

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU**

**TESTE DE SUBMERSÃO EM ÁGUA PARA AVALIAÇÃO DO VIGOR
DE SEMENTES DE MILHO.**

MÁRCIA MARIA CASTRO

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP – Câmpus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agronomia – Área de Concentração Agricultura.

BOTUCATU – SP

Fevereiro – 2002

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

**TESTE DE SUBMERSÃO EM ÁGUA PARA AVALIAÇÃO DO VIGOR
DE SEMENTES DE MILHO.**

MÁRCIA MARIA CASTRO

Orientador: Prof. Dr. Cláudio Cavariani

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP – Câmpus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agronomia – Área de Concentração Agricultura.

BOTUCATU – SP

Fevereiro - 2002

OFEREÇO

A DEUS

DEDICO

AOS MEUS PAIS:

INDALÉCIO e HELENA

Pela vida e pelo os ensinamentos concretos sobre humildade,

honestidade e trabalho.

AOS MEUS IRMÃOS:

ÉDSON e IZABEL CRISTINA

Pelo amor e amizade.

AOS MEUS SOBRINHOS:

VINÍCIUS e NATÁLIA

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Cláudio Cavariani pela orientação e amizade na execução da dissertação.

Ao Prof. Dr. João Nakagawa pela amizade e valiosas sugestões para o desenvolvimento da dissertação.

A Dr^a. Cibele Chalita Martins pela amizade e dedicação.

A Claudemir Zucareli e Cristina Gonçalves de Mendonça pela amizade companheirismo e valiosas colaborações no desenvolvimento do trabalho.

A amiga Valéria Giandoni por tanta dedicação, amizade e colaboração.

Aos professores e funcionários do Departamento de Produção Vegetal pela ajuda, amizade e convivência durante o trabalho.

A empresa Dow AgroScience, Cravinhos/SP, pelo fornecimento da semente.

Às minhas amigas Eloísa Schincariol, Graziella Brum, Renata Pascoli e Silvana Santos pela grande amizade, carinho e compreensão.

A Rodrigo Bertocelli pelo incentivo, apoio e carinho.

Aos amigos de curso Adriana Seneme e Rosa Honorato pelos grandes ensinamentos.

Às funcionárias Vera Lúcia e Lana pela dedicação e paciência a todos os alunos.

Às funcionárias da Seção de Pós-Graduação pela dedicação e paciência durante o curso.

Ao CNPq pela concessão de bolsa de estudo para execução deste trabalho de pesquisa.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para a execução desta dissertação.

SUMÁRIO

	Página
1 RESUMO	1
2 SUMMARY	2
3 INTRODUÇÃO	4
4 REVISÃO DE LITERATURA	6
4.1. Análise de sementes.....	6
4.2. Vigor e deterioração.....	8
4.3. Testes para avaliação do vigor de sementes.....	11
4.4. Teste de submersão.....	17
5 MATERIAL E MÉTODOS	20
5.1 Avaliação da qualidade dos lotes em laboratório.....	21
5.1.1 Determinação do teor de água.....	21
5.1.2 Teste de germinação.....	21
5.1.3 Teste de frio em rolo de papel sem solo.....	22
5.1.4 Teste de envelhecimento artificial.....	22
5.1.5 Teste de condutividade elétrica.....	23
5.2 Avaliação da qualidade dos lotes em campo.....	23
5.2.1 Emergência de plântulas.....	23
5.2.2 Velocidade de emergência das plântulas.....	24
5.2.3 Peso de matéria seca de plântulas.....	24
5.3 Teste de submersão.....	24

5.4 Análise estatística.....	25
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	26
6.1.Avaliação inicial dos lotes.....	26
6.2. Avaliação após armazenamento em ambiente.....	33
6.3. Avaliação após armazenamento em câmara seca.....	37
6.4. Considerações gerais.....	42
7 CONCLUSÕES.....	45
8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	46

LISTA DE QUADROS

Quadro	Página
1 Dados médios do teor de água (%), e de plântulas normais na primeira contagem (%), no teste de germinação (%), no teste de envelhecimento artificial (%) e no teste de frio(%) dos lotes de sementes de milho híbrido CO-32 no início do período experimental. Botucatu – 2001.....	28
2 Dados médios de condutividade elétrica ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$), de emergência de plântulas no campo (%), de matéria seca de plântulas (g/plântula) e de índice de velocidade de emergência dos lotes de sementes de milho híbrido CO-32 no início do período experimental. Botucatu – 2001.....	28
3 Porcentagens de plântulas normais do teste de germinação no início do período experimental após submersão das sementes sob diferentes temperaturas. Botucatu – 2001.....	31
4 Correlação simples (r) entre parâmetros avaliados nos nove lotes de sementes de milho na caracterização com a porcentagem de plântulas normais na primeira contagem de germinação no início do período experimental após a submersão sob diferentes temperaturas.....	32

- 5 Dados médios do teor de água (%), e de plântulas normais na primeira contagem (%), no teste de germinação (%), no teste de envelhecimento artificial (%) e no teste de frio (%) dos lotes de sementes de milho híbrido CO-32 após seis meses de armazenamento em condições de ambiente de laboratório . Botucatu – 2001..... 33
- 6 Dados médios de condutividade elétrica ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$), de emergência de plântulas no campo (%), de matéria seca de plântulas (g/plântula) e de índice de velocidade de emergência dos lotes de sementes de milho híbrido CO-32 após seis meses de armazenamento em condições de de ambiente de laboratório. Botucatu – 2001..... 34
- 7 Porcentagens de plântulas normais na primeira contagem do teste de germinação aos seis meses de armazenamento sob condições de ambiente de laboratório após a submersão das sementes do milho híbrido CO-32 sob diferentes temperaturas em avaliações realizadas após. Botucatu – 2001..... 35
- 8 Correlação linear simples (r) entre parâmetros avaliados nos nove lotes de sementes de milho na caracterização com a porcentagem de plântulas normais na primeira contagem de germinação aos seis meses de armazenamento sob condições de ambiente de laboratório após a submersão sob diferentes temperaturas..... 37

- 9 Dados médios do teor de água (%), e de plântulas normais na primeira contagem (%), no teste de germinação (%), no teste de envelhecimento artificial (%) e no teste de frio(%) dos lotes de sementes de milho híbrido CO-32 após seis meses de armazenamento em condições de câmara seca. Botucatu – 2001..... 38
- 10 Dados médios de condutividade elétrica ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$), de emergência de plântulas no campo (%), de matéria seca de plântulas (g/plântula) e de índice de velocidade de emergência dos lotes de sementes de milho híbrido CO-32 após seis meses de armazenamento em condições de câmara seca. Botucatu – 2001..... 39
- 11 Porcentagens de plântulas normais na primeira contagem do teste de germinação aos seis meses de armazenamento em condições de câmara seca após submersão das sementes sob diferentes temperaturas. Botucatu – 2001..... 40
- 12 Correlação simples (r) entre parâmetros avaliados nos nove lotes de sementes de milho na caracterização com a porcentagem de plântulas normais na primeira contagem de germinação aos seis meses de armazenamento em condições de câmara seca após a submersão sob diferentes temperaturas. Botucatu - 2001..... 41

1 RESUMO

Este trabalho foi conduzido no Laboratório de Análise de sementes do Departamento de Produção Vegetal da Faculdade de Ciências Agrônomicas da Universidade Estadual Paulista (UNESP), Botucatu-SP, com o objetivo de avaliar o efeito de temperaturas no teste de submersão para avaliação do vigor de sementes de milho. Foram utilizados 9 lotes de sementes do híbrido CO-32, caracterizados pelas seguintes determinações: teor de água, germinação, primeira contagem de germinação, teste frio, envelhecimento acelerado, condutividade elétrica, matéria seca das plântulas, índice de velocidade de emergência e emergência de plântulas no campo. As sementes foram submetidas a tratamentos de submersão por períodos de 48 horas a 20°C, 25°C, 30°C e 35°C. Após os tratamentos foi realizado o teste de germinação e as plântulas normais foram computadas após quatro dias. Constatou-se que o teste de submersão em água pode ser uma alternativa viável para avaliação do vigor em sementes de milho. As temperaturas de 20°C e de 25°C mostraram-se mais promissoras para avaliação do vigor de sementes de milho. A tolerância das sementes a submersão em água reduziu com o aumento da temperatura de embebição.

Palavras-chave: Sementes, *Zea mays*, submersão, vigor

FLOODING TEST TO EVALUATE THE VIGOUR OF CORN SEEDS. Botucatu, 2002

43 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Agricultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: MÁRCIA MARIA CASTRO

Adviser: CLÁUDIO CAVARIANI

2 SUMMARY

This work was carried out at the Seed Analysis Laboratory at the plant Production Department of the São Paulo State University (UNESP), Botucatu – SP, aiming to evaluate the effects caused by flooding shortage and temperature on maize seed germination and physiological quality. The seeds were subjected to flooding for 48 hours at 20°C, 25°C, 30°C e 35°C for two days. After that were evaluated germination, first counting and drift water. Other tests for lot characterization were conducted before the flooding (germination, first counting, cold test, accelerated ageing, electrolytic leakage, dry matter of seedling, velocity of seedling emergence and field emergence. The flooding test could be a feasible

alternative to evaluate the vigor on the corn seeds. The temperatures 20°C and 25°C were more adequate to evaluate the vigor on the corn seeds. The seeds tolerance to the test was reduced with the increase of soaking temperature

Keywords: seed, corn, flooding, physiological quality.

3 INTRODUÇÃO

A avaliação da qualidade fisiológica de sementes é um procedimento indispensável nos processos de produção agrícola, pois a germinação e o vigor são os principais requisitos para garantir um estande adequado de plantas e, conseqüentemente, a produtividade da cultura.

O teste de germinação, rotineiramente empregado para avaliar a qualidade fisiológica das sementes, determina a proporção de sementes capazes de produzir plântulas normais, sob condições de ambiente que garantam a expressão máxima do potencial fisiológico. Entretanto, este teste tem mostrado várias limitações, como a não correspondência com a emergência no campo, principalmente sob condições ambientais desfavoráveis. Desse modo, tem sido desenvolvidos vários testes de vigor para melhor retratar o comportamento das sementes, no armazenamento e no campo, complementando as informações do teste de germinação.

Testes de vigor são baseados na germinação e nas características de crescimento das plântulas, sobrevivência e germinação em condições de estresse, parâmetros

físicos, características bioquímicas e níveis de danos mecânicos (Steiner et al.,1989). Os principais testes utilizados para avaliar a qualidade de sementes de milho são os de tetrazólio, de frio, de condutividade elétrica, de envelhecimento acelerado e de crescimento de plântulas.

Apesar da escassez de informações, a avaliação do vigor de sementes de milho por meio do teste de submersão pode ser uma alternativa, justificando a realização de estudos para padronizá-lo para essa espécie.

Para ativação do processo germinativo, além da temperatura favorável, há necessidade de um suprimento adequado de água e oxigênio. No entanto, a disponibilidade de oxigênio é reduzida para o embrião, quando há um excesso de água, diminuindo ou retardando a germinação de várias espécies, situação agravada quando a uma temperatura que não é adequada para espécie.

A tolerância da semente de milho a submersão em água pode variar de acordo com a cultivar e com a temperatura durante o período de estresse. Desse modo, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da temperatura no teste de submersão para avaliação do vigor de sementes de milho.

