CONDICIONAMENTO OSMÓTICO DE SEMENTES DE ALFACE
(*Lactuca sativa* L.): EFEITOS SOBRE A GERMINAÇÃO E
DESEMPENHO SOB ESTRESSES HÍDRICO, SALINO E TÉRMICO

MIRIAN THEREZINHA SOUZA DA EIRA
Engenheiro Agrônomo

Orientador: Prof. Dr. JÚLIO MARCOS FILHO

Dissertação apresentada à Escola
Superior de Agricultura "Luiz de
Queiroz", da Universidade de São
Paulo, para obtenção do título de
Mestre em Agronomia. Área de con-
centração: Fitotecnia.

PIRACICABA
Estado de São Paulo - Brasil
Fevereiro - 1988

E35c Eira, Mirian Therezinha Souza da
Condicionamento osmótico de sementes de alface
(Lactuca sativa L.); efeitos sobre a germinação e
desempenho sob estresses hídrico, salino e térmico.
Piracicaba, 1988.
90p.

Diss.(Mestre) - ESALQ
Bibliografia.

1. Alface - Deficiência hídrica 2. Alface - Germinação
3. Alface - Semente - Condicionamento osmótico
4. Semente de alface - Condicionamento osmótico
I. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz,
Piracicaba

CDD 635.52

CONDICIONAMENTO OSMÓTICO DE SEMENTES DE ALFACE
(*Lactuca sativa* L.): EFEITOS SOBRE A GERMINAÇÃO E
DESEMPENHO SOB ESTRESSES HÍDRICO, SALINO E TÉRMICO

MIRIAN THEREZINHA SOUZA DA EIRA

Aprovada em: 14/04/1988

Comissão julgadora:

Prof. Dr. Júlio Marcos Filho	ESALQ/USP
Prof. Dr. Silvio Moure Cícero	ESALQ/USP
Prof. Dr. Paulo Roberto de Camargo e Castro	ESALQ/USP

Prof. Dr. Júlio Marcos Filho
Orientador

Aos meus pais,
pela dedicação e incentivo
à formação
de seus filhos.

AGRADECIMENTOS

- Ao Prof. Júlio Marcos Filho, pela amizade, orientação e sugestões na condução deste trabalho.
- Ao Professor Walter Rodrigues da Silva pelo constante auxílio e apoio.
- A Sementes Agrocere S.A., pelas sementes e solutos cedidos.
- Ao Professor Décio Barbin e ao Gabriel Adrian Sarriés pela orientação e auxílio na análise estatística.
- Aos colegas de curso, pela amizade e incentivos.
- Aos Professores e Funcionários do Departamento de Agricultura e Horticultura da ESALQ/USP pela colaboração prestada.
- Ao Ministério da Agricultura pela possibilidade de participação neste curso.
- Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pela concessão da Bolsa de Estudos.
- Aos Engenheiros Agrônomos Maria Magaly Velloso da Silva Wetzel, Clóvis Terra Wetzel, Flávio Popinigis e Cilas Pacheco Camargo que tiveram grande importância na minha formação como "sementeira", pelo apoio e estímulos iniciais.
- Aos meus irmãos e cunhados e à Dinha Aracy, um agradecimento especial pela compreensão, apoio e carinho.
- A todos que, de alguma forma, colaboraram para que este trabalho pudesse ser realizado.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	vii
SUMMARY	ix
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
3. MATERIAL E MÉTODOS	26
3.1. Determinações preliminares	26
3.1.1. Análise de pureza física	27
3.1.2. Teste de germinação	27
3.1.3. Determinação do grau de umidade	28
3.1.4. Informações preliminares	28
3.2. Condicionamento osmótico das sementes	31
3.2.1. Preparo e cálculo do potencial osmótico das soluções	31
3.2.1.1. Solução de manitol	31
3.2.1.2. Solução de polietileno glicol	32
3.2.2. Processo de condicionamento osmótico	33
3.2.3. Secagem e armazenamento das sementes	34
3.3. Determinações de laboratório	36
3.3.1. Teste de germinação	37
3.3.2. Teste de germinação com pré-friagem.	37
3.3.3. Teste de germinação sob estresse hídrico	37
3.3.4. Teste de germinação sob estresse salino	38
3.3.5. Teste de germinação sob estresse térmico	39
3.3.6. Determinação do grau de umidade	39

3.4. Procedimento estatístico	39
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	42
4.1. Grau de umidade	42
4.2. Germinação	47
4.3. Testes de estresse	62
4.3.1. Estresse hídrico	64
4.3.2. Estresse salino	69
4.3.3. Estresse térmico	74
4.4. Considerações gerais	79
5. CONCLUSÕES	81
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	82

CONDICIONAMENTO OSMÓTICO DE SEMENTES DE ALFACE
(*Lactuca sativa* L.): EFEITOS SOBRE A GERMINAÇÃO
E DESEMPENHO SOB ESTRESSES HÍDRICO, SALINO E TÉRMICO

Autora: MIRIAN THEREZINHA SOUZA DA EIRA
Orientador: Prof. Dr. JULIO MARCOS FILHO

RESUMO

Vários estudos têm sido realizados com o objetivo de reduzir o período compreendido entre a semeadura e a emergência das plântulas, de modo a evitar a exposição prolongada das sementes a condições adversas que possam causar deterioração prematura em campo. Dentre esses estudos, o condicionamento osmótico das sementes tem apresentado resultados promissores.

Assim, o presente trabalho, conduzido no Laboratório de Análise de Sementes do Departamento de Agricultura da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade de São Paulo, teve por objetivo verificar a eficiência de métodos de condicionamento osmótico de sementes de alface sobre a germinação e desempenho sob condições de estresse hídrico, salino ou térmico.

Para tanto, sementes de 2 lotes de alface do cultivar Repolhuda Brasil 303 foram submetidas ao condicionamento osmótico em soluções de Manitol 0,35 Molar e Polietileno glicol 25% por períodos de 4 e 7 dias sob temperatu-

ra constante de 20°C e em presença de luz. A seguir, as sementes foram submetidas à secagem superficial por 2 horas sob condições ambientes, secagem ao ar por 48 horas nas mesmas condições ou secagem em estufa com circulação de ar por 12 horas a 32°C.

As avaliações foram efetuadas logo após o condicionamento osmótico e em intervalos aproximadamente mensais durante 6 meses de armazenamento (maio a outubro de 1987) em condições normais de ambiente de laboratório, constando de teste padrão de germinação, primeira contagem do teste de germinação, germinação com pré-friagem, germinação sob estresse hídrico de -3,0 atmosferas, germinação sob estresse salino provocado por solução de cloreto de sódio 0,1 Molar e germinação sob estresse térmico de 30°C.

A análise dos dados e interpretação dos resultados permitiram concluir principalmente que o condicionamento osmótico de sementes de alface em solução de manitol 0,35 Molar (equivalente a -8,41 atmosferas) por 4 dias a 20°C, constituiu-se numa alternativa viável para favorecer o desempenho sob condições de estresses hídrico, salino e térmico, principalmente em lotes de baixa qualidade fisiológica.

OSMOTIC CONDITIONING OF LETTUCE SEEDS (*Lactuca sativa* L):
EFFECTS ON THE GERMINATION AND PERFORMANCE UNDER
MOISTURE, SALINE AND TEMPERATURE STRESSES

Author: MIRIAN THEREZINHA SOUZA DA EIRA
Adviser: Prof. Dr. JULIO MARCOS FILHO

SUMMARY

This research was undertaken to study the efficiency of methods of osmotic conditioning of lettuce seed on the germination and performance of seeds under moisture, saline and temperature stresses. The experiment was conducted at the Laboratory of Seed Analysis, Department of Agriculture, "Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz", University of São Paulo, in Piracicaba, State of São Paulo, Brazil. Seeds from two lots of the lettuce cultivar Repolhuda Brasil 303 were submitted to osmotic conditioning in solutions of Mannitol 0.35 Molar and Polyethylene Glycol 25% for periods of 4 and 7 days, under constant temperature (20°C) and light. The seeds were surface dried for 2 hours at room temperature, air dried for 48 hours at room temperature, or oven dried with air flow for 12 hours at 32°C. The evaluations done immediately after the osmotic conditioning, and at monthly intervals during a six month storage (May to October 1987) under normal laboratory conditions, consisted of a germination test, first count of the germination test, germination with

prechill, germination under -3.0 atmospheres moisture stress, germination under saline stress induced by a solution of sodium chloride 0.1 Molar, and germination under high temperature (30°C) stress. The results indicated that osmotic conditioning of lettuce seeds in the solution of Mannitol 0.35 Molar (equivalent to -8.41 atmospheres) for a four days period at 20°C, is a viable alternative to improve performance under conditions of moisture, saline and temperature stresses, particularly in low physiological quality seed lots.

1. INTRODUÇÃO

Em culturas de ciclo curto como, por exemplo, as hortaliças, o período compreendido entre a sementeira e a emergência das plântulas representa uma das fases críticas do ciclo das plantas, de modo que a uniformidade e a porcentagem de emergência assumem grande importância na produção e qualidade final do produto.

As condições de ambiente, no entanto, podem não ser adequadas para a ocorrência de rápida emergência e desenvolvimento inicial da planta. Estresses físicos, tais como temperaturas supraótimas, excesso ou deficiência de água, salinidade ou compactação do solo, bem como a ocorrência de microrganismos, podem prejudicar a germinação e o crescimento das plântulas.

As sementes de alface são reconhecidamente problemáticas em termos de qualidade fisiológica, revelando alta sensibilidade às condições de ambiente e, frequentemente, causando frustrações aos produtores.

Assim, os olericultores e os produtores de sementes ressentem-se de subsídios que permitam atenuar ou resolver tais problemas, que tem acarretado o uso de quan

tidades excessivas de sementes e provocado reduções de produtividade.

Uma das tentativas mais recentes da pesquisa, no sentido de proporcionar informações que resultem em maior segurança aos olericultores, quanto à obtenção de populações desejadas de plantas por área, refere-se aos estudos sobre o condicionamento osmótico de sementes; este consiste, em linhas gerais, da pré-embebição numa solução de potencial osmótico conhecido, de modo a permitir a ocorrência das etapas iniciais do processo de germinação, seguida por secagem das sementes até atingir o conteúdo original de água. Desta forma, após a semeadura, a emergência das plântulas ocorreria mais rápida e uniformemente, com maiores possibilidades de sucesso no estabelecimento da cultura.

No entanto, este assunto praticamente não tem sido estudado no Brasil. Desta maneira, o presente trabalho teve como objetivo o estudo da eficiência de métodos de condicionamento osmótico de sementes de alface sobre a germinação e desempenho em condições de estresse hídrico, salino ou térmico.

2. REVISÃO DE LITERATURA

O desempenho da semente no solo é função da sua qualidade física, fisiológica e sanitária, das condições de clima e do ambiente edáfico. É freqüente a constatação de comportamento deficiente de lotes de sementes de alta qualidade fisiológica, sob condições de ambiente moderadamente adversas no campo.

Os fatores que podem causar, direta ou indiretamente, a deterioração da semente no solo compreendem condições de luminosidade, de temperatura sub ou supraótima, presença de gases prejudiciais, condições osmóticas desfavoráveis, toxicidade química resultante do uso excessivo de defensivos agrícolas, alta incidência de microrganismos, insetos ou roedores, propriedades adversas do solo, além de outras formas de estresse (KHAN et alii, 1976; KHAN et alii, 1980/81).

A resistência das sementes de alta qualidade a essas condições adversas de campo e a conseqüente germinação e produção de plantas tem grande importância na agricultura atual, fazendo com que as tentativas para resolução desses problemas constituam-se em objetivos básicos da pesquisa

sobre vigor de sementes; esta vem procurando obter informações sobre o manejo de lotes durante o processamento e armazenamento de sementes, de modo a possibilitar a manutenção do alto vigor das sementes pelo maior período de tempo possível.

Um dos mais importantes sintomas do declínio da qualidade fisiológica é a lentidão do processo de germinação, acompanhada pelo aumento do período decorrido entre a germinação da primeira e da última semente de uma amostra e conseqüente desuniformidade entre plântulas de um mesmo lote.

Após a semente ter atingido a maturidade, é normal que ela passe por um período durante o qual o desenvolvimento e o crescimento do embrião permanecem em latência, fenômeno designado como "criptobiose" (LABOURIAU, 1983; MARCOS FILHO, 1986). O ressurgimento dessas atividades estabelece o início do processo de germinação, com a absorção de água pelas sementes (POPINIGIS, 1977; MAYER & POLJAKOFF-MAYER, 1982; BEWLEY & BLACK, 1983; CARVALHO & NAKAGAWA, 1983; LABOURIAU, 1983; YOUNG et alii, 1983; BEWLEY & BLACK, 1985). Apesar de haver consenso sobre este fato, há divergências quanto à conceituação de semente germinada. Para a Botânica, o processo se encerra quando ocorre a emergência da raiz primária através do tegumento da semente. Já para a Tecnologia de Sementes, a germinação compreende uma sequência ordenada de atividades metabólicas que resulta na retomada de desenvolvimento do embrião produzindo uma plântula normal (MARCOS FILHO, 1986).

Diversos autores que se dedicaram ao estudo da germinação propuseram diferentes seqüências para o processo, dependendo do tipo de abordagem. POPINIGIS (1977) citou duas seqüências de fases, uma, do ponto de vista puramente fisiológico, que compreenderia:

- (a) embebição;
- (b) alongamento de células;
- (c) divisão celular;
- (d) diferenciação das células em tecidos.

Porém sob o aspecto físico-químico, esse autor considera as seguintes fases:

- (a) embebição;
- (b) aumento de respiração;
- (c) formação de enzimas;
- (d) digestão enzimática das reservas;
- (e) mobilização e transporte das reservas;
- (f) assimilação metabólica;
- (g) crescimento e diferenciação dos tecidos.

Essas divisões, no entanto, servem apenas para o estudo detalhado do processo, porque diferentes partes da semente embebem água com velocidades distintas e, numa mesma semente, as diversas fases podem estar ocorrendo simultaneamente.

A primeira fase do processo de germinação é, então, a absorção de água, que tem diversas funções: amolecer o tegumento; aumentar o volume do embrião e dos tecidos de reserva, promovendo a ruptura do tegumento; facilitar a

penetração de oxigênio, proporcionando suprimento adequado às células em início de atividade; diluir o protoplasma, permitindo o início das atividades pelas células do embrião (mobilização, respiração, assimilação e crescimento); e, permitir a transferência de nutrientes solúveis dos locais de reserva para os locais de crescimento (TOLEDO & MARCOS FILHO, 1977; CARVALHO & NAKAGAWA, 1983).

A entrada de água é um processo físico relacionado com as propriedades dos colóides e sua extensão depende da composição química da semente, da permeabilidade do tegumento e da disponibilidade de água no ambiente. A velocidade de embebição depende, além desses fatores, da área de contato semente/água, da temperatura, da pressão hidrostática e da condição fisiológica da semente (POPINIGIS, 1977; MAYER & POLJAKOFF-MAYBER, 1982; CARVALHO & NAKAGAWA, 1983; LABOURIAU, 1983; YOUNG et alii, 1983).

O processo de embebição é passivo. O movimento da água para o interior da semente é devido à diferença de potencial da água da semente e do substrato. Geralmente, o potencial em sementes secas é menor que o de solos úmidos (ou substratos úmidos), o que faz com que a água, movimentando-se em direção ao menor potencial, penetre na semente (YOUNG et alii, 1983).

BEWLEY & BLACK (1983) consideraram que a embebição ocorre de acordo com um padrão trifásico. A Fase I seria rápida, de uma a duas horas, em consequência da diferença de potencial hídrico semente/solo. A semente respira anaer

robicamente (consumindo as reservas respiratórias), resultando na produção de grande quantidade de energia. Bioquimicamente, a Fase I se caracteriza pela degradação das substâncias de reserva, viabilizando o fornecimento de energia e de nutrientes necessários para a retomada de crescimento do embrião.

Ao atingir graus de umidade entre 25 e 30% (sementes endospermáticas) ou 35-40% (sementes cotiledonares) teria início a Fase II, onde ocorre o transporte ativo das substâncias desdobradas na fase anterior, da região de reserva para os tecidos meristemáticos. Para algumas sementes, como as de ervilha, feijão, milho, soja e alface, essa fase pode ter uma duração cerca de 8 a 10 vezes superior à da Fase I, enquanto que as sementes de trigo, mamona e arroz podem não apresentar essa fase. Durante a Fase II, os potenciais hídricos do solo e da semente estariam bastante próximos, de modo que a semente praticamente estabiliza a absorção de água, exibindo acréscimos pouco evidentes em seu grau de umidade.

