

XIII CURSO SOBRE TECNOLOGIA DE PRODUÇÃO DE SEMENTES DE HORTALIÇAS

DETERIORAÇÃO E ARMAZENAMENTO DE SEMENTES DE HORTALIÇAS

Raquel Alves de Freitas

Embrapa – SPM

Bruno Guilherme Torres Licursi Vieira

Rafael Marani Barbosa

Roberval Daiton Vieira

UNESP – Univ. Estadual Paulista, Jaboticabal, SP

rdvieira@fcav.unesp.br

1. INTRODUÇÃO

O estabelecimento da produção agrícola e hortícola geralmente é efetuado com a utilização de sementes, estimando-se que praticamente 80% dessas espécies vegetais exploradas comercialmente são propagadas diretamente dessa maneira. Por esse motivo, torna-se fundamental a utilização de sementes com potencial fisiológico elevado para garantir o sucesso do empreendimento (Marcos Filho, 2005).

A utilização de sementes de elevada qualidade é fator preponderante para o sucesso de qualquer empreendimento agrícola. Para a produção de hortaliças, onde a demanda por sementes é elevada, a utilização de sementes com alto potencial fisiológico é fundamental, pois caso aquelas estejam em estádios de deterioração avançados podem refletir em problemas na produção.

Esses problemas são ainda maiores quando se trata de sementes de hortaliças, pois estas são de alto custo, pelo advento da hibridação, para algumas cultivares, bem como do valor agregado a semente, quando as mesmas são submetidas a processos de condicionamento fisiológico, peletização, encrustamento, entre outros.

A partir de lotes de sementes com germinação elevada e aceitável para a comercialização, qualquer manifestação da deterioração pode levar a atrasos na formação de mudas e estabelecimento do estande, bem como a falta de uniformidade da lavoura.

É conhecido que sementes de hortaliças e de grandes culturas perdem viabilidade rapidamente quando armazenadas sob altas temperaturas e altas umidade relativa do ar. Este fator está mais evidente quando o campo de produção de sementes está localizado em regiões próprias com características específicas para a produção de sementes de determinada espécie. A partir desses campos, os lotes formados irão abastecer diversas regiões produtoras de hortaliças em diversas épocas de produção de cada ambiente. Portanto, o armazenamento adequando deve ser capaz de manter a viabilidade e o vigor de sementes.

Sementes de hortaliças são predominantemente ortodoxas, assim sofrem dessecação durante os estádios finais de desenvolvimento. Assim, ocorre a alteração do metabolismo de síntese, de desenvolvimento, para o metabolismo de catálise, ligado à germinação. Sementes ortodoxas mantêm sua viabilidade por longos períodos, sob condições de baixa umidade e temperatura (Roberts, 1973b).

A pesquisa científica e tecnologia, atualmente não é capaz de paralisar o processo de deterioração, mesmo em sementes ortodoxas. O processo de deterioração de sementes é bastante complexo, de forma que a produção e o manejo de lotes de sementes visando reduzir o processo deteriorativo constitui-se em desafio para a pesquisa e para os produtores de sementes.

2. DETERIORAÇÃO DAS SEMENTES

A maturidade fisiológica identifica o momento em que cessa a transferência de matéria seca da planta para as sementes, coincidindo com um potencial fisiológico elevado (Nascimento et al., 2006). O peso de matéria seca tem sido apontado como o mais seguro indicador do estágio de maturação da semente (Carvalho & Nakagawa, 2012). Contudo, há controvérsias quanto à ocorrência da qualidade máxima das sementes durante o seu desenvolvimento, podendo não coincidir com o conteúdo máximo de massa seca. Em pimentão, o máximo acúmulo de matéria seca foi alcançado antes da qualidade máxima da semente (Oliveira et al., 1999). Já para

sementes de tomate, o acúmulo máximo de matéria seca ocorre, em geral, depois da qualidade máxima da semente Dias et al., 2006b).

Após a maturidade fisiológica das sementes, seu potencial fisiológico pode permanecer relativamente inalterado durante certo período ou decrescer rapidamente, com velocidade e intensidade determinadas pelas condições do ambiente e das práticas de manejo. As transformações degenerativas ocorridas na semente durante o processo de deterioração, podem ser de origem bioquímica, física ou fisiológica (Delouche & Baskin, 1973).

As principais alterações relacionadas ao processo de deterioração são degradação e inativação de enzimas e os cromossomos podem acumular mutações (Copeland & McDonald, 2001), redução da atividade respiratória (Ferguson et al., 1990) e perda de integridade e seletividade das membranas celulares (McDonald, 1999).

Tem sido destacada também a decomposição de reservas durante o envelhecimento, ocorrendo ainda o acúmulo de produtos tóxicos que prejudicam o desempenho das sementes.

O potencial fisiológico das sementes tem suas raízes assentadas no genótipo e as sementes de algumas cultivares são menos propensas à deterioração. Características da espécie, como a longevidade natural, a composição química e as diferenças genéticas, aliadas à qualidade inicial e teor de água da semente e às condições do ambiente, tanto podem acelerar como retardar a velocidade e a intensidade de deterioração (Marcos Filho, 2005).

Entre as manifestações da deterioração, podem-se citar as alterações no metabolismo de reservas. Os lipídios podem representar desde 2% até mais de 50% da massa seca das sementes; os fosfolipídios, componentes das membranas, constituem pequena parte dessa quantidade, havendo predomínio dos lipídios de reserva.

Em sementes oleaginosas, os lipídios representam cerca de 46% das reservas armazenadas nas sementes (Bewley & Black, 1994). A instabilidade química dos lipídios constitui um dos fatores preponderantes para a queda do desempenho das sementes de várias espécies. A causa da deterioração de sementes citada com mais frequência é a peroxidação de lipídios (McDonald, 1999). A peroxidação consiste na oxidação de cadeias de ácidos graxos hidrocarbonetos, produzindo radicais livres, hidroperóxidos e vários produtos secundários, mediante a ação de enzimas oxidativas, e ocorre tanto em lipídios armazenados como nos componentes das membranas. A perda da integridade das membranas tem sido constatada como um dos processos iniciais de deterioração de sementes (McDonald, 1999). Assim, a desestruturação do sistema de membranas seria consequência do ataque de seus constituintes químicos pelos radicais livres (Carvalho, 1994).