4 REVISÃO DE LITERATURA

4.1. Análise de sementes

A análise de sementes tem como objetivo dar suporte ao agricultor quanto ao valor destas para sementeira. Com a comercialização das sementes surgiu a necessidade de avaliar a qualidade fisiológica, rotineiramente avaliada em laboratório. O teste de germinação se mostrou, ao longo do tempo, confiável para regular o comércio de sementes. Este teste propicia condições mais adequadas à germinação; no entanto, essas condições nem sempre são encontradas no campo. De acordo com as Regras para Análise de Sementes (Brasil, 1992), é considerada germinada toda semente que, pela emergência e desenvolvimento das estruturas essenciais do seu embrião, mostra aptidão para produzir planta normal sob condições favoráveis de campo. Segundo Popinigis (1985), o teste de germinação é conduzido sob condições ótimas, criando oportunidade para que plântulas menos vigorosas possam desenvolver-se a ponto de serem consideradas normais. No entanto, quando as

condições de campo são favoráveis, os resultados do teste de germinação apresentam alta correlação com a emergência no campo (Carvalho & Nakagawa, 2000).

As condições ambientais após a semeadura no campo influenciam diretamente a manifestação do potencial fisiológico das sementes. Quando as condições não são adequadas, espera-se que a emergência das plântulas seja inferior à germinação determinada em laboratório (Popinigis, 1985). Assim, segundo Ferguson & McDonald (1993), as informações prestadas pelo teste de germinação nem sempre são precisas para prever o comportamento das sementes em campo, principalmente sob condições adversas.

O teste de germinação não distingue amostras que germinam rapidamente daquelas em que o processo é lento, e não considera o fato de que plântulas com certas deficiências apresentam potencial fisiológico inferior ao das perfeitamente normais. Esses fatos possibilitam que, lotes com menor desempenho para armazenamento e a campo, sejam considerados como de boa qualidade por apresentarem germinação elevada.

Para Delouche (1963) e Vaughan (1971), uma alta porcentagem de germinação não significa, necessariamente, que o lote tenha uma emergência satisfatória sob condições de campo. Esta observação levou o desenvolvimento de conceitos de vigor, e de testes para sua avaliação, oferecendo informações adicionais sobre a qualidade de um lote de sementes.

Quando as condições de campo são desfavoráveis há necessidade de usar testes de vigor para estimar o ordenamento dos lotes na emergência em campo (Bekendam et al., 1987). Desse modo, tecnólogos de sementes têm direcionado suas pesquisas para o desenvolvimento de métodos que permitam avaliação mais completa da qualidade fisiológica das sementes (Marcos Filho et al., 1987).

A redução da resistência às condições adversas do ambiente, pode não ser detectada durante o teste de germinação que é um indicativo da perda de vigor , sendo a última consequência (Heydecker, 1972; Delouche & Baskin, 1973).

De acordo com Carvalho & Nakagawa (2000) e Arthur & Tonkin, (1991), os principais fatores que influenciam o vigor são: a constituição genética, as condições ambientais e o nível de nutrição da planta mãe, o estágio de maturação no momento da colheita, o tamanho da semente, a integridade mecânica, a presença de patógenos e a deterioração.

Os testes de vigor têm como objetivo detectar diferenças na qualidade fisiológica de sementes com germinação semelhante, distinguir, com segurança, lotes de alto e baixo vigor, diferenciar o potencial genético das sementes e classificar lotes em diferentes níveis de vigor, de maneira proporcional ao comportamento quanto à resistência ao transporte, potencial de armazenamento e emergência a campo (Vieira & Carvalho, 1994; Marcos-Filho 1999).

4.2. Vigor e deterioração

O vigor das sementes está diretamente relacionado à deterioração, que é definida por Abdul-Baki e Anderson (1972) como sendo toda e qualquer transformação degenerativa irreversível, após a semente ter atingido seu nível máximo de qualidade. Para Delouche (1963), a deterioração é inexorável, irreversível, mínima na maturação e com

progressão variável entre espécies, entre lotes de sementes da mesma espécie e entre sementes do mesmo lote.

Na semente, como em qualquer organismo vivo, o envelhecimento é o resultado da soma dos processos deteriorativos que compreendem uma série de eventos subsequentes, a partir da maturidade fisiológica, que é considerada como o ponto de máximo peso de matéria seca, germinação e vigor (Caliari,1999). Nesse momento a deterioração é mínima e, a partir daí, começa o processo de senescência progressivo, inexorável que depende da espécie vegetal e das condições de ambiente onde a semente se encontra (Popinigis, 1985; Carvalho & Nakagawa, 2000 e Piana, 1994).

De acordo com Delouche & Baskin (1973) a partir da maturidade, começam a ocorrer alterações degenerativas, de modo que a qualidade fisiológica pode ser mantida ou decrescer, dependendo das condições do ambiente no período que antecede a colheita, a secagem e o beneficiamento, e das condições de armazenamento. Portanto, o manejo adequado das sementes, de forma a minimizar a deterioração requer o entendimento dos mecanismos complexos que a governam. A desestruturação do sistema de membranas constitui o primeiro efeito causado pelo processo de envelhecimento das sementes (Dias & Marcos Filho, 1995). De acordo com Carvalho (1994), a causa básica deste processo ainda não é bem conhecida; entretanto, a desestruturação das membranas pode ser atribuída à ação de radicais livres, que são substâncias de alta reatividade. Os radicais livres são formados pelo efeito de radiações ionizantes, pela quebra de oxigênio molecular através da ação de enzimas, de metais de transição e por meio de processos metabólicos normais (Harman, 1956).

De acordo com Priestley et al. (1985) e Wilson & McDonald Jr. (1986), as reações oxidativas são pelo menos em parte responsáveis pela deterioração das

sementes. A oxidação de ácidos graxos insaturados é citada como a primeira reação do processo de envelhecimento, produzindo radicais livres que, subseqüentemente, atacam lipídeos, proteínas e ácidos nucleicos, numa reação em cadeia (Harrington, 1973).

Os radicais livres agem sobre os constituintes químicos das membranas causando a desestruturação das mesmas. Esta desestruturação afeta, sobretudo, a capacidade da célula de regular o fluxo de solutos tanto de dentro para fora como no sentido contrário. Carvalho (1994) descreve um radical livre como sendo um átomo, ou grupos de átomos, com um elétron não pareado e que tem a capacidade de doar ou remover elétron de uma molécula vizinha.

Em um lote de sementes as principais características afetadas pelo envelhecimento são o potencial de armazenamento, a velocidade e a uniformidade de emergência. Porém quando se considera uma única semente, a redução na velocidade de germinação é a primeira consequência da deterioração. A progressão da deterioração nos tecidos de uma semente depende estritamente da causa da deterioração. Carvalho (1994), relata que quando esta causa for dano mecânico ou dano por inseto, o ponto inicial da deterioração será onde o dano ocorreu. Para outras causas, como retardamento na colheita, secagem mal conduzida e armazenamento inadequado, que não provocam danos pontuais, é provável que a deterioração se inicie nas extremidades do eixo embrionário (plúmula e radícula) caminhando em direção a porção mediana (Banerjee, 1978 e Chauam, 1985).

A dificuldade para caracterizar o grau de deterioração das sementes faz com que os resultados do teste de germinação sejam ineficientes para identificar o potencial de armazenamento de diferentes lotes. Desse modo, lotes com mesmo poder germinativo podem apresentar comportamentos diferentes durante o armazenamento. Assim o uso de testes de

vigor torna-se útil no monitoramento e armazenamento, pois a perda de vigor precede a perda da viabilidade (Woodstock, 1973; McDonald, 1975).

De acordo com Matthews (1981), em uma população de sementes, a curva de viabilidade se dá seguindo um padrão sigmóide; observa-se, inicialmente, um período no qual poucas sementes morrem e a germinação permanece alta; em seguida ocorre um rápido declínio na germinação da maioria das sementes e, finalmente, poucas delas retém a capacidade de germinar. Dos lotes comercializados a maioria encontra-se na fase inicial da curva de viabilidade, mas, mesmo dentro desta faixa, a localização na curva de sobrevivência dependerá do estágio individual de deterioração e vigor (Custódio & Marcos Filho, 1997).

4.3. Testes para avaliação do vigor de sementes

A utilização rotineira de um teste de vigor depende da possibilidade de sua padronização para que os resultados obtidos sejam reproduzíveis em diferentes laboratórios e ocasiões (Delouche, 1976). A eficiência do teste de vigor depende, basicamente, do princípio da metodologia e de outras características como simplicidade, rapidez, baixo custo, objetivo, ser reproduzível e apresentar resultados relacionados com a emergência das plântulas em campo (Krzyzanowski et al., 1999).

Alguns autores classificaram os testes de vigor como testes diretos e indiretos (Isely, 1957), testes bioquímicos e fisiológicos (Woodstock, 1973), testes fisiológicos, físicos, bioquímicos e de resistência (McDonald, 1975), testes rápidos e de estresse (Pollock & Roos, 1972) e testes de crescimento das plântulas, bioquímicos e de estresse (AOSA, 1983).

A existência de diferentes definições evidencia as dificuldades encontradas, nas concepções, devidas à complexidade, à diversidade de propriedades que o termo abrange e à inexistência de grandeza referencial (Caliari, 1999).

O teste de vigor tem como objetivo a detecção de diferenças não perceptíveis no teste de germinação, justificando-se, assim, o desenvolvimento de vários testes de vigor, como tentativa de retratação do comportamento das sementes sob uma ampla faixa de condições ambientais (Caliari, 1999). Segundo Marcos Filho et al. (1984), o uso de vários testes para avaliação do vigor de sementes ganha importância à medida que, dependendo do método utilizado, as informações obtidas podem ser distintas entre si. Para se realizar esse tipo de pesquisa devem ser adotados alguns critérios como a utilização de lotes com a mesma porcentagem de germinação e, preferencialmente seguindo o padrão mínimo exigido para comercialização; devem ser buscados métodos que, além de rápidos e baratos, forneçam indicações do potencial de emergência das plântulas em campo (Matthews, 1981).

Vários métodos foram desenvolvidos para determinar o vigor de lotes de sementes, procurando simular situações desfavoráveis às quais as sementes podem estar sujeitas em condições de campo (Caliari, 1999); outros estão relacionados ao comportamento fisiológico das sementes. Atualmente, reconhece-se que o vigor de sementes, é um conjunto de características que determinam o potencial fisiológico das sementes que é influenciado pelas condições ambientais e manejo durante pré e pós-colheita.

Portanto, o objetivo básico dos testes de vigor é tentar identificar possíveis diferenças na qualidade fisiológica de lotes que apresentam poder germinativo semelhante. Os testes de vigor têm sido empregados como uma complementação ao teste de germinação, fornecendo informações adicionais sobre a qualidade dos lotes avaliados.

Os principais testes de vigor utilizados para avaliar a qualidade fisiológica das sementes de milho são os de frio, de envelhecimento acelerado, de condutividade elétrica, de tetrazólio e o de crescimento de plântulas (Krzyzanowski, 1999).