Em seguida, observa-se o crescimento visível do eixo embrionário, caracterizando o início da Fase III da germinação e a retomada da absorção de quantidades crescentes de água. Bioquimicamente, nessa fase ocorre a reorganização das substâncias desdobradas na Fase I e transportadas na II em substâncias complexas, para formar o citoplasma, o protoplasma e as paredes celulares, permitindo o crescimento do eixo embrionário.

Para que atinja a Fase III e haja o início visível da germinação, a semente em embebição deve atingir um determinado conteúdo de água (HUNTER & ERICKSON, 1952; BURCH & DELOUCHE, 1959; BEWLEY & BLACK, 1983; PROKOF'EV **et alii**, 1983); nesta ocasião, as três fases ocorrem simultaneamente.

BRADFORD (1986) observou, para sementes de alface do cultivar Empire que a Fase III da germinação se iniciou com graus de umidade entre 60 e 70%.

A duração de cada uma das três fases depende tanto das características da semente quanto das condições do ambiente no início da embebição.

Dentre as condições intrínsecas das sementes, o estágio de maturação, a ocorrência do fenômeno de dormência, a longevidade natural da espécie e cultivar e a idade das sementes podem afetar a germinação (POPINIGIS, 1977; CARVALHO & NAKAGAWA, 1983; MARCOS FILHO, 1986).

As sementes são ditas dormentes quando não germinam embora colocadas sob condições aparentemente favoráveis. Dizemos que uma semente apresenta dormência primária quando esta já se encontra instalada por ocasião da colheita ou completo desenvolvimento da semente. Em geral, esse tipo de dormência é superada pelo armazenamento temporário da semente.

Por outro lado, as sementes podem ser induzidas a entrar no estado de dormência secundária, sob a influência de condições desfavoráveis do ambiente (POPINIGIS, 1977;

BEWLEY & BLACK, 1982; MAYER & POLJAKOFF-MAYBER, 1982; CARVALHO & NAKAGAWA, 1983; CÍCERO, 1986). Essas sementes iniciam a embebição mas não ultrapassam a Fase II do processo de germinação (BEWLEY & BLACK, 1982).

A literatura contém informações de que as sementes de alguns cultivares de alface não germinam satisfatoriamente logo após a colheita, devido a um estado de dormência primária; a porcentagem de germinação aumenta à medida que o tempo passa (BORTHWICK & ROBBINS, 1928; THOMPSON, 1936). Segundo POPINIGIS (1977) o armazenamento por 3 a 9 meses seria suficiente para superar a dormência primária de sementes de alface.

Há, também, na literatura, diversas considerações sobre a indução de dormência secundária em sementes de alface mantidas sob condições adversas durante a embebição, como temperaturas supraótimas (BORTHWICK & ROBBINS, 1928) e condições osmóticas (KHAN, 1980). BEWLEY & BLACK (1985) citaram ainda as condições de obscuridade e a prolongada exposição à luz infra-vermelha como indutoras de dormência secundária em sementes de alface. Se as sementes forem expostas a essas condições por um período longo, pode haver perda da capacidade de desenvolvimento normal, mesmo sob condições favoráveis (KAHN, 1960; MAYER & POLJAKOFF-MAYBER, 1982).

Grande quantidade de espécies podem ter a dormência superada quando são submetidas à embebição sob temperaturas relativamente baixas (1 a 10°C). Este tratamento é referido como pré-friagem ou pré-esfriamento e é efetivo em

sementes com dormência primária e secundária (POPINIGIS, 1977; BEWLEY & BLACK, 1985; CÍCERO, 1986).

Esse tratamento é eficiente na superação de dormência de sementes de alface (BORTHWICK & ROBBINS, 1928; KAHN, 1960; HEYDECKER & COOLBEAR, 1977; KHAN et alii, 1980/81), sendo recomendado pelas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, Ministério da Agricultura, 1980).

Ainda não foi perfeitamente elucidado o mecanismo pelo qual o pré-esfriamento estimula a germinação. Uma das hipóteses prováveis seria o efeito da baixa temperatura sobre a permeabilidade do tegumento da semente ao oxigênio. Outra hipótese é a de que alguns produtos do metabolismo do embrião, em baixas temperaturas, se difundem pelo endosperma e causam a degradação de proteínas armazenadas a aminoácidos necessários ao crescimento (KOLLER et alii, 1962).

Durante esse tratamento ocorrem mudanças fisiológicas (HEYDECKER & COOLBEAR, 1977; KHAN et alii, 1980/81), sendo provável que a quantidade de giberelina aumente durante o período de resfriamento, de modo que o balanço entre inibidores e promotores de germinação se modifique (METIVIER, 1979; KHAN et alii, 1980/81). Assim, o efeito do frio não estaria ligado à redução do inibidor mas ao estímulo à síntese de promotores que contra-atacam sua ação e são necessários para um crescimento normal, como é o caso da giberelina (KOLLER et alii, 1962).

Além da dormência, outro fator intrínseco da semente que pode afetar o processo germinativo é o seu vigor.

Várias propostas de conceituação de vigor foram feitas, não se tendo, até o momento, nenhuma definição que satisfaça à comunidade científica.

Segundo CARVALHO (1986) o vigor de uma semente deve ser entendido como o nível de energia de que uma semente dispõe para realizar as tarefas do processo germinativo.

Atualmente os dois conceitos mais aceitos são os utilizados pela International Seed Testing Association - ISTA e pela Association of Official Seed Analysts - AOSA.

O conceito utilizado pela ISTA foi proposto por PERRY (1978), considerando que "vigor de sementes é o conjunto de propriedades que determinam o potencial de atividade e desempenho de uma semente ou de um lote de sementes durante a germinação e emergência de plântulas". Já a conceituação da AOSA, proposta por MCDONALD JUNIOR (1980), estabelece que "vigor é o conjunto de características ou propriedades que determinam o potencial para uma emergência rápida e uniforme sob ampla diversidade de condições de ambiente".

Segundo HEYDECKER (1972) o vigor de sementes pode se expressar, de modo geral, de quatro maneiras: sobrevivência durante fase quiescente, sobrevivência no campo, capacidade de estabelecer plântulas e capacidade de crescer.

Ainda segundo este pesquisador, o nível de vigor na semente pode ter causa genética, fisiológica, morfológica, citológica, mecânica ou microbiótica.

Vários métodos para avaliar o vigor consistem

na exposição das sementes a uma ou mais condições de estresse e, em seguida, na determinação de sua resposta em termos de sobrevivência, velocidade de germinação, crescimento e presença de anormalidades (POLLOCK & ROOS, 1972; HEYDECKER, 1980).

A AOSA (1983) considera o teste de estresse como um método de determinação de vigor. Esse teste consiste em submeter a semente a uma ou mais condições de estresse de ambiente que ela poderia encontrar no solo. Os testes normalmente envolvem o monitoramento de alguns aspectos de germinação onde somente as condições de estresse variam. Essas condições podem incluir temperatura e umidade relativa altas como no teste de envelhecimento artificial, baixa temperatura como no teste de frio ou submeter as sementes a estresse osmótico usando soluções apropriadas. Nesses testes, as sementes são submetidas a essas condições durante a embebição, sendo que a germinação permanece como o critério de avaliação.

Há, então, diversos tipos de estresse, programados durante o desenvolvimento, impostos pelo ambiente e causados pela deterioração das sementes; a semente pode passar por essa situação em dois períodos: durante a maturação e durante a reidratação, quando encontra condições adversas (HEYDECKER, 1980).

Diferentes espécies apresentam sensibilidade variada ao estresse; uma condição ambiental pode ter efeito de estresse sobre uma determinada espécie e não sobre outra, dependendo da constituição genética e, também, da condição

fisiológica da semente. Assim, lotes diferentes de um mesmo cultivar podem ter diferenças de sensibilidade ao estresse, caso tenham qualidade fisiológica diferente, com os de baixo vigor apresentando menor desenvolvimento e velocidade de crescimento reduzida em relação aos de maior vigor (POLLOCK & MANALO, 1971; PERRY, 1973; HEYDECKER, 1980; AOSA, 1983).

A sensibilidade ao estresse é menos evidente durante o período inicial do processo de embebição (HEGARTY & ROSS, 1978). A desidratação, por exemplo, até a Fase II desse processo não provoca danos irreparáveis ao embrião e as sementes podem continuar a germinação quando houver condições para a reidratação; porém, a partir da Fase III, os danos provocados pela secagem são irreparáveis (BEWLEY & BLACK, 1983). O estresse durante a germinação interfere prolongando a Fase II (HEGARTY, 1977; HEYDECKER, 1980).

Alguns estudos mostraram que os tecidos das plantas sofrem mudanças fisiológicas e metabólicas quando submetidas a estresse hídrico. Essas modificações incluem um aumento do nível do ácido abscísico (ABA) ou um decréscimo do nível de citocininas, além da diminuição da permeabilidade dos tecidos (KHAN et alii, 1976; KHAN, 1980).

Em sementes de alface, o efeito provocado pelo estresse hídrico pode ser revertido pelo tratamento das sementes com reguladores vegetais. KHAN et alii (1976) sugeriram que a combinação de cinetina com etileno e ácido giberélico pode superar o efeito do estresse osmótico em sementes de alface. O estresse pode ainda, induzir dormên-

cia secundária nas sementes (HEGARTY & ROSS, 1978; HEYDECKER, 1980; GEORGHIOU *et alii*, 1983).

Vários estudos com sementes de alface mostraram aumento do nível de ABA e indução de dormência em sementes expostas a estresse hídrico e salino (HEGARTY & ROSS, 1980/81; BEWLEY & BLACK, 1982; MAYER & POLJAKOFF-MAYBER, 1982) e a estresse térmico (BORTHWICK & ROBBINS, 1928; KHAN *et alii*, 1976; HEYDECKER & JOSHUA, 1977; GUEDES, 1979; BEWLEY & BLACK, 1982; CANTLIFFE *et alii*, 1984). BURDETT (1972a;b) citou também que, sob estresse térmico, há uma redução do teor de etileno, um dos hormônios envolvidos na germinação de sementes de alface, sendo também, uma causa de dormência.

O teste de estresse hídrico é considerado por HADAS (1977) um conveniente indicativo de vigor, uma vez que se correlaciona com a emergência em campo, nos mesmos potenciais.

No campo, a deficiência hídrica é resultado também da aplicação de fertilizantes, provocando uma redução do potencial osmótico da solução do solo (GRAY, 1975; GRAY & STECKEL, 1976).

Verifica-se que, quanto mais negativo o potencial hídrico do substrato, menor a germinação (NABORS & LANG, 1971b; HADAS, 1977). Isto parece ser devido a um acréscimo no período correspondente à Fase II da germinação (GEORGHIOU *et alii*, 1983; BRADFORD, 1986), onde se daria uma elevação na concentração de ABA das sementes e a conseqüente inibição do alongamento celular (HEGARTY & ROSS, 1980/81).

DONEEN & MACGILLIVRAY (1943) estudaram o efeito de diferentes condições de umidade do solo sobre a emergência de sementes de hortaliças. Dividiram as espécies em quatro grupos, de acordo com sua germinação em potencial pouco superior ao ponto de murcha permanente. A alface foi classificada no grupo D, com emergência de 29% nesse potencial. No ponto de murcha permanente (-15 atmosferas), somente 3% das sementes de alface emitiram raiz primária.

Estudos dos efeitos do estresse hídrico na germinação normalmente têm envolvido a embebição das sementes em soluções osmóticas de potencial conhecido (BEWLEY & BLACK, 1985).

KAUFMANN (1969) observou que o estresse hídrico afeta tanto a porcentagem quanto a velocidade de germinação de sementes de alface e que, para esta espécie, os potenciais utilizados durante o teste devem ser ajustados para valores superiores a -4,1 atmosferas, que representaria um ponto em que a germinação seria drasticamente reduzida.

Os trabalhos de simulação de estresse hídrico com sementes de alface têm sido realizados a potenciais de -3 atmosferas, tendo sido observado redução da velocidade e porcentagem de emergência, em intensidade variável de acordo com o cultivar e qualidade fisiológica dos lotes utilizados (KAHN, 1960; KHAN et alii, 1976; BEWLEY & BLACK, 1985; BRADFORD, 1986). BEWLEY & BLACK (1985) observaram ainda que, nesse potencial, as sementes exibiram todas as características de sementes dormentes.

O alto conteúdo de sais no solo, principalmente de cloreto de sódio também pode afetar a germinação das sementes, seja pelo efeito osmótico produzido ou devido ao efeito tóxico dos íons (EL-SHARKAWI & SPRINGUEL, 1979; HEYDECKER, 1980; BEWLEY & BLACK, 1982; MAYER & POLJAKOFF-MAYBER, 1982).

Em muitos estudos, o cloreto de sódio é usado como substrato osmótico, observando-se reduções tanto na velocidade quanto na porcentagem de germinação (EL-SHARKAWI & SPRINGUEL, 1979; SCORER et alii, 1985). Esse efeito resulta da acumulação de ABA nos tecidos (HASSON & POLJAKOFF-MAYBER, 1980/81).

Os trabalhos de simulação de estresse salino em sementes de alface têm sido realizados a potenciais osmóticos próximos a -4 atmosferas, usando-se principalmente o cloreto de sódio na concentração 0,1 molar (GRAY & STECKEL, 1976; KHAN et alii, 1976; SCORER et alii, 1985).

A germinação de sementes de alface é também inibida pelo estresse térmico, a temperaturas supraótimas; estas temperaturas podem, no entanto, não impedir o crescimento de plântulas. No caso da maior parte dos cultivares de alface a inibição da germinação se dá por temperaturas ao redor de 30°C (BORTHWICK & ROBBINS, 1928) que se manifestam, principalmente, durante as fases iniciais de embebição.

A temperatura média a que a semente de alface é submetida durante as primeiras horas de embebição determi-

na se uma semente viável irá germinar ou entrará em dormência (GUEDES, 1979; GUEDES et alii, 1981). A termodormência também parece ser devido ao acúmulo de ABA (REYNOLDS & THOMPSON, 1971) além de uma restrição às trocas gasosas, imposta pela membrana do endosperma (BORTHWICK & ROBBINS, 1928).

Os trabalhos de simulação de estresse térmico em sementes de alface têm sido realizados colocando-se as sementes para germinar sob temperatura de 30 ou 35°C (BORTHWICK & ROBBINS, 1928; REYNOLDS & THOMPSON, 1971; BURDETT, 1972a,b; GUEDES & CANTLIFFE, 1977; GUEDES, 1979; GUEDES & CANTLIFFE, 1979; HEYDECKER, 1980; KHAN, 1980; CANTLIFFE et alii, 1984; VALDES et alii, 1985; BRADFORD, 1986).

A semeadura sob condições de estresse no solo pode resultar em baixa porcentagem e menor velocidade de emergência. Neste caso, as sementes permanecem por maior tempo expostas às condições adversas do solo (KHAN et alii, 1976; HEYDECKER & COOLBEAR, 1977; KHAN, 1980; KHAN et alii, 1980/81; BEWLEY & BLACK, 1985; BRADFORD, 1986).

Vários estudos têm sido realizados com o intuito de diminuir esse período de tempo entre a semeadura e a emergência, fazendo com que as sementes não fiquem submetidas a essas condições adversas (KHAN et alii, 1976; HEYDECKER & COOLBEAR, 1977; TONKIN, 1979; KHAN, 1980; KHAN et alii, 1980/81; TONKIN, 1984; BRADFORD, 1986). Esses trabalhos consistem em submeter as sementes a ciclos de hidratação/secagem (referidos como "hardening" ou "advancing"), incubação das sementes sob umidade alta e temperatura baixa,

tratamentos osmóticos, tratamentos físicos (como a escarificação química ou mecânica do tegumento), peletização e tratamentos químicos com protetores como defensivos e herbicidas, nutrientes e reguladores de crescimento.

Muitos desses tratamentos se mostraram eficientes na redução do período de tempo entre a semeadura e a emergência das plântulas. Dentre todos, o condicionamento osmótico (também denominado "priming" ou "envigoramento") mostrou-se o mais promissor (KHAN et alii, 1976).

A técnica de condicionamento osmótico desenvolvida por HEYDECKER et alii (1973, 1975), apesar de fisiologicamente complexa, é simples em conceito, sendo as sementes submetidas a um período de pré-embebição, para que depois suas radículas possam emergir mais rapidamente que o normal.