A peroxidação ocorre em todas as células, mas naquelas em que o conteúdo de água se encontra abaixo de 6%, predomina a auto-oxidação, a partir da ação do oxigênio sobre ácidos graxos insaturados. Entre 6 e 14% de água, a peroxidação é provavelmente mínima. Deve-se ressaltar que a presença de oxigênio é deletéria para sementes armazenadas, sendo importante garantir o armazenamento hermético

das sementes, assim como armazenar sementes sem danificações, reduzindo a permeabilidade ao oxigênio (McDonald, 1999).

Produtos da peroxidação lipídica incluem aldeídos voláteis, que são produtos do ataque de radicais livres sobre lipídios de membrana e armazenamento. Bailly et al. (1996) e Kar & Gupta (1991), verificaram em aquênios de girassol, aumentos significativos nos níveis de malonaldeído, sugerindo que a peroxidação de lipídios foi acelerada durante o armazenamento, o que pode ser comprovada pelo acúmulo de peróxidos.

Sementes de soja envelhecidas artificialmente foram utilizadas para um estudo da relação entre a viabilidade e morte celular, e produção e remoção de oxigênio ativo. Quanto maior o tempo de envelhecimento, maior o conteúdo de água nas sementes, e menor a taxa de germinação, germinação final das sementes e peso fresco das plântulas. Houve um aumento da taxa respiratória e conteúdo de H_2O_2 no eixo embrionário até os dez dias de tratamento. Enzimas removedoras de peróxidos tiveram sua atividade diminuída e o conteúdo de malonaldeído aumentado (Tian et al, 2008).

Estudos de deterioração durante o envelhecimento artificial das sementes tem sido conduzidos principalmente sob condições de altas temperaturas e elevado conteúdo de água nas sementes (McDonald, 1999). Nessas condições as sementes perdem rapidamente sua viabilidade. Uma vez que existem diferentes mecanismos que conduzem a morte das sementes, provavelmente diferentes mecanismos de proteção contra deterioração estejam envolvidos, e isso é variável com o ambiente

(Walters et al., 2005). Sendo assim, seria importante estudar se os mecanismos de envelhecimento seriam os mesmos quando as sementes fossem submetidas às condições de baixa temperatura e conteúdo de água. Conforme mencionado por McDonald (1999), reações de peroxidação dependem do conteúdo de água das sementes e temperatura de armazenamento.

2.1. Manifestação da deterioração

A qualidade de um lote de semente compreende uma série de características ou de atributos que determinam o seu valor para a semeadura, os quais são considerados como de natureza genética, física, fisiológica e sanitária. Sabe-se, entretanto, que quanto mais próximo da maturidade fisiológica foi executado a colheita, mais alto será o potencial fisiológico das sementes e diretamente responsável pelo desempenho das sementes em campo e armazenamento (Rodo et al., 2000).

O processo de deterioração indica o declínio no vigor e na viabilidade das sementes, de forma que vigor de sementes e deterioração estão fisiologicamente ligados, ou seja, aumento na deterioração implica em redução no vigor da semente.

Frequentemente, lotes de sementes com elevada e semelhante germinação exibem comportamentos distintos no campo e, ou, no armazenamento. Tais diferenças podem ser explicadas pelo fato de que as primeiras alterações nos processos bioquímicos, associadas à deterioração, geralmente ocorrem antes que o

declínio na capacidade germinativa seja verificado. A perda da germinação é um indicativo importante da perda de qualidade, mas é a última consequência do processo de deterioração. Dessa forma, a queda do vigor precede à da germinação, de modo que lotes com germinação semelhante podem diferir quanto ao nível de deterioração e, portanto, quanto ao vigor e potencial de desempenho no armazenamento e no campo (Delouche & Baskin, 1973).

Em sementes de hortaliças, as informações sobre vigor são ainda mais relevantes, pois possuem menor quantidade de reservas armazenadas, e assim maior suscetibilidade à deterioração após a maturidade fisiológica (Ramos et al., 2004).

Quanto ao aspecto fisiológico, as manifestações da deterioração de sementes relacionam-se com a redução na taxa e uniformidade de germinação, baixa resistência às condições adversas e redução no número de plantas normais (Van Pijlen et al., 1995).

Em culturas de ciclo curto, como muitas hortaliças, o período de tempo compreendido entre a semeadura 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.

No estágio de plântula, acredita-se que a qualidade da semente exerça efeito direto sobre o desenvolvimento da plântula (Tekrony & Egli, 1991), no entanto, ao atingir o estágio de planta, a influência do vigor da semente não seria tão definida, podendo este fator afetar ou não a produção, dependendo do órgão da planta

explorado comercialmente e do estágio em que é efetuada a colheita (Tekrony & Egli, 1991 e Carvalho & Nakagawa, 2012).

Neste contexto, Abdalla & Roberts (1969) verificaram que embora, o desenvolvimento inicial de plantas provenientes de sementes envelhecidas de ervilha, tenha sido menor quando comparado com sementes novas; este lento desenvolvimento não persistiu durante o ciclo da planta.

Nas culturas em que o produto comercial se origina diretamente da parte vegetativa, como por exemplo, diversas hortaliças produtoras de raízes (cenoura, nabo, rabanete), de bulbos (cebola) e de folhas (alface, repolho) os efeitos do vigor das sementes na produção são mais evidentes. Kryzanowski & França Neto (2001) também enfatizam a importância da qualidade da semente para as espécies olerícolas, sobre a qualidade comercial do produto quanto à sua apresentação. No entanto, Rodo & Marcos Filho (2003) observaram que o vigor das sementes de cebola não persistiu durante o desenvolvimento vegetativo das plantas e não houve efeito na produção de bulbos. Entretanto, a utilização de sementes de alto vigor é justificável para assegurar o estabelecimento de estande adequado sob diferentes condições ambientais.

A variação da qualidade da semente se refletirá durante o período de armazenamento e na época da semeadura, durante a emergência das plântulas, resultando em desuniformidade na população no campo, ou mesmo, limitando o seu estabelecimento. Além de estande adequado, a uniformidade e rapidez na emergência é muito importante, pois permite o desenvolvimento das plantas sob as

condições mais favoráveis de ambiente e reduz o nível de exposição a fatores adversos.

2.2. Mecanismos e consequências da deterioração

Os mecanismos que levam à deterioração da semente ainda não estão completamente elucidados, mas sabe-se que a deterioração interfere nos processos fisiológicos e no funcionamento normal das células. De acordo com Roberts (1973a), a falta de esclarecimentos sobre suas causas deve-se ao grande número de alterações fisiológicas e metabólicas que ocorrem no processo. Apesar de várias teorias tentarem explicar o envelhecimento de sementes, a identificação das causas e seus mecanismos permanecem obscuros.

