Água do mar	14d	20,5 B c	67,0 A a	58,5 A a	43,0 D b	47,25
Água destilada	3d	15,0 B b	51,0 B a	50,5 AB a	54,5 BC a	42,75
Sem embebição		4,0 C c	45,0 B a	43,0 B a	37,5 D b	32,38
Médias		18,94	53,88	49,44	52,63	43,72

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente, pelo teste Duncan, ao nível de 5% de probabilidade.

Lotes de sementes da mesma espécie, com capacidade de germinação semelhantes, porém diferindo quanto ao vigor, podem apresentar diferenças marcantes na porcentagem de emergência das plântulas, permitindo inferir sobre o seu desempenho no campo, especialmente quando a semeadura for realizada em locais sujeitos a baixa temperatura. Sementes condicionadas de várias espécies hortícolas apresentaram germinação mais rápida e sincronizada, particularmente sob condições adversas de campo, como baixa temperatura, que é muito prejudicial à germinação das sementes, principalmente nos estádios iniciais de embebição (SZAFIROWSKA et al., 1981; PILL e FINCH-SAVAGE, 1988).

Deve-se considerar que os potenciais osmóticos das soluções comumente usadas para o condicionamento têm variado de $-0,5$ a $-2,0$ MPa. No entanto, a água do mar, mesmo com potencial bem mais baixo, apresentou resultados satisfatórios.

A 15°C , sob estresse osmótico de $-0,4$ MPa, somente sementes de aspargo condicionadas, não submetidas à secagem e armazenadas a 4°C apresentaram maior porcentagem de germinação final em relação às sementes não condicionadas. Já sementes condicionadas e secadas apresentaram porcentagem de germinação final mais baixa que sementes não condicionadas (OWEN e PILL, 1994).

Como o aspargo no Brasil é mais explorado em regiões frias, como no Rio Grande do Sul, onde há condições predominantes de baixas temperaturas na época de semeadura, a melhor germinação das sementes condicionadas a 15°C permite inferir sobre o seu desempenho no campo, especialmente quando a semeadura for realizada nesses locais sujeitos a baixa temperatura.

4.7. Deterioração controlada

4.7.1. Primeira contagem da deterioração controlada

Observa-se, pela Tabela 9, que para as sementes do lote 1, o tratamento PEG $-1,0$ MPa por 14 dias foi superior aos demais, à semelhança do que foi verificado no teste sob estresse hídrico (Tabela 6). Nota-se que, também nesse teste, todos os tratamentos de condicionamento para o lote 1 foram superiores à testemunha (semente sem embebição). No lote 2, sobressaíram-se os tratamentos PEG $-1,0$ MPa por 7 e 14 dias. Já para os lotes 3 e 4, de modo geral, não houve efeito dos tratamentos, havendo apenas efeito prejudicial à germinação pela embebição das sementes do lote 3 em água destilada. Talvez, devido à alta qualidade fisiológica desse lote, a embebição em água tenha conduzido o metabolismo a um nível tal, que houve suscetibilidade à temperatura de 45°C utilizada no teste de deterioração controlada. Segundo POWELL e MATTHEWS (1979), a própria velocidade com que a água penetra nos tecidos das sementes pode ser prejudicial à germinação, pois, quando a semente é colocada em contato com água pura, a embebição é muito rápida, podendo ocasionar danos. Esse efeito prejudicial da rápida hidratação foi também constatado em sementes de soja por BRACCINI (1996) e em sementes de mostarda por SRINIVASAN et al. (1999), que verificaram melhor desempenho para as sementes condicionadas em PEG do que em água. No geral, para todos os tratamentos, o lote 1 foi inferior aos demais, conforme já comentado anteriormente.

Tabela 9 – Médias da porcentagem de plântulas normais na primeira contagem do teste de deterioração controlada de sementes de aspargo ‘Mary Washington’ oriundas de quatro lotes e submetidas a diferentes tratamentos de condicionamento osmótico. Viçosa, MG, 2000.

		Germinação na primeira contagem (%)							
		Lotes							
Tratamentos		1	2	3	4	Médias			
PEG –1,0 MPa	7d	7,0 C c	64,5 A a	64,0 A a	52,0 A b	46,88			
PEG –1,0 MPa	14d	17,5 A c	63,5 A ab	71,5 A a	57,5 A b	52,50			
PEG –1,2 MPa	7d	5,5 CD c	57,5 AB a	63,5 A a	45,5 A b	43,00			
PEG –1,2 MPa	14d	9,0 BC c	55,5 AB b	71,5 A a	52,5 A b	47,13			
Água do mar	7d	13,0 AB c	54,0 AB ab	65,5 A a	50,5 A b	45,75			
Água do mar	14d	10,5 BC c	59,5 AB ab	70,5 A a	51,5 A b	48,00			
Água destilada	3d	8,0 C b	49,0 B a	52,5 B a	46,5 A a	39,00			
Sem embebição		2,0 D c	57,0 AB ab	62,5 A a	49,0 A b	42,63			
Médias		9,06	57,56	65,19	50,63	45,61			

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente, pelo teste Duncan, ao nível de 5% de probabilidade.

4.7.2. Germinação total após deterioração controlada

Na Tabela 10, verifica-se que, para o lote 1, a água do mar por 14 dias apresentou melhor desempenho, seguida pelo tratamento com PEG –1,0 MPa por 14 dias e água do mar por sete dias. Nos lotes 2 e 4 não houve efeito dos tratamentos. Já para o lote 3, o tratamento PEG –1,2 MPa por sete dias foi superior, embora só tenha diferido significativamente do condicionamento em água destilada por três dias. Assim, de modo geral, efeitos benéficos do condicionamento osmótico só foram verificados para as sementes do lote 1, considerado um lote de baixa qualidade fisiológica.

Tabela 10 – Médias da porcentagem de germinação no teste de deterioração controlada de sementes de aspargo ‘Mary Washington’ oriundas de quatro lotes e submetidas a diferentes tratamentos de condicionamento osmótico. Viçosa, MG, 2000.

Tratamentos		Germinação (%)				Médias
		Lotes				
		1	2	3	4	
PEG -1,0 MPa	7d	40,5 BC b	80,0 A a	81,0 AB a	78,5 A a	70,00
PEG -1,0 MPa	14d	46,5 AB b	79,0 A a	81,0 AB a	75,0 A a	70,38
PEG -1,2 MPa	7d	38,5 C c	79,5 A a	84,0 A a	70,5 A b	68,13
PEG -1,2 MPa	14d	38,0 C c	80,0 A ab	82,5 AB a	74,5 A b	68,75
Água do mar	7d	46,0 AB b	79,0 A a	81,0 AB a	74,5 A a	70,13
Água do mar	14d	49,5 A c	82,5 A a	82,0 AB a	70,5 A b	71,13
Água destilada	3d	34,0 C b	76,0 A a	77,0 B a	73,0 A a	65,00
Sem embebição		24,5 D c	76,5 A ab	79,5 AB a	70,0 A b	62,63
Médias		39,69	79,06	81,00	73,31	68,27

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente, pelo teste Duncan, ao nível de 5% de probabilidade.

Devido à semelhança de comportamento para os lotes 2 e 4, parece que a secagem em estufa reduzindo o grau de umidade da semente a 20% após o condicionamento, tenha contribuído para reduzir os efeitos benéficos advindos dessa prática, uma vez que a secagem da semente após o condicionamento osmótico pode afetar a subsequente resposta em germinação. Quando as sementes condicionadas são transferidas diretamente da solução condicionadora para o meio de germinação, a germinação é mais rápida do que se as sementes condicionadas fossem submetidas à secagem antes do plantio (PILL, 1986; EVANS e PILL, 1989). Sementes condicionadas de aspargo (EVANS e PILL, 1989), submetidas à secagem antes da semeadura, germinaram mais lentamente devido ao tempo gasto na reembebição da semente. Vários autores consideram que a secagem reverte

os efeitos benéficos do condicionamento (HEYDECKER e COOLBEAR, 1977; HEYDECKER, 1980; BODSWORTH e BEWLEY, 1981). No entanto, vale a pena observar que o lote 1, de menor germinação, teve a mesma aumentada em 8,75 vezes na primeira contagem (Tabela 9) e em quase duas vezes na germinação total (Tabela 10), quando compara-se o tratamento PEG -1,0 MPa por 14 dias à semente não condicionada. Isso indica que os benefícios do condicionamento foram mantidos mesmo após a secagem, o que talvez possa indicar que, dependendo da qualidade fisiológica do lote, a secagem poderá não apresentar efeito prejudicial à germinação e/ou velocidade de emergência. De modo geral, os efeitos dos tratamentos nas sementes dos lotes 2 e 3 (alto vigor) foram inferiores àqueles observados nas sementes do lote de baixo vigor (lote 1).

A forma de secagem das sementes após o condicionamento, entretanto, pode afetar a subsequente germinação. A germinação em sementes de aspargo é retardada em função do grau de umidade atingido pela semente submetida à secagem após o condicionamento, ou seja, menor grau de umidade ocasiona maior retardamento na germinação. Assim, o condicionamento acelera a germinação em aspargo quando as sementes são secas apenas superficialmente (EVANS e PILL, 1989; FRETT et al., 1991; PILL et al., 1991). No entanto, segundo OWEN e PILL (1994) sementes de aspargo condicionadas e superficialmente secas, condicionadas e secadas ou não condicionadas apresentaram porcentagem final de germinação semelhante.

DIAS et al. (1999) verificaram que, em sementes de quiabo condicionadas e submetidas à secagem, não houve benefícios, de modo geral, à germinação e à emergência das plântulas.

Para o condicionamento em água do mar, o período mais longo (14 dias) apresentou melhor resultado na germinação total, sendo que até 28 dias de condicionamento não ocorreu protrusão de radícula para nenhum dos lotes (Figuras 3, 4, 5 e 6). Nota-se que, mesmo com a água do mar apresentando potencial osmótico bem menor que o necessário para inibir a germinação durante o osmocondicionamento em solução de PEG, não ocorreu inversão do processo, acarretando um tempo de distribuição da germinação maior do que o de sementes não tratadas como verificado por HAIGH e BARLOW (1987) em

sementes de cenoura. Talvez esse efeito benéfico da água do mar, no condicionamento osmótico da semente de aspargo, mesmo a $-3,3$ MPa, possa estar relacionado ao fato de essa espécie ser considerada a cultura comercial mais tolerante a solos salinos, desde a fase de germinação da semente até a fase de planta adulta (FRANCOIS, 1987). No entanto, em soluções de sais, potenciais osmóticos mais baixos que em soluções de PEG podem ser necessários para prevenir germinação (BROCKLEHURST e DEARMAN, 1984; ROUNDY et al, 1985).

Contudo, avaliando-se os resultados da porcentagem total de germinação, verifica-se que os lotes 2 e 3 apresentaram porcentagens de germinação semelhantes. Segundo DELOUCHE (1969), lotes de sementes que não são separáveis em termos percentuais de germinação, poderão estar em diferentes níveis de deterioração. Os lotes 2 e 3, respectivamente, com níveis médios de 90,19% e 93,06% de germinação total para todos os tratamentos (Tabela 4), apresentaram 79,06% e 81,00% de germinação após a deterioração controlada (Tabela 10), mostrando que esses níveis de germinação após a deterioração controlada decresceram proporcionalmente à média da porcentagem de germinação inicial dos lotes, estando esses lotes também com níveis de deterioração semelhantes.