O teste de frio tem como princípio básico a exposição das sementes a fatores adversos de baixa temperatura, alta umidade do substrato, sendo maiores as chances de sobrevivência das sementes mais vigorosas. Em lotes de alta qualidade os resultados são próximos ao do teste de germinação (Dias & Barros, 1995). Quando se opta pelo uso de solo, tem-se a adição da ação deletéria da flora microbiana como fonte adicional de estresse. Nesse caso, a padronização da metodologia é muito difícil, devido a características físicas e químicas inerentes do solo, além da presença de microrganismos (Krzyzanowski et al., 1999). Assim, Burris & Navratil (1979), em um estudo envolvendo variações na metodologia do teste de frio em diferentes laboratórios, concluíram que o teste não é padronizável tendo o solo como substrato. O teste de frio sem solo é muito utilizado pelos laboratórios por ter menor variação de resultados, em função da metodologia mais simples, por demandar menor espaço e pela facilidade de execução do teste. Este teste de vigor é rotineiramente utilizado por empresas produtoras de sementes de milho, no qual condições adversas de campo, como estresse fisiológico, são simuladas em laboratório (Tekrony, 1983; Nijenstein, 1988). De acordo com Cícero & Viera (1994), o teste de frio tem como objetivo selecionar lotes de sementes de boa qualidade, as quais apresentem boa capacidade de germinação em uma faixa ampla de temperatura e umidade do solo, sob condições controladas em laboratório. Entretanto Cícero et al. (1989), relatam que o excesso de água e a baixa temperatura podem reduzir a velocidade de emergência das plântulas favorecendo o desenvolvimento de patógenos como *Phytophthora* spp e *Gibberella zeae*.

Um outro teste utilizado, na avaliação do vigor de sementes de milho, é o de envelhecimento acelerado que ao contrário do teste de frio, apresenta maiores possibilidades no controle das variáveis e, em decorrência, permite alcançar elevada padronização, tanto na metodologia de execução como na interpretação de resultados (Delouche, 1976; AOSA, 1983; Marcos Filho et al., 1987 e Krzyzanowski & Miranda, 1990).

Segundo Popinigis (1985) e Tekrony & Egli (1977), o envelhecimento acelerado é um teste prático e eficiente para avaliar diferenças de vigor entre lotes e é aplicável a uma série de espécies. Sendo muito utilizado nas empresas produtoras de sementes por ser simples e de fácil execução, requer apenas como equipamento adicional uma câmara de envelhecimento; a interpretação dos resultados é feita segundo critérios do teste padrão de germinação, sendo rápido, pois os resultados são obtidos na primeira contagem de germinação (McDonald Jr., 1975).

De acordo com Delouche e Baskin (1973), o teste de envelhecimento acelerado tem como princípio o fato da deterioração estar relacionada a fatores adversos como alta temperatura e umidade. A velocidade dos processos deteriorativos é intensificada, com a exposição das sementes a níveis elevados de calor e umidade relativa do ar; para tanto, as sementes são mantidas sob 40-45° C e umidade relativa de, aproximadamente, 100%, por períodos variáveis em função da espécie e posteriormente, submetidas ao teste de germinação. A porcentagem de germinação obtida pode estar relacionada com o desempenho do lote (McDonald, 1975; AOSA, 1983). Lotes com alto vigor, quando expostos durante curtos períodos a essas condições, terão maiores chances de manter a qualidade em níveis satisfatórios (Dias & Barros, 1995); sementes menos vigorosas perdem a capacidade de germinação mais rapidamente após o envelhecimento artificial (McDonald, 1975; AOSA,

1983). Segundo Basavarajappa et al. (1991), sementes colocadas em altas temperaturas (40 a 45^o C) e alta umidade relativa do ar (100%) por um período de tempo pré-estabelecido, sofreriam rápido declínio na germinação, o qual seria relacionado com a aceleração da deterioração. A germinação de lotes com alto vigor decai aos poucos, enquanto que os lotes com baixo vigor, mostram uma queda acentuada.

Fatores importantes que influem na deterioração das sementes são as variáveis tempo de exposição e qualidade do material testado (Delouche, 1976). O tamanho e número de amostras na câmara e o teor de água inicial da semente, afetam significativamente os resultados. O número de caixas por prateleira e o posicionamento destas na câmara de envelhecimento tem influência sobre a temperatura interna das caixas interferindo no resultado final (Tomes et al., 1988).

Segundo Dias & Barros (1995), o teste de condutividade elétrica determina a viabilidade e vigor de sementes por meio da condutividade elétrica da solução em que foram embebidas, pois uma das conseqüências da deterioração é a degradação das membranas celulares, fato que se relaciona diretamente com a liberação de íons. O teste de condutividade elétrica fundamenta-se no fato de que sementes de baixo vigor, quando imersas em água, liberam maiores quantidades de eletrólitos do que as com alto vigor, devido a perda da integridade das membranas celulares (Matthews & Powell, 1981; Hampton & Coolbear, 1990). Assim, o valor da condutividade elétrica é função da quantidade de exsudatos na solução (Khan, 1982; Dadlani & Agrawal, 1983; Simon, 1984). A pesquisa tem mostrado, ainda, que existe alguns fatores que podem afetar os resultados do teste como o grau de desenvolvimento da semente no momento da colheita, a deterioração e o dano pela embebição (Powell, 1986), a qualidade da água, o conteúdo de íons da água de solução, a

temperatura e a duração do período de embebição e o número de sementes testadas (Hampton et al., 1992). Outro aspecto que tem sido salientado é o fato de que o teste classifica os lotes, em termos de qualidade, usando valores em $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$, o que não é pronta e facilmente compreendido pelos agricultores e comerciantes de sementes. Um outro fator importante é que quanto maior o valor da condutividade menor será o vigor do lote de sementes, fato, também, nem sempre claramente entendido.

Um outro teste utilizado para avaliar o vigor das sementes é o de crescimento de plântulas que tem por princípio o fato das mais vigorosas originarem plântulas com maior taxa de crescimento (Dias & Barros, 1995). A uniformidade e a rapidez de emergência de plântulas são importantes componentes dentro da conceituação atual de vigor de sementes; em função deste fato alguns laboratórios, conjuntamente com outros testes, o tem empregado para avaliar o vigor de sementes de algodão, de ervilha e de milho (Hampton, 1990). O crescimento de plântulas é determinado pelo comprimento da mesma, ou de parte desta, ou mensurando a massa da matéria seca do eixo embrionário da plântula (Nakagawa, 2000). Alguns fatores são limitantes na utilização deste teste como a temperatura e a umidade do substrato, ou outra condição ambiental. Neste caso, as variações de temperatura são mais críticas do que no teste de germinação; assim, uma diferença de 1°C na temperatura, durante o transcorrer do teste de germinação, provavelmente trará efeito desprezível na porcentagem de germinação. Entretanto, a diferença de 1°C na temperatura por um certo período de tempo trará efeitos consideráveis no crescimento de plântulas, alterando o comprimento e/ou a massa da matéria seca das plântulas. O mesmo raciocínio é válido para pequenas variações no teor de água do substrato ou da umidade relativa do ar (Nakagawa, 1999).

Apesar dos vários testes específicos da cultura, a maioria deles não é padronizada. Em função disso tem-se buscado o aperfeiçoamento dos existentes e o desenvolvimento de novos testes com o objetivo de avaliar o vigor de sementes de milho.

4.4. Teste de submersão

A embebição de água, em sementes maduras viáveis e não dormentes, promove uma reativação dos sistemas metabólicos existentes, ocorrendo a síntese de novos componentes, que conduzem à expansão e divisão celular enquanto a plântula se estabelece (Kermode et al., 1986). Mudanças qualitativas e quantitativas em enzimas catabólicas, nos órgãos de reserva, são eventos também observados (Salgado, 1996).

Os principais fatores que afetam a velocidade de embebição são: a permeabilidade do tegumento, a estrutura, a composição química e o teor de água das sementes (Vertucci, 1989), a disponibilidade de água no estado líquido ou gasoso (Obendorf & Hobbs, 197; Vertucci & Leopold, 1983), a pressão osmótica da água ou da solução que umedece o substrato, o tempo de exposição ao ambiente úmido, a temperatura (Copeland, 1976), a área de contato da semente com o substrato (LeDeunff, 1989) e a qualidade fisiológica da semente (Toledo & Marcos Filho, 1977).

De acordo com Gulliver & Heydecker (1973), a disponibilidade de água propicia à semente maior velocidade de embebição. Portanto sob condições aeróbicas, em teores de água mais elevados, a emergência da radícula ocorre precocemente. Segundo Nijenstein (1985), condições anaeróbicas por excesso de água, são prejudiciais à semente, com

conseqüente carência de oxigênio, ocorrendo o retardamento do crescimento radicular. O mesmo autor, trabalhando com sementes de ervilha (*Pisum sativum*), encontrou menor média de germinação quando estas foram colocadas para germinar a 100% da capacidade de campo, ou seja, tensão da água a 0 atm.

Sementes de diferentes espécies e cultivares tem um comportamento variável no que se refere à temperatura ótima para germinação. Segundo Metiever (1979), a temperatura ótima é aquela em que ocorre a maior porcentagem de germinação em um menor espaço de tempo. A temperatura tem grande influência não só sobre a velocidade do processo germinativo como também na porcentagem de germinação (Ferreira et al., 1990). Em temperaturas elevadas, a quantidade de oxigênio disponível ao embrião é menor, uma vez que o metabolismo respiratório aumenta (Côme & Tissaoui 1973).

A inundação do solo provoca vários efeitos prejudiciais a germinação das sementes e de desenvolvimento de plântulas (Kozlowski, 1999). De acordo com Hou & Thseng (1991), o alagamento do solo promove uma embebição rápida da semente, causando injúrias ao seu tegumento com a baixa disponibilidade de oxigênio (Ponnamperuma, 1972).

Em sementes de milho, tanto o encharcamento do solo quanto a submersão das sementes em água, em condições de laboratório reduzem ou impedem a germinação (Deboer & Ritter, 1970; Fausey & McDonald Jr, 1985; Van Toai et al., 1988 e Khosravi & Andersen, 1990). Assim, a semente já danificada tem menor quantidade de energia disponível para o processo germinativo, refletindo em menor vigor (Richard et al., 1991).

Dantas et al. (2000), ao avaliar os efeitos causados pelo alagamento na qualidade fisiológica de sementes de milho, bem como o efeito da temperatura de alagamento

na tolerância das sementes a essa condição, submeteu as sementes a tratamentos de alagamentos por períodos de 0,1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7 dias a 27°C e a 5, 10, 15, 20, 25 e 30°C, durante três dias de alagamento, concluindo que a germinação de sementes de milho sofre maior inibição quanto maior for o período de alagamento e quanto mais distantes forem as temperaturas daquela considerada ideal (27°C).

Para selecionar variedades de soja quanto a tolerância das sementes ao alagamento, Hou & Thseng (1991) testaram diferentes períodos de imersão (2, 4, 6, 8, 10 e 12 dias) e temperaturas (10, 15, 20, 25 e 30°C); observaram melhores resultados com 4 dias de alagamento a 25°C. Assim, dentre as 730 variedades testadas nesta condição, oito foram consideradas super tolerantes ao alagamento com germinação superior a 68%.