Carvalho & Camargo (2003) comentam que embora diversos autores relatem a ocorrência de alterações em tecidos de reservas, membranas celulares e em organelas, sendo quase impossível enumerar todas as manifestações do processo deteriorativo de sementes já descritas, até o atual momento ainda parece evidente a falta de resultados conclusivos que levem ao esclarecimento das causas e consequências do envelhecimento das sementes.

Enquanto nenhuma causa específica tem sido apontada para o processo deteriorativo, há um consenso geral entre as pesquisas realizadas, de que os danos nas membranas, ou seja, a perda da sua integridade, seria o fator chave no processo de deterioração das sementes.

As membranas celulares são constituídas de uma dupla camada de moléculas de lipídios às quais se associam, interna e externamente, moléculas de proteínas. A dupla camada age como uma barreira à difusão de materiais para o interior e o exterior das células e organelas, além de proporcionar um meio adequado para que proteínas mensageiras transmembranais funcionem. Essa camada é composta por ácidos graxos saturados e insaturados (Bewley, 1986).

A peroxidação de lipídios é frequentemente citada como a principal causa da perda da integridade da membrana e, conseqüentemente, da deterioração de sementes (McDonald, 1999). Segundo Larson, citado por McDonald (1999) a peroxidação de lipídios tem início com a geração espontânea de um radical livre por auto-oxidação ou enzimaticamente pela ação de enzimas oxidativas como a lipoxigenase detectada em sementes de muitas espécies.

Um radical livre é um átomo, ou uma molécula, com um elétron não pareado e que tem a capacidade de doar ou remover um elétron de uma molécula vizinha. Ao serem formados em tecidos de metabolismo alterado, os radicais podem vazar para tecidos vizinhos, causando danos biológicos. Existe uma grande quantidade de tipos de radicais livres, mas os mais importantes são a hidroxila ($\text{OH}^\cdot$) e o superóxido ($\text{O}_2^\cdot$) (Carvalho, 1994).

De acordo com Wilson & McDonald (1986), o processo de deterioração teria como alteração bioquímica inicial a desestruturação do sistema de membranas em nível celular, por meio da ação de radicais livres, uma vez que o processo oxidativo geralmente inicia-se nos lipídios estruturais (lipídios que compõem a membrana

celular) principalmente nos polinsaturados. Neste contexto, Harman & Mattick (1976) demonstraram, em sementes de ervilha, que o processo de deterioração resulta em uma redução nos níveis dos ácidos graxos linoléico (18:2) e linolênico (18:3), ao passo que os saturados e os monoinsaturados tiveram seus conteúdos inalterados. Evidenciando-se assim, a ocorrência da peroxidação de lipídios.

Segundo Bewley & Black (1994), a peroxidação de um ácido graxo insaturado ocorre, inicialmente, com a remoção de um átomo de hidrogênio ligado a um carbono adjacente à dupla ligação, para produzir um radical livre, o qual reage com o oxigênio molecular, resultando num rearranjo na cadeia do ácido graxo e na formação de um radical peróxido. Por sua vez, este reage com um ácido graxo insaturado vizinho, para formar um hidroperóxido, o qual é instável e degrada-se gerando novos radicais livres, perpetuando o processo e produzindo como resultado da decomposição: alcanos, olefinas, álcoois e compostos carbonílicos, que são tóxicos à célula.

Dessa forma, a intensidade e a velocidade do processo deteriorativo nas sementes pode estar relacionado à composição química das mesmas. Sementes com maior teor de lipídios terão, portanto, maior predisposição ao processo deteriorativo, principalmente naquelas com maior conteúdo de ácidos graxos insaturados.

Em função da desorganização das membranas celulares, as sementes sofrem um processo de redução e perda de vigor. De acordo com Bewley & Black (1994), no início do processo de absorção de água, mesmo em sementes viáveis, há um rápido refluxo de compostos orgânicos e inorgânicos para o meio de embebição, pois a

integridade da membrana plasmática se encontra incompleta. A situação é revertida no decorrer da embebição, quando a membrana adquire uma configuração mais estável devido aos mecanismos de reparo. Segundo esses autores, em sementes de baixa viabilidade ou não viáveis tais mecanismos podem estar ausentes ou ineficientes, ou ainda, as membranas podem estar tão danificadas que o reparo torna-se impossível.

A mitocôndria é uma organela bastante suscetível a peroxidação de lipídios, uma vez que a sua membrana é rica em lipídios insaturados, além disso, a presença das cristas aumenta o efeito de superfície. Além de um acentuado efeito sobre a permeabilidade das membranas, a peroxidação de lipídios também prejudica a atividade respiratória das células por quebrar o gradiente protônico necessário para manter o acoplamento respiratório (Wilson & McDonald, 1986). Durante a deterioração, observa-se um aumento na atividade respiratória no início do processo deteriorativo, ocorrendo, posteriormente, uma redução na respiração ao longo do período de armazenamento.

Como a mitocôndria constitui-se no centro da respiração, fica evidente a importância dos efeitos da deterioração sobre o desempenho germinativo da semente quando se consideram as modificações ocorridas nessa organela. À mitocôndria tem sido, inclusive, atribuído papel relevante na restauração de danos nas membranas, pelo fato de ser capaz de sintetizar proteínas estruturais insolúveis (Carvalho, 1994).

É importante ressaltar que, os radicais livres podem agir sobre outros compostos além dos ácidos graxos. Segundo McDonald (1999), alterações na estrutura de proteínas de sementes têm sido atribuídas à ação desses radicais. Bewley & Black (1994) afirmam que os produtos resultantes da peroxidação inativam proteínas ligadas à membrana, alterando a sua estrutura tridimensional e a permeabilidade da membrana.

Além dessas perturbações bioquímicas, vários autores têm apontado que o DNA é de alguma forma degradado, prejudicando o processo de transcrição, tendo como consequência uma incompleta ou mesmo falha na síntese de enzimas essenciais ao processo germinativo. Com o sistema enzimático comprometido, as reservas armazenadas não são hidrolisadas e, conseqüentemente, a síntese de ATP fica prejudicada (McDonald, 1999), provocando um retardamento no desenvolvimento do embrião. Cherry & Skadsen (1986) sugerem que a perda da viabilidade das sementes é acompanhada pela redução na capacidade de sintetizar proteínas devido ao declínio de componentes como ribossomos, RNA mensageiro e alterações a nível de transcrição e tradução com o envelhecimento das sementes.