4.8. Pesos da matéria verde e seca

Observa-se que, para o lote 1, houve superioridade praticamente de todos os tratamentos em relação à semente não condicionada. Já para os lotes 2, 3 e 4 o condicionamento em PEG $-1,0$ MPa por 14 dias apresentou melhor desempenho (Tabela 11).

Quanto à matéria seca, verifica-se que, para o lote 1, os tratamentos PEG $-1,0$ MPa por 14 dias, PEG $-1,2$ MPa por 14 dias e água destilada por 3 dias foram superiores aos demais. Já para os lotes 2, 3 e 4 o tratamento PEG $-1,0$ MPa por 14 dias apresentou-se superior, semelhante aos resultados verificados para o peso da matéria verde das plântulas (Tabela 12).

Tabela 11 – Médias do peso da matéria verde de plântulas (mg/plântula) obtidas na primeira contagem do teste de deterioração controlada de sementes de aspargo ‘Mary Washington’ oriundas de quatro lotes e submetidas a diferentes tratamentos de condicionamento osmótico. Viçosa, MG, 2000 .

Peso da matéria verde (mg/plântula)											
Tratamentos		Lotes								Médias	
		1		2		3		4			
PEG -1,0	7d	0,0172	A c	0,0253	B a	0,0268	AB a	0,0214	ABC b	0,0227	
PEG -1,0	14d	0,0200	A c	0,0284	A a	0,0295	A a	0,0238	A b	0,0254	
PEG -1,2	7d	0,0157	AB c	0,0238	B a	0,0263	BC a	0,0210	BC b	0,0217	
PEG -1,2	14d	0,0201	A b	0,0252	B a	0,0270	AB a	0,0213	BC b	0,0234	
Água mar	7d	0,0185	A b	0,0251	B a	0,0248	BC a	0,0200	C b	0,0221	
Água mar	14d	0,0180	A b	0,0233	B a	0,0237	C a	0,0231	AB a	0,0220	
Água dest.	3d	0,0186	A b	0,0261	AB a	0,0260	BC a	0,0221	ABC ab	0,0232	
Sem embeber		0,0114	B b	0,0234	B a	0,0235	C a	0,0204	C a	0,0197	
Médias		0,0174		0,0251		0,0260		0,0217		0,0225	

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente, pelo teste Duncan, ao nível de 5% de probabilidade.

Comparando-se os resultados obtidos na primeira contagem da deterioração controlada aos dos pesos da matéria verde e matéria seca das plântulas, verifica-se que essas duas últimas características permitiram discriminar melhor os efeitos dos tratamentos, indicando que o tratamento PEG -1,0 MPa por 14 dias ocasionou plântulas de maiores pesos de matéria verde e seca. Quando se comparam os lotes 1 e 2, tanto na primeira contagem quanto nos pesos da matéria verde e seca, verifica-se que o tratamento PEG -1,0 MPa por 14 dias esteve entre os melhores, com a mesma tendência já citada anteriormente. Já quando se consideram os lotes 3 e 4, embora tenha havido igualdade de tratamentos para esses lotes na primeira contagem, o peso da matéria verde e o peso da matéria seca também permitiram discriminar o tratamento PEG -1,0 MPa por 14 dias como o melhor para esses lotes.

Quando se consideram os lotes com maior porcentagem de germinação, os resultados, tanto da primeira contagem quanto dos pesos da matéria verde e seca, apresentaram a mesma tendência das outras características, indicando os lotes 2 e 3 como de melhor desempenho (Tabelas 9, 11 e 12).

Tabela 12 – Médias do peso da matéria seca de plântulas (mg/plântula) obtidas na primeira contagem do teste de deterioração controlada de sementes de aspargo ‘Mary Washington’ oriundas de quatro lotes e submetidas a diferentes tratamentos de condicionamento osmótico. Viçosa, MG, 2000.

Peso da matéria seca (mg/plântula)										
		Lotes								
Tratamentos		1		2		3		4		Médias
PEG -1,0	7d	0,0020	AB c	0,0034	B a	0,0034	AB a	0,0028	AB b	0,0029
PEG -1,0	14d	0,0025	A c	0,0038	A a	0,0037	A a	0,0030	A b	0,0032
PEG -1,2	7d	0,0017	AB c	0,0031	B ab	0,0033	AB a	0,0027	AB b	0,0027
PEG -1,2	14d	0,0024	A c	0,0033	B ab	0,0034	AB a	0,0027	AB bc	0,0030
Água mar	7d	0,0020	AB c	0,0034	B a	0,0033	AB a	0,0026	B b	0,0028
Água mar	14d	0,0020	AB b	0,0032	B a	0,0032	AB a	0,0029	AB a	0,0028
Água dest.	3d	0,0025	A b	0,0034	B a	0,0034	AB a	0,0028	AB b	0,0030
Sem embeber		0,0012	B b	0,0031	B a	0,0031	B a	0,0026	B a	0,0025
Médias		0,0021		0,0033		0,0034		0,0028		0,0029

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente, pelo teste Duncan, ao nível de 5% de probabilidade.

Este aumento nos pesos da matéria verde e seca de plântulas oriundas de sementes submetidas ao condicionamento osmótico em comparação a sementes não condicionadas também foi verificado por FINCH-SAVAGE e PILL (1990), que atribuíram o efeito a possíveis alterações estruturais e/ou de rotas metabólicas nas sementes. Amostras de sementes que apresentam os maiores pesos médios de matéria verde e seca de plântulas normais são consideradas

mais vigorosas. Isso porque as sementes vigorosas proporcionam maior transferência de matéria seca de seus tecidos de reserva para o eixo embrionário na fase de germinação, originando plântulas com maior peso, em função do maior acúmulo de matéria seca (NAKAGAWA, 1994).

4.9. Germinação a alta temperatura

Verifica-se que as sementes do lote 1, quando submetidas ao condicionamento em PEG $-1,0$ MPa por 14 dias, apresentaram-se superiores às dos demais tratamentos (Tabela 13). Na Figura 7, verifica-se que o condicionamento em PEG 6000 a $-1,0$ MPa apresentou melhor resultado quando se adotou o período de 14 dias comparado ao período de 7 dias de condicionamento e à semente não condicionada, por ocasião da primeira contagem (aos 13 dias). No lote 2, os tratamentos PEG $-1,0$ MPa por 7 e 14 dias e PEG $-1,2$ MPa por 7 dias apresentaram melhor desempenho. Já para o lote 3, o condicionamento em PEG $-1,2$ MPa por 14 dias e em água do mar por 7 e 14 dias apresentaram-se superiores. Quanto ao lote 4, os tratamentos PEG $-1,0$ MPa por 7 e 14 dias e PEG $-1,2$ MPa por 7 dias e também a água do mar por 7 e 14 dias foram superiores. Verifica-se, ainda, que dependendo do tratamento, ora o lote 2, ora o lote 3 apresentou-se superior. Comparando-se as sementes não condicionadas de cada lote, verifica-se que as sementes do lote 3 mostraram maior tolerância às condições de alta temperatura que as demais. Nota-se, ainda, que as sementes condicionadas do lote 2 apresentaram aumentos significativos na germinação a alta temperatura em relação à testemunha (semente não condicionada) que foi muito sensível à temperatura de 35°C .

Verifica-se que os lotes 1 e 2 foram favorecidos pela solução de PEG $-1,0$ MPa, no maior período de condicionamento (14 dias). Observa-se que o lote 3 foi favorecido tanto pelo PEG sob maior potencial osmótico e maior período de condicionamento quanto pela água do mar nos dois períodos de condicionamento. Já para o lote 4, praticamente todos os tratamentos de condicionamento apresentaram efeito benéfico à germinação nesta situação típica de estresse (Tabela 13). Assim, pode-se considerar que o

condicionamento em água do mar aparece como alternativa promissora. Segundo WURR e FELLOWS (1984), as sementes condicionadas podem ter a porcentagem e uniformidade de germinação melhoradas, particularmente sob condições adversas de alta temperatura. O condicionamento de sementes de aspargo, segundo OWEN e PILL (1994), também conferiu aumento em tolerância à alta temperatura de germinação (35⁰C) comparado às sementes não condicionadas. Semelhantemente ao teste de germinação a baixa temperatura (Tabela 8), as sementes condicionadas do lote 1 foram inferiores às sementes dos demais lotes (Tabela 13).

Tabela 13 – Médias da porcentagem de germinação a alta temperatura (35⁰C) em sementes de aspargo ‘Mary Washington’ oriundas de quatro lotes e submetidas a diferentes tratamentos de condicionamento osmótico. Viçosa, MG, 2000.

		Germinação (%)				
		Lotes				
Tratamentos		1	2	3	4	Médias
PEG -1,0 MPa	7d	18,5 ABC c	68,0 A a	29,0 D bc	37,0 A b	38,13
PEG -1,0 MPa	14d	25,5 A c	72,0 A a	42,5 BC b	40,0 A b	45,00
PEG -1,2 MPa	7d	18,0 ABC c	76,0 A a	48,5 B b	39,0 A b	45,38
PEG -1,2 MPa	14d	11,5 C d	39,5 C b	61,0 A a	29,0 AB c	35,25
Água do mar	7d	20,0 AB d	42,5 C b	62,0 A a	33,5 A c	39,50
Água do mar	14d	20,5 AB d	56,0 B b	68,5 A a	32,5 A c	44,38
Água destilada	3d	14,0 BC c	21,5 D b	40,0 BC a	11,5 C c	21,75
Sem embebição		12,0 C b	18,0 D b	38,5 C a	21,0 BC b	22,38
Médias		17,50	49,19	48,75	30,44	36,47

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente, pelo teste Duncan, ao nível de 5% de probabilidade.

É importante observar que nenhum tratamento de condicionamento apresentou efeito deletério à semente, quando comparado à semente não condicionada. No entanto, deve-se considerar que, para cada lote, o nível de metabolismo atingido pela semente com o condicionamento fará com que o mesmo tenha efeito igual ou superior à semente não condicionada.