McDonald Jr. (1975) indicou que linhas de milho tolerantes ao alagamento poderiam germinar em menor concentração de oxigênio que as susceptíveis. Lemke-Keyes & Sachs (1989), testando a tolerância de plântulas de milho ao estresse anaeróbico encontraram nove variedades de milho tolerante. As variedades selecionadas sobreviveram de 5 a 6 dias em tratamentos anaeróbicos a 27°C. Os autores observaram também que os genótipos de milho testados sobreviveram duas a três vezes mais a 10°C do que a 27°C, indicando que a temperatura é uma importante variável na determinação das condições de testes para programas específicos de melhoramento.

Khosravi & Anderson (1990), testando vinte variedades de milho, obtiveram, em média, 89% de emergência em tratamento com alagamento por 48 horas; constataram emergência de 80 e 72% para 96 e 144 horas de alagamento, respectivamente.

5. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido no laboratório de Análise de Sementes do Departamento de Produção Vegetal – Agricultura, da Faculdade de Ciências Agronômicas, UNESP, Botucatu – SP, utilizando nove lotes de sementes de milho híbrido CO 32, cedidos pela empresa Dow AgroScience localizada em Cravinhos/SP.

Os lotes foram individualmente homogeneizados e divididos em três partes utilizando divisor cônico de amostras. A primeira parte foi utilizada na primeira etapa do trabalho, enquanto as demais foram individualmente embaladas em sacos de papel e armazenadas por 6 meses (janeiro a julho/2001), uma em câmara seca (25°C e 40% UR) e a outra sob condições ambientais não controladas de laboratório, fazendo estas parte da segunda etapa do trabalho.

Tanto no início quanto após o armazenamento, em ambos os ambientes, procedeu-se a avaliação da qualidade das sementes, através de testes realizados em laboratório e no campo para relacioná-los com os testes de submersão realizados sob diferentes temperaturas.

5.1 Avaliação da qualidade dos lotes em laboratório

5.1.1 Determinação do teor de água

Foi realizada com quatro repetições de 25 sementes para cada lote, colocadas em estufa regulada a temperatura de $105^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$, por 24 horas, utilizando-se a metodologia descrita em Brasil (1992).

5.1.2 Teste de germinação

Foi realizado com quatro repetições de 50 sementes, instaladas em rolos papel toalha (RP) e colocadas para germinar a temperatura de 30°C . O volume (ml) de água utilizado para umedecer o papel foi equivalente a 2,5 vezes o peso (g) do papel. As avaliações foram realizadas aos 4 e 7 dias após a semeadura, seguindo os critérios estabelecidos em Brasil (1992).

5.1.3 Teste de frio em rolo de papel sem solo

Foi realizada com quatro repetições de 50 sementes, instaladas em rolos de papel toalha (RP) seguindo os mesmos procedimentos do teste de germinação. Os rolos de papel foram colocados no germinador a temperatura de 10°C, por sete dias, e depois transferidos para germinador a 30°C por 4 dias, realizando-se uma única leitura; os resultados foram expressos em porcentagem.

5.1.4 Teste de envelhecimento artificial

Foram utilizadas quatro repetições de 75 sementes as quais foram distribuídas sobre bandeja de tela de alumínio, fixada no interior do gerbox, contendo 40 ml de água e mantida a 42°C por 72 horas (Dias & Barros). Decorrido este período, as sementes foram colocadas para germinar seguindo a metodologia descrita em 5.1.2 (Marcos Filho et al., 1987). Determinou-se o teor de água das sementes após o envelhecimento e a avaliação das plântulas foi realizada quatro dias após a semeadura, computando-se a porcentagem de plântulas normais.

5.1.5 Teste de condutividade elétrica

Foram utilizadas quatro repetições de 25 sementes, as quais foram pesadas com precisão de 0,001g e em seguida foram colocadas para embeber em recipientes (200 ml) plásticos com 75 ml de água destilada, e mantidas em germinador a 25°C por 24 horas. Após esse tempo foi feita a leitura da condutividade elétrica da solução, usando-se um condutivímetro modelo Digimed DM 31. Os dados obtidos foram calculados em $\mu\text{Sg}^{-1}\text{cm}^{-1}$.

5.2 Avaliação da qualidade dos lotes em campo

5.2.1 Emergência de plântulas

Foi realizada com quatro repetições de 50 sementes de cada lote, semeada em sulcos de dois metros de comprimento espaçados meio metro entre si, à profundidade uniforme de 3 a 5cm. A irrigação foi realizada diariamente e a contagem das plântulas emergidas foi realizada uma única vez, aos 21 dias após a semeadura. Os resultados do teste foram expressos em porcentagens.

5.2.2 Velocidade de emergência das plântulas

Concomitantemente à avaliação da emergência de plântulas constatou da realização de contagens diárias, a partir do início da emergência e até os 14 dias após semeadura. O índice de velocidade foi calculado segundo Maguire (1962).

5.2.3 Massa de matéria seca de plântulas

As plântulas normais resultantes no teste de emergência foram cortadas ao nível do solo e em seguida colocadas para secar em estufas a 60°C por 3 dias. Após a secagem foram pesadas em balança com precisão de 0,0001g e a massa obtida foi dividida pelo número de plântulas coletadas em cada repetição.

5.3 Teste de submersão

Foram empregadas quatro repetições de 150 sementes, submersas em 100 ml de água destilada com temperatura ambiente, contendo micostatina (0,2%) e 50µg de Benzilpenicilina Potássica/ml de água para evitar a proliferação de fungos e bactérias durante o teste .

As sementes submersas em água com temperatura ambiente foram mantidas em câmara climatizada a 20°C, 25°C, 30°C e 35°C por 48 horas baseado no trabalho de Dantas et al.(2000). Após esse período as sementes foram retiradas da água e submetidas ao

teste de germinação, conforme metodologia descrita em 5.1.2 A contagem, única, foi realizada aos quatro dias, após a implantação do teste; os dados foram expressos em porcentagem.

5.4. Análise estatística

O delineamento experimental empregado foi o inteiramente casualizado, constituindo um esquema fatorial 9x4 (lotes x temperatura)

Os dados, sem transformação foram submetidos a análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% e 1% de probabilidade.

Os valores observados no teste de submersão foram submetidos a estudo de correlação, linear simples, com os testes realizados para caracterização da qualidade inicial dos lotes. Os dados não foram transformados.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1. Avaliação inicial dos lotes

A discriminação de lotes com porcentagens de germinação semelhantes, quanto ao desempenho esperado das sementes, constitui a razão principal da adoção de testes de vigor em programas de controle de qualidade na produção de sementes. (Marcos Filho et al., 1984; Carvalho & Nakagawa, 2000).

Tendo em vista que as alterações decorrentes da deterioração obedecem a uma seqüência hipotética de manifestação, um único teste pode revelar-se incapaz de detectá-las em sua totalidade;justifica-se, assim, os estudos sobre novos métodos que, aliados a outros, permitem inferir, com maior confiabilidade, a real situação qualitativa de lotes de sementes (Marcos Filho et al., 1998).

Conforme assinalado por Caliari (1999), o emprego de lotes com germinação equivalente tornou-se relevante em pesquisas voltadas a métodos que buscam avaliar o potencial fisiológico dos mesmos. De modo geral os lotes empregados neste trabalho

apresentaram altas porcentagens de germinação e de emergência no campo, mostrando-se adequados ao estudo de teste para avaliação do vigor (Quadros 1 e 2).

Dentre os métodos foram destacados os testes, designados como de submersão, na comparação com outros testes de laboratório e de campo indicados na avaliação do vigor de sementes de milho.

De acordo com os dados apresentados nos Quadros 1 e 2, referentes a caracterização da qualidade fisiológica inicial dos lotes de sementes de milho utilizados no trabalho, verificou-se ausência de diferenças nos testes de primeira contagem de germinação, de porcentagem de germinação, de condutividade elétrica, de emergência em campo, de massa seca de plântulas e índice de velocidade de emergência. O teor de água das sementes variou entre os lotes, com menor valor para o lote quatro. Contudo, a maior diferença observada, da ordem de 0,9%, pode ser considerada pouco significativa, quando se considera o efeito do teor de água nos processos biológicos na semente, e, portanto, irrelevante quanto à interferência nos resultados obtidos.

Foram observadas diferenças entre os lotes no teste de envelhecimento acelerado, destacando-se o de número nove com maior vigor sem diferir, estatisticamente, porém, do lote cinco; os menores valores foram observados nos lotes 1, 3 e 7, que também não diferiram do lote 4. Todavia, as condições do estresse proporcionado por esse teste causaram severa redução na capacidade das sementes originarem plântulas normais. No teste de frio o lote nove mostrou pior desempenho em relação aos demais, contrariando os resultados observados no teste de envelhecimento acelerado. Segundo Grabe (1976), valores mínimos percentuais de 70 a 85% no teste de frio indicam qualidade satisfatória de lotes de sementes.

Quadro 1 - Dados médios do teor de água (%), e de plântulas normais na primeira contagem (%), no teste de germinação (%), no teste de envelhecimento artificial (%) e no teste de frio(%) dos lotes de sementes de milho híbrido CO-32 no início do período experimental. Botucatu – 2001.

Lotes	Teor de água (%)	1ª contagem (%)	Germinação (%)	Envelhecimento (%)	Teste frio (%)
1	8,0 a	33 a	88 a	13 e	94 a
2	8,0 a	32 a	92 a	27 b	93 a
3	7,3 bc	7 a	84 a	13 e	92 a
4	7,1 c	19 a	93 a	14 cde	90 a
5	7,9 a	26 a	94 a	35 ab	95 a
6	7,7 ab	8 a	88 a	26 bc	93 a
7	8,0 a	14 a	92 a	13 e	97 a
8	8,0 a	25 a	95 a	25 bcd	96 a
9	8,0 a	30 a	92 a	45 a	80 b
F	13,68	2,92	1,53	19,33	4,34
CV (%)	4,75	55,75	6,18	22,24	5,17
Dms	0,43	28,19	13,34	12,38	11,31

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, a 5 %.

Quadro 2 - Dados médios de condutividade elétrica ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$), de emergência de plântulas no campo (%), de matéria seca de plântulas (g/plântula) e de índice de velocidade de emergência dos lotes de sementes de milho híbrido CO-32 no início do período experimental. Botucatu – 2001.

Lote	Condutividade elétrica ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$)	Emergência a campo (%)	Matéria seca (g/plântula)	IVE
1	21,80a	85 a	0,1226 a	15,00 a
2	21,35 a	90 a	0,1015 a	16,26 a
3	25,17 a	92 a	0,1041 a	16,55 a
4	24,40 a	90 a	0,1253 a	17,00 a
5	22,02 a	91 a	0,1264 a	17,00 a
6	23,11 a	91 a	0,1400 a	17,00 a
7	23,00 a	92 a	0,1402 a	17,05 a
8	21,31 a	95 a	0,1306 a	17,46 a
9	24,06 a	93 a	0,1347 a	17,00 a
F	1,31	1,38	1,63	1,44
CV (%)	10,70	5,32	17,54	6,92
Dms	5,82	23,37	0,05	2,73

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, a 5 %.

Para ampliar as possibilidades de detecção de diferenças qualitativas entre os lotes de sementes, os testes de submersão foram conduzidos sob diferentes temperaturas.

Na definição das temperaturas utilizadas, foram consideradas informações relatadas por Dantas et al. (2000), segundo as quais temperaturas inferiores a 20°C e superiores a 25°C na embebição reduzem o vigor das sementes. Os mesmos autores observaram decréscimo na primeira contagem do teste de germinação após o segundo dia de submersão.