Dessa forma, o início da deterioração das sementes geralmente está associado à redução na síntese de proteínas. Vale ressaltar que, as enzimas (proteínas metabolicamente ativas) catalisam todos os processos metabólicos na digestão, transporte e utilização das reservas. Assim, reduções na atividade enzimática durante a germinação de sementes envelhecidas pode ser resultante da

diminuição da síntese protéica. Esse declínio no conteúdo enzimático ou em suas atividades pode resultar em danos significativos para as sementes.

Os radicais livres podem também agir sobre o DNA cromossômico, resultando em danos genômicos. De acordo com Coolbear (1995) um pequeno dano pode resultar no acúmulo de pontos de mutação, que podem afetar a morfologia ou o funcionamento das plantas em um estágio mais avançado de crescimento, podendo também ocorrer desenvolvimento de plântulas anormais ou esterilidade de grãos-de-pólen, ou então, a perpetuação de genes recessivos para gerações futuras.

Apesar de muitas células aberrantes em tecidos de sementes vivas não persistem além das primeiras divisões celulares, danos genéticos menores como mutações em genes recessivos podem persistir, sendo, no entanto, mascarados pelo alelo dominante, tendo assim, um efeito obviamente pequeno. No entanto, alguns genes recessivos podem ser letais em células haplóides e sua frequência pode estar relacionada ao aborto de pólen em plantas provenientes de sementes envelhecidas (Bewley & Black, 1994).

Para cada genótipo existe uma proporção crítica de células que podem ser modificadas antes da viabilidade ser prejudicada. Além dos radicais livres, essas alterações podem ser provocadas pela ação de enzimas hidrolíticas ou compostos mutagênicos que se acumulam nas sementes em deterioração. Assim, as alterações não reparadas no genoma resultam nas células aberrantes (Roos, 1982).

Neste aspecto, uma linhagem pura mal armazenada deixa de ser pura. No entanto, essas mudanças não se mostram na geração desenvolvida dessas

sementes, devendo começar a segregar nas gerações subsequentes (Bewley & Black, 1994). Dentro deste contexto, Carvalho & Von Pinho (1997) recomendam que o monitoramento de bancos de germoplasma, deva ser feito em intervalos regulares para que assim que a viabilidade das sementes comece a decrescer a um nível crítico e antes que ocorram alterações genéticas, seja feita a regeneração para a produção de novas sementes.

Os eventos deteriorativos não ocorrem isoladamente. Enquanto os danos às membranas mitocondriais afeta diretamente a atividade respiratória, danos às membranas do retículo endoplasmático e complexo de golgi, podem ter um maior impacto na capacidade das células para a síntese de proteínas. Danificações no DNA terão consequência na atividade de transcrição (Coolbear, 1995). Assim, os mecanismos de deterioração não são mutuamente exclusivos. Um conjunto de mecanismos ou fatores podem estar interagindo no decorrer do processo (Braccini et al., 2001).

Danos causados pela deterioração às organelas são mais visíveis no início do processo germinativo, os quais são quase que completamente restaurados por ocasião dos primeiros sinais visíveis da plântula emergente (Carvalho, 1994). Evidentemente, essa é uma afirmativa válida quando se pressupõe que a capacidade germinativa da semente não foi irremediavelmente comprometida. É possível, portanto, que o tempo mais prolongado necessário para a germinação de sementes de baixo vigor seja consequência da desorganização temporária dos processos

metabólicos e da necessidade de operação de mecanismos de reparo aos danos às organelas.

Além disso, o processo de deterioração pode também ser iniciado por fungos, bactérias e leveduras, no entanto o efeito das bactérias e das leveduras não tem sido muito investigado (Agrawal & Sinclair, 1997).

Duas categorias de fungos invadem as sementes; os fungos de campo e os fungos de armazenamento. Os de campo invadem as sementes durante o seu desenvolvimento na planta, antes da colheita. Fungos de campo necessitam de alto teor de água para seu desenvolvimento. Assim são infectivos somente quando as semente não conseguem seguir o padrão normal de secagem na maturação. No entanto, período chuvoso na época de colheita pode resultar em excessiva deterioração das sementes. Sementes que estão protegidas de patógenos transportados pelo ar, como por exemplo, as oriundas de frutos carnosos (tomate, melão, entre outros) ou pela presença de vagens (como em ervilha) ou palhas, (como no caso de milho-doce), geralmente estão menos suscetível aos fungos de campo em relação àquelas que estão mais expostas, por exemplo cebola e cenoura (Bewley & Black, 1994).

A presença de fungos tanto de campo quanto os de armazenamento podem causar danos às sementes, por meio da produção de enzimas hidrolíticas extracelulares e produção de micotoxinas. Muitos desses compostos são conhecidos como inibidores da síntese de proteínas e de ácidos nucleicos. Algumas micotoxinas podem ter propriedades mutagênicas e antirrespiratórias. Outros efeitos das

micotoxinas são a inibição da germinação, o impedimento da atividade fotossintética e os danos às membranas celulares (Agrawal & Sinclair, 1997 e Braccini et al., 2001).

2.3. Mecanismos e técnicas adotadas para redução da deterioração

Ao que tudo indica, a mais frequente causa do processo deteriorativo das sementes parece ser a peroxidação de lipídios. Assim, qualquer forma ou mecanismo que reduza esse processo refletirá na conservação das sementes (McDonald, 1999).

De acordo com as seguintes linhas, foi sugerida algumas situações para minimizar o processo de peroxidação de lipídios: primeiro, sendo os ácidos graxos saturados menos propensos à peroxidação de lipídios, aumento na razão de ácidos graxos saturado/insaturado por meio do melhoramento de plantas, provavelmente tornará as sementes menos suscetível ao processo peroxidativo. Nesta mesma linha, inclui-se os trabalhos de melhoramento, visando reduzir os níveis de enzimas que atuam na peroxidação de lipídios, como as lipoxigenases, desfavorecendo, portanto, o processo peroxidativo (Wilson & McDonald, 1986; McDonald, 1999).

Uma segunda forma seria a redução da quantidade de oxigênio disponível às sementes, diminuindo assim, o processo inicial de formação de radicais livres. Essa pode ser a razão para o sucesso do acondicionamento de sementes em embalagens herméticas.

Um terceiro mecanismo seria o fato de que as células apresentam um complexo sistema de defesa antioxidante para se proteger dos danos causados pelas espécies de oxigênio ativo. Esse mecanismo de proteção envolve várias enzimas removedoras de radicais livres e de peróxidos, como superóxido dismutase, catalase, peroxidase e ascorbato peroxidase (Halmer & Bewley, 1984 e McDonald, 1999).