As sementes são colocadas em contato com uma solução aquosa de uma substância quimicamente inerte, o polietileno glicol (PEG ou Carbowax-6000), iniciam a embebição de água normalmente, cessando este processo assim que entram em equilíbrio com o potencial osmótico da solução. Esse potencial é pré-determinado e, conseqüentemente, o conteúdo de água da semente pode ser ajustado a um nível que permita à semente a passagem por todas as fases preparatórias essenciais à germinação (Fases I e II) sem atingir a fase de alongamento celular e a emergência da raiz primária (Fase III), mesmo após semanas de contato entre a semente e a solução osmótica. Além disso, durante o período de embebição, as semen-

tes "mais lentas" (de menor vigor) tendem a alcançar as "mais rápidas" (de maior vigor) e, portanto, a germinação subsequente deverá ser mais uniforme, especialmente à temperaturas mais baixas.

Tratamentos em condições favoráveis permitem tanto o desdobramento de reservas alimentícias quanto a síntese de materiais necessários à germinação, possibilitando que as sementes germinem mais rapidamente. Isso resulta em crescimento instantâneo, assim que o obstáculo à embebição é removido, isto é, quando as sementes são transferidas da solução osmótica para substrato ou solo suficientemente úmido. Além disso, sementes tratadas podem ser submetidas à secagem até atingirem seu conteúdo de água original e armazenadas durante várias semanas com pequena perda do efeito do tratamento (HEYDECKER et alii, 1975).

O significado do tratamento osmótico foi discutido em detalhes por HEYDECKER et alii (1975). A maior vantagem parece ser a emergência da radícula em menor período de tempo; porém, a duração total do processo de germinação é maior que a da germinação convencional, uma vez que é dividida em duas partes, ou seja, a primeira durante o condicionamento osmótico e, a segunda, a emissão da radícula após a semeadura.

Outras vantagens também foram citadas:

- (a) após a semeadura em condições de estresse, as sementes não permanecem intactas no solo durante longo período e, portan-

to, são menos expostas em relação às não tratadas, o que resulta em melhores "stands";

- (b) o condicionamento sob temperaturas apropriadas pode fazer com que as sementes estejam aptas a germinar quando expostas a temperaturas mais baixas ou mais altas em relação à ótima;
- (c) emergindo mais rapidamente, as plântulas poderão competir mais eficientemente com as invasoras e permitir que a aplicação de herbicidas de pós-emergência seja mais eficiente;
- (d) a germinação será mais sincronizada; há evidências de que as plantas de um campo terão desenvolvimento mais uniforme;
- (e) em climas quentes, a água pode evaporar da superfície de um canteiro inicialmente molhado antes que as sementes tenham tempo suficiente para germinar, o que pode ser solucionado com o condicionamento osmótico das sementes, já que resulta em "germinação instantânea" após o plantio;
- (f) pode haver aumento da "taxa de repicagem" e também da "taxa de retorno" de plantas que necessitam ser cultivadas em estufa ou ambiente controlado;

- (g) durante o período de condicionamento muitas sementes dormentes podem deixar essa condição e germinarem imediatamente após a semeadura (isso parece ser devido à redução dos níveis de ABA nas sementes durante o tratamento);
- (h) permite o estudo mais efetivo dos componentes do processo de germinação.

Outro fator que deve ser lembrado como grande vantagem do método, é que as sementes podem ser condicionadas sem nenhum equipamento especializado, passar por secagem e armazenamento e serem semeadas usando as máquinas convencionais (BRADFORD, 1986).

A partir dos trabalhos coordenados por HEYDECKER, várias outras pesquisas vêm sendo realizadas, usando-se o polietileno glicol ou outras substâncias químicas, com potenciais osmóticos controlados.

Segundo SLAVIK (1974) uma solução que esteja em contato com tecidos vivos deve ter várias propriedades importantes:

- (a) não ser tóxica ou causar alterações estruturais em sementes;
- (b) o soluto não pode penetrar através do sistema de membranas das sementes;
- (c) o soluto não deve ser metabolizado pela planta nem estar sujeito à mudanças cau-

sadas por microrganismos durante a prolon
gada imersão do tecido na solução.

Sacarose, sais de potássio, manitol e polietileno glicol são os solutos mais comumente utilizados. Segundo SLAVIK (1974) porém, nenhum deles obedece completamente as regras acima.

Existem discordâncias quanto ao efeito das so
luções nas sementes.

SLAVIK (1974) considerou que o manitol, um ál
cool hexanhídrico de fórmula $C_6H_{14}O_6$, pode penetrar nas se-
mentes durante a germinação, mostrando, inclusive, fitotoxi-
cidade; opiniões semelhantes foram emitidas por NABORS & LANG
(1971a) e YOUNG et alii (1983). Já THIMANN (1954) e JACKSON
(1962) consideraram que o manitol não é tóxico para as semen
tes e que é um dos melhores produtos químicos a serem usados.

Quanto ao polietileno glicol, que tem por fór
mula geral $HOCH_2(OCH_2CH_2)_nOH$, JACKSON (1962) observou que,
em concentrações altas, pode impedir o crescimento dos pêlos
absorventes da raiz, enquanto que SLAVIK (1974) e YOUNG et
alii (1983) o consideraram como o soluto mais adequado. HEYDE-
CKER & COOLBEAR (1977) relataram ainda, que o PEG pode redu-
zir a disponibilidade de oxigênio, o que muitas vezes pode
ser limitante à germinação.

Para a obtenção de condições realmente favo-
ráveis durante o pré-condicionamento, além do soluto, a tem-
peratura do tratamento, a concentração da solução (resultan-

do no potencial osmótico) e o período de tratamento são muito importantes (HEYDECKER et alii, 1975). Mudanças na metodologia do condicionamento podem resultar em perdas nos efeitos do tratamento. Observações de alguns autores que verificaram ser o tratamento efetivo para uma determinada espécie, e de outros pesquisadores que o consideram insatisfatório para a mesma espécie, são devidas à grande quantidade de combinações experimentais que podem ser realizadas (HEYDECKER & COOLBEAR, 1977). Podem, também, ser devidas às diferenças de qualidade fisiológica entre os lotes utilizados nas diversas pesquisas (HEYDECKER et alii, 1975; HEYDECKER & COOLBEAR, 1977; GUEDES & CANTLIFFE, 1979; BODSWORTH & BEWLEY, 1981; CANTLIFFE, 1981).

Os pesquisadores recomendam ainda que o condicionamento osmótico de sementes seja efetuado em presença de luz (GUEDES, 1979; GUEDES & CANTLIFFE, 1980; KHAN et alii, 1980/81) e com aeração (GUEDES, 1979; GUEDES & CANTLIFFE, 1980) para obtenção de melhores resultados.

Um dos pontos mais controvertidos refere-se aos efeitos da secagem das sementes após o tratamento. Inicialmente ela foi considerada benéfica por HEYDECKER et alii (1975) e KHAN et alii (1978). Em trabalhos posteriores, diversos autores consideraram que a secagem reverteu os efeitos benéficos do tratamento (HEYDECKER & COOLBEAR, 1977; HEYDECKER, 1980; BODSWORTH & BEWLEY, 1981). Deve ser entendido, porém, que a maioria desses autores considerou como reversão do tratamento, a menor velocidade de germinação devi-

do ao maior período de tempo necessário para a embebição, quando submetidas à secagem pós-condicionamento.

Outro aspecto da discussão envolve a manutenção dos efeitos do tratamento durante o armazenamento das sementes pré-condicionadas. Este é um assunto pouco estudado, embora resultados promissores tenham sido obtidos por KHAN *et alii* (1976), GUEDES & CANTLIFFE (1980) e VALDES *et alii* (1985). Estudos mais detalhados, principalmente quanto à embalagem, ambiente e período de armazenamento apropriados são necessários para a elucidação desses efeitos.

Os pesquisadores que trabalharam com condicionamento osmótico de sementes de alface utilizaram diversas metodologias e com diferentes finalidades.

Assim, HEYDECKER (1975), KHAN *et alii* (1978) e KHAN *et alii* (1980/81) utilizaram solução PEG 25% a 15°C por 14 dias, verificando a maior velocidade de germinação das sementes condicionadas. Com essa mesma metodologia foi diminuído o efeito da termodormência e do estresse salino (KHAN, 1980). Foi verificada, ainda, a redução dos níveis de ABA nas sementes durante o condicionamento (KHAN *et alii*, 1978; KHAN *et alii*, 1980/81).

Em trabalhos realizados na Universidade da Flórida foi utilizada a solução de fosfato de potássio (K_3PO_4) a -5,1 atmosferas, a 15°C por períodos de 6 a 20 horas, objetivando a superação da termodormência (GUEDES & CANTLIFFE, 1977; GUEDES, 1979; GUEDES *et alii*, 1979; GUEDES & CANTLIFFE, 1980; CANTLIFFE, 1981; GUEDES *et alii*, 1981; PERKINS-VEAZIE & CANTLIFFE, 1984).

VALDES *et alii* (1985) utilizaram PEG (-15 atmosferas), a 18-20°C, durante 24 horas, verificando que o condicionamento de sementes de alface, anterior à peletização, tornou as sementes mais resistentes à estresse térmico.

BRADFORD (1986) utilizou PEG (-3 atmosferas), a 15°C por 5 dias, obtendo com o condicionamento a diminuição do grau de termodormência das sementes de alface.

Os métodos aqui discutidos têm potencial para melhorar o desempenho das sementes, podendo ser utilizados em semeaduras tardias, para obtenção de emergência mais rápida e uniforme e superação das condições de estresse impostas pelo ambiente.

O uso da técnica de condicionamento osmótico de sementes em escala comercial depende ainda da definição da melhor metodologia para cada espécie e do desenvolvimento de um método prático e de baixo custo, aeróbico e com a supressão da colonização das sementes por microrganismos (HEYDECKER *et alii*, 1975; BRADFORD, 1986).

3. MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi conduzido no Laboratório de Análise de Sementes do Departamento de Agricultura (LAS / LAG) da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (ESALQ), da Universidade de São Paulo (USP), em Piracicaba, São Paulo.

Utilizaram-se dois lotes de sementes de alface do cultivar "Repolhuda Brasil 303", fornecidos por Sementes Agrocere S.A., que serão designados daqui por diante como A e B. As sementes estavam tratadas com fungicida Captan 0,2% e embaladas hermeticamente em latas.

Após a recepção, em janeiro de 1987, as sementes foram retiradas da embalagem hermética, homogeneizadas, colocadas em embalagem porosa (sacos de papel Kraft) e mantidas em condições normais de ambiente. Em seguida, o material correspondente a cada lote foi amostrado para as determinações preliminares.

3.1. DETERMINAÇÕES PRELIMINARES

Realizadas com a finalidade de avaliar a qua-

lidade inicial dos lotes de sementes, constando de testes de pureza física, germinação e grau de umidade.

3.1.1. Análise de pureza física

Uma amostra de 3 gramas de cada lote foi examinada cuidadosamente e separada em seus componentes: sementes puras, outras sementes e material inerte. A seguir foram efetuadas as pesagens e os cálculos, sendo o resultado expresso em porcentagem em peso das sementes puras, de acordo com as prescrições das Regras para Análise de Sementes (BRASIL, M.A., 1980).

3.1.2. Teste de germinação

Conduzido com quatro repetições de 50 sementes de cada lote, em germinador regulado para manter temperatura constante de 20°C e proporcionar iluminação durante o decorrer do teste; utilizou-se uma folha de papel mata-borrão (tipo Germibox) umedecida, como substrato, no interior de caixas plásticas transparentes (Gerbox). As interpretações foram efetuadas aos 4 e 7 dias após a instalação do teste, segundo os critérios estabelecidos pelas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, M.A., 1980), computando-se as porcentagens de plântulas normais para cada repetição, e obtendo-se, a seguir, a porcentagem média por lote.

Uma vez que foram encontradas sementes dormen

tes, o teste foi repetido utilizando-se o tratamento de pré-friagem para a superação da dormência. Para tanto, as sementes foram colocadas sobre o substrato umedecido e mantidas em uma câmara regulada para 10°C durante 3 dias; foram transferidas, após esse período, para germinador regulado à temperatura de 20°C, onde permaneceram por mais 4 dias, quando foi feita a interpretação do teste de acordo com as recomendações das Regras para Análise de Sementes (BRASIL, M.A., 1980). Os resultados foram computados em porcentagem de plântulas normais de cada repetição, obtendo-se a porcentagem média para cada lote.

3.1.3. Determinação do grau de umidade

Determinado pelo método da estufa a $105 \pm 3^\circ\text{C}$ durante 24 horas, utilizando-se 2 amostras de cada lote, conforme as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, M.A., 1980). Os resultados foram expressos em porcentagem média por lote.

3.1.4. Informações preliminares

A Tabela 1 apresenta os resultados obtidos nas determinações preliminares com os 2 lotes de sementes.

Esses dados permitem a caracterização dos lotes, indicando a presença de dormência em sementes do lote A, que foi superada pelo tratamento de pré-friagem. Os dois lotes apresentaram semelhança de resultados dos testes de pu

reza física, germinação com pré-friagem e grau de umidade.

Tabela 1. Valores médios obtidos nas diversas determinações preliminares efetuadas. Piracicaba, 1987.

Lote	SP (%) ¹	G (%) ²		U (%) ⁵
		GP ³	G+PF ⁴	
A	99,8	35	99	4,4
B	99,9	94	98	4,2

¹SP = sementes puras

²G = germinação

³GP = teste padrão de germinação

⁴G+PF = teste de germinação com tratamento de pré-friagem

⁵U = grau de umidade.

Após a realização das determinações preliminares, as sementes foram armazenadas em sacos de papel Kraft em condições normais de ambiente do LAS/LAG durante 10 meses, de janeiro a outubro de 1987.

As temperaturas máximas, mínimas e médias, assim como as médias de umidade relativa do ar do período de experimentação podem ser observadas na Tabela 2.

Tabela 2. Temperatura (média, máxima e mínima) e umidade relativa média dos decêndios, durante o armazenamento dos dois lotes de sementes de alface cv. Repolhuda Brasil 303. Piracicaba, 1987.

Mês	Decêndio	Temperatura (°C)			Umidade relativa (%)
		Média	Máxima	Mínima	
Jan	01 a 10	25,8	27,8	23,7	66,8
	11 a 20	26,7	28,6	24,5	64,7
	21 a 31	23,7	24,8	22,7	81,4
Fev	01 a 10	24,0	25,8	22,0	73,2
	11 a 20	22,5	24,0	20,7	76,1
	21 a 28	25,5	27,8	23,0	68,2
Mar	01 a 10	25,5	27,6	22,9	63,5
	11 a 20	23,9	26,1	21,4	65,9
	21 a 31	25,4	27,3	22,6	64,5
Abr	01 a 10	23,6	25,7	20,8	71,6
	11 a 20	25,0	26,8	22,8	69,7
	21 a 30	22,4	23,8	20,3	68,9
Mai	01 a 10	22,1	23,8	19,8	75,1
	11 a 20	20,4	21,7	18,8	79,4
	21 a 31	16,1	17,3	14,4	74,1
Jun	01 a 10	18,2	20,4	15,0	75,4
	11 a 20	16,4	18,8	13,8	70,2
	21 a 30	15,1	17,9	12,2	70,0
Jul	01 a 10	18,8	21,5	15,6	67,0
	11 a 20	20,7	23,5	17,1	65,0
	21 a 31	19,7	23,0	15,9	61,0
Ago	01 a 10	16,1	18,9	12,7	61,1
	11 a 20	21,5	24,7	17,5	57,7
	21 a 31	20,3	22,2	16,5	58,6
Set	01 a 10	20,8	23,6	17,4	63,0
	11 a 20	20,4	23,5	18,6	69,6
	21 a 30	19,3	22,1	16,7	66,4
Out	01 a 10	21,7	24,6	19,0	64,3
	11 a 20	24,6	27,3	22,6	62,5
	21 a 31	24,1	26,3	21,8	64,3

3.2. CONDICIONAMENTO OSMÓTICO DAS SEMENTES

Realizado durante o mês de maio de 1987 com soluções de manitol e polietileno glicol.

3.2.1. Preparo e cálculo do potencial osmótico das soluções

3.2.1.1. Solução de manitol

Para o condicionamento osmótico das sementes em manitol, empregou-se solução na concentração 0,35 Molar, que segundo GEORGHIOU *et alii* (1983) suprime totalmente a germinação de sementes de alface.