No Quadro 3 são apresentados os dados referentes a porcentagem de plântulas normais na primeira contagem do teste de germinação após a submersão da sementes sob diferentes temperaturas. Verificou-se que os lotes não diferiram estatisticamente quando a submersão foi realizada a 20°C; entretanto, os lotes 4, 5, 7 e 8 apresentaram maiores valores e os lotes 1, 2 e 3 os menores valores de germinação respectivamente, concordando parcialmente com os dados da caracterização inicial (Quadros 1 e 2). A 25°C os lotes 4, 2, 1 e 5 e 3, 8, 6 e 7 apresentaram valores superiores e inferiores, respectivamente; a 30°C os lotes 5, 7, 4 e 2 destacaram-se positivamente enquanto os lotes 9, 8, 3 e 1 apresentaram menores valores. Essa interpretação considerou o valor referencial correspondente a 60% de plântulas normais na primeira contagem de germinação, observada por Dantas et al. (2000) após dois dias de hipoxia, utilizando sementes de milho cultivar AI-30.

Quando se utilizou a temperatura de 20°C para submersão, apenas o lote 3 não atingiu esse valor considerado referencial. Sob 35°C esse fato foi observado em todos os lotes, indicativo assim, da severidade dessa temperatura.

As maiores porcentagens de plântulas normais na primeira contagem do teste de germinação, verificadas quando a embebição foi realizada sob temperatura de 20°C, provavelmente, estejam associadas as menores velocidades de embebição sob razão da baixa temperatura (Carvalho & Nakagawa, 2000). Em contrapartida, observou-se um decréscimo na porcentagem de plântulas germinadas na primeira contagem, de modo significativo, na maior temperatura estudada. De acordo com Dantas et al. (2000), quanto maior à distância da temperatura ideal (27°C) menor o valor da porcentagem de germinação e velocidade do processo.

Considerando o conjunto de testes, a elevação da temperatura, tendeu a reduzir a porcentagem de plântulas normais na primeira contagem (Quadro 3), constatando-se discriminação dos lotes nas temperaturas de 25°C e 30°C e efeito drástico da temperatura de 35°C. Os lotes 3 e 4 apresentaram constantes decréscimos na porcentagem de plântulas germinadas na primeira contagem, com o acréscimo da temperatura. Os lotes 5, 6 e 7 apresentaram reduções nas porcentagens de plântulas germinadas na primeira contagem a 25°C em relação aos demais, mas superiores aos valores das porcentagens a 35°C

Quadro 3 - Porcentagens de plântulas normais do teste de germinação no início do período experimental após submersão das sementes sob diferentes temperaturas. Botucatu – 2001.

Lotes	Temperaturas			
	20°C	25°C	30°C	35°C
1	61 a A	60 a ABC	42 b C	54 ab A
2	61 a A	65 a AB	62 a AB	47 b AB
3	58 a A	54 a ABC	50 b BC	30 b CD
4	73 a A	70 a A	64 a AB	35 b BCD
5	73 a A	60 a ABC	70 a A	24 b D
6	65 a A	50 b BC	57 ab ABC	19 c D
7	70 a A	45 b C	70 a A	30 c BCD
8	72 a A	54 b ABC	52 b BC	42 b ABC
9	63 a A	55 a ABC	55 a ABC	29 b CD

CV (%): 14,03

Médias seguidas de mesma letra m inúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, a 5 %.

No Quadro 4 são apresentados os coeficientes de correlação linear simples entre a porcentagem de plântulas normais na primeira contagem do teste de germinação após, submersão sob diferentes temperaturas, e as determinações iniciais para sementes de milho. A porcentagem de plântulas germinadas após a submersão a 20°C correlacionou-se significativamente, positivamente ou negativamente a 1%, com todos os testes avaliados. A 25°C, apesar de todos os testes terem apresentado correlação, a primeira contagem, o envelhecimento acelerado, a condutividade elétrica e a matéria seca de plântulas resultaram em coeficientes significativos somente a 5%.

Na embebição a 30°C a porcentagem de plântulas na primeira contagem não se correlacionou com o teste de envelhecimento acelerado; a primeira contagem e a germinação correlacionaram somente a 5%, enquanto, os demais testes apresentaram coeficientes significativos a 1%. Todavia, os coeficientes foram em sua totalidade inferiores à 0,50. A primeira contagem após submersão a 35°C não se correlacionou com nenhum teste.

Considerando as temperaturas avaliadas e os coeficientes significativos os maiores índices de correlação foram obtidos com as temperaturas de 20°C e de 25 °C para todos os testes.

Quadro 4 - Correlação simples (r) entre parâmetros avaliados nos nove lotes de sementes de milho na caracterização com a porcentagem de plântulas normais na primeira contagem de germinação no início do período experimental após a submersão sob diferentes temperaturas.

Variáveis	Temperaturas			
	20° C	25° C	30° C	35° C
1ª contagem	-0,55**	-0,41*	0,48*	-0,15
Germinação	0,90**	0,73**	0,43*	0,30
Envelhecimento acelerado	-0,68**	-0,53*	0,05	-0,20
Teste frio	0,93**	0,79**	0,45**	-0,06
Condutividade elétrica	-0,96**	-0,81*	-0,42**	-0,02
Emergência a campo	0,97**	0,79**	0,49**	0,03
Matéria seca	-0,98**	-0,81*	-0,46**	0,00
IVE	0,98**	0,80**	0,50**	-0,02

*, **= significativo a 5 e 1%, respectivamente.

IVE: Índice de Velocidade de Emergência.

Os testes para caracterização da qualidade inicial dos lotes (Quadros 1 e 2) indicaram certa igualdade entre os mesmos quanto à germinação e ao vigor. Embora os testes de submersão sob as temperaturas de 20°C, 25°C e 30°C terem revelado similaridade estatística entre a maioria dos lotes, confirmando os dados qualitativos iniciais, constatou-se indicações, considerando-se os valores absolutos encontrados, de certa capacidade de discriminação dos lotes; sob esse aspecto, as sementes dos lotes 4 e 5, nas temperaturas de 20°C, 25°C e 30°C, do lote 7 nas temperaturas de 20°C e 30°C e do lote 8, na temperatura de 20 °C, apresentariam melhores condições de sobreviver às condições de estresse imposto pela submersão e, portanto, melhor vigor, como assinalado por Woodstock (1973), McDonald Jr. et al. (1975), VanToai et al. (1985) e Martín et al. (1991).

6.2. Avaliação após armazenamento em ambiente

Nos Quadros 5 e 6 são apresentados os dados referentes a caracterização qualitativa dos lotes de sementes de milho híbrido CO 32 após o armazenamento em condições de ambiente de laboratório por seis meses.

Quadro 5 - Dados médios do teor de água (%), e de plântulas normais na primeira contagem (%), no teste de germinação (%), no teste de envelhecimento artificial (%) e no teste de frio (%) dos lotes de sementes de milho híbrido CO-32 após seis meses de armazenamento em condições de ambiente de laboratório . Botucatu – 2001.

Lote	Teor de água (%)	1ª contagem (%)	Germinação (%)	Envelhecimento (%)	Teste frio (%)
1	11,7 a	58 a	94 a	9 b	91 a
2	11,0 b	72 a	93 a	8 b	92 a
3	11,0 b	70 a	93 a	11 ab	94 a
4	11,1 b	46 a	92 a	21 a	55 b
5	11,0 b	65 a	93 a	21 a	98 a
6	11,1 b	53 a	89 a	14 ab	92 a
7	10,9 b	77 a	92 a	10 b	84 a
8	10,9 b	77 a	95 a	6 b	93 a
9	10,7 b	55 a	88 a	16 ab	96 a
F	7,30	2,78	0,64	5,83	13,95
CV (%)	4,75	20,75	6,01	36,84	8,04
Dms	0,46	31,39	13,12	11,05	16,86

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, a 5 %.

O teor de água variou entre os lotes com maior valor para o lote 1; no entanto, a maior diferença observada foi de 1%, semelhantemente ao constatado no início do período experimental, valor pouco expressivo em relação aos processos biológicos desencadeados pelo teor de água. Os lotes não diferiram entre si considerando-se os testes de

primeira contagem, de germinação, de emergência em campo e de condutividade elétrica da solução de embebição. No teste de envelhecimento acelerado os lotes 3, 4, 5 e 9 apresentaram maior porcentagem de germinação, mas os seus resultados foram extremamente baixos; no teste de frio o lote 4 apresentou menor germinação, sem causa aparente, tendo em vista os resultados dos demais testes para este lote. Quanto à matéria seca de plântulas o lote 9 apresentou o melhor desempenho, porém não diferiu estatisticamente dos lotes 7 e 8. Em relação ao índice de velocidade de emergência os maiores valores foram verificados nos lotes 6 e 7 e o menor no lote 5.

Pela análise conjunta dos testes, após seis meses de armazenamento em ambiente de laboratório, não foi possível classificar os lotes quanto ao potencial fisiológico, visto que, apesar das diferenças estatísticas em alguns testes, o comportamento dos lotes nos mesmos não seguiu a mesma tendência, apresentando, portanto, vigor semelhante.

Quadro 6 - Dados médios de condutividade elétrica ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$), de emergência de plântulas no campo (%), de matéria seca de plântulas (g/plântula) e de índice de velocidade de emergência dos lotes de sementes de milho híbrido CO-32 após seis meses de armazenamento em condições de ambiente de laboratório. Botucatu – 2001.

Lote	Condutividade elétrica ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$)	Emergência a campo (%)	Matéria seca (g/ plântula)	IVE
1	22,83 a	85 a	0,0320 b	7,90 ab
2	29,12 a	86 a	0,0336 b	8,06 ab
3	25,20 a	88 a	0,0342 b	8,36 ab
4	22,15 a	84 a	0,0329 b	7,70 ab
5	24,40 a	82 a	0,0322 b	7,14 b
6	24,33 a	88 a	0,0331 b	8,64 a
7	24,52 a	88 a	0,0393 ab	8,74 a
8	26,46 a	85 a	0,0366 ab	8,05 ab
9	25,06 a	85 a	0,0448 a	8,09 ab
F	1,05	0,95	4,77	3,43
CV (%)	10,95	4,66	10,93	6,50
Dms	7,96	9,49	0,009	

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, a 5 %.

No Quadro 7 estão apresentados os dados referentes a porcentagens de plântulas normais na primeira contagem do teste de germinação após a submersão das sementes sob diferentes temperaturas.

Considerando a temperatura de 20°C, o desempenho inferior foi apresentado pelos lotes 2 e 6, os demais não diferindo entre si e apresentando porcentagens entre 72% a 62%. Empregando-se a temperatura de 25°C quando da submersão das sementes, a análise estatística não acusou comportamento diferencial entre os lotes, destacando-se, entretanto, os lotes 4, 1, 8, 3, 5, 7 e 6 com valores superiores a 60%. Sob temperatura de 30°C o lote 9 apresentou menor germinação não diferindo estatisticamente do lote 8; os lotes 6, 1 e 7 apresentaram resultados superiores a 60%. Quando a submersão foi realizada a 35°C os lotes 2 e 6 apresentaram os menores valores de germinação e o lote 7 o maior, mas a totalidade dos lotes com valores percentuais muito baixos, a corroborar o efeito negativo dessa temperatura verificado quando dos testes realizados no início do período experimental.