Assim, variações na atividade de proteínas e enzimas específicas podem se constituir em ferramenta eficiente e interessante na determinação de mudanças bioquímicas resultantes do processo deteriorativo. Há de se considerar, no entanto a dificuldade de distinção se os danos oxidativos e a redução na atividade das enzimas são causas ou consequências da perda da viabilidade das sementes.

Fatores não enzimáticos também atuam na neutralização de formas de oxigênio ativo. Dentre eles inclui-se a vitamina E (tocoferol). Nesse sentido, o tratamento com α -tocoferol estendeu o armazenamento de sementes de quiabo (Kaloyereas et al., 1961) e cebola (Kaloyereas et al., 1961 e Woodstock et al., 1983). Gorecki & Harman (1987) verificaram que sementes de ervilha tratadas com α -tocoferol dissolvido em acetona e envelhecidas a 92% de umidade relativa e 30°C por 12 semanas, conservaram melhor o vigor e a viabilidade em relação às não tratadas.

A adição de reguladores de crescimento pode também melhorar o desempenho das sementes. Neste sentido, Persson (1988) dissolveu etrel, cinetina e ácido giberélico em acetona e aplicou em sementes de 31 espécies, verificando

redução no tempo de germinação e aumento da porcentagem de germinação. No entanto, pelo fato de muitos desses compostos serem introduzidos dentro das sementes via solvente orgânico, esses solventes podem causar danos às sementes.

Assim, Coolbear et al. (1991) observaram diferenças entre cultivares de ervilha em relação à tolerância a acetona, levando a queda da armazenabilidade. No entanto, os efeitos tóxicos da acetona não foram detectados quando as sementes foram secas abaixo de 8% de umidade, sugerindo que muitos destes efeitos adversos dependem do alto conteúdo de água na semente.

Dadlani & Agrawal (1985) observaram que petróleo, éter e diclorometano foram mais prejudiciais que a acetona à qualidade de sementes de cenoura e trigo, enquanto sementes de lentilha e mostarda não foram afetadas quando imersas nestes solventes por 24 horas. Hung et al. (1992) mostraram que o etanol foi tóxico às sementes de milho-doce, enquanto que a acetona não afetou a germinação e o vigor dessas sementes.

Tratamentos de hidratação e desidratação, também conhecidos como condicionamento osmótico (“priming”) das sementes, melhora a performance durante a germinação. Essa técnica consiste em pré-embeber as sementes em água ou em uma solução osmótica por período de tempo e temperatura determinados, de modo a restringir a quantidade de água absorvida. Assim, as sementes absorvem água até um nível que permite a ativação de eventos metabólicos essenciais à germinação, sem contudo emitir a raiz primária (Khan, 1992).

Durante a fase de hidratação, ocorrem reparos aos danos causados pelos radicais livres tanto nas membranas como em outros componentes da célula (McDonald, 1999). Neste sentido, tem sido demonstrado que o condicionamento das sementes melhora a síntese de proteínas em sementes de tomate (Coolbear et al., 1990) e couve-flor (Fujikura & Karsen, 1992). Chiu et al. (1995) observaram eficiente reparo em membranas de sementes de melancia pré-hidratadas. Os autores atribuíram esse reparo à maior atuação das enzimas removedoras de peróxidos.

A deterioração das sementes durante as etapas de produção manifesta-se em uma taxa fortemente influenciada pela genética, fatores produtivos e ambientais. Embora, a qualidade das sementes não possa ser melhorada, condições adequadas de armazenamento contribuem para a manutenção da viabilidade por um período mais longo, retardando o processo de deterioração, o que faz com que os produtores de sementes se preocupem com a utilização de técnicas que propiciem uma minimização dos fatores de deterioração que possam comprometer sua qualidade.

3. ARMAZENAMENTO DE SEMENTES

O objetivo principal de se conservar sementes é a preservação da sua qualidade (genética, física, fisiológica e sanitária), seja da colheita até o cultivo seguinte ou para a manutenção de estoques para cultivos posteriores.

Outro objetivo de armazenar sementes seria a conservação de fontes genéticas em bancos de germoplasma, para uso futuro em melhoramento de plantas ou mesmo para evitar perdas de recursos genéticos importantes.

Dessa forma, a finalidade de se armazenar sementes estende-se desde a formação de cultivos comerciais, até a conservação de germoplasma. Dependendo do objetivo, pode ser necessário a conservação das sementes por períodos a curto, a médio e a longo prazo. No entanto, seja qual for o destino das sementes, o armazenamento deve fornecer condições capazes de preservar seu potencial fisiológico. Estoques de sementes representam uma significativa proporção dos bens materiais de uma empresa, principalmente para àquelas que se dedicam à produção de sementes de espécies olerícolas e de ornamentais (George, 1985).

3.1. Fatores que afetam a conservação das sementes

Na produção de sementes, não se deve considerar de forma isolada as diferentes etapas envolvidas nesse processo, pois é a associação destas que determinam a obtenção de sementes de alta qualidade. Neste contexto, o armazenamento depende das etapas anteriores, desta forma, somente sementes produzidas com manejo adequado devem ser armazenadas.

No armazenamento, a velocidade do processo deteriorativo pode ser controlada em função da longevidade, da qualidade inicial das sementes e das condições do ambiente. Como a longevidade é uma característica genética inerente

à espécie, somente as condições do ambiente de armazenamento podem ser manipuladas (Carvalho & Nakagawa, 2000).

3.1.1. Fatores genéticos

A sensibilidade das sementes ao processo deteriorativo, em determinados ambientes, pode ser atribuída, em parte, à constituição genética. Sementes de algumas espécies são geneticamente e quimicamente formadas de forma a apresentar um período de armazenabilidade maior do que de outras espécies, mesmo quando armazenadas sob as mesmas condições. Assim, as diferentes espécies apresentam diferenças quanto à longevidade de suas sementes.

A longevidade corresponde ao período em que, potencialmente, a semente permanece viável (Carvalho & Nakagawa, 2000).

Delouche (1973), classificou as espécies em sementes de vida curta, intermediária e longa, dando como exemplos cebola, rabanete e melancia, respectivamente. Provavelmente, a explicação para a vida mais curta das sementes de cebola seja devido a peroxidação de lipídios e a consequente produção de radicais livres, uma vez que as sementes desta espécie apresentam um alto teor de óleo, em torno de 24% (Ellis, 1988).

No entanto, avaliando o potencial de armazenamento de sementes de cebola com baixo teor de água e acondicionadas em embalagens herméticas, Stumpf et al. (1997) constataram que alguns lotes mantem seu potencial fisiológico por 10 anos.