Utilizou-se manitol de peso molecular 182,17 g; o preparo da solução foi realizado misturando-se 255 g do soluto em 4 litros de água destilada com agitação manual, no interior de balão volumétrico.

Foi efetuado o cálculo do potencial osmótico a que as sementes estavam submetidas durante o condicionamento, utilizando-se a fórmula de vant' Hoff, ou seja:

$$\Psi_{\text{osm}} = - RTC, \text{ onde}$$

Ψ_{osm} = potencial osmótico (atmosferas);

R = constante geral dos gases = 0,082 (atm.l.mol⁻¹.°K⁻¹);

T = temperatura (°K);

C = concentração (mol/l).

Assim, o potencial osmótico da solução 0,35 M de manitol à temperatura de 20°C (293 °K) era equivalente a:

$$\begin{aligned}\psi_{\text{osm}} &= -RTC \\ \psi_{\text{osm}} &= -0,082 \times 293 \times 0,35 \\ \psi_{\text{osm}} &= -8,4 \text{ atm.}\end{aligned}$$

Para maior segurança quanto ao potencial utilizado, foi efetuada determinação em Higrômetro de par termo elétrico, obtendo-se o mesmo valor que o calculado pela fórmula de van't Hoff.

3.2.1.2. Solução de polietileno glicol

Para o condicionamento osmótico das sementes em polietileno glicol (PEG), utilizou-se solução na concentração 25% ou 250 g/l, recomendada por HEYDECKER (1975), KHAN et alii (1978); KHAN (1980) e KHAN et alii (1980/81).

A solução foi preparada misturando-se 1 kg de PEG de peso molecular 6000 em 4 litros de água no interior de balão volumétrico e agitando-se manualmente até a completa homogeneização.

O potencial osmótico da solução foi calculado através da fórmula desenvolvida por MICHEL & KAUFMANN (1973):

$$\psi_{\text{osm}} = -(1,18 \times 10^{-2})C - (1,18 \times 10^{-4})C^2 + (2,67 \times 10^{-4})CT + (8,39 \times 10^{-7})C^2T,$$

onde:

ψ_{osm} = potencial osmótico (atmosferas);
C = concentração (g/l);
T = temperatura (°C).

O potencial osmótico da solução PEG 25% à temperatura de 20°C correspondia a:

$$\begin{aligned}\psi_{\text{osm}} &= -(1,18 \times 10^{-2}) 250 - (1,18 \times 10^{-4}) 250^2 + (2,67 \times 10^{-4}) 250 \times 20 + \\ &\quad + (8,39 \times 10^{-7}) 250^2 \times 20 \\ \psi_{\text{osm}} &= -7,94 \text{ atm.}\end{aligned}$$

Efetuu-se a determinação do potencial osmótico da solução de PEG também em Higrômetro de par termoeletrico, obtendo-se o mesmo resultado.

3.2.2. Processo de condicionamento osmótico

Amostras de 25 g de sementes de cada lote, correspondendo a um tratamento, foram imersas em 150 ml de solução de manitol ou de polietileno glicol no interior de copos plásticos e colocadas em um germinador regulado para manter a temperatura constante de 20°C, em presença de luz. Foram considerados 2 períodos de condicionamento, 4 e 7 dias, após os quais as sementes foram retiradas da solução, lavadas em água corrente e submetidas a secagem.

As sementes não foram submetidas a qualquer método de aeração durante o condicionamento osmótico, procedendo-se apenas a agitação diária da solução com auxílio de bastonete de vidro.

As sementes dos lotes A e B foram condicionadas com um intervalo de 7 dias, período em que as soluções de manitol e polietileno glicol ficaram armazenadas em geladeira, à temperatura de 5°C de modo a evitar perdas por evaporação e conseqüente modificação do potencial osmótico.

Observou-se que na solução de manitol as se-

mentes permaneceram totalmente imersas, precipitadas no fundo do recipiente, enquanto que na solução de polietileno glicol mantiveram-se em suspensão, ou seja, havia uma determinada quantidade de sementes na superfície, com apenas uma de suas faces em contato com a solução.

3.2.3. Secagem e armazenamento das sementes

Após o condicionamento as sementes foram submetidas a 3 tipos de secagem:

- a) Secagem sobre papel de filtro, sob condições normais de ambiente, por 2 horas, com o intuito de retirar a água superficial das sementes e facilitar a instalação dos testes de laboratório. Esse procedimento foi realizado apenas na 1.^a época de experimentação e designado como "secagem superficial".
- b) Secagem sobre papel de filtro em ambiente de laboratório por 48 horas, seguindo metodologia utilizada por GUEDES (1979), que foi denominada "secagem ao ar".
- c) Secagem em estufa com circulação de ar regulada para a temperatura de 32°C durante 12 horas, como indicado por GUEDES (1979). As sementes foram colocadas sobre papel de filtro no interior de bandejas metálicas, ocupando-se apenas a prateleira central

da estufa. Esse método foi chamado de "se-
cagem em estufa".

As sementes assim condicionadas constituíram os tratamentos, considerando-se ainda um tratamento testemunha com sementes não condicionadas. Na Tabela 3 pode-se observar a constituição dos tratamentos na 1ª época de experimentação.

Tabela 3. Constituição dos tratamentos para cada um dos lotes na 1ª época de experimentação.

Método de condicionamento			Tratamento
Solução	Período (dias)	Secagem	
Manitol (-8,40 atm)	4	superficial	MAN-4-sup
		ao ar	MAN-4-ar
		em estufa	MAN-4-est
	7	superficial	MAN-7-sup
		ao ar	MAN-7-ar
		em estufa	MAN-7-est
Polietileno glicol (-7,94 atm)	4	superficial	PEG-4-sup
		ao ar	PEG-4-ar
		em estufa	PEG-4-est
	7	superficial	PEG-7-sup
		ao ar	PEG-7-ar
		em estufa	PEG-7-est
Sem condicionamento			Testemunha

A partir da 2ª época de experimentação a constituição dos tratamentos passou a ser a descrita na Tabela 4.

Tabela 4. Constituição dos tratamentos para cada um dos lotes a partir da 2ª época de experimentação.

Método de condicionamento			Tratamento
Solução	Período (dias)	Secagem	
Manitol (-8,40 atm)	4	ao ar	MAN-4-ar
		em estufa	MAN-4-est
	7	ao ar	MAN-7-ar
		em estufa	MAN-7-est
Polietileno glicól (-7,94 atm)	4	ao ar	PEG-4-ar
		em estufa	PEG-4-est
	7	ao ar	PEG-7-ar
		em estufa	PEG-7-est
Sem condicionamento			Testemunha

3.3. DETERMINAÇÕES DE LABORATÓRIO

Foram conduzidas em 5 épocas de experimentação: maio (04 a 31, logo após o condicionamento osmótico), junho (17 a 30), julho (18 a 31), agosto/setembro (24/08 a 10/09) e outubro (03 a 19) de 1987.

3.3.1. Teste de germinação

Conduzido com 4 repetições de 50 sementes para cada tratamento de cada lote, seguindo-se a metodologia descrita em 3.1.2, obtendo-se as porcentagens médias de plântulas normais para cada tratamento e lote.

3.3.2. Teste de germinação com pré-friagem

Adotou-se a metodologia descrita em 3.1.2, com 4 repetições de 50 sementes para cada tratamento e lote. A porcentagem média de plântulas normais foi obtida para cada tratamento e lote.

3.3.3. Teste de germinação sob estresse hídrico

Realizado com 4 repetições de 50 sementes de cada tratamento e cada lote, seguindo metodologia semelhante à descrita em 3.1.2 para o teste de germinação, sendo, porém, o substrato umedecido com solução de manitol de potencial osmótico igual a -3,0 atmosferas, simulando condição de estresse hídrico durante a germinação, conforme indicado por KAHN (1960), KHAN et alii (1976), BEWLEY & BLACK (1985) e BRADFORD (1986).

Para o cálculo da quantidade de manitol a ser usada no preparo da solução, utilizou-se a fórmula de van't Hoff:

$$\Psi_{\text{osm}} = -RTC$$

$$-3,0 \text{ atm} = -0,082 \times 293^{\circ}\text{K} \times C$$

$$C = 22,75 \text{ g/l}$$

A solução foi preparada no início de cada época experimental, misturando-se 22,75 g de manitol em um litro de água destilada, seguindo-se o mesmo procedimento descrito em 3.2.1.1.

A interpretação do teste foi feita computando-se a porcentagem média de plântulas normais para cada tratamento e lote.

3.3.4. Teste de germinação sob estresse salino

Utilizaram-se 4 repetições de 50 sementes de cada tratamento e lote, em teste de germinação conduzido de maneira semelhante à descrita em 3.1.2, estando o substrato umedecido com solução de cloreto de sódio (NaCl) 0,1 Molar, que de acordo com as observações de GRAY & STECKEL (1976), KHAN et alii (1976) e SCORER et alii (1985) simula condição de estresse salino na germinação de sementes de alface. Segundo SLAVIK (1974) essa concentração de NaCl é correspondente a um potencial osmótico de -4,39 atmosferas à temperatura de 20°C.

O preparo da solução em cada época de experimentação, foi realizado misturando-se 5,84 g de NaCl a 1 litro de água destilada no interior de balão volumétrico e homogeneizando-se manualmente.

O resultado de cada tratamento foi expresso em porcentagem média de plântulas normais.

3.3.5. Teste de germinação sob estresse térmico

Conduzido com 4 repetições de 50 sementes de cada tratamento e lote, seguindo a metodologia descrita em 3.1.2, sendo, porém, as sementes incubadas em uma câmara regulada a 30°C, em presença de luz e, portanto, submetendo-as a estresse térmico segundo as observações de BORTHWICK & ROBBINS (1928), REYNOLDS & THOMPSON (1971), BURDETT (1972a; b), GUEDES & CANTLIFFE (1977; 1980), GUEDES (1979), HEYDECKER (1980), KHAN (1980), CANTLIFFE *et alii* (1984), VALDES *et alii* (1985) e BRADFORD (1986).

As interpretações foram efetuadas aos 4 e 7 dias após a semeadura, tendo sido computadas as porcentagens médias de plântulas normais por tratamento e lote.

3.3.6. Determinação do grau de umidade

Foi realizada com uma amostra para cada tratamento e lote, de acordo com o procedimento descrito em 3.1.3. Os resultados foram expressos em porcentagem.

3.4. PROCEDIMENTO ESTATÍSTICO

O delineamento utilizado foi o inteiramente

casualizado, com 4 repetições, sendo as análises de variância realizadas separadamente para cada lote e cada teste. Todos os dados foram transformados em arco sen $\sqrt{\text{porcentagem}/100}$.

Os dados correspondentes à determinação do grau de umidade não foram analisados estatisticamente.

Na 1.^a época de experimentação foi realizada uma análise individual de variância, segundo esquema apresentado na Tabela 5, sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 5. Esquema da análise de variância dos dados obtidos nas determinações de laboratório na 1.^a época de experimentação.

Causas de Variação	Graus de liberdade
Tratamentos	12
Resíduo	39
Total	51

Foi também realizada uma análise conjunta dos dados referentes aos tratamentos que se repetiam em todas as épocas de experimentação, ou seja, excluindo-se os tratamentos em que se utilizou a secagem superficial, efetuada somente na 1.^a época. Essa análise foi realizada em parcelas subdivididas seguindo o esquema observado na Tabela 6. As mé-

dias foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 6. Esquema da análise conjunta de variância dos dados obtidos nas determinações de laboratório nas 5 épocas de experimentação.

Causas de variação	Graus de liberdade
Tratamentos	8
Resíduo (A)	27
(Parcelas)	(35)
Épocas	4
Épocas x Tratamentos	32
Resíduo (B)	108
Total	179

Nos casos onde a interação épocas x tratamentos foi significativa, foi realizado o desdobramento dos graus de liberdade para verificar os efeitos dos tratamentos dentro da época e de épocas dentro do tratamento.

A análise estatística foi realizada no Centro de Informática na Agricultura - CIAGRI, da USP, em Piracicaba-SP.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Apesar dos dados terem sido transformados para a execução das análises estatísticas, os resultados são apresentados através das médias dos dados originais, para maior facilidade de visualização e interpretação.

4.1. GRAU DE UMIDADE

Os dados referentes à determinação do grau de umidade das sementes não foram analisados estatisticamente; os resultados obtidos para os lotes A e B estão contidos nas Tabelas 7 e 8, respectivamente.

Observou-se que durante o condicionamento osmótico com solução de manitol as sementes atingiram graus de umidade próximos aos considerados por BRADFORD (1986) como necessários para o início da Fase III da germinação de sementes de alface, ou sejam, valores entre 60 e 70%. Em solução de PEG, as sementes atingiram graus de umidade mais baixos, embora o potencial osmótico da solução de manitol utilizada fosse mais negativo (-8,41 atmosferas) que a de PEG

Tabela 7. Grau de unidade: valores médios (%) obtidos para o lote A durante o período experimental. Piracicaba, 1987.

Tratamentos	Épocas				
	E ₁	E ₂	E ₃	E ₄	E ₅
Testemunha	11,8	9,9	7,5	8,0	7,7
MAN-4-sup	62,0	-	-	-	-
ar	18,7	10,2	8,0	7,7	7,2
est	10,0	9,7	7,8	8,4	7,4
7-sup	65,2	-	-	-	-
ar	14,3	10,3	7,2	8,3	7,6
est	8,8	9,3	7,2	8,3	7,4
PEG-4-sup	42,1	-	-	-	-
ar	13,4	9,8	7,7	8,0	7,2
est	11,0	9,9	7,4	7,6	7,2
7-sup	54,8	-	-	-	-
ar	12,6	9,3	7,6	7,8	7,6
est	9,5	9,9	7,7	8,0	7,4

Tabela 8. Grau de umidade: valores médios (%) obtidos para o lote B durante o período experimental. Piracicaba, 1987.

Tratamentos	Épocas				
	E ₁	E ₂	E ₃	E ₄	E ₅
Testemunha	12,5	8,7	9,1	6,2	7,4
MAN-4-sup	61,2	-	-	-	-
ar	12,1	9,3	9,0	6,1	7,2
est	8,3	8,0	8,3	6,7	7,2
7-sup	63,2	-	-	-	-
ar	12,7	8,0	8,8	6,3	7,0
est	8,2	8,1	8,9	6,0	7,2
PEG-4-sup	40,0	-	-	-	-
ar	12,0	9,0	9,5	6,6	7,4
est	7,2	8,1	8,9	6,3	7,2
7-sup	46,6	-	-	-	-
ar	12,2	8,2	8,1	6,7	7,1
est	7,3	8,5	8,2	5,9	7,0

(-7,94 atmosferas). Esses dados mostram que a velocidade de embebição depende não só do potencial osmótico da solução, mas também das propriedades desta como, por exemplo, sua viscosidade; assim, possivelmente, as sementes teriam que permanecer por mais tempo em contato com a solução de PEG para alcançar graus de umidade semelhantes aos atingidos na solução de manitol. Além disso, a velocidade de embebição depende da área de contato semente/solução, que era menor na solução de PEG, onde parte das sementes permaneceu sobrenadante e, portanto, com apenas uma de suas faces em contato com a solução.

Durante o período de condicionamento osmótico, observou-se germinação de algumas sementes na solução de manitol, fato considerado por HEYDECKER *et alii* (1975) como boa indicação de que a maior parte das sementes estava próxima à Fase III do processo de germinação e que confirmou as observações de BRADFORD (1986) quanto ao grau de umidade necessário para o início dessa fase.

Na solução de manitol as sementes já haviam atingido graus de umidade entre 60 e 70% após 4 dias de condicionamento osmótico. No entanto, segundo BEWLEY & BLACK (1983) a Fase II do processo de germinação de sementes de alfafa é longa e, como durante a sua ocorrência os acréscimos no grau de umidade são discretos, o período de contato semente/solução também se torna fator importante, para que as sementes se aproximem da Fase III do processo de germinação.

No lote A as sementes provenientes da secagem ao ar não atingiram os graus de umidade originais, mostrando que a secagem poderia ter sido prolongada além das 48 horas recomendadas por GUEDES (1979). Já no lote B o período foi suficiente, uma vez que os resultados alcançados foram semelhantes ao grau de umidade das sementes do tratamento testemunha. Como as sementes dos dois lotes apresentavam graus de umidade semelhantes antes do condicionamento e foram submetidas ao mesmo período de secagem, pode-se considerar que as condições de ambiente do laboratório durante a secagem, principalmente a umidade relativa do ar, interferiram nos resultados, já que durante a secagem do lote A (2º decêndio do mês de maio) a UR média era de 79,4% e do lote B (3º decêndio de maio) era igual a 74,1%, como se pode observar na Tabela 2.