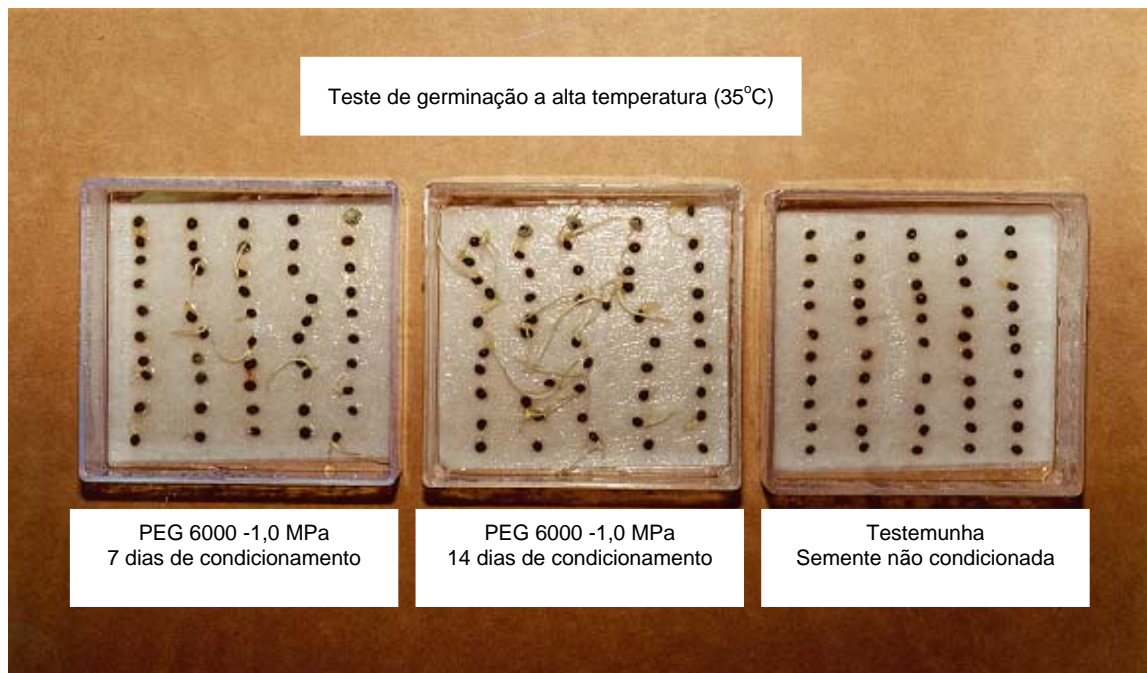


Figura 7 – Desenvolvimento das plântulas de aspargo aos 13 dias no teste de germinação a 35⁰C, das sementes do lote 1 submetidas ao condicionamento osmótico em PEG 6000 a -1,0 MPa por 7 e 14 dias e das sementes não condicionadas. Viçosa, MG, 2000.

Vale a pena ressaltar que para o lote 2, embora considerado de excelente qualidade fisiológica, o condicionamento com PEG a -1,2 MPa por 7 dias aumentou em cerca de quatro vezes a porcentagem de germinação a 35⁰C em relação à semente não condicionada (Tabela 13), o que mostra ser esse lote mais sensível à temperatura elevada, justificando ainda mais a prática do condicionamento, pelo benefício, mesmo para o lote de alta qualidade fisiológica, nessas condições de temperatura.

Como o aspargo se constitui em uma boa alternativa de exploração agrícola para o perímetro irrigado da região Nordeste do Brasil, onde as

temperaturas são relativamente altas, pode-se considerar que o melhor desempenho da semente condicionada sob alta temperatura é muito interessante. Assim, essa informação torna-se relevante para o cultivo de aspargo em regiões tropicais.

4.10. Comprimento da radícula

Quanto ao comprimento da radícula, verifica-se que, para as sementes do lote 1, os tratamentos PEG $-1,0$ MPa e PEG $-1,2$ MPa por 14 dias foram superiores aos demais (Tabela 14). No lote 2, houve superioridade do tratamento PEG $-1,0$ MPa por 14 dias. Quanto ao lote 3, os tratamentos PEG $-1,0$ MPa por 7 dias e água destilada por 3 dias foram superiores. Já para o lote 4, houve superioridade do tratamento PEG $-1,2$ MPa por 14 dias. Também para essa característica, em todos os tratamentos, o lote 1 foi inferior aos demais.

Pelos resultados apresentados, verifica-se que para os lotes 1, 2 e 4 houve favorecimento pelo uso de PEG no maior período de condicionamento (Tabela 14). Para o lote 1, o PEG $-1,0$ MPa por 14 dias permitiu a obtenção de plântulas cujas radículas apresentaram comprimento quase cinco vezes superior ao comprimento da radícula de plântulas oriundas de sementes não condicionadas, o que pode ser interpretado como um envigorecimento nesse lote de baixa qualidade fisiológica. Mesmo para o lote 2, de excelente qualidade fisiológica, o condicionamento em PEG $-1,0$ MPa por 14 dias permitiu a obtenção de radículas com comprimento superior ao dobro do que foi obtido de sementes não condicionadas, conforme pode ser verificado na Figura 8.

TRIGO et al. (1999) também obtiveram incrementos no comprimento da raiz primária em cebola com o osmocondicionamento das sementes, sendo esse mesmo efeito também verificado tanto no comprimento da raiz quanto do caule em plântulas de mostarda (SRINIVASAN et al., 1999). Para SMITH e COBB (1992), durante o condicionamento osmótico ocorrem incrementos nos níveis de DNA e RNA, no teor de proteínas solúveis, na taxa respiratória, na síntese de enzimas e síntese-de-novo de enzimas específicas, o que

proporciona maior acúmulo de solutos, resultando num crescimento mais rápido e maior acúmulo de biomassa.

Tabela 14 – Médias do comprimento da radícula (cm/plântula) em plântulas de aspargo ‘Mary Washington’ oriundas de sementes de quatro lotes e submetidas a diferentes tratamentos de condicionamento osmótico. Viçosa, MG, 2000.

		Comprimento da radícula (cm/plântula)							
		Lotes							
Tratamentos		1	2	3	4			Médias	
PEG -1,0 MPa	7d	1,61 AB b	5,54 AB a	5,69 A a	4,55 AB a			4,35	
PEG -1,0 MPa	14d	2,25 A c	6,11 A a	4,86 ABC b	4,76 AB b			4,49	
PEG -1,2 MPa	7d	1,24 BC b	4,43 CD a	4,60 BCD a	4,90 AB a			3,79	
PEG -1,2 MPa	14d	2,15 A b	5,02 BC a	5,28 AB a	5,07 A a			4,38	
Água do mar	7d	1,01 BC b	4,14 D a	3,99 CDE a	3,80 ABC a			3,23	
Água do mar	14d	1,66 AB b	3,98 D a	3,70 DE a	2,75 CD ab			3,02	
Água destilada	3d	0,82 BC c	3,75 D b	5,74 A a	3,60 BC b			3,47	
Sem embebição		0,48 C c	2,52 E b	3,64 E a	2,24 D b			2,22	
Médias		1,40	4,43	4,69	3,96			3,62	

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente, pelo teste Duncan, ao nível de 5% de probabilidade.

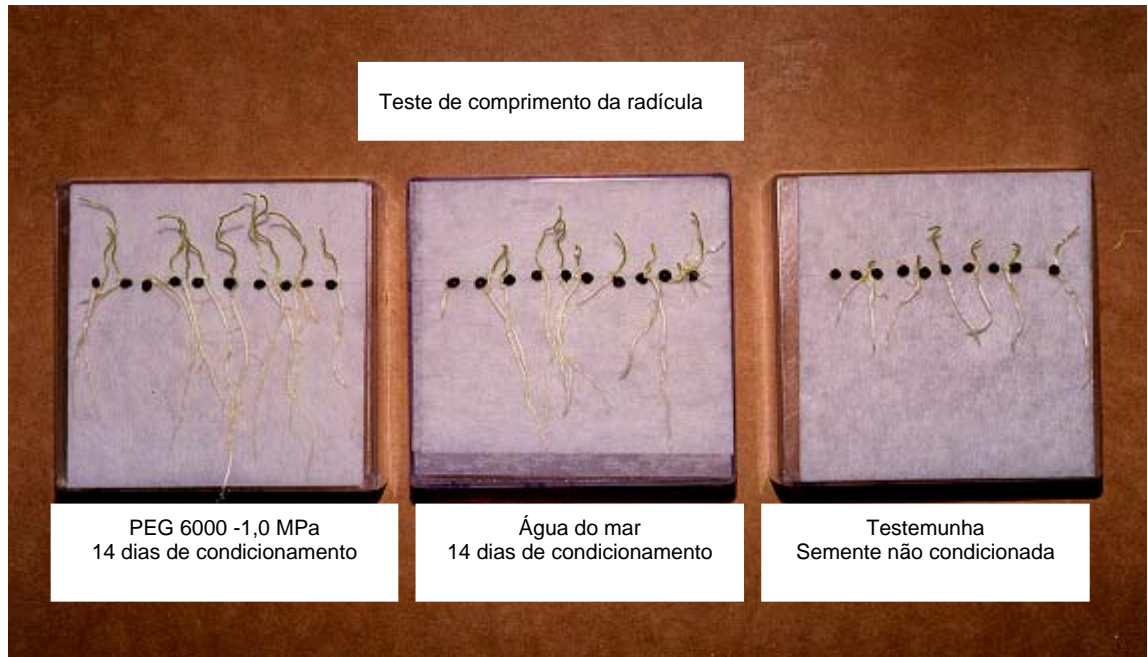


Figura 8 – Detalhe do comprimento da radícula de plântulas de aspargo oriundas de sementes do lote 2, submetidas ao condicionamento osmótico em PEG 6000 a $-1,0$ MPa e em água do mar por 14 dias, comparado às plântulas oriundas de sementes não condicionadas. Viçosa, MG, 2000.

4.11. Comprimento da plântula

Pelos resultados apresentados na Tabela 15, verifica-se que os tratamentos que acarretaram maior comprimento da radícula (Tabela 14) também ocasionaram maior comprimento da plântula, o que parece mais coerente, pois, é de se esperar que uma plântula maior tenha também radícula mais desenvolvida, de forma a haver equilíbrio funcional entre raiz e parte aérea (WAISEL et al., 1991).

Considerando-se o lote 1, verifica-se que o condicionamento das sementes com PEG a $-1,0$ MPa por 14 dias, chegou a acarretar aumento no comprimento de até seis vezes superior ao comprimento da plântula oriunda da semente não condicionada. Também para o lote 2, de alta qualidade fisiológica, esse mesmo tratamento acarretou aumento de 2,5 vezes no comprimento da plântula, comparado à semente não condicionada (Tabela 15). Segundo NAKAGAWA (1994), as amostras que apresentam maiores valores de

comprimento médio de plântulas normais ou das partes dessas, são consideradas mais vigorosas. As sementes vigorosas originam plântulas com maior taxa de crescimento, em função de apresentarem maior capacidade de transformação e de suprimento de reservas dos tecidos de armazenamento e da maior incorporação dessas reservas pelo eixo embrionário.

Tabela 15 – Médias do comprimento da plântula (cm/plântula) de aspargo 'Mary Washington' oriundas de sementes de quatro lotes e submetidas a diferentes tratamentos de condicionamento osmótico. Viçosa, MG, 2000.