3.1.2. Qualidade inicial da semente

O potencial fisiológico, mais precisamente o vigor das sementes no início do armazenamento é um fator de grande importância, pois afeta diretamente o potencial de conservação. Assim, lotes de sementes vigorosas geralmente mantêm seu potencial fisiológico durante período de tempo prolongado.

O nível de qualidade das sementes a serem armazenadas retrata todo o seu histórico durante a fase de produção e processamento pós-colheita. Neste aspecto, o potencial fisiológico da semente pode ser influenciado por diversos fatores, que podem ocorrer no campo antes e durante a colheita. Tais fatores envolvem o estado nutricional das plantas, flutuações nas condições climáticas, ocorrência de microrganismos e insetos. Assim, o manejo da cultura, as condições climáticas, a colheita, as técnicas de secagem e beneficiamento influenciam seu potencial fisiológico e conseqüentemente a sua capacidade de conservação.

Na maturidade fisiológica as sementes atingem o máximo vigor. Entretanto, as condições adversas ocorridas entre esse estágio e a colheita podem contribuir para aumentar a velocidade do processo deteriorativo das sementes. Dessa forma, para que um lote de sementes expresse a sua máxima qualidade, é necessário que a colheita seja realizada o mais próximo possível da maturidade fisiológica. No entanto, essa prática nem sempre é possível.

Em sementes de melancia, o estágio de maturação da semente na colheita é o principal fator determinante da qualidade. Foi observado por Nerson (2002) que sementes colhidas maduras mantiveram sua capacidade germinativa por um período de dez anos de armazenamento a 10 °C e 45% de umidade relativa do ar, já as sementes colhidas imaturas apresentaram decréscimos na germinação após 5-6 anos, nas mesmas condições de armazenamento.

Efeito da maturidade das sementes sobre a qualidade das mesmas são evidentes em culturas de crescimento indeterminado. Em brássicas, por exemplo, o florescimento se desenvolve da base para o ápice de uma inflorescência individual, ou múltiplas inflorescências são produzidas em períodos diferentes. Dessa forma, sementes de diferentes estádios de desenvolvimento estão presentes na mesma planta. Similarmente, na cultura de cenoura, as umbelas de diferentes ordens apresentam maturação de sementes em épocas cronologicamente diferentes, iniciando pelas umbelas primárias seguidas pelas secundárias e terciárias. Nesses casos, o efeito da maturidade fisiológica sobre a qualidade das sementes são ainda mais acentuados. Assim, atraso na colheita pode levar a perda da qualidade das sementes que se desenvolveram num primeiro estágio ou mesmo desprendimento dessas da planta mãe, como pode ocorrer em sementes de cebola. Por outro lado, colheita antecipada resulta em colheita de sementes imaturas, bem como, em algumas hortaliças que apresentem desuniformidade de maturação entre plantas, a realização de colheitas parceladas favorece positivamente a qualidade das sementes colhidas.

Durante o armazenamento, sementes que sofreram injúrias mecânicas podem servir como centro para infecções acelerando o processo deteriorativo. Injúrias na parte vital do eixo embrionário ou próximo ao ponto de inserção dos cotilédones também intensificam a perda da viabilidade. Temperaturas altas durante a secagem ou secagem rápida ou excessiva pode também reduzir a viabilidade drasticamente (Bewley & Black, 1994). Temperaturas elevadas na secagem, geralmente não causam redução imediata no poder germinativo, mas podem refletir no vigor que, frequentemente, se manifesta durante o período de armazenamento ou na emergência das plântulas sob condições ambientais adversas.

3.1.3. Condições de armazenamento

Minimizando-se os fatores que reduzem a qualidade das sementes na fase de campo (adversidades após a maturidade fisiológica e antes da colheita) e durante as operações de colheita, secagem e beneficiamento, a preservação da qualidade depende das condições de armazenamento da semente (Popinigis, 1985).

Durante o período de armazenamento, a temperatura e a umidade relativa do ar são os principais fatores físicos que afetam a manutenção do potencial fisiológico das sementes. Desses dois fatores, a umidade relativa do ar é considerada mais importante, dada a sua relação direta com o teor de água das sementes, o qual resultará em danos provocados por mudanças no metabolismo celular, com o aumento da atividade enzimática que será favorecida pela temperatura elevada uma

vez que a atividade metabólica das sementes é aumentada quando se eleva seu teor de água a níveis acima do recomendado. Entretanto, a temperatura contribui significativamente, afetando a velocidade dos processos bioquímicos (Delouche et al., 1973) e interfere indiretamente no teor de água das sementes. Consequentemente, o período de viabilidade da semente pode ser aumentado não somente pela redução da umidade relativa do ar, mas também pela redução da temperatura de armazenamento.

Flutuações na umidade relativa do ar, em certos casos, são mais prejudiciais à conservação das sementes do que os extremos dessa oscilação (Bewley & Black, 1994), uma vez que as sementes são higroscópicas, podendo ganhar ou perder umidade para entrar em equilíbrio com o ar ambiente, estando, portanto, o seu teor de água diretamente relacionado com a umidade relativa do ar (Carvalho & Nakagawa, 2000). Entretanto, aumentos na temperatura como fator isolado e ocasionalmente durante o armazenamento em condições de baixa temperatura, não necessariamente afeta a viabilidade das sementes (Bewley & Black, 1994).

Quanto maior o teor de água da semente armazenada, maior o número de fatores adversos à conservação e/ou manutenção do seu potencial fisiológico. Normalmente a baixa umidade relativa do ar é um dos mais importantes fatores na manutenção no potencial fisiológico das sementes, uma vez que quanto menor o teor de água das sementes, menor será a atividade dos agentes deterioradores.

No entanto, o teor de água muito baixo pode também danificar severamente as sementes, visto que a água além de conferir estabilidade estrutural às membranas

celulares e às proteínas, participa ativamente dos processos metabólicos. Quando é removida abaixo do limite suportado pela célula, pode ocorrer aumento da concentração de solutos, aceleração de reações degenerativas, desnaturação de proteínas e a perda da integridade das membranas celulares.