Quadro 7 - Porcentagens de plântulas normais na primeira contagem do teste de germinação aos seis meses de armazenamento sob condições de ambiente de laboratório após a submersão das sementes do milho híbrido CO-32 sob diferentes temperaturas em avaliações realizadas após. Botucatu – 2001.

Lotes	Temperaturas			
	20°C	25°C	30°C	35°C
1	62 a AB	70 a A	64 a A	23 b AB
2	36 b C	59 a A	57 a A	11 c B
3	66 a AB	65 a A	55 a A	15 b AB
4	66 ab AB	71 a A	56 b A	23 c AB
5	65 a AB	63 a A	58 a A	15 b AB
6	52 b B	60 ab A	66 a A	14 c B
7	70 a A	61 a A	61 a A	30b A
8	72 a A	69 a A	53 b AB	23 c AB
9	63 a AB	57 a A	38 b B	18 cAB

CV (%): 14,22

Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, a 5 %.

De modo geral, os maiores valores de germinação foram obtidos após submersão das sementes sob temperatura de 25°C, enquanto os menores valores foram constatados na maior temperatura de submersão, concordando com os relatos de Dantas et al. (2000), que quanto mais distantes forem as temperaturas daquela considerada ideal (27°C), maior a inibição da germinação.

Igualmente ao verificado no início do período experimental, a elevação da temperatura de submersão tende, considerando o conjunto dos lotes, a reduzir a porcentagens de plântulas normais na primeira contagem (Quadro 7), particularmente de 35°C. Assim, as temperaturas de submersão de 20°C, 35°C e 30°C possibilitaram certa discriminação dos lotes.

Os coeficientes de correlação linear entre as determinações iniciais para avaliação da qualidade das sementes após seis meses de armazenamento sob condições de laboratório e a porcentagem de plântulas normais na primeira contagem do teste de germinação após submersão sob diferentes temperaturas são apresentados no Quadro 8. Apesar dos coeficientes significativos a 1% constatados entre todos os testes com a primeira contagem de germinação, em todas as temperaturas de submersão avaliadas, valores mais expressivos foram verificados quando da submersão sob a temperatura de 20°C seguida pela de 30°C.

Aos seis meses de armazenamento sob condições de ambiente de laboratório a maioria dos testes revelou semelhanças qualitativas entre os lotes. A primeira contagem de germinação após a submersão das sementes revelou igualdade estatística, para todos os lotes à temperatura de 25°C e para todos os lotes com exceção do nove à 30°C. A temperatura de 20°C foi a que melhor discriminou os lotes. Se considerados os valores

absolutos, e tendo como referência o valor de 60% assinalado em trabalho de Dantas et al. (2000), as sementes dos lotes 5 e 7 nas temperaturas de 20°C, 25°C e 30°C, do lote 8, nas temperaturas de 20°C e 25°C e do lote 1, nas temperaturas de 25°C e 30°C poderiam ser considerados como de vigor superior aos demais.

Quadro 8 - Correlação linear simples (r) entre parâmetros avaliados nos nove lotes de sementes de milho na caracterização com a porcentagem de plântulas normais na primeira contagem de germinação aos seis meses de armazenamento sob condições de ambiente de laboratório após a submersão sob diferentes temperaturas.

	20° C	25° C	30° C	35° C
1ª contagem	0,83**	0,60**	0,54**	-0,58**
Germinação	0,63**	0,46**	0,53**	-0,67**
Envelhecimento acelerado	-0,96**	-0,66**	-0,78**	0,74**
Teste frio	0,93**	0,68**	0,79**	-0,70**
Condutividade elétrica	-0,58**	-0,45**	-0,44**	0,47**
Emergência a campo	0,97**	0,74**	0,81**	-0,75**
Matéria seca	-0,98**	-0,73**	-0,81**	0,75**
IVE	0,97**	0,73**	0,83**	-0,76**

*, **= significativo a 5 e 1%, respectivamente.

IVE: Índice de Velocidade de Emergência.

6.3. Avaliação após armazenamento em câmara seca

Nos Quadros 9 e 10 são apresentados os dados referentes a caracterização dos lotes de semente de milho após o armazenamento em câmara seca por um período de 6 meses. Os testes de germinação, de frio e de condutividade elétrica não indicaram diferenças de qualidade entre os lotes. O teor de água oscilou entre os lotes com variação

máxima de 0,7%, não comprometendo, assim, os resultados das determinações realizadas visto a proporção da diferença observada.

Na primeira contagem do teste de germinação os lotes 7 e 1 foram classificados como de maior e menor vigor, respectivamente. Entretanto, o teste de envelhecimento acelerado identificou como de maior e menor vigor, os lotes 3 e os lotes 5 e 7, respectivamente, ressaltando-se, todavia, a severidade do estresse proporcionado pelo teste às sementes. Em relação à emergência no campo os lotes 2 e 3 apresentaram as maiores porcentagens diferindo significativamente do lote 8. A matéria seca de plântula classificou como de maior vigor os lotes 2, 3 e 5 e como de menor vigor os lotes 8 e 9. O lote 3 apresentou maior vigor quando avaliado pelo índice de velocidade de emergência, que identificou os lotes 6 e 9 com potencial fisiológico inferior.

Quadro 9 - Dados médios do teor de água (%), e de plântulas normais na primeira contagem (%), no teste de germinação (%), no teste de envelhecimento artificial (%) e no teste de frio(%) dos lotes de sementes de milho híbrido CO-32 após seis meses de armazenamento em condições de câmara seca. Botucatu – 2001.

Lote	Teor de água	1ª contagem (%)	Germinação (%)	Envelhecimento (%)	Teste frio (%)
1	6,2 b	70c	91a	26abc	90a
2	6,2 b	88abc	95a	20bc	95a
3	6,3 b	94ab	94a	35a	92a
4	6,3 b	73bc	93a	19bc	89a
5	6,7 ab	76abc	92a	16c	89a
6	6,4 b	93ab	96a	24abc	92a
7	6,7 ab	97a	98a	16c	91a
8	6,3 b	79abc	94a	30ab	78a
9	6,9 a	73bc	91a	20bc	94a
F	5,79	5,56	1,75	5,32	1,71
CV (%)	4,75	10,71	3,45	25,19	8,61
Dms	0,49	21,00	7,67	13,62	18,40

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, a 5 %.

No Quadro 11 são apresentados os dados de porcentagens de plântulas normais na primeira contagem do teste de germinação após submersão de sementes de milho armazenadas por seis meses em câmara seca sob diferentes temperaturas. Na temperatura de 20°C, os lotes 4, 7 e 8 mostraram-se como de maior vigor, diferindo, estatisticamente, do lote 9 que apresentou menor porcentagem de plântulas normais. Quando da submersão a 25°C o lote 3 apresentou resultados inferiores aos demais, contrariando os resultados inicialmente determinados, enquanto os lotes 4 e 7 apresentaram valores superiores. Os lotes não diferiram após a submersão das sementes sob temperatura de 30°C. Após a submersão a 35°C os lotes 3, 5 e 7 apresentaram valores percentuais na primeira contagem de germinação estatisticamente superiores aos lotes 6 e 8, ressalvando-se, entretanto, a drasticidade dessa temperatura.

Quadro 10 - Dados médios de condutividade elétrica ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$), de emergência de plântulas no campo (%), de matéria seca de plântulas (g/plântula) e de índice de velocidade de emergência dos lotes de sementes de milho híbrido CO-32 após seis meses de armazenamento em condições de câmara seca. Botucatu – 2001.

Lote	Condutividade elétrica ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$)	Emergência a campo (%)	Matéria seca (g/plântula)	IVE
1	27,06a	85ab	0,0465abc	8,16ab
2	22,84a	90a	0,0498a	8,70ab
3	28,43a	90a	0,0499a	9,11a
4	23,24a	87ab	0,0469ab	8,59ab
5	25,93a	84ab	0,0518a	8,29ab
6	30,61a	79ab	0,0337bcd	7,36b
7	26,53a	80ab	0,0403abcd	7,90ab
8	24,70a	75b	0,0325d	7,44ab
9	26,90a	79,50ab	0,0328cd	7,01b
F	2,04	3,73	7,51	7,51
CV (%)	13,05	6,41	13,59	8,90
Dms	8,15	12,70	0,0138	1,70

* significativo no nível de 5 % de probabilidade

Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, a 5 %.

A porcentagem de plântulas normais na primeira contagem do teste de germinação não diferiu entre as temperaturas de 20°C e 25°C e decresceu, gradativamente, de forma significativa, com o aumento da temperatura para 30°C e 35°C. De acordo com Martin et al. (1991), a tolerância das sementes à submersão varia com a temperatura. A quantidade excessiva de água pode provocar rápida embebição (Hou & Thseng, 1991), causando ruptura das membranas celulares e, conseqüentemente, redução do vigor, fato agravado com o aumento da temperatura de embebição

Quadro 11 - Porcentagens de plântulas normais na primeira contagem do teste de germinação aos seis meses de armazenamento em condições de câmara seca após submersão das sementes sob diferentes temperaturas. Botucatu – 2001.

Lotes	Temperaturas			
	20°C	25°C	30°C	35°C
1	65 ab AB	73 a AB	54 b A	20 c AB
2	67 ab AB	79 a AB	63 b A	20 c AB
3	67 a AB	64 a B	49 b A	27 c A
4	73 a A	80 a A	60 b A	17 c AB
5	66 a AB	67 a AB	51 b A	30 c A
6	62 a AB	72 a AB	60 a A	10 b B
7	72 a A	79 a A	56 b A	30 c A
8	74 abA	77 a AB	63 b A	12 c B
9	56 a B	68 a AB	57 a A	19 b AB

CV (%): 12,35

Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, a 5 %.

Os coeficientes de correlação linear entre as determinações da avaliação qualitativa após seis meses de armazenamento em câmara seca e as porcentagens de plântulas normais na primeira contagem do teste de germinação após submersão sob diferentes temperaturas são apresentados no Quadro 12.

Nas temperaturas de 20°C, 25°C e 30°C não se constatou correlação significativa com o teste de germinação. Os demais testes correlacionaram-se de forma significativa a 1% com a porcentagem de plântulas normais na primeira contagem do teste de germinação para todas as temperaturas de submersão. À exceção da correlação com o teste de germinação, os coeficientes, apesar de significativos decresceram com o aumento da temperatura, constatando-se os maiores valores nas temperaturas de 20°C e de 25°C. Trabalho de Martin et al (1988), revelou correlação significativa deste teste com a emergência de plântulas no campo utilizando a temperatura de 27°C, temperatura próxima a ideal para germinação de sementes de milho.

Quadro 12 - Correlação simples (r) entre parâmetros avaliados nos nove lotes de sementes de milho na caracterização com a porcentagem de plântulas normais na primeira contagem de germinação aos seis meses de armazenamento em condições de câmara seca após a submersão sob diferentes temperaturas. Botucatu - 2001.