		Comprimento da plântula (cm/plântula)				
		Lotes				
Tratamentos		1	2	3	4	Médias
PEG -1,0 MPa	7d	2,46 AB b	8,13 B a	8,48 A a	7,08 AB a	6,54
PEG -1,0 MPa	14d	3,35 A c	9,28 A a	7,71 AB b	7,02 AB b	6,84
PEG -1,2 MPa	7d	1,79 BC b	6,62 CD a	6,59 BC a	7,04 AB a	5,51
PEG -1,2 MPa	14d	3,34 A b	7,57 BC a	7,83 AB a	7,90 A a	6,66
Água do mar	7d	1,29 BC b	5,73 DE a	5,86 CD a	5,32 B a	4,55
Água do mar	14d	2,34 AB b	5,44 E a	5,49 CD a	3,56 C b	4,21
Água destilada	3d	1,37 BC c	5,69 DE b	8,26 A a	5,40 B b	5,18
Sem embebição		0,54 C c	3,62 F b	5,19 D a	3,23 C b	3,15
Médias		2,06	6,51	6,93	5,82	5,33

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente, pelo teste Duncan, ao nível de 5% de probabilidade.

4.12. Comprimento do epicótilo

Verifica-se que para os lotes 1 e 4, à semelhança do comprimento da radícula e da plântula, o tratamento PEG -1,2 MPa por 14 dias apresentou o melhor desempenho. No lote 2, o tratamento PEG -1,0 MPa por 14 dias foi superior aos demais. Já para o lote 3, os tratamentos PEG -1,0 MPa por 7 e 14

dias, PEG -1,2 MPa por 14 dias e água destilada por 3 dias foram superiores. Para todos os tratamentos, à semelhança do comprimento da radícula e da plântula, os lotes 2 e 3 apresentaram-se superiores, exceto na testemunha (sem embebição), onde o lote 2 foi estatisticamente semelhante ao lote 4. O lote 1 mostrou-se inferior aos demais (Tabela 16).

Tabela 16 – Médias do comprimento do epicótilo (cm/plântula) em plântulas de aspargo ‘Mary Washington’ oriundas de sementes de quatro lotes e submetidas a diferentes tratamentos de condicionamento osmótico. Viçosa, MG, 2000.

		Comprimento do epicótilo (cm/plântula)							
		Lotes							
Tratamentos		1	2	3	4	Médias			
PEG -1,0 MPa	7d	0,85 ABC b	2,60 B a	2,79 A a	2,53 AB a	2,19			
PEG -1,0 MPa	14d	1,10 AB c	3,17 A a	2,86 A a	2,26 BC b	2,34			
PEG -1,2 MPa	7d	0,54 BCD b	2,19 BC a	1,99 B a	2,14 BC a	1,71			
PEG -1,2 MPa	14d	1,19 A b	2,55 B a	2,55 A a	2,83 A a	2,28			
Água do mar	7d	0,29 CD b	1,59 DE a	1,87 B a	1,52 D a	1,32			
Água do mar	14d	0,69 ABC b	1,46 EF a	1,79 B a	0,82 E b	1,19			
Água destilada	3d	0,55 BCD c	1,95 CD b	2,52 A a	1,80 CD b	1,71			
Sem embebição		0,06 D c	1,11 F b	1,56 B a	1,00 E b	0,93			
Médias		0,66	2,08	2,24	1,86	1,71			

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente, pelo teste Duncan, ao nível de 5% de probabilidade.

Pelos resultados apresentados, na Tabela 16, verifica-se que houve uma tendência de que os tratamentos que acarretaram maior comprimento da radícula (Tabela 14) e maior comprimento da plântula (Tabela 15) também resultassem em maior comprimento do epicótilo, o que é de se esperar, pois, uma plântula normal de aspargo sendo mais comprida apresenta maior

radícula e maior epicótilo, devendo ser considerada mais vigorosa. DEMIR e VAN DE VENTER (1999) verificaram que, embora o osmocondicionamento não tenha aumentado o crescimento da raiz em sementes de melão, houve aumento no crescimento do hipocótilo, permitindo maior emergência. Assim, o condicionamento osmótico, por promover uma maior rapidez na germinação da semente e posterior emergência das plântulas, conseqüentemente influencia o desenvolvimento vegetativo, afetando positivamente o crescimento das plântulas.

Novamente, pôde-se constatar que nenhum tratamento de condicionamento foi prejudicial ao crescimento da radícula, do epicótilo ou da plântula. Observa-se, também, que o efeito do condicionamento osmótico ficou bastante evidente tanto no lote de baixa quanto no de alta qualidade fisiológica, justificando a prática do condicionamento para promover benefícios ao crescimento inicial das plântulas.

As respostas no ganho de peso da matéria seca e no crescimento de plântulas, obtidas no presente trabalho, em função do condicionamento osmótico, foram verificadas em várias espécies olerícolas e relatadas por vários autores (KHAN et al., 1978; BROCKLEHURST e DEARMAN, 1983a e 1983b; BROCKLEHURST e DEARMAN, 1984; RIVAS et al., 1984). O condicionamento osmótico em PEG $-1,0$ MPa por 14 dias permitiu melhor desenvolvimento das plântulas e maior acúmulo de matérias verde e seca. Isso pode ser explicado pelo fato de que, durante o osmocondicionamento, ocorrem processos metabólicos em níveis tais que não permitem, para a maioria das espécies, o início da divisão e da expansão celular, induzindo a uma prolongada capacidade de síntese de proteínas (KHAN et al., 1978), o que propicia um balanço metabólico mais favorável, gerando aumentos na germinação, no crescimento das plântulas e no acúmulo de biomassa (DELL'AQUILA e TARANTO, 1986).

4.13. Velocidade de emergência

Na Tabela 17, verifica-se que a velocidade de emergência para os lotes 1, 3 e 4 foi superior para o tratamento com PEG $-1,0$ MPa por 14 dias em

relação aos demais, principalmente quando comparado à testemunha (sem embebição). Já para o lote 2 apenas os tratamentos de embebição em água do mar não diferiram significativamente da semente não condicionada.

Tabela 17 – Médias da velocidade de emergência (dias) em areia de plântulas de aspargo ‘Mary Washington’ oriundas de sementes de quatro lotes e submetidas a diferentes tratamentos de condicionamento osmótico. Viçosa, MG, 2000.

		Velocidade de emergência (dias)							
		Lotes							
Tratamentos		1	2	3	4	Médias			
PEG -1,0 MPa	7d	15,78 BC a	11,85 B b	10,38 C c	11,81 C b	12,45			
PEG -1,0 MPa	14d	13,61 D a	10,66 B b	9,36 D b	9,99 E b	10,90			
PEG -1,2 MPa	7d	15,46 BC a	11,49 B bc	10,67 C c	11,84 C b	12,36			
PEG -1,2 MPa	14d	14,59 CD a	11,57 B b	10,50 C b	10,87 D b	11,88			
Água do mar	7d	16,95 AB a	13,04 A b	12,61 B b	13,12 B b	13,93			
Água do mar	14d	15,80 BC a	13,01 A c	12,50 B c	14,04 A b	13,84			
Água destilada	3d	16,06 BC a	10,80 B b	10,81 C b	11,46 CD b	12,28			
Sem embebição		18,24 A a	14,06 A b	14,01 A b	14,71 A b	15,25			
Médias		15,81	12,06	11,35	12,23	12,86			

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente, pelo teste Duncan, ao nível de 5% de probabilidade.

GRAY et al. (1991), trabalhando com PEG por períodos de condicionamento de sete, 10 e 14 dias, verificaram que o maior período de condicionamento aumentou a velocidade de emergência. Já para as sementes do lote 2, tanto o condicionamento com PEG quanto a embebição em água destilada apresentaram o mesmo efeito. De modo geral, verifica-se uma tendência de o tratamento PEG –1,0 MPa por 14 dias ser o mais recomendado. Também fica evidente a inferioridade do lote 1 em relação aos demais. É

provável que o maior período de tempo necessário à germinação de sementes de baixo vigor seja consequência da desorganização temporária dos processos metabólicos e da necessidade da operação de mecanismos de reparo dos danos às organelas.

Sementes com deterioração já avançada apresentaram resposta positiva ao incremento na velocidade de germinação, quando condicionadas osmoticamente. Essa melhoria no vigor após o osmocondicionamento pode ser devido a processos de reparo macromolecular durante o tratamento, ou mesmo a um balanço metabólico mais favorável das sementes pré-condicionadas no início da germinação (LANTERI et al., 1998).

Comparando-se o resultado da velocidade de emergência ocasionada pelo tratamento PEG $-1,0$ MPa por 14 dias em relação à semente não condicionada do lote 1, verifica-se que o condicionamento permitiu que a plântula emergisse 4,63 dias mais rápido que a testemunha, o que representa um resultado bastante satisfatório, uma vez que, em campo, quanto mais rapidamente as plântulas emergirem, menos tempo ficarão predispostas a patógenos de solo e às intempéries, tendo condições de competir de forma mais eficiente com as plantas daninhas na lavoura. KRARUP (1991) também verificou que a velocidade de germinação e emergência foi maior para sementes de aspargo condicionadas comparada às sementes não condicionadas.

Também pode-se verificar que, mesmo para o lote 3, considerado de alta qualidade fisiológica, o PEG $-1,0$ MPa por 14 dias também permitiu que a plântula emergisse 4,65 dias mais rápido em relação à semente não condicionada, o que justifica, também nesse caso, a prática do condicionamento tanto para o lote de baixa quanto o de alta qualidade fisiológica.

Comparando-se os resultados da primeira contagem da germinação (Tabela 5) aos da velocidade de emergência (Tabela 17), verifica-se que para o lote 1, em ambas as características, houve superioridade do tratamento PEG $-1,0$ MPa por 14 dias. Já para o lote 2, os tratamentos superiores na primeira contagem (PEG $-1,0$ MPa por sete dias e PEG $-1,2$ MPa por 7 e 14 dias) também repetiram o efeito na velocidade de emergência, verificando-se, de

modo geral, uma coerência entre os tratamentos. Quanto aos lote 3 e 4, enquanto na primeira contagem o PEG $-1,2$ MPa por 14 dias foi superior, na velocidade de emergência houve melhor efeito do PEG $-1,0$ MPa por 14 dias, podendo-se afirmar que houve também uma tendência de favorecimento ao PEG no maior período de condicionamento. Assim, pode-se verificar que através da primeira contagem da germinação indiretamente realiza-se uma avaliação da velocidade de emergência.

Segundo NAKAGAWA (1994), a primeira contagem da germinação pode, muitas vezes, expressar melhor as diferenças de velocidade de germinação entre lotes do que os índices de velocidade de emergência. No entanto, a inferioridade do lote 1 em relação aos demais, já relatada anteriormente para várias características, ocorreu tanto na primeira contagem (Tabela 5) quanto na velocidade de emergência (Tabela 17).

Segundo BRADFORD (1986), durante o condicionamento osmótico ocorre acúmulo de solutos, o que resulta em um maior potencial de turgor celular durante a reidratação das sementes, o que faz com que a protrusão da raiz primária ocorra mais rápido, permitindo com que essas sementes tolerem melhor condições adversas de solo e clima, emergindo mais rápido. A velocidade de germinação é um dos conceitos mais antigos de vigor de semente (AOSA, 1983).