O período de secagem dos lotes A e B em estufa foi excessivo, pois o objetivo primordial da secagem era o retorno ao teor de água original das sementes; observou-se, porém, que estas ficaram mais secas que a testemunha. GUEDES (1979) utilizou essa mesma metodologia (12 hs a 32°C) tendo, porém, trabalhado com sementes com grau de umidade ao redor de 6%, enquanto que as sementes dos lotes A e B, utilizadas neste trabalho, possuíam graus de umidade de 11,8 e 12,5%, respectivamente.

A partir da 2ª época de experimentação os valores de grau de umidade obtidos variaram principalmente com as condições ambientais do LAS/LAG nos momentos em que foram

feitas as suas determinações mas, em geral, apresentaram de crêscimos com o decorrer do armazenamento.

Em resumo, a determinação do grau de umidade permitiu observar que as sementes de alface condicionadas em solução de manitol alcançaram teor de água mais próximo àquele necessário para a emissão da raiz primária que as condicionadas em PEG; pode-se, assim, obter mais vantagens com o condicionamento osmótico mediante o uso de manitol, uma vez que as sementes germinariam mais rapidamente após a reidratação, ficando menos expostas às condições de estresse. Todavia, a resistência à desidratação decresce à medida que progride a embebição (BEWLEY & BLACK, 1983), podendo-se causar deterioração com a secagem destas sementes em estágio mais avançado da germinação.

4.2. GERMINAÇÃO

Os valores de F obtidos nas análises de variância dos lotes A e B são apresentados na Tabela 9. Verificam-se valores significativos, ao nível de 5% de probabilidade, para efeitos de tratamentos, em todos os testes efetuados com os dois lotes; por outro lado, os efeitos de épocas e da interação tratamentos x épocas não foram significativos apenas para o teste de germinação com pré-friagem com o lote A.

Tabela 9. Valores de F obtidos nas análises de variância dos dados referentes aos testes de germinação durante o período experimental, para os lotes A e B. Piracicaba, 1987.

Lote	Teste	Tratamento	Época	Tratamento x época
A	Germinação	10,21*	9,70*	2,90*
	1ª contagem teste germinação	13,28*	28,35*	2,45*
	Germinação + pré-friagem	13,29*	0,62ns	1,24ns
B	Germinação	13,32*	17,45*	3,73*
	1ª contagem teste germinação	14,50*	17,03*	6,81*
	Germinação + pré-friagem	16,55*	18,77*	1,99*

ns Não significativo

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

As médias obtidas para os efeitos de tratamentos, de épocas e da interação tratamentos x épocas e os coeficientes de variação dos dados de germinação dos lotes A e B encontram-se respectivamente nas Tabelas 10 e 11.

Comparando-se o resultado do tratamento testemunha do lote A (Tabela 10) com o apresentado para o mesmo lote na Tabela 1, verifica-se que a dormência primária que as sementes apresentavam por ocasião dos testes preliminares foi superada pelo armazenamento em condições normais de ambiente até a 1ª época de experimentação, ou seja, por um período de 4 meses. Esses resultados confirmaram as observações de BORTHWICK & ROBBINS (1928) e de THOMPSON (1936), segundo os quais a dormência primária de sementes de alface normalmente é superada durante o armazenamento por um período que, segundo POPINIGIS (1977) varia de 3 a 9 meses, de acordo com o cultivar.

No lote A observou-se tendência de melhor comportamento das sementes condicionadas em manitol em relação às aquelas tratadas com PEG. Dentre os tratamentos com manitol, o MAN-7-est apresentou as menores médias absolutas ao longo do período experimental. Quanto aos tratamentos com PEG, o PEG-7-ar mostrou melhor desempenho, com exceção da última época, onde houve redução da porcentagem de germinação possivelmente devido à presença de sementes dormentes; estas também foram observadas na 2ª época nos tratamentos testemunha, PEG-4-ar e PEG-4-est, e na 5ª época do tratamento PEG-4-est.

Tabela 10. Germinação: valores médios (%) obtidos para o lote A durante o período experimental. Piraicaba, 1987.

Tratamentos	Épocas					Médias
	E ₁	E ₂	E ₃	E ₄	E ₅	
Testemunha	96 ABa	81 CDb	96 ABa	89 Cab	96 ABa	93 BCD
MAN-4-sup	100 A	-	-	-	-	-
ar	95 ABa	97 Aa	99 Aa	99 Aa	99 Aa	99 A
est	98 Aa	98 Aa	98 ABa	99 Aa	97 ABa	98 A
7-sup	98 A	-	-	-	-	-
ar	97 ABa	96 ABa	98 ABa	97 ABCa	94 ABa	97 AB
est	96 ABa	93 ABCa	92 Ba	95 ABCa	89 BCa	93 BCD
PEG-4-sup	96 AB	-	-	-	-	-
ar	97 ABa	83 CDb	95 ABa	95 ABCa	96 ABa	94 BCD
est	95 ABa	79 Db	97 ABa	95 ABCa	81 Cb	91 CD
7-sup	83 B	-	-	-	-	-
ar	94 ABab	95 ABab	95 ABab	99 Aa	89 BCB	95 ABC
est	83 Ba	87 BCDA	90 Ba	91 BCa	93 ABCa	89 D
Médias	96 ab	91 c	97 a	96 ab	94 ab	
Coef. Variação (%) Tratamentos = 3,4					Coef. Variação (%) Épocas = 6,8	

Na mesma coluna, médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferiram entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Na mesma linha, médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferiram entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 11. Germinação: valores médios (%) obtidos para o lote B durante o período experimental. Piracicaba, 1987.

Tratamentos	Épocas					Médias
	E ₁	E ₂	E ₃	E ₄	E ₅	
Testemunha	98 Aa	95 Aa	95 ABa	95 ABa	96 ABa	96 AB
MAN-4-sup	97 A	-	-	-	-	-
ar	98 Aa	95 Aa	96 ABa	98 Aa	95 ABa	97 AB
est	99 Aa	98 Aab	97 Aab	98 Aab	92 ABb	98 A
7-sup	100 A	-	-	-	-	-
ar	97 Aa	96 Aab	88 Bbc	78 Cc	52 Cd	85 C
est	98 Aa	96 Aab	92 ABabc	92 ABCbc	87 Bc	95 AB
PEG-4-sup	98 A	-	-	-	-	-
ar	99 Aa	95 Abc	95 ABabc	89 Bcc	98 Aab	96 AB
est	97 Aa	95 Aa	94 ABa	91 ABCa	96 ABa	95 AB
7-sup	97 A	-	-	-	-	-
ar	97 Aa	95 Aa	92 ABa	91 ABCa	91 ABa	94 B
est	97 Aa	96 Aa	93 ABa	94 ABa	94 ABa	95 AB
Médias	98 a	96 b	94 bc	93 c	91 c	
Coef. Variação (%) Tratamentos = 3,0					Coef. Variação (%) Épocas = 6,7	

Na mesma coluna, médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferiram entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Na mesma linha, médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferiram entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

A dormência secundária deve ter sido induzida nessas sementes por alguma condição desfavorável após a sementeira, tal como iluminação deficiente ou substrato pouco úmido. Este fato provavelmente não teria ocorrido caso o condicionamento com PEG tivesse sido totalmente eficiente, uma vez que a indução dessa dormência se manifesta nas primeiras fases (I e II) do processo de germinação e as sementes já teriam ultrapassado esses estágios iniciais durante o condicionamento osmótico.

No lote B as diferenças entre os tratamentos só puderam ser observadas a partir da 3ª época de experimentação quando provavelmente iniciou-se a reversão do efeito do condicionamento no tratamento MAN-7-ar. Na 5ª época observou-se também reversão no tratamento MAN-7-est. Excetuando-se esses dois tratamentos, os demais apresentaram porcentagem de germinação semelhante à da testemunha.

Nesses tratamentos com manitol por 7 dias em que foi observada essa possível reversão, as sementes emitiram radícula durante o teste, mas originaram plântulas anormais. GUEDES (1979) encontrou resultado semelhante em sementes condicionadas por período muito longo.

Essas considerações revelam que o uso exclusivo da emergência da raiz primária como critério de germinação pode conduzir a informações imprecisas, já que a plântula pode não ter condições de se desenvolver normalmente. PRISCO & O'LEARY (1970) trabalhando com sementes de feijão, observaram esse fato e consideraram que o problema pode ser ainda mais

grave quando as sementes estão expostas a condições de estresse.

Comparando os 2 lotes, observou-se que no lote A o condicionamento osmótico com manitol por 4 dias melhorou o desempenho das sementes em relação à testemunha e PEG, sendo considerado como o melhor tratamento. Já no lote B, não houve diferença acentuada entre os tratamentos com condicionamento e a testemunha, com exceção daqueles em que houve reversão (MAN-7-ar e MAN-7-est).

A secagem das sementes por qualquer dos métodos utilizados provavelmente não foi prejudicial, uma vez que os resultados dos tratamentos com secagem ao ar e secagem em estufa foram semelhantes aos dos respectivos tratamentos com secagem superficial na 1ª época de experimentação. Em ambos os lotes não foi observada diferença estatisticamente significativa entre os resultados dos tratamentos de secagem ao ar e secagem em estufa nessa época, embora durante o período de experimentação fosse observada tendência de melhor comportamento das sementes do lote A secas ao ar em relação às secas em estufa.

Nos tratamentos com manitol por 7 dias no lote B, as sementes secas ao ar iniciaram antecipadamente o processo de deterioração, em relação aos demais tratamentos; isto pode ser explicado pelo longo tempo em que as sementes permaneceram com alto teor de água durante a secagem lenta, quando pode ter havido continuidade do processo de germinação, enquanto nas sementes secas em estufa o processo foi in-

terrompido logo após a retirada da solução. Essa hipótese também pode explicar o melhor comportamento das sementes do tratamento PEG-7-ar em relação às do PEG-7-sup no lote A.

Nas Tabelas 12 e 13 podem-se observar os valores obtidos para os efeitos de tratamentos, épocas, da interação tratamentos x épocas e os coeficientes de variação na primeira contagem do teste de germinação dos lotes A e B, respectivamente.

Sendo esse teste considerado como um teste de vigor (AOSA, 1983) e verificando que o tratamento testemunha do lote A apresentou resultados inferiores aos do mesmo tratamento no lote B, apesar de mostrarem porcentagem de germinação semelhantes aos 7 dias (Tabelas 10 e 11), pode-se considerar que as sementes do lote A apresentavam menor vigor que as do lote B.

A maior velocidade de germinação de sementes condicionadas foi considerada por HEYDECKER et alii (1975) como uma das principais vantagens do condicionamento osmótico; em vários trabalhos com sementes de alface foi verificada maior rapidez de germinação de sementes condicionadas (HEYDECKER et alii, 1975; KHAN et alii, 1978; KHAN et alii, 1980/81).

No lote A pode-se observar na Tabela 12, que as sementes condicionadas com manitol por 4 dias tenderam a apresentar maior rapidez de germinação que a testemunha e que as condicionadas com PEG, mostrando a superioridade desse primeiro método de condicionamento em relação àquele com PEG.

Tabela 12. Primeira contagem do teste de germinação: valores médios (%) obtidos para o lote A durante o período experimental. Piracicaba, 1987.

Tratamentos	Épocas					Médias
	E ₁	E ₂	E ₃	E ₄	E ₅	
Testemunha	72 BCDc	74 BCbc	94 ABa	83 Cbc	88 ABCab	84 BCD
MAN-4-sup	93 A	-	-	-	-	-
ar	80 ABCD ^b	96 Aa	98 Aa	96 ABa	97 Aa	95 A
est	84 ABC ^b	97 Aa	96 ABa	98 Aa	95 ABab	95 A
7-sup	92 A	-	-	-	-	-
ar	89 ABa	89 ABa	94 ABa	91 ABCa	91 ABa	91 AB
est	92 Aa	88 ABCa	90 ABa	89 ABCa	87 ABCa	89 ABC
PEG-4-sup	88 AB	-	-	-	-	-
ar	61 D ^b	82 BCa	91 ABa	91 ABCa	93 ABa	86 BCD
est	66 CDc	72 Cbc	92 ABa	86 BCab	72 Cbc	79 D
7-sup	73 BCD	-	-	-	-	-
ar	82 ABCa	84 ABCa	93 ABa	89 ABCa	86 BCa	88 BC
est	71 BCD ^b	80 BCab	84 Bab	88 BCa	83 BCab	82 CD
Médias	78 d	86 c	94 a	92 ab	89 bc	
Coef. Variação (%) Tratamentos = 4,1					Coef. Variação (%) Épocas = 8,3	

Na mesma coluna, médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferiram entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Na mesma linha, médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferiram entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Já no lote B (Tabela 13), não foi observada diferença acentuada entre os tratamentos ao longo do período experimental, com exceção daqueles com manitol por 7 dias, devido, provavelmente, à reversão dos efeitos do condicionamento osmótico.

A menor velocidade de germinação, devida à essa possível reversão, pode ser observada desde a 2ª época de experimentação no tratamento MAN-7-ar, enquanto que na porcentagem de germinação só foi evidenciada a partir da 3ª época (Tabela 11). Conforme a AOSA (1983), essa diferença é explicada por serem os testes de vigor mais eficientes na detecção dos estágios iniciais do processo de deterioração das sementes que o teste de germinação.

Observou-se também que o condicionamento osmótico trouxe vantagem quanto à velocidade de germinação apenas ao lote de menor vigor. Esses dados comprovam as observações de que lotes com qualidade fisiológica diferente respondem diferentemente ao condicionamento osmótico, feitas por HEYDECKER et alii (1975), HEYDECKER & COOLBEAR (1977), GUEDES & CANTLIFFE (1979), BODSWORTH & BEWLEY (1981) e CANTLIFFE (1981) e ressaltaram a importância de se relacionar as vantagens do condicionamento osmótico à qualidade fisiológica das sementes. Melhores resultados em sementes de médio vigor em relação às de alto vigor também foram constatados por PAN & BASU (1985) em pesquisas com tratamentos de hidratação/secagem com sementes de alface.

Tabela 13. Primeira contagem do teste de germinação: valores médios (%) obtidos para o lote B durante o período experimental. Piracicaba, 1987.

Tratamentos	Épocas					Médias
	E ₁	E ₂	E ₃	E ₄	E ₅	
Testemunha	94 Aa	94 ABa	91 ABa	94 Aa	96 Aa	94 A
MAN-4-sup	93 A	-	-	-	-	-
ar	91 Aa	94 ABa	91 ABa	94 Aa	92 Aa	93 A
est	95 Aa	96 Aa	95 Aa	95 Aa	91 ABa	95 A
7-sup	97 A	-	-	-	-	-
ar	96 Aa	89 ABab	84 Bb	65 Cc	41 Cd	77 B
est	94 Aa	95 Aa	88 ABab	90 Aab	78 Bb	91 A
PEG-4-sup	96 A	-	-	-	-	-
ar	95 Aa	88 ABab	91 ABa	82 ABb	96 Aa	91 A
est	93 Aa	93 ABa	93 ABa	84 ABb	91 ABa	91 A
7-sup	96 A	-	-	-	-	-
ar	96 Aa	92 ABa	87 ABa	86 ABa	88 ABa	90 A
est	93 Aa	95 ABa	85 ABa	90 Aa	91 ABa	91 A
Médias	95 a	93 ab	90 bc	89 bc	86 c	
Coef. Variação (%) Tratamentos = 3,3					Coef. Variação (%) Épocas = 7,2	

Na mesma coluna, médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferiram entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Na mesma linha, médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferiram entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

No lote A a secagem ao ar e a secagem em estufa das sementes condicionadas por 4 dias em manitol e em PEG, reduziram os valores absolutos de velocidade de germinação em relação à secagem superficial, apesar de não ter havido diferença estatística entre os tratamentos com manitol. No lote B não foi observada redução da velocidade de germinação devida à secagem das sementes.

Tais efeitos não foram observados no teste de germinação, podendo-se considerar que a interferência da secagem foi maior na determinação do vigor que na germinação das sementes, já que esse primeiro teste é mais sensível que o de germinação (AOSA, 1983), e que seus efeitos dependem da qualidade fisiológica das sementes.