É importante ressaltar, contudo que o efeito da umidade relativa do ar durante o armazenamento não pode ser analisado independentemente da temperatura. As propostas de alguns autores indicam claramente que a temperatura e o teor de água das sementes durante o armazenamento são os principais fatores que afetam a sua viabilidade. Dessa forma, as sementes ortodoxas se mantêm viáveis em condições específicas de armazenamento conforme as regras de Harrington (Carvalho & Von Pinho, 1997):

- Para cada 1% que se diminui no teor de água da semente, duplica-se o potencial de armazenamento. Esta regra é válida para teores de água entre 5 e 14%. Sementes armazenadas com teores de água acima de 14% apresentam uma elevação na taxa respiratória, aquecimento e o desenvolvimento de fungos, nesse caso, a perda da viabilidade é maior do que a indicada na regra e, abaixo de 5% de umidade, a taxa de deterioração pode aumentar devido a autooxidação de certas substâncias de reserva;
- Para cada 5 °C de decréscimo na temperatura do ambiente de armazenamento, o tempo de viabilidade da semente é duplicado, esta afirmativa é válida para temperaturas entre 0 e 50 °C;

- A soma aritmética da temperatura (°C) de armazenamento com a umidade relativa do ar (%) não deverá exceder 55,5.

Assim, o teor de água da semente e a temperatura estão interrelacionados, de forma que alta temperatura acelera o processo deteriorativo da semente com alto teor de água, devido ao aumento na atividade metabólica da semente. No entanto, em sementes com baixo teor de água, a alta temperatura exerce efeito mínimo no processo deteriorativo. Embora a temperatura e a umidade relativa do ar interajam na preservação do potencial fisiológico das sementes, o controle da umidade relativa e o seu efeito sobre o teor de água das sementes é mais crítico do que a temperatura de armazenamento (Copeland & McDonald, 1995).

3.1.4. Presença de insetos e microrganismos

As principais espécies de insetos que infestam as sementes armazenadas são pertencentes à ordem Coleóptera (carunchos) e Lepidóptera (traças). Esses insetos podem ser divididos em primários e secundários, os primários são aqueles com capacidade de atacar sementes intactas enquanto os secundários somente se alimentam de sementes já danificadas, resultantes de injúrias mecânicas ou da ação dos insetos primários (Carvalho & Nakagawa, 2000).

Os insetos de “armazenamento” são polípagos e se caracterizam por apresentar alto potencial biótico, facilidade de disseminação e infestação cruzada.

Dessa forma uma pequena infestação pode danificar, em pouco espaço de tempo, grande quantidade de sementes.

Esses insetos podem reduzir o potencial fisiológico das sementes de forma direta pelo consumo das reservas ou devido à intensa atividade respiratória, a qual pode favorecer outros processos, como a fermentação e o desenvolvimento de fungos.

Sementes mantidas em temperaturas abaixo de 15 °C e com teor de água inferior a 9% não oferecem condições favoráveis ao desenvolvimento das populações da maioria dos insetos que infestam as sementes armazenadas De acordo com (Carvalho & Von Pinho, 1997).

Além dos insetos, o desenvolvimento de fungos, durante o armazenamento das sementes, pode também comprometer seriamente a qualidade das mesmas. Os fungos que atacam as sementes durante o armazenamento são os principais responsáveis pela perda da viabilidade das sementes armazenadas com elevado teor de água associado a temperaturas não controladas. Dentre os fungos “de armazenamento”, dois gêneros se destacam: *Aspergillus* e *Penicillium* (Dhingra, 1985).

É importante ressaltar que, os fungos de armazenamento não se desenvolvem em sementes com teor de água que esteja em equilíbrio com a umidade relativa do ambiente abaixo de 68%. Assim, esses fungos não são responsáveis por deterioração que ocorra em teor de água abaixo de 13% para as sementes amiláceas e abaixo de 7-8% para sementes oleaginosas (Bewley & Black, 1994).

3.1.5. Embalagens

A longevidade das sementes armazenadas também é influenciada pelo tipo de embalagem utilizado para o acondicionamento das sementes (Warham, 1986). Estudos realizados por Henning et al. (1995) constataram que, o potencial fisiológico de sementes de soja embaladas com 8,5% umidade em sacos de plástico (impermeáveis) foi mantida durante 7,5 meses de armazenamento, mesmo em ambientes mais adversos, sendo esta embalagem prejudicial à teores de água mais elevados (10 e 11,5%), independente do local de armazenamento.

A embalagem de sementes é importante não apenas para o transporte, armazenamento e comercialização, mas também no que se refere à conservação do potencial fisiológico das sementes sob determinadas condições de ambiente, de temperatura e umidade relativa do ar (Popinigis, 1985).

Em função da permeabilidade, ou seja, as trocas de vapor de água que podem ocorrer entre as sementes e o ambiente em que elas estão armazenadas, as embalagens são classificadas em permeáveis, semi-permeáveis e impermeáveis. Atualmente, as sementes de algumas espécies de hortaliças são acondicionadas em embalagens semi-permeáveis e impermeáveis.

As embalagens semi-permeáveis oferecem uma certa resistência à penetração da umidade, estas embalagens permitem alguma troca de umidade entre a semente e o ambiente ao qual está armazenada. Como embalagens semi-

permeáveis têm-se as de papel tratado com asfalto, papel multifoliados laminados com polietileno e as de polietileno.

As embalagens impermeáveis, não permitem a troca de umidade com o ambiente. Os materiais mais usados neste tipo de embalagem são o vidro, envelopes de alumínio (“pouches”) e latas. Já as embalagens de plástico não são 100% impermeáveis. Utiliza-se embalagens impermeáveis quando se deseja aumentar o potencial de armazenamento das sementes por longo período.

Para tanto, é necessário reduzir a umidade das sementes para 4-8%. Dessa forma, as sementes entrarão em equilíbrio higroscópico com o ar interno da embalagem e assim permanecerão sem que haja flutuações no teor de água das mesmas. No entanto, é preciso estar atento, uma vez que o acondicionamento de sementes com alto teor de água nesse tipo de embalagem acelera o processo de deterioração (pelo seu intenso metabolismo), nessas condições (sementes com teor de água elevado), as embalagens permeáveis são mais indicadas.

A Tabela 1 mostra o teor de água das sementes de algumas espécies olerícolas para o acondicionamento em embalagens impermeáveis.

Tabela 1. Teor de água das sementes para acondicionamento em embalagens impermeáveis (Adaptado de James, 1967).