NAKAGAWA (1994) ressaltou que um lote de sementes é tanto mais vigoroso quanto mais rápida for a emergência das plântulas em areia, ou seja, há uma relação direta entre a velocidade de emergência e o vigor das sementes. Portanto, a técnica de condicionamento mostrou efeito bastante pronunciado, aumentando a velocidade de germinação dos lotes estudados, principalmente para o lote de menor vigor (lote 1), contribuindo significativamente para a melhoria do vigor e do seu desempenho em campo.

4.14. Considerações gerais

Uma análise geral dos resultados permite afirmar que as sementes do lote 1, para todos os tratamentos e características avaliadas, apresentaram-se

inferiores às dos lotes 2, 3 e 4. De modo geral, os lotes 2 e 3 apresentaram qualidade fisiológica semelhante, com desempenho superior ao lote 4.

No geral, considerando-se todas as características avaliadas, é possível constatar que o tratamento com PEG $-1,0$ MPa por 14 dias tendeu a ser superior aos demais, seguido pelo tratamento PEG $-1,2$ MPa por 14 dias. Assim, em termos gerais, é importante ressaltar que independentemente da concentração de PEG, a utilização de um período mais longo de condicionamento (14 dias) foi o mais adequado. No entanto, FRETT et al. (1991) e PILL et al. (1991) obtiveram melhor resultado com o condicionamento de sementes de aspargo em PEG a $-0,8$ MPa durante uma semana. Já EVANS e PILL (1989) consideraram como ideal para o osmocondicionamento de sementes de aspargo o uso de PEG a $-0,6$ MPa também durante uma semana. Deve-se considerar, contudo, que diferentemente do presente trabalho, em que se avaliou o efeito do condicionamento em sementes de aspargo oriundas de quatro lotes com qualidades distintas, todos os autores citados avaliaram apenas um lote de sementes.

Em várias situações do presente trabalho, sementes condicionadas em PEG 6000 emergiram mais rapidamente e apresentaram maior porcentagem de emergência que sementes submetidas à embebição em água. Assim, durante o período de condicionamento em PEG, quando o grau de umidade permaneceu razoavelmente constante, ocorreram eventos pré-germinativos que aceleraram a emergência, bem como aumentaram a porcentagem de germinação. Dentre esses eventos, pode estar incluída a ativação de enzimas que participam na mobilização de carboidratos, lipídios e proteínas; melhor capacidade para síntese de RNA e proteína; e reparo e rearranjo de membranas celulares (KHAN et al., 1978). No entanto, MAPPLEBECK e TIESSEN (1983) verificaram que o melhor tratamento de condicionamento de sementes de aspargo foi a embebição em água a 31°C , por três dias.

Assim, as sementes de aspargo condicionadas, independente das condições de condicionamento (potencial osmótico, agente condicionador, duração), apresentaram maior porcentagem de germinação e velocidade de emergência em relação às sementes não tratadas, resposta também observada em outras espécies por diferentes autores (BROCKLEHURST e

DEARMAN, 1983a e 1983b; BROCKLEHURST et al., 1984; BRADFORD, 1986; PILL, 1986; PILL e FINCH-SAVAGE, 1988).

É importante ressaltar que nenhum dos tratamentos de condicionamento em PEG e em água do mar apresentou desempenho inferior à semente não condicionada o que comprova, portanto, que não houve efeito deletério às sementes. De modo geral, os tratamentos de condicionamento apresentaram efeito se não benéfico, pelo menos igual ao da semente não condicionada. Assim, verifica-se que nenhum dos tratamentos foi prejudicial à germinação das sementes, mesmo considerando-se a água do mar no potencial de $-3,3$ MPa.

Considerando-se os períodos de embebição de 7 e 14 dias, em PEG e em água do mar e por 3 dias, em água destilada, verifica-se pelas Figuras 3, 4, 5 e 6 que, nesses períodos, não houve protrusão de radícula, o que é importante de se considerar quando se extrapola a prática de condicionamento à empresa de sementes. Se o período de condicionamento ideal permitisse emissão de radícula em parte das sementes, isso já representaria uma porcentagem de perda para a indústria, uma vez que após a protrusão da radícula a semente não mais poderia ser submetida à secagem (AKERS e HOLLEY, 1986).

No condicionamento osmótico, em função do agente condicionador comumente usado ser o PEG, um açúcar, e também em função da temperatura e período de condicionamento, promovem-se condições que muito favorecem o desenvolvimento de fungos e bactérias (BINIEK e TYLKOWSKA, 1987; NASCIMENTO e WEST, 1997). Assim, a adição de fungicida à semente ou à solução condicionadora é recomendável (FINCH-SAVAGE et al., 1991). KRARUP (1991) verificou que as sementes tratadas com fungicida (TMTD) apresentaram germinação menor e mais lenta devido a um efeito fitotóxico do fungicida empregado. No entanto, no presente trabalho, em nenhuma situação se verificou efeito fitotóxico pela adição de fungicida à solução condicionadora.

O PEG de peso molecular 6000 é um agente condicionador comumente usado, cujas moléculas são de tamanho coloidal. Embora o PEG seja inerte e não fitotóxico, é caro e suficientemente viscoso para dificultar aeração (MEXAL et al., 1975). Já a água do mar apresenta íons na sua

composição como Cl^- , Na^+ , Mg^{2+} , SO_4^{2-} , Ca^{2+} , K^+ e HCO_3^- , em ordem decrescente de abundância (TAIZ e ZEIGER, 1998). Esses íons dissociados dos sais podem penetrar os tecidos das sementes, enquanto as moléculas de PEG não penetram, por apresentarem tamanho coloidal. A absorção variável desses diferentes íons não somente influencia a quantidade de água absorvida pela semente ao longo de um gradiente osmótico, mas também pode permitir que íons específicos destruam enzimas e membranas. Segundo HEYDECKER e COOLBEAR (1977), ao se escolher o soluto a ser utilizado para o condicionamento das sementes, não se deve tomar como critério a sua penetração na semente, mas se ele apresenta efeito desejável, não sendo fitotóxico e impedindo a germinação das sementes.

Embora não haja ainda informações consistentes sobre o uso de água do mar natural como agente condicionador, a potenciais osmóticos bem mais baixos que os usados comumente em soluções de PEG, água do mar sintética e sais, deve-se considerar, com base nos resultados obtidos neste trabalho, que para todos os testes realizados, não houve efeito prejudicial à germinação pelo uso da água do mar, quando se compara às sementes não condicionadas, talvez devido à tolerância dessa espécie a sais (FRANCOIS, 1987). Também foi verificado por PILL et al. (1991) que a germinação final em sementes de aspargo, a 30°C em meio salino, não foi favorecida pelo condicionamento, devido à maior tolerância aos sais por essa espécie. Assim, a água do mar natural poderia se constituir numa alternativa barata em relação ao PEG para o condicionamento osmótico de sementes de aspargo, uma vez que FRETT et al. (1991) constataram que a água do mar sintética tenha sido tão efetiva quanto o PEG 8000 no condicionamento de sementes dessa mesma espécie.

HAIGH e BARLOW (1987) observaram que o uso de soluções de potencial osmótico menor que o necessário para inibir a germinação em sementes de cenoura, tomate, cebola e sorgo, durante o condicionamento, pode resultar em inversão do processo, necessitando de um maior período de tempo para uniformizar a germinação em relação às sementes não tratadas. No entanto, esse efeito não foi verificado para as características avaliadas no presente trabalho, mesmo quando se fez uso da água do mar, cujo potencial

osmótico (-3,3 MPa) fica muito abaixo daquele necessário para inibir germinação das sementes.

A literatura tem relatado que as respostas obtidas pelo osmocondicionamento têm variado devido ao grande número de fatores envolvidos, a começar pela própria metodologia aplicada em cada situação. Também já foi verificado que a resposta a um dado tratamento de condicionamento pode variar entre lotes de sementes do mesmo cultivar (BROCKLEHURST e DEARMAN, 1983a e 1983b; BROCKLEHURST et al., 1984), fato que também foi verificado no presente trabalho, conforme discutido anteriormente.

Com base nos resultados encontrados, deve-se considerar que é preciso estabelecer tratamento de condicionamento osmótico que seja adequado para lotes com diferentes níveis de vigor. No entanto, deve-se considerar que usar um tratamento específico para cada lote, em função de sua qualidade, como foi sugerido por BRADFORD (1986), é muito difícil de ser adotado na prática. Também deve-se considerar qual o fator mais importante (determinante para o desempenho) que afeta o desempenho da semente em campo, como baixa ou alta temperatura, baixa disponibilidade de água, pois, em função desse fator, também poderá haver um tratamento ideal de condicionamento. Um dos benefícios do osmocondicionamento é a possibilidade de promover melhor emergência, especialmente sob condições de estresse, como baixa disponibilidade de água ou temperatura inadequada (EIRA, 1988).

Embora BRADFORD (1986) tenha sugerido um tratamento ideal de condicionamento para um determinado lote e que o mesmo deveria ser determinado experimentalmente, no presente trabalho, de modo geral, houve melhor efeito do condicionamento em PEG -1,0 MPa por 14 dias com base na maioria das características avaliadas.

É importante considerar que um fator de relevância, que pode afetar a resposta ao tratamento, é a qualidade fisiológica da semente. No entanto, em função dos resultados obtidos no presente trabalho, comparado a outras literaturas, percebe-se que há bastante controvérsia com respeito aos benefícios advindos do condicionamento em função do vigor inicial das

sementes. PARERA e CANTLIFFE (1994) afirmam que o uso de sementes de alto vigor é necessário para se obter bons resultados. Já segundo SZAFIROWSKA et al. (1981), o osmocondicionamento permite revigorar lotes de semente com baixa qualidade fisiológica. Também BROCKLEHURST e DEARMAN (1984) obtiveram melhores resultados em alho porró com o condicionamento de sementes de baixo vigor. No entanto, no presente trabalho pode-se verificar que o condicionamento osmótico permitiu aumentar a germinação e o vigor tanto no lote de baixa quanto no de alta qualidade fisiológica, sendo, no entanto, bem mais efetivo para o lote de menor vigor.

Para o lote de alta qualidade fisiológica, os efeitos do condicionamento se manifestaram em algumas características avaliadas como crescimento de radícula, tolerância a estresse (35⁰C), mas não foi significativo sobre a porcentagem de germinação, o que concorda com os resultados de EVANS e PILL (1989) que não encontraram efeito benéfico do condicionamento sobre a germinação de um lote com alta viabilidade (94%). Para o lote de baixa qualidade fisiológica (lote 1), os ganhos com o condicionamento osmótico foram muito expressivos em todas as características avaliadas.

O condicionamento osmótico, mesmo para sementes de alto vigor, pode ser indicado quando o plantio vai ser realizado sob condições de estresse, como baixa disponibilidade de água e temperatura alta ou baixa.

5. RESUMO E CONCLUSÕES

O presente trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Pesquisa de Sementes do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa, no período de janeiro a dezembro de 2000, tendo como objetivos: determinar a curva de embebição para sementes de aspargo em água, em PEG e água do mar; estudar as interações entre potencial osmótico, agente condicionador e período de condicionamento; e avaliar os efeitos do condicionamento osmótico em lotes de sementes com diferentes níveis de vigor. Trabalhando-se com quatro lotes de sementes de aspargo 'Mary Washington', inicialmente determinaram-se as curvas de embebição das sementes para cada lote, em água destilada, PEG 6000 a $-1,0$ e $-1,2$ MPa e em água do mar natural a $-3,3$ MPa, a 25°C .