	20° C	25° C	30° C	35° C
1ª contagem	0,95**	0,91**	0,83**	-0,80**
Germinação	0,30	0,27	0,22	-0,33*
Envelhecimento acelerado	-0,92**	-0,89**	0,87**	0,71**
Teste frio	0,95**	0,92**	0,88**	-0,76**
Condutividade elétrica	-0,95**	-0,90**	-0,84**	0,77**
Emergência a campo	0,97**	0,95**	0,86**	-0,77**
Matéria seca	-0,97**	-0,94**	-0,85**	0,81**
IVE	0,97**	0,94**	0,85**	0,78**

*, **= significativo a 5 e 1%, respectivamente.

IVE: Índice de Velocidade de Emergência.

6.4. Considerações gerais

Em regiões temperadas e úmidas, precipitações pluviais excessivas no verão podem determinar redução na produção, por afetar o estabelecimento e o desenvolvimento inicial de plantas de milho, decorrentes do excesso de água no solo (Wenkert et al., 1981 e Fausey et al., 1985).

Conforme Duke & Kakefuda (1981), o excesso de água durante a germinação causa deterioração das sementes e conseqüente redução da emergência no campo. Em soja, Chang & Lai (1981) verificaram inibição completa da emergência de plântulas pelo elevado teor de água no solo. O excesso de água pode provocar danos às membranas celulares, pela absorção rápida, e elevação da lixiviação de eletrólitos (Powel & Matthews, 1978; Egley et al., 1983 e Pereira & Andrews, 1985).

Fausey et al. (1985) e Takeda & Fukuyama (1987) relataram a existência de diferença varietal quanto à tolerância a submersão em milho e cevada, respectivamente; assim, a seleção de variedades tolerantes a submersão, especialmente durante a germinação, se justificaria. Supõe-se que esse procedimento poderia ser interessante para também discriminar lotes que apresentem capacidade germinativa semelhante e, assim estimar a emergência de plântulas no campo.

Os lotes utilizados neste trabalho revelaram no início e ao final dos seis meses de armazenamento, independente do ambiente, no conjunto dos testes, elevada qualidade. Corroborar essa constatação, por exemplo, o teste de condutividade elétrica ao não detectar diferenças entre os lotes, o que era esperado pois, nas condições do teste imaginava-se

aumento da lixiviação de eletrólitos, conforme assinalado por Powel & Matthews (1978); Egley et al. (1983) e Pereira & Andrews(1985),e também os testes de frio e de emergência em campo.

Quando da caracterização dos lotes no início e após seis meses de armazenamento, em ambos os ambientes, constatou-se valores reduzidos e elevados de plântulas normais nos testes de envelhecimento artificial e de frio, respectivamente. Os resultados do teste de envelhecimento artificial talvez sejam decorrentes de maior sensibilidade das sementes do híbrido utilizado, como consequência de algum possível material ascendente de origem temperada utilizado na sua obtenção, e, por essa razão, expliquem as correlações negativas com as porcentagens de plântulas normais após a submersão das sementes sob as temperaturas de 20° C e 25° C. No teste de frio foram observadas correlações positivas. Nas temperaturas de 20° C e 25° C o teste de submersão em água correlacionou-se positivamente com a emergência de plântulas no campo, indicando, como assinalado por Fausey et al (1985), a viabilidade de sua utilização para estimar o desempenho futuro das sementes de milho no campo.

Van Toai et al. (1985) ressaltaram a importância da temperatura, quando da submersão, afetando a capacidade das sementes germinarem em seguida. Temperaturas de 25°C e 30°C reduzem, segundo Hou & Thseng (1991), a capacidade germinativa de sementes de soja após a submersão, atribuindo o efeito ao rápido acesso de água nas sementes, observando-se, para variedades sensíveis, redução da germinação após dois dias de submersão.

Observou-se que a temperatura de submersão de 35°C foi drástica, reduzindo acentuadamente a primeira contagem de germinação das sementes de milho, cultivar CO-32, em todas as etapas da pesquisa. A temperatura de 30°C apresentou possibilidade de utilização, embora com valores de r baixos com os testes de avaliação no início do período experimental; esta temperatura e as de 20°C e 25°C correlacionaram-se positivamente com a emergência no campo.

Em soja, Hou & Thseng (1991) concluíram que quatro dias a 25°C são condições satisfatórias para seleção de variedades quanto à tolerância com grande influência da cor do tegumento. Todavia, DeBoer & Ritter (1970) referiram-se à soja como mais sensível à submersão que o milho, fato corroborado por Drew (1979) que consideraram esta uma das espécies mais tolerantes à submersão. Entretanto, Dantas et al. (2000), trabalhando com o cultivar AI-30, observaram redução significativa da germinação e da massa seca de plântulas após 48 horas da submersão sob temperatura de 27°C.

7 CONCLUSÕES

- O teste de submersão pode ser uma alternativa viável para avaliação do vigor em sementes de milho.

- O teste de submersão realizado sob temperaturas de 20°C e 25°C mostrou-se mais adequado para avaliação do vigor de sementes de milho.

- A tolerância das sementes a submersão em água reduziu com o aumento da temperatura de embebição.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDUL – BAKI, A. A, ANDERSON J.V. Physiological and biopchimedeterioration of seeds. In: KOZLOWSKI, T.T. (Ed.) *Seed biology*. 2.ed New York: Academic Press, 1972. p.283-316.

ARTHUR,T.J., TONKIN, J.H.B. Testando o vigor da semente *Inf. ABRATES*, v.1, n.3, p.38-41, 1991.

ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYSTS.. *Seed vigor testing handbook*, East Lausing, AOSA 1983. 88p. (Contribution, 32).

BANERJEE, S.K. Observations on the initiation of seed deterioration and its localization in barley and anion seed. *Seed Sci. Technol.*, v.6, p.1025-8, 1978.

- BASAVARAJAPPA, B. S., SHETTY, H. S., PRAKASH, H. S. Membrane deterioration and other biochemical changes associate with accelerated ageing of maize seed. *Seed Sci. Technol.*, v. 19, p.279-86, 1991.
- BEKENDAM, J., KRAAK, H. L., VOS, J. Studies on field emergence and vigour of onion, sugar beet, flax and maize seed. *Acta Hortic. (Wageningen)*, v.215, p. 83-9, 1987.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. *Regras para análise de sementes*. Brasília, 1992. 365p.
- BURRIS, J. S., NAVRATIL, R. J. Relationship between laboratory cold test method and field emergence in maize imbeds. *Agron.*, v.71, p.985-8, 1979.
- CALIARI, M. F. Uso de testes de vigor, na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de milho, com ênfase nos conduzidos sob várias situações de disponibilidade hídrica. Piracicaba, 1999. 56p. (Doutorado – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”/Universidade de São Paulo).
- CARVALHO, N. M. & NAKAGAWA, J. Sementes: ciência , tecnologia e produção. Jaboticabal FUNEP., 2000 588p.
- CARVALHO, N. M. O conceito de vigor em sementes . In: VIEIRA, R. D., CARVALHO, N. M. *Testes de vigor em sementes*. Jaboticabal: FUNEP, 1994 . p.1-30.

- CHANG, H.H., LAI, K.L. Studies on the excessive moisture injury of soybean. II Effect of excessive moisture on the seed germination and seedling growth of soybean. *Memoirs of the College of Agriculture, National Taiwan University (summary in English)* n.22, p.78-87, 1981.
- CHAUHAN, K.P.S. The incidence of deterioration and its localization in aged seeds of soybean and barley. *Seed Sci. Technol.*, v.13, p.769-73, 1985.
- CICERO, S. M., CHAMMA, H. M. C. P., MORAES, M. H. D. *Tratamento fungicida em sementes de milho*. Piracicaba: ESALQ, Departamento de Agricultura, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo 1989.
- CICERO, S. M., VIEIRA, S. D. Teste de frio. In: VIEIRA, S. D.; CARVALHO, N. M. (Ed.) *Testes de vigor em sementes*. Jaboticabal: FUNEP, 1994 p.151-64.
- CÔME, D., TISSAOUI, J. Interrelated effects of imbibition, temperature and oxygen on seed germination. In: HEYDECKER, W. *Seed ecology*. Nottingham, Pennsylvania State, University Press, 1973. p.157-68.
- COPELAND, L. O. *Seed science and technology*. 2 ed. Minneapolis, Burgess Publ., 1976, 369p.

- CRAWFORD, R. M. M. Metabolic adaptations to anoxia. HOOK, D. D. & CRAWFORD, R. M. M (Eds.) *Plant life in anaerobic environments* 1978, p.119-36 CUSTÓDIO, C.C., MARCOS FILHO J., Potassium leachate test for the evaluation of soybean seed physiological quality. *Seed Sci. & Technol.*, v.25, p.549-64, 1997.
- DADLANI, M., AGRAWAL, P. K. Factors influencing leaching of sugar and eletrolytes from carrots and okra seeds. *Scientia Hortic. (Amsterdam)*, v.19, p.39-44, 1983.
- DANTAS, B. F., ARAGÃO, C. A., CAVARIANI, C. & NAKAGAWA, J. Teste de alagamento para avaliação do vigor em sementes de milho. *Revista Brasileira de Sementes*. v.22, p.288-92, 2000.
- DEBOER, D. W., RITTER, W. F. Flood damage to crops in depression areas of North Central Iowa. *Tran.s of ASAE (Am. Soc. Agric. Eng.)*, v.13, n.5, p.547-549, 1970.
- DELOUCHE, J. C., BASKIN, C. C. Accelereted aging techniques for predicting the relative storability of seed lots. *Seed Sci. Technol.*, v.1, p.427-552, 1973.
- DELOUCHE, J. C. Seed deterioration. *Seed World*, v.92, n.4, p.14-5, 1963.
- DELOUCHE, J. C. Standardization of vigor tests. *Seed Technol.*, v.1, n.2, p.75-86, 1976.

DIAS, D.C.F.S., MARCOS FILHO, F. Testes de vigor baseados na permeabilidade das membranas celulares: I. condutividade elétrica. *Inf. ABRATES*, v.5, n.1, p.26-36, 1995.

DIAS, M. C. L. de L., BARROS, S. do R. *Avaliação da qualidade de milho*. Londrina:IAPAR.. 1995, 43p.

DREW, M.C., JACKSON, M.B, GIFFORD,S. Ethylene promoted adventitious rooting and development of cortical air spaces (aerenchyma) in roots may be adaptive responses to flooding in *Zea mays* L.Planta n.147, p.83-88, 1979.

DUKE, S. H., KAKEFUDA, G. Role of testa in preventing cellular rupture during imbibition of legume seeds. *Plant Physiol.*, v..67, p.449-56, 1981.

EGLEY, G. H., POUL, R. N., VAUGAN, K. C., DUKE, S. H. Role of peroxidase in the development of water impermeable seed coat in *Sida spinosa* L. *Planta*, v.157, p.224-32, 1983.

FAUSEY, N. R., McDONALD Jr, M. B. Emergence of inbred and hybrid corn following flooding. *Agron. J.*, v.77, p.51-6, 1985.

FAUSEY, N. R. , T. T. VAN TOA, McDONALD Jr, M.B. Response of ten corn cultivars to flooding. *Trans. ASAE (am. Soc. Agric. Eng.)*, v.28, p.1794-7, 1985.

FERGUSON, J. M. Perspective of seed vigor testing. *J. Seed Technol.*, v.17, p. 101-4, 1993.

FERREIRA, F. R., BRANCO, S., SADER, R. Germinação de sementes de uva japonesa e beribá. *Ver. Brás. Sementes*, v.12, n.1, p. 73-81, 1990.