As médias das porcentagens de germinação no teste de germinação com pré-friagem referentes aos efeitos de tratamentos, épocas, da interação tratamentos x épocas e os coeficientes de variação para os lotes A e B encontram-se, respectivamente, nas Tabelas 14 e 15.

Para o lote A, os efeitos da interação tratamento x épocas não foram significativos. Assim, na Tabela 14, além das médias referentes aos efeitos dos tratamentos na 1ª época, para a qual foi realizada uma análise estatística individual, acham-se as médias para os efeitos gerais de tratamentos e de épocas.

Comparando os resultados das Tabelas 14 e 15 com aqueles apresentados para o teste de germinação (Tabelas 10 e 11), verificou-se serem eles semelhantes dentro de cada

Tabela 14. Germinação + pré-friagem: valores médios (%) obtidos para o lote A durante o período experimental. Piracicaba, 1987.

Tratamentos	Épocas					Médias
	E ₁	E ₂	E ₃	E ₄	E ₅	
Testemunha	98 A	99	98	98	98	98 AB
MAN-4-sup	98 A	-	-	-	-	-
ar	99 A	98	98	98	99	99 A
est	98 A	97	97	100	96	98 AB
7-sup	96 A	-	-	-	-	-
ar	94 A	96	95	97	97	95 CD
est	94 A	93	92	93	89	93 D
PEG-4-sup	99 A	-	-	-	-	-
ar	98 A	99	99	100	97	99 A
est	99 A	99	97	96	98	98 AB
7-sup	96 A	-	-	-	-	-
ar	98 A	95	99	100	99	99 A
est	97 A	97	98	96	95	97 BC
Médias	98 a	98 a	98 a	98 a	97 a	
Coef. Variação (%) Tratamentos = 2,3			Coef. Variação (%) Épocas = 6,4			

Na mesma coluna, médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferiram entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Na mesma linha, médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferiram entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 15. Germinação + pré-friagem: valores médios (%) obtidos para o lote B durante o período experimental. Piracicaba, 1987.

Tratamentos	Épocas					Médias
	E ₁	E ₂	E ₃	E ₄	E ₅	
Testemunha	96 Ba	97 ABa	98 ABa	96 ABCa	99 Aa	98 AB
MAN-4-sup	99 AB	-	-	-	-	-
ar	99 ABa	97 ABa	98 ABa	97 ABa	98 ABa	99 A
est	98 ABab	100 Aa	96 ABb	96 ABCb	94 BCb	97 AB
7-sup	98 AB	-	-	-	-	-
ar	98 ABa	96 ABab	91 Bbc	86 Cbc	76 Dc	92 CD
est	98 ABa	92 Bab	92 Bab	88 BCb	78 CDb	91 D
PEG-4-sup	99 AB	-	-	-	-	-
ar	100 Aa	98 ABa	99 Aa	98 Aa	97 ABa	99 A
est	100 Aa	98 ABab	96 ABab	98 Aab	95 ABb	98 AB
7-sup	97 AB	-	-	-	-	-
ar	100 Aa	97 Aab	97 ABab	95 ABCb	95 ABb	98 A
est	98 ABa	97 ABab	95 ABab	95 ABCab	91 BCb	96 BC
Médias	99 a	98 b	96 bc	95 cd	94 d	
Coef. Variação (%) Tratamentos = 2,5					Coef. Variação (%) Épocas = 6,1	

Na mesma coluna, médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferiram entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Na mesma linha, médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferiram entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

lote, demonstrando que não houve indução de dormência secundária durante o condicionamento osmótico. Esses resultados confirmam também que a dormência primária das sementes do lote A já havia sido superada.

Observou-se que os tratamentos com manitol por 7 dias em ambos os lotes apresentaram as menores médias; esses resultados sugerem a possibilidade das sementes desses tratamentos terem iniciado o processo de deterioração anteriormente aos demais.

Assim, o condicionamento osmótico de sementes de alface em solução de manitol 0,35 Molar (equivalente a -8,41 atmosferas) deve ser feito por período de tempo inferior a 7 dias para que haja maior segurança quanto aos resultados e as sementes possam ser armazenadas por maior período de tempo sem que o processo de deterioração seja excessivamente drástico.

No lote A observou-se que nos tratamentos com PEG-4-ar, PEG-4-est e PEG-7-ar, as sementes mostraram o mesmo comportamento ao longo do período experimental, sugerindo que os resultados mais baixos encontrados em algumas épocas nos testes de germinação (Tabela 10) e primeira contagem do teste de germinação (Tabela 12) foram devidas, provavelmente, à indução de dormência secundária nas sementes durante sua reidratação.

Nesse teste não foi observada interferência do processo de secagem das sementes por qualquer dos métodos utilizados sobre a germinação de sementes de ambos os lotes.

Os dois lotes apresentaram comportamento semelhante, não havendo diferença significativa entre os tratamentos com condicionamento osmótico e a testemunha e entre aqueles condicionados com manitol e com PEG, com exceção daquele com manitol por 7 dias, onde houve reversão.

Em resumo, o condicionamento osmótico com manitol por 4 dias beneficiou a porcentagem e a velocidade de germinação no lote A e mostrou-se de maneira geral, o melhor tratamento; o condicionamento osmótico com manitol pelo período de 7 dias foi excessivo, acelerando o processo de deterioração das sementes e o condicionamento com PEG não se mostrou totalmente eficiente. Quanto à secagem, houve redução na velocidade de germinação das sementes de menor vigor não prejudicando, porém, a porcentagem de germinação.

4.3. TESTES DE ESTRESSE

Os valores de F obtidos nas análises de variância dos dados referentes aos testes de estresse dos lotes A e B são apresentados na Tabela 16. Os efeitos de tratamentos, de épocas e da interação tratamentos x épocas proporcionaram valores de F significativos, ao nível de 5% de probabilidade, em todos os testes e em ambos os lotes.

Tabela 16. Valores de F obtidos nas análises de variância dos dados referentes aos testes de estresse durante o período experimental, para os lotes A e B. Piracicaba, 1987.

Lote	Teste	Tratamento	Época	Tratamento x época
A	Estresse hídrico	65,67*	9,20*	2,25*
	Estresse salino	39,78*	8,10*	2,98*
	Estresse térmico	93,92*	58,27*	3,35*
B	Estresse hídrico	13,97*	24,78*	4,61*
	Estresse salino	39,11*	64,65*	4,25*
	Estresse térmico	67,89*	18,16*	2,50*

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

4.3.1. Estresse hídrico

Os resultados referentes à germinação sob estresse hídrico, dos lotes A e B, encontram-se nas Tabelas 17 e 18, respectivamente.

Pode-se observar a redução da germinação das sementes do tratamento testemunha (comparadas aos valores apresentados nas Tabelas 10 e 11) provocada pela redução do potencial hídrico no substrato, fato amplamente relatado na literatura para sementes de alface (KAHN, 1960; POLLOCK & MANALO, 1971; BEWLEY & BLACK, 1982; MAYER & POLJAKOFF - MAYBER, 1982; BEWLEY & BLACK, 1985).

Comparando os dois lotes, observou-se que apesar da porcentagem de germinação preliminar ser semelhante (Tabelas 10 e 11), as sementes do tratamento testemunha do lote B mostraram melhor desempenho sob estresse hídrico que as do lote A, confirmando o melhor vigor do lote B. POLLOCK & MANALO (1971) também encontraram diferenças de sensibilidade ao estresse hídrico de lotes de sementes de alface com germinação semelhante.

No lote A (Tabela 17) todos os tratamentos pós condicionamento apresentaram melhor comportamento que a tes temunha, inclusive o tratamento com PEG-7-est (em valores abso lutos). Dentre as duas soluções utilizadas, o condicionamen to osmótico com manitol provocou melhor desempenho das semen tes sob condições de estresse hídrico, em relação ao uso de PEG; não se observaram diferenças estatísticas entre os tra-

Tabela 17. Estresse hídrico: valores médios de germinação (%) obtidos para o lote A durante o período experimental. Piracicaba, 1987.

Tratamentos	Épocas					Médias
	E ₁	E ₂	E ₃	E ₄	E ₅	
Testemunha	26 Ca	26 Da	17 Da	23 Da	25 Ca	24 E
MAN-4-sup	77 A	-	-	-	-	-
ar	58 ABb	80 Aa	60 ABCb	68 ABab	67 Aab	67 B
est	66 ABab	82 Aa	55 ABCb	65 ABab	68 Aab	68 AB
7-sup	65 AB	-	-	-	-	-
ar	82 Aa	85 Aa	63 ABb	74 Aab	77 Aab	76 A
est	76 Aa	78 ABa	72 Aa	66 ABa	70 Aa	74 AB
PEG-4-sup	60 AB	-	-	-	-	-
ar	47 BCa	46 CDa	45 BCa	47 BCDA	60 ABa	49 C
est	55 ABCa	65 ABCa	56 ABCa	52 ABCa	56 ABa	57 C
7-sup	44 BC	-	-	-	-	-
ar	40 BCa	48 CDa	45 BCa	47 BCDA	54 ABa	46 CD
est	27 Cb	56 BCa	36 CDab	31 CDb	36 BCab	36 DE
Médias	57 ab	64 a	50 b	52 b	57 ab	
Coef. Variação (%) Tratamentos = 5,2			Coef. Variação (%) Épocas = 13,8			

Na mesma coluna, médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferiram entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Na mesma linha, médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferiram entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

tamentos com manitol por períodos de 4 e 7 dias.

No lote B (Tabela 18) a diferença de comportamento entre as sementes condicionadas e a testemunha foi inferior à observada no lote A; porém, as sementes condicionadas com manitol por 4 e 7 dias e com PEG por 4 dias mostraram, de modo geral, melhor desempenho que as condicionadas com PEG-7-est e a testemunha.

Observou-se reversão dos efeitos do condicionamento osmótico nos tratamentos com manitol por 7 dias, no lote B (já comentado anteriormente), a partir da 2ª época de experimentação no tratamento MAN-7-ar e na última época no MAN-7-est.

No lote A observou-se tendência de redução das vantagens do condicionamento osmótico sobre a dormência imposta pelo estresse hídrico a partir da 3ª época, com exceção dos tratamentos PEG-4-ar e PEG-7-ar; apesar disso, até a 5ª época de experimentação todos os tratamentos condicionados superaram a testemunha em valores absolutos.

No lote B, tal tendência não foi uniforme para todos os tratamentos, embora tenha sido possível observar que em todos eles houve redução da germinação ao longo do período experimental.

De maneira geral, o condicionamento osmótico das sementes melhorou o seu desempenho no teste, principalmente no lote A, de menor vigor, como observado por HEYDECKER & COOLBEAR (1977). Porém, não foi suficiente para a recuperação total do efeito do estresse hídrico. KHAN et alii (1976)

Tabela 18. Estresse hídrico: valores médios de germinação (%) obtidos para o lote B durante o período experimental. Piracicaba, 1987.

Tratamentos	Épocas					Médias
	E ₁	E ₂	E ₃	E ₄	E ₅	
Testemunha	45 Cc	83 Aa	70 ABCab	51 BCbc	53 BCbc	61 D
MAN-4-sup	92 A	-	-	-	-	-
ar	88 ABa	75 Aab	81 ABab	71 ABCab	66 ABCb	78 AB
est	92 Aa	88 Aa	86 Aa	88 Aa	80 Aa	87 A
7-sup	91 A	-	-	-	-	-
ar	97 Aa	91 Aab	80 ABb	75 ABCb	46 Cc	81 AB
est	72 Ba	87 Aa	80 ABa	87 Aa	74 ABCa	81 AB
PEG-4-sup	87 AB	-	-	-	-	-
ar	91 Aa	74 Aa	76 ABa	78 ABa	79 ABa	79 AB
est	92 Aa	90 Aa	69 ABCb	69 ABCb	80 Aab	81 AB
7-sup	84 AB	-	-	-	-	-
ar	86 ABa	87 Aa	56 BCb	49 Cb	52 BCb	68 BCD
est	84 ABa	75 Aab	44 Cc	52 BCbc	55 ABCbc	63 D
Médias	85 a	84 a	71 b	70 b	66 b	
Coef. Variação (%) Tratamentos = 5,4					Coef. Variação (%) Épocas = 12,6	

Na mesma coluna, médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferiram entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Na mesma linha, médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferiram entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

também fizeram essa observação e sugeriram que o condicionamento osmótico deveria ser suplementado com a adição de hormônios à solução osmótica. Tal sugestão partiu da conclusão de que as sementes de alface podem ser induzidas a um estado de dormência secundária pelo estresse hídrico (KHAN et alii, 1976; KHAN, 1980; HEGARTY & ROSS, 1980/81; BEWLEY & BLACK, 1982, 1985), o que também foi observado neste trabalho.

No lote A observou-se redução da porcentagem de germinação das sementes dos tratamentos com manitol e com PEG por 4 dias logo após o condicionamento osmótico, que foi mais acentuada nos tratamentos com secagem ao ar. A secagem também reduziu consideravelmente a porcentagem de germinação no tratamento PEG-7-est, embora tenha trazido benefícios nos tratamentos com manitol por 7 dias.

No lote B só foi observada perda significativa dos efeitos do condicionamento osmótico imediatamente após a secagem em estufa de sementes tratadas com manitol por 7 dias.

Em resumo o condicionamento osmótico trouxe vantagens com relação à germinação de sementes expostas a estresse hídrico, mais pronunciadas no lote de menor vigor. Entre os métodos de condicionamento utilizados, as sementes tratadas com manitol por 4 dias apresentaram de modo geral, melhor comportamento.

4.3.2. Estresse salino

As porcentagens de germinação nos testes de estresse salino dos lotes A e B estão contidas nas Tabelas 19 e 20, respectivamente.

Observou-se que a salinidade afetou a germinação das sementes do tratamento testemunha, reduzindo-a consideravelmente em relação à germinação padrão (Tabelas 10 e 11). Resultados semelhantes com sementes de alface foram relatados por GRAY & STECKEL (1976), KHAN *et alii* (1976), KHAN (1980) e SCORER *et alii* (1985).

Pode-se verificar que as sementes do tratamento testemunha do lote B alcançaram maior porcentagem de germinação sob condições de estresse salino no substrato que as sementes do lote A, comprovando o melhor vigor do lote B.

Comparando os resultados desse teste com os do teste de estresse hídrico apresentados nas Tabelas 17 e 18, observa-se que o estresse salino provocou maior redução na porcentagem de germinação, devido ao potencial mais negativo da solução salina utilizada (-4,39 atmosferas) em relação ao da solução osmótica utilizada no teste de estresse hídrico (-3,0 atmosferas), como observado por HADAS (1977), MAYER & POLJAKOFF-MAYBER (1982), BEWLEY & BLACK (1983) e YOUNG *et alii* (1983).

Não pode ser verificado no presente trabalho, entretanto, se a redução da porcentagem de germinação sob estresse salino foi devida apenas ao efeito osmótico ou se

Tabela 17. Estresse hídrico: valores médios de germinação (%) obtidos para o lote A durante o período experimental. Piracicaba, 1987.

Tratamentos	Épocas					Médias
	E ₁	E ₂	E ₃	E ₄	E ₅	
Testemunha	26 Ca	26 Da	17 Da	23 Da	25 Ca	24 E
MAN-4-sup	77 A	-	-	-	-	-
ar	58 ABb	80 Aa	60 ABCb	68 ABab	67 Aab	67 B
est	66 ABab	82 Aa	55 ABCb	65 ABab	68 Aab	68 AB
7-sup	65 AB	-	-	-	-	-
ar	82 Aa	85 Aa	63 ABb	74 Aab	77 Aab	76 A
est	76 Aa	78 ABa	72 Aa	66 ABa	70 Aa	74 AB
PEG-4-sup	60 AB	-	-	-	-	-
ar	47 BCa	46 CDa	45 BCa	47 BCDA	60 ABa	49 C
est	55 ABCa	65 ABCa	56 ABCa	52 ABCa	56 ABa	57 C
7-sup	44 BC	-	-	-	-	-
ar	40 BCa	48 CDa	45 BCa	47 BCDA	54 ABa	46 CD
est	27 Cb	56 BCa	36 CDab	31 CDb	36 BCab	36 DE
Médias	57 ab	64 a	50 b	52 b	57 ab	
Coef. Variação (%) Tratamentos = 5,2			Coef. Variação (%) Épocas = 13,8			

Na mesma coluna, médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferiram entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Na mesma linha, médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferiram entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 18. Estresse hídrico: valores médios de germinação (%) obtidos para o lote B durante o período experimental. Piracicaba, 1987.