Utilizaram-se como tratamentos o condicionamento das sementes em PEG 6000, nos potenciais osmóticos de $-1,0$ e $-1,2$ MPa durante 7 e 14 dias, o condicionamento em água do mar natural, no potencial de $-3,3$ MPa por 7 e 14 dias e a embebição em água destilada por três dias. Sementes não condicionadas foram utilizadas como testemunha. O condicionamento foi realizado no escuro em incubadora BOD a 25°C .

O efeito dos tratamentos na qualidade fisiológica das sementes foi avaliado pelos seguintes testes: germinação, 1^a contagem de germinação, deterioração controlada, germinação sob estresse hídrico, germinação a baixa temperatura, germinação a alta temperatura, comprimento da radícula,

comprimento do epicótilo, comprimento da plântula e velocidade de emergência das plântulas.

Os testes conduzidos em laboratório foram instalados no delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições e oito tratamentos para cada lote. Os dados experimentais foram submetidos à análise combinada de variância envolvendo todos os lotes. Os tratamentos e lotes foram comparados pelo teste Duncan, ao nível de 5% de probabilidade.

Os resultados obtidos permitiram concluir que as curvas de embebição obtidas em PEG 6000 a $-1,2$ MPa e em água do mar a $-3,3$ MPa indicaram que, para o período de até 28 dias de condicionamento, não houve protrusão da radícula. Já para o condicionamento em PEG 6000 a $-1,0$ MPa, a partir dos 21 dias de embebição, iniciou-se a protrusão da radícula. No geral, houve protrusão da radícula a partir do quinto dia de embebição em água destilada. O condicionamento em PEG a $-1,0$ MPa por 14 dias foi o tratamento mais adequado para promover melhoria na qualidade fisiológica das sementes. As sementes de aspargo condicionadas, independente das condições de condicionamento (potencial osmótico, agente condicionador e período de embebição), apresentaram maior porcentagem de germinação e maior vigor em relação às sementes não condicionadas. O condicionamento osmótico permitiu aumentar a germinação e o vigor tanto no lote de baixa quanto no de alta qualidade fisiológica, embora tenha sido mais expressivo para o lote de baixa qualidade fisiológica. O condicionamento osmótico permitiu acelerar a germinação, revigorar lote de baixo vigor, além de ter proporcionado efeito benéfico no desempenho das sementes sob condições de estresse térmico e hídrico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGRIOS, G.N. **Plant Pathology**, 3.ed., San Diego: Academic Press, 1988. 803p.
- AKERS, S.W., HOLLEY, K.E. SPS: A system for priming seeds using aerated polyethylene glycol or salt solutions. **HortScience**, Alexandria, v.21, n.3, p.529-531, 1986.
- AKERS, S.W., BERKOWITZ, G.A., RABIN, J. Germination of parsley seed primed in aerated solutions of polyethylene glycol. **HortScience**, Alexandria, v.22, n.2, p.250-252, 1987.
- ALI, A.V., MACHADO, V.S., HAMILL, A.S. Osmoconditioning of tomato and onion seeds. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.43, p.213-224, 1990.
- ALVARADO, A.D., BRADFORD, K.J. Priming and storage of tomato (*Lycopersicon lycopersicum*) seeds. I. Effects of storage temperature on germination rate and viability. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 16, n.3, p.601-612, 1988.
- ANXIANG, R., QIAN, Z., YUMEI, W. The effect of temperature on germination and metabolism of asparagus seeds. **Horticultural Abstracts**, New York, v.68, n.7, p.786, 1998.
- ARMSTRONG, H., McDONALD, M.B. Effects of osmoconditioning on water uptake and electrical conductivity in soybean seeds. **Seed Science and Technology**, Zürich, v.20, n.3, p.391-400, 1992.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYSTS (AOSA). **Seed vigor testing handbook**. East Lansing, 1983. 93p. (Contribution, 32).

- BARRIOS, S.C.R.J., VIEIRA, M.G.G.C., GUIMARÃES, R.M., RODRIGUES, R. Alterações fisiológicas e bioquímicas de sementes de pimentão submetidas ao osmocondicionamento, utilizando diferentes agentes osmóticos e meios de embebição. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.21, n.2, p.217-223, 1999.
- BASKIN, C.C., BASKIN, J.M. **Seeds: ecology, biogeography and evolution of dormancy and germination**. San Diego: Academic Press, 1998. 666p.
- BEWLEY, J.D., BLACK, M. **Seeds: physiology of development and germination**. 2.ed. New York: Plenum Press, 1994. 445p.
- BINIEK, A., TYLKOWSKA, K. Germination and mycoflora of carrot seeds treated with thiram and conditioned in polyethylene glycol (PEG 6000). **Acta Horticulturae**, Wageningen, n.215, p.225-230, 1987.
- 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, v. 59, n.5, p.672-676, 1981.
- BORTHWICK, H.A. **Factors influencing the rate of germination of seed of *Asparagus officinalis***. U. of California, Agr. Exp. Station, Tech. Paper n.18. 1925. 17p.
- BRACCINI, A.L. **Relação entre potencial hídrico, condicionamento osmótico e qualidade fisiológica de sementes de soja (*Glycine max* (L.) Merrill)**. Viçosa: UFV, 1996. 135p. (Tese Doutorado).
- BRADFORD, K.J. Manipulation of seed water relations via osmotic priming to improve germination under stress conditions. **HorScience**, Alexandria, v.21, n.5, p.1105-1112, 1986.
- BRADFORD, K.J., HAIGH, A.M. Relationship between accumulated hydrothermal time during seed priming and subsequent seed germination rates. **Seed Science Research**, Wallingford, v.4, n.2, p.63-69, 1994.
- BRASIL. Portaria nº 457/1986, de 18 de dezembro de 1986. Ministério da Agricultura. **Diário Oficial da União**, Brasília, dezembro de 1986. Seção 1, p.19653.
- 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, 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**, Warwick, 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**, Warwick, v. 102, n.3, p.585-593, 1983b.
- BROCKLEHURST, P.A., DEARMAN, J. A comparison of different chemicals for osmotic treatment of vegetable seed. **Annals of Applied Biology**, Warwick, v.105, n.2, p.391-398, 1984.
- BROCKLEHURST, P.A., DEARMAN, J., DREW, R.L.K. Effects of osmotic priming on seed germination and seedling growth in leek. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.24, n.2, p.201-210, 1984.
- BUJALSKY, W., NIENOW, A.W., PETCH, G.M., GRAY, D. Scale-up studies for osmotic priming and drying of carrot seeds. **Journal of Agricultural Engineering Research**, London, v.48, n.4, p.287-302, 1991.
- BUJALSKY, W., NIENOW, A.W., MAUDE, R.B., GRAY, D. Priming responses of leek (*Allium porrum* L.) seeds to different dissolved oxygen levels in the osmoticum. **Annals of Applied Biology**, Warwick, v.122, n.3, p.569-577, 1993.
- CANO, E.A., BOLARIN, M.C., PEREZ-ALFOCEA, F., CARO, M. Effect of NaCl priming on increased salt tolerance in tomato. **The Journal of Horticultural Science**, London, v. 66, n.5, p.621-628, 1991.
- CANTLIFFE, D.J., ELBALLA, M. Improved germination of carrot at stressful high temperature by seed priming. **Proceedings of the Florida State Horticultural Society**, Lake Alfred, v.107, p.121-128, 1994.
- CARVALHO, N.M., NAKAGAWA, J. **Sementes, ciência, tecnologia e produção**. 4.ed. Jaboticabal: FUNEP, 2000. 588p.
- COPELAND, L.O. **Principles of seed science and technology**. Minneapolis: Burgess Publishing Company, 1976. 369p.
- CORBINEAU, F., PICARD, M.A., CÔME, D. Germinability of leek seeds and its improvement by osmopriming. **Acta Horticulturae**, Wageningen, n.371, p.45-52, 1994.
- CURRAH, I.E. Plant and uniformity at harvest related to variation between emerged seedling. **Acta Horticulturae**, Wageningen, n.72, p.57-68, 1978.

- DEARMAN, J., DREW, R.L., BROCKLEHURST, P.A. Effect of osmotic priming, rinsing and storage on the germination and emergence of carrot seed. **Annals of Applied Biology**, Warwick, v.111, n.3, p.723-727, 1987.
- DELL'AQUILA, A., TARANTO, G. Cell division and DNA-synthesis during osmopriming treatment and following germination in aged wheat embryos. **Seed Science and Technology**, Zürich, v.14, n.2, p.333-341, 1986.
- DELOUCHE, J.C. Planting seed quality. In: **Proceedings of Beltwide Cotton Production Mechanization Conference**. New Orleans, 1969. p.16-18.
- DEMIR, I., VAN DE VENTER, H.A. The effect of priming treatments on the performance of watermelon (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum. & Nakai) seeds under temperature and osmotic stress. **Seed Science and Technology**, Zürich, v.27, n.3, p.871-875, 1999.
- DIAS, D.C.F., PAIXÃO, G.P., SEDIYAMA, M.A.N., CECON, P.R. Pré-condicionamento de sementes de quiabo: efeitos na qualidade fisiológica e no potencial de armazenamento. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.21, n.2, p.224-231, 1999.
- EDMOND, J.B., DRAPALA, W.J. The effects of temperature, sand and soil, and acetone on germination of okra seed. **Proceedings of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.71, p.428-34, 1958.
- 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, ESALQ/USP, 1988. 90p. (Dissertação Mestrado).
- EVANS, T.A., PILL, W.G. Emergence and seedling growth from osmotically primed or pregerminated seeds of asparagus (*Asparagus officinalis* L.). **The Journal of Horticultural Science**, London, v.64, n.3, p.275-282, 1989.
- FINCH-SAVAGE, W.E., PILL, W.G. Improvement of carrot crop establishment by combining seed treatments with increased seed-bed moisture availability. **The Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v.115, n.1, p.75-81, 1990.
- FINCH-SAVAGE, W.E., GRAY, D., DICKSON, G.M. The combined effects of osmotic priming with plant growth regulator and fungicide soaks on the seed quality of five bedding plant species. **Seed Science and Technology**, Zürich, v.19, p.495-503, 1991.
- FRANCOIS, L.E. Salinity effects on asparagus yield and vegetative growth. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.112, n.3, p.432-436, 1987.
- FRETT, J.J., PILL, W.G. Germination characteristics of osmotically primed and stored impatiens seeds. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.40, p.171-179, 1989.