GRABE, D. F. Measurement of seed vigor. *J. Seed Technol.*, v.1, n.2, p.18-31, 1976.

GULLIVER, R. L., HEYDECKER, W. Establishment of seedling in a changeable environment.

In: HEYDECKER, W. (Ed.) *Seed ecology*. Nottingham, Pennsylvania State University Press, 1973. p.433-62

HAMPTON, J. G., COOLBEAR, P. Potential versus actual seed performance. Can vigour testing provide an answer? *Seed Sci. Technol.*, v.19, p.373-383, 1991.

HAMPTON, J. G., COOLBEAR, P. Potential versus actual seed performance. Can vigour testing provide an answer? *Seed Sci. and Technol.*, v.18, p.215-28, 1990.

HAMPTON, J. G., JOHNSTORE, K. A., EUA-UMPON V. Bulk conductivity test variables for mungbean, soybean and frenchbean seed lots. *Seed Sci. Technol.*, v.20, p.677-86, 1992.

HARMAN, D. Aging: a theory based on free radical and radiation chemistry. *J. Gerontol.*, v.11, p.298-300, 1956.

- HARRINGTON, J.F. Problems of seed storage. In: HEYDECKER, W.H. *Seed ecology*. Pennsylvania: The Pennsylvania State Press, 1973. p.251-65.
- HEYDECKER, W. Vigour. In: ROBERTS, E. H. *Viability of seeds*. Syracuse: Syracuse University Press, 1972. p.209-52.
- HOU, F. F., THSENG, F. S. Studies on the flooding tolerance of soybean seed: varietal differences *Euphytica*, v.57, p. 169-173, 1991.
- ISELY, D. Vigor tests. *Proceedings of the Association of the Official Seed Analysts*, Virginia, v.47, n.1, p.176-182, 1957.
- KERMODE, A. R.; BEWLEY, J.D., DASGUPTA, J., MISRA, S. The transition from seed development to germination: a key role for desiccation? *HortScience*, v.21, p.1113-7, 1986.
- KHAN, A. A. *The physiology and biochemistry of seed development and germination*. New York: Elsevier, 447p., 1982.
- KHOSRAVI, G. R., ANDERSEN, I. C. Emergence flooding and nitrogen atmosphere effects on germinating corn inbreds. *Agron. J.*, Madison, v.82, p.495-9, 1990..
- KOZLOWSKI, T. T. Responses of woody plants to flooding and salinity. <http://www.heronpublishing.com/monograf/koslowiski.pdf> 1999.

KRZYZANOWSKI, F. C., MIRANDA, Z. F. S. Relatório do Comitê de Vigor da ABRATES.

Inf. ABRATES, v.1, n.1, p.7-25, 1990.

KRZYZANOWSKI, F. C., FRANÇA NETO J. de B. e VIEIRA, D.V. Vigor de sementes:

conceitos e testes Londrina:ABRATES, 1999 218p.

LeDEUNFF, Y. Hydration des semences de pois (*Pisum sativum*). *Seed Sci. Technol.*, v.17,

p.471-83, 1989.

LEMKE-KEYES, C. A., SACHS, M. M. Genetic variation for seedling tolerance to anaerobic

stress in maize germplasm. *Maydica*, v.34, p.329-37, 1989.

LOVATO, A., CAGALLI, S. Sugar beet (*Beta vulgaris* L.) seed vigour compared in laboratory

and field testes. *Seed Sci. Technol.*, v.21, p.61-7, 1992.

MAGWRE, J. D. Speeds of germination-aid selection and evaluation for seedling emergence

and vigor. *Crop. Sci.*, v.2, p.176-7. 1962.

MARCOS FILHO, J., PESCARIN, H. M. C., KOMATSU, Y. H., DEMÉTRIO, C. G. B,

FANCELLI, A. L. Testes para avaliação do vigor de sementes de soja e sua relação com a emergência de plântulas em campo. *Pesqui. Agropecu. Brás.*, v.19, p.605-13, 1984.

- MARCOS FILHO, J. Teste de envelhecimento acelerado. In: KRZYŻANOWSKI, F. C., FRANÇA NETO J. de B. e VIEIRA, D.V. (ed) *Vigor de sementes: conceitos e testes* Londrina: ABRATES, 1999, 218p.
- MARCOS FILHO, J. O valor dos testes de vigor. *Seed News*, n.6, p.32, jul/ago, 1998.
- MARCOS FILHO, J., CÍCERO, S. M., SILVA, W. R. *Avaliação da qualidade das sementes*. Piracicaba: FEALQ, 1987. 230p.
- MARTIN, B.A., SMITH O.S., O'NIEL, M. Relationships between laboratory germination tests and field emergence of maize inbreds. *Crop Sci.*, v.28, p.801-5, 1998.
- MARTIN, B.A., CERWICK, S.F., REDING, L.D. Physiological basis for inhibition of maize seed germination by flooding. *Crop Sci.*, v.31, p.152-1057, 1991.
- MATTHEWS, S., POWELL, A. A. Electrical conductivity test. In: PERRY, D. A. (Ed.) *Handbook of vigour test methods*. Zurich: ISTA., 1981, p.37-42.
- McDONALD Jr., M. B. A review and evaluation of seed vigor tests. *Proc. Assoc. Official Seed Anal.*, v.65, p.109-39, 1975.
- McDONALD Jr., M. B. The history of seed vigor testing. *J. Seed Technol.*, v.17, p. 93-100, 1993.

METIEVER, J. R. Dormência e germinação. In: FERRI, M. G. (Coord.) *Fisiologia vegetal*.

São Paulo: EPU/EDUSP, 1979. v.2, p.343-392.

MOCK, J. J.; EBERHART, S. A. Cold tolerance in adapted maize populations. *Crop Sci.*,

v.12, p.466-9, 1972.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas In:

KRZYZANOWSKI, F. C., FRANÇA NETO J. de B. e VIEIRA, D.V. (ed) Vigor de sementes: conceitos e testes Londrina: ABRATES, 1999, 218p.

NIJENSTEIN, J. H. Effects of soil moisture content and crop rotation on cold test germination

of corn (*Zea mays* L.). *J. Seed Technol.*, v.12, p.99-106, 1988.

NIJENSTEIN, J. H. Effects of some factors influencing cold test germination of maize. *Seed*

Sci. Technol., v.12, p.313-26, 1985.

OBENDORF, R. L., HOBBS, P. R. Effect of seed moisture on temperature sensitives during

imbibition of soybean. *Crop Sci.*, v.10, p.563-6, 1970.

PEREIRA, L. A. G., ANDREWS, C. H. Comparison of non-wrinkled soybean seed coats by

scanning electro microscopy. *Seed Sci. Technol.*, v.13, p.853-60, 1985.

- PIANA, Z. Respostas de sementes de milho com diferentes níveis de vigor à disponibilidade hídrica. Piracicaba, 1994. 107p. (Doutorado Escola Superior de Agricultura d “Luiz de Queiroz”/Universidade de São Paulo).
- POLLOCK, M.B., ROOS, E.E. Seed and seedling vigor. In: KOZLOWSKI T.T. (ed). *Seed biology*. New York: Academic Press, 1972. v.1, n.2, p.314-318.
- PONNAMPERUMA, F. N. Chemistry of submerged solis. *Adv. Agron.*, v.24, p.29-95, 1972.
- POPINIGIS, F. *Fisiologia da semente*. Brasília, 1985. 289p.
- POWELL, A A., MATTHEWS, S. The deterioration of embryos during imbibition. *J. Exp. Bot.*, v.29, p.1215-29, 1978.
- POWELL, A.A. Cell membranes and seed leachate conductivity in relation to the quality of seed for sowing. *J. Seed Technol.*, v.10, p.81-100, 1986.
- PRIESTLEY, D.A., WERNER, B.G., LEOPOLD, A.C., McBRIDE, M.B. Organic free radical levels in seeds and pollen: The effects of hidratyon and aging. *Physiol. Plant.*, v.64, p.88-94, 1985.

- RICHARD, B., RIVOAL, J., SPITERI, A. PRADET, A. Anaerobic stress induces the transcription and translation of sucrose synthase in rice. *Plant Physiol.*, v.95, p.669-74, 1991.
- SALGADO, J. H. H. Avaliação do vigor de sementes de milho (*Zea mays* L.) pela precocidade de emissão da raiz primária. Piracicaba, 1996. 86p. (Doutorado – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”/ USP).
- SIMON, E. W. Early events in germination. In: MURRAY, D. R. (Ed.) *Seed physiology*. New York: Academic Press, 1984. v. 2, p.77-116.
- TAKANAYANAGI, K., MURAKAMI, K. Rapid germinability test with exudate from seed. *Nature*, p.218-493, 1968.
- TAKEDA, K., FUKUYAMA, T. Tolerance to pre-germination flooding in the world collection of barley varieties. Proc. Of the 5th Int. Barley Genetics. p.735-740, 1987.
- TEKRONY, D. M., EGLI, D. B. Relationship between laboratory indices of soybean seed vigor and field emergence. *Crop Sci.*, v.17, p. 573-7, 1977.
- TEKRONY, D. M. Seed vigor testing – 1982. *J. Seed Technol.*, v.8, p. 55-60, 1983.

- TOLEDO, F. F., MARCOS FILHO, J. *Manual de sementes; tecnologia da produção*. São Paulo: Agronômica Ceres, 1977. 224p.
- TOMES, L. J., TEKRONY, D. M., EGLI, D. B. Factors influencing the tray accelerated aging test for soybean seed. *J. Seed Technol.*, v.12, p.24-36, 1988.
- VANTOAI, T. T., FAUSEY, N. R., McDONALD Jr., M.B. Alcohol dehydrogenase and pyruvate decarboxylase activities in flood-tolerant and susceptible corn seeds during flooding. *Agron. J.*, v.77, p.753-7, 1985.
- VANTOAI, T. T., FAUSEY, N. R., McDONALD Jr., M.B. Oxygen requirements for germination and growth of flood-susceptible and flood-tolerant corn lines. *Crop Sci.*, v.28, p.79-83. 1988.
- VAUGHAN, C. E. Predicting seed longevity. *Annu. Rep. of the Bean Improv. Cooperat.*, v.14, p.125-34, 1971.
- VERTUCCI, C. W., LEOPOLD, A.C. Dynamics of imbibition of soybean embryos. *Plant Physiol.*, v.72, p.190-3, 1983.
- VERTUCCI, C. W. The kinetics of seed imbibition. In: Crop Science Society of America. *Seed moisture*. Madison, 1989. p.93-115. (CSSA. Special Publication, 14).

VIEIRA, R. D., CARVALHO, N. M. *Testes de vigor em sementes*. Jaboticabal: FUNEP, 1994.

146p.

WENKERT, W., FAUSEY N. R., WATTERS, H. D. Flooding responses in *Zea mays* L *Plant*

Soil., v.62, p.351-6, 1981.

WILSON Jr., D.O., McDONALD JUNIOR, M.B. The lipid peroxidation model of seed

ageing. *Seed Sci. Technol.*, v.14, p.269-300, 1986.

WOODSTOCK, L. W. Physiological and biochemical tests for seed vigor. *Seed Sci. Technol.*,

v.1, p. 127-57, 1973.