Tratamentos	Épocas					Médias
	E ₁	E ₂	E ₃	E ₄	E ₅	
Testemunha	45 Cc	83 Aa	70 ABCab	51 BCbc	53 BCbc	61 D
MAN-4-sup	92 A	-	-	-	-	-
ar	88 ABa	75 Aab	81 ABab	71 ABCab	66 ABCb	78 AB
est	92 Aa	88 Aa	86 Aa	88 Aa	80 Aa	87 A
7-sup	91 A	-	-	-	-	-
ar	97 Aa	91 Aab	80 ABb	75 ABCb	46 Cc	81 AB
est	72 Ba	87 Aa	80 ABa	87 Aa	74 ABCa	81 AB
PEG-4-sup	87 AB	-	-	-	-	-
ar	91 Aa	74 Aa	76 ABa	78 ABa	79 ABa	79 AB
est	92 Aa	90 Aa	69 ABCb	69 ABCb	80 Aab	81 AB
7-sup	84 AB	-	-	-	-	-
ar	86 ABa	87 Aa	56 BCb	49 Cb	52 BCb	68 BCD
est	84 ABa	75 Aab	44 Cc	52 BCbc	55 ABCbc	63 D
Médias	85 a	84 a	71 b	70 b	66 b	
Coef. Variação (%) Tratamentos = 5,4					Coef. Variação (%) Épocas = 12,6	

Na mesma coluna, médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferiram entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Na mesma linha, médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferiram entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 19. Estresse salino: valores médios de germinação (%) obtidos para o lote A durante o período experimental. Piracicaba, 1987.

Tratamentos	Épocas					Médias
	E ₁	E ₂	E ₃	E ₄	E ₅	
Testemunha	19 CDEa	13 Da	18 Ba	9 Da	11 BCa	13 D
MAN-4-sup	48 AB	-	-	-	-	-
ar	28 ABCDb	50 ABa	41 AaB	54 Aa	23 ABb	38 AB
est	57 Aa	58 Aa	32 ABb	43 ABab	30 ABb	44 A
7-sup	25 BCD	-	-	-	-	-
ar	38 ABCbc	59 Aab	54 Aab	61 Aa	45 Aabc	51 A
est	22 BCDEa	38 ABCa	36 ABa	29 BCa	26 ABa	29 BC
PEG-4-sup	36 ABCD	-	-	-	-	-
ar	12 DEa	12 Da	24 ABa	18 CDa	16 BCa	15 D
est	31 ABCDa	22 CDa	34 ABa	25 BCDA	21 Ba	26 C
7-sup	17 CDE	-	-	-	-	-
ar	16 CDEa	17 CDa	24 ABa	29 BCa	18 BCa	20 CD
est	6 Ec	28 BCDA	25 ABab	11 CDbc	5 Cc	12 D
Médias	23 bc	31 a	31 a	29 ab	20 c	
Coef. Variação (%) Tratamentos = 8,9					Coef. Variação (%) Épocas = 21,3	

Na mesma coluna, médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferiram entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Na mesma linha, médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferiram entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 19. Estresse salino: valores médios de germinação (%) obtidos para o lote A durante o período experimental. Piracicaba, 1987.

Tratamentos	Épocas					Médias
	E ₁	E ₂	E ₃	E ₄	E ₅	
Testemunha	19 CDEa	13 Da	18 Ba	9 Da	11 BCa	13 D
MAN-4-sup	48 AB	-	-	-	-	-
ar	28 ABCDb	50 ABa	41 Aa ₁	54 Aa	23 ABb	38 AB
est	57 Aa	58 Aa	32 ABb	43 ABab	30 ABb	44 A
7-sup	25 BCD	-	-	-	-	-
ar	38 ABCbc	59 Aab	54 Aab	61 Aa	45 Aabc	51 A
est	22 BCDEa	38 ABCa	36 ABa	29 BCa	26 ABa	29 BC
PEG-4-sup	36 ABCD	-	-	-	-	-
ar	12 DEa	12 Da	24 ABa	18 CDa	16 BCa	15 D
est	31 ABCDa	22 CDa	34 ABa	25 BCDA	21 Ba	26 C
7-sup	17 CDE	-	-	-	-	-
ar	16 CDEa	17 CDa	24 ABa	29 BCa	18 BCa	20 CD
est	6 Ec	28 BCDA	25 ABab	11 CD _{bc}	5 Cc	12 D
Médias	23 bc	31 a	31 a	29 ab	20 c	
Coef. Variação (%) Tratamentos = 8,9					Coef. Variação (%) Épocas = 21,3	

Na mesma coluna, médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferiram entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Na mesma linha, médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferiram entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 20. Estresse salino: valores médios de germinação (%) obtidos para o lote B durante o período experimental. Piracicaba, 1987.

Tratamentos	Épocas					Médias
	E ₁	E ₂	E ₃	E ₄	E ₅	
Testemunha	17 Ea	18 Ca	33 DEa	30 Ba	16 Ba	23 D
MAN-4-sup	77 A	-	-	-	-	-
ar	28 Ebc	49 Bab	55 CDa	30 Bbc	17 ABC	35 C
est	66 ABb	81 Aab	87 Aa	58 Ab	28 ABC	66 A
7-sup	77 A	-	-	-	-	-
ar	60 ABCa	69 ABa	70 ABCa	64 Aa	24 ABb	57 AB
est	18 Ec	81 Aa	81 ABa	61 Aa	39 Ac	56 AB
PEG-4-sup	65 AB	-	-	-	-	-
ar	35 CDEb	59 ABa	30 Eb	33 Bb	17 ABb	34 C
est	39 BCDEb	65 ABa	52 CDa	42 ABab	28 ABb	46 B
7-sup	33 CDE	-	-	-	-	-
ar	58 ABCDa	65 ABa	59 BCa	37 ABab	28 ABb	51 B
est	27 DEab	52 Ba	31 DEab	24 Bb	14 Bb	31 C
Médias	37 c	60 a	58 a	43 b	23 d	
Coef. Variação (%) Tratamentos = 7,1					Coef. Variação (%) Épocas = 16,3	

Na mesma coluna, médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferiram entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Na mesma linha, médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferiram entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

também houve efeito tóxico sobre as sementes. EL-SHARKAWI & SPRINGUEL (1979) consideraram que o limite entre o efeito osmótico e o efeito tóxico de um determinado sal não é perfeitamente definido e que as dificuldades para a separação de tais efeitos são razões para as grandes discrepâncias de resultados encontrados na literatura.

Utilizou-se solução de potencial osmótico de -4,39 atmosferas e ainda foi observada germinação das sementes do tratamento testemunha, embora GRAY & STECKEL (1976) tenham relatado que, em soluções de nitrato de amônia de potenciais iguais ou inferiores a -4,0 atmosferas, ocorria total inibição da emergência da radícula de sementes de alface. Pode-se considerar, então, que a redução da germinação em condições de estresse salino depende do sal utilizado, do potencial hídrico da solução e da qualidade fisiológica das sementes.

Os resultados obtidos mostraram também que o efeito do estresse salino é mais acentuado nas primeiras fases (I e II) do processo germinativo e que os eventos a seguir (Fase III) são menos sensíveis, já que houve desenvolvimento normal de plântulas no tratamento testemunha dos dois lotes. Observações semelhantes foram feitas por SCORER et alii (1985) em sementes de alface submetidas a estresse salino provocado por solução de cloreto de sódio.

A redução da porcentagem de germinação foi provocada, provavelmente, pela indução de dormência secundária nas sementes durante a reidratação na solução salina.

No lote A (Tabela 19) o condicionamento osmótico com manitol trouxe benefícios às sementes, superando os efeitos do estresse salino. Dentre os tratamentos com essa solução, o MAN-7-est apresentou as menores médias. Os tratamentos com PEG apresentaram médias de germinação inferiores às aquelas alcançadas com manitol e semelhantes à da testemunha, não tendo sido o condicionamento osmótico com essa solução efetivo na superação do estresse salino, embora a média geral do tratamento PEG-4-est tenha sido estatisticamente superior à da testemunha.

No lote B (Tabela 20) os tratamentos com manitol também mostraram tendência de melhor comportamento que aqueles condicionados com PEG, embora todos os tratamentos com condicionamento tivessem obtido média geral significativamente superior à da testemunha. Dentre os tratamentos com manitol, o MAN-4-ar apresentou as menores médias ao longo do período experimental, obtendo-se média geral significativamente inferior às demais.

Na última época de experimentação os resultados da testemunha e dos tratamentos com condicionamento no lote A foram semelhantes, sendo que o único que a superou estatisticamente foi o MAN-7-ar. No lote B, observou-se redução dos efeitos do condicionamento com manitol a partir da 4ª época enquanto que com PEG foi observada a partir da 3ª época.

Em ambos os lotes, o condicionamento osmótico não foi totalmente efetivo na superação do efeito do es-

três salino sugerindo que, em trabalhos posteriores, poderiam ser avaliadas as recomendações de KHAN *et alii* (1976) e KHAN (1980), adicionando-se hormônios promotores de germinação à solução osmótica.

No lote A observou-se que a secagem ao ar reduziu a germinação das sementes nos tratamentos com manitol e PEG por 4 dias e que a secagem em estufa provocou redução na germinação nos tratamentos com PEG por 7 dias. No lote B houve redução em todos os tratamentos com secagem, com exceção do PEG-7-ar.

Em resumo, o condicionamento osmótico das sementes melhorou o seu desempenho em condições de estresse salino, principalmente quando realizado com solução de manitol.

4.3.3. Estresse térmico

Nas Tabelas 21 e 22 estão contidos os resultados obtidos para efeitos de tratamentos, épocas, da interação tratamentos x épocas e os coeficientes de variação nos testes de estresse térmico dos lotes A e B, respectivamente.

A temperatura supraótima (30°C) provavelmente induziu dormência secundária nas sementes de alface, como relatado por BORTHWICK & ROBBINS (1928), REYNOLDS & THOMPSON (1971), BURDETT (1972a,b), GUEDES & CANTLIFFE (1977), GUEDES (1979), GUEDES & CANTLIFFE (1980), HEYDECKER (1980), KHAN (1980), CANTLIFFE *et alii* (1984), VALDES *et alii* (1985) e BRADFORD (1986).

Tabela 21. Estresse térmico: valores médios de germinação (%) obtidos para o lote A durante o período experimental. Piracicaba, 1987.

Tratamentos	Épocas					Médias
	E ₁	E ₂	E ₃	E ₄	E ₅	
Testemunha	1 Da	3 Da	2 Ca	2 Ea	3 Fa	2 E
MAN-4-sup	13 BC	-	-	-	-	-
ar	8 Cc	20 ABb	43 Aa	47 ABa	47 ABa	29 B
est	8 Cc	18 ABCb	37 Aa	34 BCa	43 ABCa	25 B
7-sup	33 A	-	-	-	-	-
ar	28 ABb	36 Ab	55 Aa	58 Aa	62 Aa	47 A
est	13 BCb	27 Aa	43 Aa	44 ABa	39 BCa	32 B
PEG-4-sup	9 C	-	-	-	-	-
ar	5 CDb	5 CDb	15 Bab	19 CDa	29 BCda	13 CD
est	5 Cdc	7 BCDbc	17 Bab	21 CDa	16 DEabc	12 CD
7-sup	10 C	-	-	-	-	-
ar	13 BCab	6 CDb	16 Bab	16 CDa	24 CDEa	14 C
est	8 Ca	7 BCda	9 BCa	11 Da	10 Efa	8 D
Médias	7 c	12 b	23 a	25 a	27 a	
Coef. Variação (%) Tratamentos = 9,1			Coef. Variação (%) Épocas = 21,9			

Na mesma coluna, médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferiram entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Na mesma linha, médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferiram entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 22. Estresse térmico: valores médios de germinação (%) obtidos para o lote B durante o período experimental. Piracicaba, 1987.

Tratamentos	Épocas					Médias
	E ₁	E ₂	E ₃	E ₄	E ₅	
Testemunha	7 Ea	12 Ba	12 Ba	12 Ca	8 Da	9 F
MAN-4-sup	72 AB	-	-	-	-	-
ar	52 ABCa	55 Aa	48 Aa	59 Aa	48 ABa	52 BCD
est	72 Aa	78 Aa	74 Aa	70 Aa	67 Aa	68 A
7-sup	72 AB	-	-	-	-	-
ar	73 Aa	66 Aa	63 Aa	61 Aa	18 CDb	56 ABC
est	51 ABCbc	78 Aa	71 Aab	69 Aab	39 ABCC	62 AB
PEG-4-sup	71 AB	-	-	-	-	-
ar	47 BCab	62 Aa	59 Aa	53 Aa	37 BCb	52 BCD
est	37 CDab	53 Aa	51 Aa	48 ABa	20 CDb	41 D
7-sup	29 CD	-	-	-	-	-
ar	45 Cbc	69 Aa	54 Aab	50 Aab	24 BCDc	48 CD
est	20 DEa	16 Ba	20 Ba	21 BCa	20 CDa	18 E
Médias	43 b	54 a	46 ab	48 ab	29 c	
Coef. Variação (%) Tratamentos = 7,3		Coef. Variação (%) Épocas = 18,0				

Na mesma coluna, médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferiram entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Na mesma linha, médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferiram entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

O bloqueio metabólico ocorreu durante as primeiras fases (I e II) do processo de germinação, uma vez que as sementes que atingiram a Fase III desenvolveram-se normalmente, confirmando as observações de BORTHWICK & ROBBINS (1928), GUEDES (1979) e GUEDES *et alii* (1981).

A alta temperatura causou redução drástica na germinação das sementes de ambos os lotes; no lote B, no entanto, as sementes atingiram porcentagem de germinação mais alta que no lote A, de menor vigor.

No lote A o condicionamento osmótico com manitol provocou porcentagem de germinação superior à testemunha e aos tratamentos com PEG, ao longo do período experimental, embora esses últimos também tenham apresentado médias finais estatisticamente superiores à testemunha.

No lote B os tratamentos com condicionamento, com exceção do PEG-7-est, superaram a testemunha até a 4ª época de experimentação. Na 5ª época observou-se redução dos efeitos do condicionamento em quase todos os tratamentos, excetuando-se o MAN-4-est e o PEG-7-est, sendo que este último apresentou as menores médias ao longo do período experimental.

De maneira geral pode-se observar que o condicionamento osmótico promoveu a superação da termodormência em sementes de alface dos dois lotes, como relatado por GUEDES & CANTLIFFE (1977), GUEDES (1979), GUEDES *et alii* (1979), GUEDES & CANTLIFFE (1980), KHAN (1980), CANTLIFFE (1981), GUEDES *et alii* (1981), CANTLIFFE *et alii* (1984), PERKINS-VEAZIE

& CANTLIFFE (1984) e VALDES *et alii* (1985). Dentre as soluções utilizadas, o manitol mostrou-se mais adequado.

O condicionamento osmótico porém, não superou totalmente a termodormência já que nenhum dos tratamentos de condicionamento atingiu as porcentagens de germinação relacionadas nas Tabelas 10 e 11. GUEDES & CANTLIFFE (1977); KHAN (1980), PERKINS-VEAZIE & CANTLIFFE (1984) e VALDES *et alii* (1985) obtiveram resultados semelhantes e KHAN (1980) sugeriu a inclusão de hormônios na solução osmótica.

Observou-se, em alguns tratamentos, tanto do lote A quanto do lote B, que a porcentagem de germinação aumentou ao longo do período experimental, sugerindo que sementes condicionadas há mais tempo teriam menor sensibilidade à termodormência. GUEDES (1979) encontrou resultados semelhantes até 4 meses após o condicionamento osmótico e atribuiu o fato à ruptura da membrana do endosperma (que restringe trocas gasosas e portanto, afeta a germinação) durante o condicionamento osmótico, sendo as trocas gasosas facilitadas à medida que passava o tempo.

A secagem das sementes provocou redução da porcentagem de germinação em alguns tratamentos. No lote A todos os tratamentos com manitol tiveram a germinação reduzida em relação aos respectivos tratamentos com secagem superficial; já com PEG, não se observaram grandes reduções na germinação de sementes secas ao ar ou em estufa.