- FRETT, J.J., PILL, W.G., MORNEAU, D.C. A comparison of priming agents for tomato and asparagus seeds. **HortScience**, Alexandria, v.26, n.9, p.1158-1159, 1991.
- FU, J.R., LU, X.H., CHEN, R.Z., ZHANG, B.Z., LIU, Z.S., LI, Z.S., CAI, D.Y. Osmoconditioning of peanut (*Arachis hypogea* L.) seeds with PEG to improve vigor and some biochemical activities. **Seed Science and Technology**, Zürich, v.16, n.1, p.197-212, 1988.
- FURUTANI, S.C., ZANDSTRA, B.H., PRICE, H.C. The effects of osmotic solute composition and duration and temperature of priming on seed germination. **Seed Science and Technology**, Zürich, v.14, n.3, p.545-551, 1986.
- GOLDBERG, R., GUILLOU, L., PRAT, R., DUBACQ, J.P., ROLAND, J.C. Structure and biochemistry of endosperm breakdown in *Asparagus officinalis* seedlings. **Plant Physiology and Biochemistry**, New York, v.30, n.4, p.477-485, 1992.
- GOMES, F.P. **Curso de estatística experimental**. Piracicaba: ESALQ/USP, 1990. 460p.
- GRAY, D. The role of fluid drilling in plant establishment. **Aspects of Applied Biology**, Wellesbourne, v.7, p.153-172, 1984.
- GRAY, D., DREW, R.L.K., BUJALSKI, W., NIENOW, A.W. Comparison of polyethylene glycol polymers, betaine and L-proline for priming vegetable seed. **Seed Science and Technology**. Zürich, v.19, n.3, p.581-590, 1991.
- GUEDES, A.C., CANTLIFFE, D.J. Germination of lettuce seeds at high temperature after seed priming. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.105, n.6, p.777-781, 1980.
- HAIGH, A.M., BARLOW, E.W.R., MILTHORPE, F.L. Field emergence of tomato, carrot, and onion seeds primed in an aerated salt solution. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.111, n.5, p.660-665, 1986.
- HAIGH, A.M., BARLOW, E.W.R. Germination and priming of tomato, carrot, onion, and sorghum seeds in a range of osmotica. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.112, n.2, p.202-208, 1987.
- HARDEGREE, S.P., EMMERICH, W.E. Effect of polyethylene glycol exclusion on the water potential of solution-saturated filter paper. **Plant Physiology**, Lancaster, v.92, n.2, p.462-466, 1990.
- HEGARTY, T.W. Seed activation and seed germination under moisture stress. **New Phytologist**, Cambridge, v.78, n.2, p.349-359, 1977.

- HEYDECKER, W. Stress and seed germination; an agronomic view. In: KHAN, A.A., ED. **The physiology and biochemistry of seed dormancy and germination**. 2.ed. Amsterdam, Elsevier/North - Holland Biochemical Press, 1980. p.237-282.
- HEYDECKER, W., HIGGINS, J., GULLIVER, R.L. Accelerated germination by osmotic seed treatment. **Nature**, London, v.246, n.5427, p.42-44, 1973.
- HEYDECKER, W., HIGGING, J., TURNER, Y.J. Invigoration of seeds? **Seed Science and Technology**, Zürich, v.3, n.3/4, p.881-888, 1975.
- HEYDECKER, W., COOLBEAR, P. Seed treatments for improved performance-survey and attempted prognosis. **Seed Science and Technology**, Zürich, v.5, n.2, p.353-425, 1977.
- ISHIDA, N. KANO, H., KOBAYASHI, T., HAMAGUCHI, H., YOSHIDA, T. The relationship between imbibitional damage and initial water content of soybeans. **Agricultural and Biological Chemistry**, Tokyo. v.52, n.11, p.2771-2775, 1988.
- JETT, L.W., WELBAUM, G.E. Changes in brocolli (*Brassica oleracea* L.) seed weight, viability, and vigor during development and following drying and priming. **Seed Science and Technology**, Zürich, v.24, n.1, p.127-137, 1996.
- KHAN, A.A. Preconditioning, germination and performance of seeds. In: KHAN, A.A. (Ed.). **The physiology and biochemistry of seed dormancy and germination**. Amsterdam, Elsevier/North - Holland Biochemical Press, 1977. p.283-316.
- KHAN, A.A. Preplant physiological seed conditioning. **Horticultural Reviews**, New York, v.13, n.1, p.131-181, 1992.
- KHAN, A.A., BRAUM, J.W., TAO, K.L., MILLIER, W.F., BENSIN, R.F. New methods for maintaining seed vigor and improving performance. **Journal of Seed Technology**, Lansing, v.1, n.2, p.33-57, 1976.
- KHAN, A.A., TAO, K.L., KNYPL, J.S., BORKOWSKA, B., POWELL, L.E. Osmotic conditioning of seeds: physiological and biochemical changes. **Acta Horticulturae**, Wageningen, v.83, p.267-283, 1978.
- KHAN, A.A., KARSSSEN, C.M., LEUE, E.F., ROE, C.H. Preconditioning of seeds to improve performance. In: SCOTT, T.K. (ed), **Plant Regulation and World Agriculture**, Plenum Press, New York, 1979. p.395-413.
- KHAN, A.A., PECK, N.H.; SAMIMY, C. Seed osmoconditioning: physiological and biochemical changes. **Israel Journal of Botany**, Jerusalém, v.29, n.1/4, p.133-144, 1980/81.

- KHAN, A.A., PECH, N.H., TAYLOR, A.G., SAMIMY, C. Osmoconditioning of beet seeds to improve emergence and yield in cold soil. **Agronomy Journal**, Madison, v. 75, n.5, p.788-794, 1983.
- KNYPL, J.S., KHAN, A.A. Osmoconditioning of soybean seeds to improve performance at suboptimal temperatures. **Agronomy Journal**, Madison, v. 73, n.1, p.112-116, 1981.
- KRARUP, A. Asparagus seed priming with magnesium sulphate and polyethylene glycol. **Asparagus Research Newsletter**, Palmerston, v.6, n.1, p.17, 1988.
- KRARUP, A. Germinacion, emergencia y evaluacion de coronas de esparragos producidas a partir de semillas acondicionadas com polietilenglicol y sulfato de magnésio. **Agro Sur**, Valdivia, v.19, n.2. p.88-93, 1991.
- LANTERI, S., QUAGLIOTTI, L., BELLETTI, P. Delayed luminescence and priming-induced nuclear replication of unaged and controlled deteriorated pepper seeds (*Capsicum annum* L.). **Seed Science and Tecnology**, Zürich, v.26, n.1, p.413-424, 1998.
- MAPPLEBECK, L., TIESSEN, H. Priming asparagus seed with polyethylene glycol (PEG 8000). **Asparagus Research Newsletter**, Palmerston, v.1, n.2, p.4, 1983.
- MATTHEWS, S., POWELL, A.A. Environmental and physiological constraints on field performance of seed. **HortScience**, Alexandria, v. 21, n.5, p.1125-8, 1986.
- MAYER, A.M., POLJAKOFF-MAYBER, A. **The germination of seeds**. Oxford: Pergamon Press, 1989. 270p.
- McDONALD, M.B. Seed quality assessment. **Seed Science Research**, Wallingford, v.8, n.2, p.265-275, 1998.
- MEXAL, J., FISHER, J.T., OSTERYOUNG, J., REID, C.P.P. Oxygen availability in polyethylene glycol solutions and its implications in plant-water relations. **Plant Physiology**, Lancaster, v.55, n.1, p.20-24, 1975.
- MURRAY, G.A. Osmoconditioning carrot seed for improved emergence. **HortScience**, Alexandria, v.24, n.5, p.701, 1989.
- NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados na avaliação das plântulas. In: VIEIRA, R.D. & CARVALHO, N.M. (eds.). **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. p.49-85.
- NASCIMENTO, W.M. Condicionamento osmótico de sementes de hortaliças: potencialidades e implicações. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.16, n.2, p.106-109, 1998.

- NASCIMENTO, W.M., WEST, S.H. Priming and seed orientation affect seed coat adherence and seedling development of muskmelon transplants. **HortScience**, Alexandria, v.33, n.5, p.847-848, 1988.
- NASCIMENTO, W.M., WEST, S.H. Microorganism growth during seed priming. **Proceedings of Fifth National Symposium on Stand Establishment**, Columbus, OH, 1997. p.260-264.
- ODELL, G.B., CANTLIFFE, D.J. Seed priming procedures and the effect of subsequent storage on the germination of fresh market tomato seeds. **Proceedings of the Florida State Horticultural Society**, Lake Alfred, v.99, p.303-306, 1986.
- OLIVEIRA, E.A., OLIVEIRA, J.J., MORAES, E.C., MAGNANI, M., FEHN, L.M., FELECIANO, A. **A cultura do aspargo**. Pelotas, EMBRAPA, 1981, 48p. (Circular Técnica, 5).
- OSBURN, R.M., SCHROTH, M.N. Effect of osmopriming sugar beet seed on germination rate and incidence of *Pythium ultimum* damping-off. **Plant Disease**, St. Paul, v.73, n.1, p.21-24, 1989.
- OUELLETTE, B.F.F., BEWLEY, J.D. β -Mannoside mannohydrolase and the mobilization of the endosperm cell wall of lettuce seeds, cv. Grand Rapids. **Planta**, Berlin, v.169, n.3, p.333-338, 1986.
- OWEN, P.L., PILL, W.G. Germination of osmotically primed asparagus and tomato seeds after storage up to three months. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.119, n.3, p.636-641, 1994.
- PARERA, C.A., QIAO, P., CANTLIFFE, D.J. Enhanced celery germination at stress temperature via solid matrix priming. **HortScience**, Alexandria, v.28, n.1, p. 20-22, 1993.
- PARERA, C.A., CANTLIFFE, D.J. Presowing seed priming. **Horticultural Reviews**, New York, v. 16, n.1, p. 109-141, 1994.
- PASSAM, H.C., KARAVITES, P.I., PAPANDREOU, A.A. THANOS, C.A., GEORGHIU, K. Osmoconditioning of seeds in relation to growth and fruit yield of aubergine, pepper, cucumber and melon in unheated greenhouse cultivation. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.38, p.217-216, 1989.
- PEREZ-GARCIA, F., PITA, J.M., GONZALEZ-BENITO, M.E., IRIONDO, J.M. Effects of light, temperature and seed priming on germination of celery seeds (*Apium graveolens* L.). **Seed Science and Technology**, Zürich, v.23, n.2, p. 377-383, 1995.
- PETCH, G.M., MAUDE, R.B., BUJALSKI, W., NIENOW, A.W. The effects of re-use of polyethylene glycol priming osmotica upon the development of microbial populations and germination of leeks and carrots. **Annals of Applied Biology**, Warwick, v.119, n.2, p.365-372, 1991.

- PILL, W.G. Parsley emergence and seedling growth from raw, osmoconditioned and pregerminated seeds. **HortScience**, Alexandria, v.21, n.5, p.1134-1136, 1986.
- PILL, W.G., FINCH-SAVAGE, W.E. Effects of combining priming and plant growth regulator treatments on the synchronization of carrot seed germination. **Annals of Applied Biology**, Warwick, v.113, n.2, p.383-389, 1988.
- 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.
- POPINIGIS, F. **Fisiologia da Semente**. Brasília: AGIPLAN, 1985. 289p.
- POWELL, A.A. The controlled deterioration test. In: VAN DE VENTER, H.A. (Ed.) **Seed vigour testing seminar**. Copenhagen. The International Seed Testing Association. 1995. p.73-87.
- POWELL, A.A., MATTHEWS, S. The influence of testa condition on the imbibition and vigour of pea seeds. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v.30, n.114, p.193-197, 1979.
- RAO, S.C., AKERS, S.W., AHRING, R.M. Priming brassica seed to improve emergence under different temperatures and soil moisture conditions. **Crop Science**, Madison, v.27, n.5, p.1050-1053, 1987.
- RENNICK, G.A., TIERMAN, P.I. Some effects of osmopriming on germination, growth and yield of celery (*Apium graveolens*). **Seed Science and Technology**, Zürich, v.6, n.3, p.695-700, 1978.
- RIVAS, M., SUNDSTROM, F.J., EDWARDS, R.L. Germination and crop development of hot pepper after seed priming. **HortScience**, Alexandria, v.19, n.2, p.279-281, 1984.
- ROUNDY, B.A., YOUNG, J.A., EVANS, R.A. Germination of basin wildrye and tall wheatgrass in relation to osmotic and matric potential. **Agronomy Journal**, Madison, v.77, n.1, p.129-135, 1985.
- RUSH, C.M. Comparison of seed priming techniques with regard to seedling emergence and Pythium damping-off in sugar beet. **Phytopathology**, St. Paul, v.81, n.8, p.878-882, 1991.
- SAEG. **Sistema para análises estatísticas e genéticas**. Viçosa, Fundação Arthur Bernardes UFV-MG, versão 5, 1993.
- SARACCO, F., BINO, R.J., BERGERVOET, J.H.W., LANTERI, S. Influence of priming induced nuclear replication activity on storability of pepper (*Capsicum annuum* L.) seed. **Seed Science Research**, Wallingford, v.5, n.1, p.25-29, 1995.

- SAS. **SAS/STAT user's guide**. Version 6, 4.ed. SAS Cary, NC, Institute Inc., 1989.
- SEALE, D.N., CANTLIFFE, D.J. Improved stand establishment and yield of sand land grown lettuce by seed treatment and soil amendments. **Proceedings of the Florida State Horticultural Society**, Lake Alfred, v.99, p.365-369, 1986.
- SLAVICK, B. **Methods of studying plant water relations**. New York: Springer-Verlag, 1974. 449p. (Ecological Studies, 9).
- SMITH, P.T., COBB, B.G. Accelerated germination of pepper seed by priming with salt solutions and water. **HortScience**, Alexandria, v.26, n.4, p.417-419, 1991.
- SMITH, P.T., COBB, B.G. Physiological and enzymatic characteristics of primed, re-dried and germinated pepper seeds (*Capsicum annum* L.). **Seed Science and Technology**, Zürich, v.20, n.3, p.503-513, 1992.
- SRINIVASAN, K., SAXENA, S., SINGH, B.B. Osmo- and hydropriming of mustard seeds to improve vigour and some biochemical activities. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 27, n.2, p.785-793, 1999.
- STOFFELLA, P.J., DIPAOLA, M.L., PARDOSSI, A., TOGNONI, F. Seedling root morphology and shoot growth after seed priming or pregerminated of bell pepper. **HortScience**, Alexandria, v.27, n.3, p.214-215, 1992.
- 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.
- SZAFIROWSKA, A., KHAN, A.A., PECK, N.H. Osmoconditioning of carrot seeds to improve seedling establishment and yield in cold soil. **Agronomy Journal**, Madison, v.73, n.5, p.845-848, 1981.
- TAIZ, L., ZEIGER, E. **Plant physiology**. 2.ed. Sinauer Associates, Inc., Massachusetts, 1998, 792p.
- TAYLOR, A.C. Seed storage, germination and quality. In: WIEN, H.C. (Ed) **The physiological of vegetable crops**. New York, 1997, p.1-36.
- TAYLOR, A.G., HADAR, Y., NORTON, J.M., KHAN, A.A., HARMAN, G.E. Influence of presowing seed treatments of table beets on the susceptibility to damping-off caused by *Pythium*. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 110, n.4, p.516-519, 1985.
- TIESSEN, H., FITTS, M., MAPPLEBECK, L. Influence of treating seed with nutrient solutions on the percent and rate of emergence of asparagus. **Asparagus Research Newsletter**, Palmerston, v.1, n.2, p.3, 1983.

- TRIGO, M.F.O.O., NEDEL, J.L., LOPES, N.F., TRIGO, L.F.N. Osmocondicionamento de sementes de cebola (*Allium cepa* L.) com soluções aeradas de polietileno glicol. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.21, n.1, p.145-150, 1999.
- VILLELA, F.A., DONI FILHO, L., SEQUEIRA, E.L. Tabela de potencial osmótico em função da concentração de polietileno glicol 6000 e da temperatura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.26, n.11/12, p.1957-1968, 1991.
- WASEL, Y, ESHEL, A, KAFKAFI, U. **Plant roots: the hidden half**, Marcel Dekker, New York, 1991, 384p.
- WARREN, J.E., BENNETT, M.A. Bio-osmopriming tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) seeds for improved stand establishment. **Seed Science and Technology**, Zürich, v.27, n.2, p.489-499, 1999.
- WEGES, R., KOOT-GRONSVELD, E., KARSSSEN, C.M. Priming relieves dormancy in lettuce seeds independently of changes in osmotic constituents. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen. v.81, n.4, p.527-533, 1991.
- WIEBE, H.J., MUHYADDIN, T. Improvement of emergence by osmotic seed treatments in soil of high salinity. **Acta Horticulturae**, Wageningen, n.198, p.91-100, 1987.
- WOLFE, D.W., SIMS, W.L. Effects of osmoconditioning and fluid drilling of tomato seed on emergence rate and final yield. **HortScience**, Alexandria, v.17, n.6, p.936-937, 1982.
- WURR, D.C.E., FELLOWS, J.R. The effects of grading and 'priming' seeds of crisp lettuce cv. Saladin, on germination at high temperature, seed 'vigour', and crop uniformity. **Annals of Applied Biology**, Warwick, v.105, n.2, p.345-352, 1984.

APÉNDICE

Tabela 18 – Grau de umidade (%) das sementes de aspargo do lote 1 após vários períodos de embebição em água do mar a -3,3 MPa e PEG 6000 a -1,0 e -1,2 MPa. Viçosa, MG, 2000.

Horas	Grau de umidade (%)		
	PEG -1,0 MPa	PEG -1,2 MPa	Água do mar
0	7,8	7,8	7,8
2	13,9	12,0	12,4
4	16,3	15,3	16,1
6	18,9	18,1	17,6
8	20,2	19,3	20,5
10	22,9	21,5	21,0
12	24,8	24,2	22,1
24	29,6	28,3	28,1
48	31,7	31,7	30,4
72	31,9	31,7	30,7
96	32,0	31,8	30,9
120	32,1	31,8	31,0
144	32,3	32,4	31,0
168	32,9	32,5	31,1
336	33,3	32,7	31,4
504	33,3	32,9	31,9
672	34,7	33,0	32,0

Tabela 19 – Grau de umidade (%) das sementes de aspargo do lote 2 após vários períodos de embebição em água do mar a -3,3 MPa e PEG 6000 a -1,0 e -1,2 MPa. Viçosa, MG, 2000.

Horas	Grau de umidade (%)		
	PEG -1,0 MPa	PEG -1,2 MPa	Água do mar
0	8,2	8,2	8,2
2	14,5	12,9	13,1
4	16,8	15,8	16,9
6	19,2	18,4	18,4
8	21,1	20,2	21,0
10	22,8	22,5	21,5
12	24,6	24,7	23,3
24	30,5	29,2	28,8
48	32,1	32,2	30,7
72	32,6	32,2	31,4
96	32,7	32,3	31,5
120	32,8	32,5	31,7
144	32,9	32,5	31,9
168	32,9	32,5	32,0
336	32,9	32,9	32,0
504	33,1	32,9	32,2
672	34,2	33,1	32,2

Tabela 20 – Grau de umidade (%) das sementes de aspargo do lote 3 após vários períodos de embebição em água do mar a -3,3 MPa e PEG 6000 a -1,0 e -1,2 MPa. Viçosa, MG, 2000.

Horas	Grau de umidade (%)		
	PEG -1,0 MPa	PEG -1,2 MPa	Água do mar
0	8,2	8,2	8,2
2	13,8	12,7	13,2
4	16,4	15,5	16,5
6	18,8	17,9	18,5
8	20,8	20,7	21,1
10	22,8	22,4	21,8
12	25,5	24,6	22,7
24	30,4	28,6	28,4
48	32,0	31,9	31,3
72	32,2	31,9	31,4
96	32,8	32,5	31,6
120	32,9	32,5	31,7
144	33,2	32,7	32,1
168	33,2	32,7	32,2
336	33,3	32,9	32,3
504	34,3	33,1	32,6
672	36,1	33,2	32,8

Tabela 21 – Grau de umidade (%) das sementes de aspargo do lote 4 após vários períodos de embebição em água do mar a -3,3 MPa e PEG 6000 a -1,0 e -1,2 MPa. Viçosa, MG, 2000.

Horas	Grau de umidade (%)		
	PEG -1,0 MPa	PEG -1,2 MPa	Água do mar
0	7,5	7,5	7,5
2	13,9	13,0	13,4
4	16,7	15,8	17,4
6	19,0	18,4	19,0
8	21,2	21,6	21,3
10	24,0	22,4	22,3
12	25,4	25,2	24,6
24	31,7	29,9	29,7
48	34,1	33,8	32,8
72	34,1	33,8	33,5
96	34,6	34,5	33,8
120	34,8	34,6	34,0
144	34,8	34,7	34,0
168	34,9	34,8	34,0
336	35,2	34,9	34,3
504	35,7	35,3	34,4
672	36,6	36,0	35,5

Tabela 22 – Grau de umidade (%) das sementes de aspargo dos lotes 1, 2, 3 e 4 após vários períodos de embebição em água destilada. Viçosa, MG, 2000.

Horas	Grau de umidade (%)			
	Lote 1	Lote 2	Lote 3	Lote 4
0	7,8	8,2	8,2	7,5
1	10,8	10,9	11,4	10,7
2	12,9	13,8	13,7	13,5
3	13,9	15,0	15,1	15,4
4	14,9	16,1	16,5	16,6
5	17,0	17,9	17,4	19,4
6	18,7	18,1	18,5	19,7
7	19,6	20,6	21,1	22,5
8	20,9	22,4	22,1	23,7
9	22,5	23,9	22,4	23,8
10	22,7	24,0	23,0	24,4
11	24,3	25,3	25,8	26,1
12	25,2	25,8	25,9	27,0
24	31,2	32,4	32,1	34,3
48	34,8	34,6	36,0	37,6
72	35,1	35,3	36,1	37,6
96	35,1	35,8	36,1	38,6
120	35,1	35,8	36,2	38,6
144	35,1	36,3	36,6	39,0
168	35,8	38,5	38,1	39,0