No lote B observou-se redução da germinação de sementes secas ao ar nos tratamentos com manitol e PEG

por 4 dias e de sementes secas em estufa nos tratamentos MAN 7-est, PEG-4-est e PEG-7-est. Observou-se, ainda, melhor germinação de sementes do tratamento com PEG por 7 dias após a secagem ao ar.

Em resumo, o condicionamento osmótico provocou melhor desempenho das sementes sob estresse térmico, principalmente mediante o uso de solução de manitol.

4.4. CONSIDERAÇÕES GERAIS

Observou-se que, de maneira geral, o condicionamento osmótico melhorou o desempenho das sementes de alface, principalmente as do lote de menor vigor, nos diversos testes realizados.

A metodologia de condicionamento empregada neste trabalho, em copos plásticos e sem aeração, mostrou-se adequada dentro dos períodos de tempo estudados.

Dentre as soluções, o manitol, apesar de não ser normalmente utilizado no condicionamento osmótico de sementes de hortaliças, mostrou-se mais adequado que o PEG. É provável que este fato seja devido ao maior grau de umidade atingido pelas sementes na solução de manitol, se aproximando mais da Fase III do processo de germinação.

O período de 7 dias de imersão nessa solução foi excessivo, acelerando o processo de deterioração das sementes; os melhores resultados foram obtidos com o condi-

cionamento em solução de manitol 0,35 Molar (-8,41 atmosferas) a 20°C por 4 dias.

Mesmo após esse tratamento, as sementes não conseguiram superar totalmente a dormência secundária imposta pelas condições de estresse, embora atingissem maior porcentagem de germinação que a testemunha; sugere-se, então, que em próximos trabalhos sejam adicionados reguladores vegetais à solução osmótica.

Os resultados obtidos com a secagem das sementes não foram conclusivos, uma vez que ora beneficiaram, ora prejudicaram o seu desempenho nos testes; necessita-se portanto, de maiores pesquisas nessa área.

Quanto à manutenção dos benefícios do condicionamento osmótico durante o armazenamento das sementes, observou-se que de modo geral, a partir da 3.^a época de experimentação, houve redução da germinação sob estresse hídrico e salino, embora nem sempre a diferença fosse significativa; nos demais testes, os efeitos foram mantidos durante os 6 meses de experimentação.

5. CONCLUSÕES

A análise dos dados e a interpretação dos resultados do presente trabalho permitiram concluir que o condicionamento osmótico de sementes de alface, em solução de manitol 0,35 Molar (-8,41 atmosferas) por 4 dias a 20°C, constitui-se numa alternativa viável para favorecer o desempenho sob condições de estresse hídrico, salino ou térmico, principalmente em lotes de baixa qualidade fisiológica. O condicionamento osmótico, portanto, representa uma linha de pesquisa das mais promissoras, embora vários de seus aspectos ainda não estejam elucidados como, por exemplo, os efeitos da secagem e a possibilidade da reversão dos efeitos dos tratamentos durante o armazenamento das sementes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYSTS. Seed vigor testing handbook. Lansing, AOSA, 1983. 88p. (Handbook on seed testing. Contribution, 32).

BEWLEY, J.D. & BLACK, M. Physiology and biochemistry of seeds in relation to germination. Berlim, Springer-Verlag, 1982. v.2, 375p.

BEWLEY, J.D. & BLACK, M. Physiology and biochemistry of seeds in relation to germination. Berlim, Springer-Verlag, 1983. v.1, 306p.

BEWLEY, J.D. & BLACK, M. Seeds; physiology of development and germination. New York, Plenum Press, 1985. 367p.

BODSWORTH, S. & BEWLEY, J.D. Osmotic priming of seeds of crop species with polyethylene glycol as a means of enhancing early and synchronous germination at cool temperatures. Canadian Journal of Botany, Ottawa, 59 (5): 672-6, 1981.

BORTHWICK, H.A. & ROBBINS, W.W. Lettuce seed and its germination. Hilgardia, Berkeley, 3(11): 275-305, 1928.

BRADFORD, K.J. Manipulation of seed water relations via osmotic priming to improve germination under stress conditions. HortScience, Alexandria, 21(5): 1105-12, 1986.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Regras para análise de sementes. Brasília, LANARV/SNAD/MA, 1980. 188p.

BURCH, T.A. & DELOUCHE, J.C. Absorption of water by seeds. Proceedings of the Association of Official Seed Analysts, Lansing, 49: 142-50, 1959.

BURDETT, A.N. Antagonistic effects of high and low temperature pretreatments on the germination and pregermination ethylene synthesis of lettuce seeds. Plant Physiology, Lancaster, 50(2): 201-4, 1972a.

BURDETT, A.N. Ethylene synthesis in lettuce seeds; its physiological significance. Plant Physiology, Lancaster, 50(6): 719-22, 1972b.

CANTLIFFE, D.J. Priming of lettuce seed for early and uniform emergence under conditions of environmental stress. Acta Horticulturae, The Hague, 122: 29-38, 1981.

CANTLIFFE, D.J.; FISCHER, J.M.; NELL, T.A. Mechanism of seed priming in circumventing thermodormancy in lettuce. Plant Physiology, Lancaster, 75(2): 290-4, 1984.

CARVALHO, N.M. de. Vigor de sementes. In: SEMANA DE ATUALIZAÇÃO EM PRODUÇÃO DE SEMENTES, 1., Piracicaba, 1986. Campinas, Fundação Cargill, 1986. p.207-23.

CARVALHO, N.M. de & NAKAGAWA, J. Sementes; ciência, tecnologia e produção. 2 ed. Campinas, Fundação Cargill, 1983. 429p.

CÍCERO, S.M. Dormência de sementes. In: SEMANA DE ATUALIZAÇÃO EM PRODUÇÃO DE SEMENTES, 1., Piracicaba, 1986. Campinas, Fundação Cargill, 1986. p.41-73.

DONEEN, L.D. & MACGILLIVRAY, J.H. Germination (emergence) of vegetable seed as affected by different soil moisture conditions. Plant Physiology, Lancaster, 18(3): 524-9, 1943.

EL-SHARKAWI, H.M. & SPRINGUEL, I.V. Germination of some crop plant seeds under salinity stress. Seed Science & Technology, Zürich, 7(1): 27-37, 1979.

GEORGHIOU, K.; PSARAS, G.; MITRAKOS, K. Lettuce . endosperm structural changes during germination under different light, temperature, and hydration conditions. Botanical Gazette, Chicago, 144(2): 207-11, 1983.

GRAY, D. Effects of temperature on the germination and emergence of lettuce (*Lactuca sativa* L.) varieties. Journal of Horticultural Science, London, 50(4): 349-61, 1975.

GRAY, D. & STECKEL, J.R.A. The effects of pre-sowing seed treatments on the germination and emergence of lettuce seeds at high salt concentrations. Scientia Horticulturae, Amsterdam, 5(1): 1-9, 1976.

GUEDES, A.C. The use of seed priming to hasten germination of lettuce seeds at high temperature. Gainesville, 1979. 169p. (Ph.D.-University of Florida).

GUEDES, A.C. & CANTLIFFE, D.J. Effects of presowing seed treatments on germination of lettuce seed at high temperature. Proceedings of the Florida State Horticulture Society, Lake Alfred, 90: 418-20, 1977.

GUEDES, A.C. & CANTLIFFE, D.J. Germination of lettuce seeds at high temperature after seed priming. Journal of the American Society for Horticultural Science, St. Joseph, 105(6): 777-81, 1980.

GUEDES, A.C.; CANTLIFFE, D.J.; NELL, T.A. Morphological changes during lettuce seed priming and subsequent radicle development. Journal of the American Society for Horticultural Science, St. Joseph, 106(1): 121-6, 1981.

GUEDES, A.C.; CANTLIFFE, D.J.; SHULER, K.D.; MUNTER, E. Overcoming thermodormancy in lettuce by seed priming. Proceedings of the Florida State Horticulture Society, Lake Alfred, 92: 130-3, 1979.

HADAS, A. A suggested method for testing seed vigour under water stress in simulated arid conditions. Seed Science & Technology, Zürich, 5(3): 519-25, 1977.

HASSON, E. & POLJAKOFF-MAYBER, A. Germination of pea seeds exposed to saline stress. Israel Journal of Botany, Jerusalem, 29(1/4): 98-104, 1980/81.

HEGARTY, T.W. Seed activation and seed germination under moisture stress. New Phytologist, Cambridge, 78: 349-59, 1977.

HEGARTY, T.W. & ROSS, H.A. Some characteristics of the water-sensitive process in the inhibition of germination by water stress. Annals of Botany, Oxford, 42: 1223-6, 1978.

HEGARTY, T.W. & ROSS, H.A. Investigations of control mechanisms of germination under water stress. Israel Journal of Botany, Jerusalem, 29(1/4): 83-92, 1980/81.

HEYDECKER, W. Vigour. In: ROBERTS, E.H., ed. Viability of seeds. London, Chapman & Hall, 1972. p.209-52.

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.237-82.

HEYDECKER, W. & COOLBEAR, P. Seed treatments for improved performance; survey and attempted prognosis. Seed Science & Technology, Zürich, 5(2): 353-425, 1977.

HEYDECKER, W.; HIGGINS, J.; GULLIVER, R.L. Accelerated germination by osmotic seed treatment. Nature, London, 246 (5427): 42-4, 1973.

HEYDECKER, W.; HIGGINS, J.; TURNER, Y.J. Invigoration of seeds? Seed Science & Technology, Zürich, 3(3/4): 881-8, 1975.

HEYDECKER, W. & JOSHUA, A. Alleviation of the thermodormancy of lettuce (*Lactuca sativa* L.) seeds. Journal of Horticultural Science, London, 52(1): 87-98, 1977.

HUNTER, J.R. & ERICKSON, A.E. Relation of seed germination to soil moisture tension. Agronomy Journal, Madison, 44 (3): 107-9, 1952.

JACKSON, W.T. Use of carbowaxes (polyethylene glycols) as osmotic agents. Plant Physiology, Lancaster, 37(4): 513-9, 1962.

KAHN, A. An analysis of "dark-osmotic inhibition" on germination of lettuce seeds. Plant Physiology, Lancaster, 35 (1): 1-7, 1960.

KAUFMANN, M.R. Effects of water potential on germination of lettuce, sunflower and citrus seeds. Canadian Journal of Botany, Ottawa, 47(11): 1761-4, 1969.

KHAN, A.A. Preconditioning, germination and performance of seeds. In: KHAN, A.A., ed. The physiology and biochemistry of seed dormancy and germination. 2 ed. Amsterdam, Elsevier/North-Holland Biochemical Press, 1980. p.283-316.

KHAN, A.A.; BRAUN, J.W.; TAO, K.L.; MILLIER, W.F.; BENSIN, R.F. New methods for maintaining seed vigor and improving performance. Journal of Seed Technology, Lansing, 1(2): 33-57, 1976.

KHAN, A.A.; PECK, N.H.; SAMIMY, C. Seed osmoconditioning, physiological and biochemical changes. Israel Journal of Botany, Jerusalém, 29(1/4): 133-44, 1980/81.

KHAN, A.A.; TAO, K.L.; KNYPL, J.S.; BORKOWSKA, B.; POWELL, L.E. Osmotic conditioning of seeds: physiological and biochemical changes. Acta Horticulturae, The Hague, 83: 267-78, 1978.

KOLLER, D.; MAYER, A.M.; POLJAKOFF-MAYBER, A.; KLEIN, S. Seed germination. Annual Review of Plant Physiology, California, 13: 437-67, 1962.

LABOURIAU, L.G. A germinação das sementes. Washington, OEA, 1983. 197p. (OEA. Coleção de monografias científicas - Biológica, 24).

MARCOS FILHO, J. Germinação de sementes. In: SEMANA DE ATUALIZAÇÃO EM PRODUÇÃO DE SEMENTES, 1., Piracicaba, 1986. Campinas, Fundação Cargill, 1986. p.11-39.

MAYER, A.M. & POLJAKOFF-MAYBER, A. The germination of seeds.
3 ed. Oxford, Pergamon Press, 1982. 211p.

MCDONALD JUNIOR, M.B. Vigor test subcommittee report. The Newsletter of Association of Official Seed Analysts, Brunswick, 54(1): 37-40, 1980.

METIVIER, J.R. Dormência e germinação. In: FERRI, M.G., ed. Fisiologia Vegetal, São Paulo, EDUSP, 1979. v.2, p. 343-92.

MICHEL, B.E. & KAUFMANN, M.R. The osmotic potential of polyethylene glycol 6000. Plant Physiology, Lancaster, 51(5): 914-6, 1973.

NABORS, M.W. & LANG, A. The growth physics and water relations of red-light-induced germination in lettuce seeds. I. Embryos germinating in osmoticum. Planta, Berlin, 101(1): 1-25, 1971a.

NABORS, M.W. & LANG, A. The growth physics and water relations of red-light-induced germination in lettuce seeds. II. Embryos germinating in water. Planta, Berlin, 101(1): 26-42, 1971b.

PAN, D. & BASU, R.N. Mid-storage and pre-sowing seed treatments for lettuce and carrot. Scientia Horticulturae, Amsterdam, 25(1): 11-9, 1985.

PERKINS-VEAZIE, P. & CANTLIFFE, D.J. Need for high-quality seed for effective priming to overcome thermodormancy in lettuce. Journal of the American Society for Horticultural Science, St. Joseph, 109(3): 368-72, 1984.

- PERRY, D.A. Interacting effects of seed vigour and environment on seedling establishment. In: HEYDECKER, W., ed. Seed ecology. London, Butterworth, 1973. p.311-23.
- PERRY, D.A. Report of the vigour test committee 1974 - 1977. Seed Science & Technology, Zürich, 6(1): 159-81, 1978.
- POLLOCK, B.M. & MANALO, J.R. The influence of seed-lot history on sensitivity of lettuce seed to temperature and moisture stress. HortScience, Alexandria, 6(5): 444-5, 1971.
- POLLOCK, B.M. & ROOS, E.E. Seed and seedling vigor. In: KOZLOWSKI, T.T., ed. Seed biology. New York, Academic Press, 1972. v.1., p.313-87.
- POPINIGIS, F. Fisiologia da semente. Brasília, AGIPLAN, 1977. 289p.
- PRISCO, J.T. & O'LEARY, J.W. Osmotic and "toxic" effects of salinity on germination of *Phaseolus vulgaris* L. seeds. Turrialba, Turrialba, 20(2): 177-84, 1970.
- PROKOF'EV, A.A.; OBRUCHEVA, N.V.; KOVADLO, L.S.; KULIEVA, L.K.; KOZHEMYAKINA, I.S. Level of seed water content critical for the outset of germination. Soviet Plant Physiology, New York, 30(1/2): 144-8, 1983.
- REYNOLDS, T. & THOMPSON, P.A. Characterisation of the high temperature inhibition of germination of lettuce (*Lactuca sativa*). Physiologia Plantarum, Stockholm, 24(3): 544-7, 1971.

SCORER, K.N.; EPEL, B.L.; WAISER, Y. Interactions between mild NaCl stress and red light during lettuce (*Lactuca sativa* L. cv. Grand Rapids) seed germination. Plant Physiology, Lancaster, 79(1): 149-52, 1985.

SLAVIK, B. Methods of studying plant water relations. New York, Springer-Verlag, 1974. 449p. (Ecological Studies, 9).

THIMANN, K.V. The physiology of growth in plant tissues. American Scientist, New Heaven, 42(4): 589-606, 1954.

THOMPSON, R.C. Some factors associated with dormancy of lettuce seed. Proceedings of the American Society for Horticultural Science, St. Joseph, 33: 610-6, 1936.

TOLEDO, F.F. de & MARCOS FILHO, J. Manual das sementes; tecnologia da produção. São Paulo, Editora Agronomica Ceres, 1977. 224p.

TONKIN, J.H.B. Pelleting and other presowing treatments. Advances in Research of Technology of Seeds, Wageningen, 4: 84-105, 1979.

TONKIN, J.H.B. Pelleting and other presowing treatments. Advances in Research of Technology of Seeds, Wageningen, 9: 94-127, 1984.

VALDES, V.M.; BRADFORD, K.J.; MAYBERRY, K.S. Alleviation of thermodormancy in coated lettuce seeds by seed priming. HortScience, Alexandria, 20(6): 1112-4, 1985.

YOUNG, J.A.; EVANS, R.A.; ROUNDY, B.; CLUFF, G. Moisture stress and seed germination. Oakland, Department of Agriculture, 1983. 41p. (Agricultural Reviews and Manuals, 36).