Família	Espécie	Teor de água máximo (%)
Aliaceae	Cebola	6,5
Apiaceae	Cenoura	7,0

Asteraceae	Alface	5,5
Brassicaceae	Brócolos	5,0
	Couve flor	5,0
	Repolho	5,0
Chenopodiaceae	Beterraba	7,5
Cucurbitaceae	Abóbora	6,0
	Melão	6,0
	Melancia	6,5
Fabaceae	Ervilha	7,0
Poaceae	Milho-doce	8,0
Solanaceae	Berinjela	6,0
	Pimentão	4,5
	Tomate	5,5

Vários trabalhos foram desenvolvidos com sementes de hortaliças envolvendo comparações entre tipos de embalagens e ambiente de armazenamento. Nesse sentido, Caneppele et al. (1995) observaram que sementes de cebola acondicionadas em embalagens impermeáveis (aluminizado flexível e lata) mantiveram o potencial fisiológico por 12 meses de armazenamento, independente do ambiente de armazenamento. No entanto, as sementes acondicionadas em embalagens de pano, PVC com papel, polietileno rígido, polietileno flexível não se mostraram eficientes para um período longo de armazenamento, em condições

desfavoráveis de temperatura e umidade relativa do ar. Os autores observaram ainda que a embalagem de polietileno flexível embora semi-permeável, não se diferenciou das impermeáveis quando armazenadas em ambiente com temperatura e umidade relativa de 20 °C e 50%, quanto a germinação e o vigor das sementes.

Bezerra & Assunção (1995) evidenciaram que as sementes de coentro conservam a sua qualidade inicial até um ano de armazenamento, em condições ambiente (condição climática de Fortaleza, CE) desde que sejam acondicionadas em embalagens impermeáveis. Já em câmara fria (15 °C e 65% de umidade relativa), o poder germinativo mantém-se até 18 meses tanto em embalagem porosa quanto em impermeável. Segundo Nascimento et al. (2006), no armazenamento em condições ambiente, as sementes de coentro devem ser acondicionadas em embalagens impermeáveis.

Assim, a escolha do tipo de embalagem a ser usado vai depender também das condições climáticas do ambiente de armazenamento (Carvalho & Nakagawa, 2000).

Estudando o efeito da embalagem no armazenamento de sementes de pimentão, Oladiran & Agunbiade (2000), acondicionaram as sementes em embalagens de alumínio, polietileno e papel, com teor de água próximo a 9,0% e armazenaram a 30 °C e 90 % de umidade relativa do ar. Após dez semanas notou-se um decréscimo acentuado na germinação das sementes acondicionadas em embalagens de polietileno e papel, o que foi menos acentuado na embalagem de alumínio.

Bee & Barros (1999) verificaram que é viável o uso de embalagens a vácuo para o armazenamento de sementes de abóbora.

Para maxixe, Torres et al. (2002) verificaram que independente do tipo de embalagem (saco plástico, saco de papel comum e caixa de plástico), as sementes podem ser armazenadas durante 12 meses, tanto em câmara fria quanto em condições ambiente (condição climática de Petrolina, PE), sem perda do potencial fisiológico.

Segundo Nascimento (2001) pode-se encontrar no mercado sementes de hortaliças acondicionadas nos seguintes tipos de embalagens: envelopes aluminizados (“pouches”), latas de diferentes tamanhos, sacos de papel multifoliados e baldes de plástico.

3.2. Instalações para armazenamento

É importante ressaltar que, devido ao tamanho das áreas de produção de hortaliças (geralmente pequenas áreas, mas variando de hortas caseiras a áreas de pivô central), as vendas unitárias podem ser pequenas, o que segundo Carvalho & Nakagawa (2000) permite para esse tipo de semente, uma modalidade de comercialização especial, que caracteriza por oferecer sementes em pequenas embalagens, nos mais variados tipos de comércio. Assim, torna inviável a construção de armazéns convencionais em cada ponto de comercialização, diante disso, a melhor solução é acondicionar as sementes em embalagens impermeáveis. Antes

disso, conforme visto anteriormente, é necessário que as sementes sejam secas até atingir o teor de água recomendado para a espécie. Esse procedimento proporciona um ambiente favorável à conservação das sementes, independente do local onde estiverem sendo comercializadas.

No entanto, para as hortaliças cultivadas em grandes áreas (como grão-de-bico, ervilha, lentilha e milho-doce etc.), o volume unitário de comercialização é maior. Assim, as embalagens utilizadas para o acondicionamento das sementes e comercialização devem adequar-se às diferentes espécies e as diferentes quantidades. Nesse caso, as sementes devem permanecer em uma unidade de armazenamento dotada de características que ofereçam ambiente adequado para a sua conservação (Carvalho & Nakagawa, 2000).

Conforme discutido anteriormente, condições adequadas para o armazenamento estão relacionadas com os dois principais elementos de conservação de sementes, ou seja, baixa umidade relativa do ar e baixa temperatura do ambiente de armazenamento. O armazenamento seco com baixa temperatura obtém-se por meio de câmaras frias dotadas de desumidificadores, os quais retiram a umidade do ambiente. Nessas câmaras, a temperatura de armazenamento é mantida entre 5 a 10 °C e a umidade relativa do ar em torno de 45%.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDALLA, F.H.; ROBERTS, E.H. The effect of seed storage conditions on the growth and yield of barley, broad beans, and peas. **Annals of Botany**, v.33, p.169-184, 1969.
- AGRAWAL, V.K.; SINCLAIR, J.B. **Principles of seed pathology**. 2. ed. CRC Press, 1997. 539p.
- BEE, R.A.; BARROS, A.C.S.A. Sementes de abóbora armazenadas em condições de vácuo. **Revista Brasileira de Sementes**, v.21, p.120-126, 1999.
- BEWLEY, J.D. Membrane changes in seeds as related to germination and the perturbations resulting from deterioration in storage. In: McDONALD JR., M.B.; NELSON, C.J. (Eds.) **Physiology of seed deterioration**. Madison, EUA: Crop Science Society of America, 1986. p.27-45.
- BEWLEY, J.D.; BLACK, M. **Seeds: physiology of development and germination**. 2. ed. New York: Plenum Press, 1994, 445p.
- BEZERRA, A.M.E.; ASSUNÇÃO, M.V. Efeitos do local de armazenamento, da embalagem e do tempo de estocagem na qualidade das sementes de coentro. In: XXXV CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 1995, Foz do Iguaçu. Resumos. **Horticultura Brasileira**, 1995. v.13, p.70.
- BRACCINI, A.L.; BRACCINI, M.C.L.; SCAPIM, C.A. Mecanismos de deterioração das sementes: aspectos bioquímicos e fisiológicos. **Informativo ABRATES**, v.11, p.10-15, 2001.
- CANEPPELE, M.A.B.; SILVA, R.F.; ALVARENGA, E.M.; CAMPELO JÚNIOR, J.H.; CARDOSO, A.A. Influência da embalagem, do ambiente e do período de

- armazenamento na qualidade de sementes de cebola (*Allium cepa* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, v.17. p.249-257, 1995.
- CARVALHO, M.L.M.; CAMARGO, R. Aspectos bioquímicos da deterioração de sementes. **Informativo ABRATES**, v.13, p.66-88, 2003.
- CARVALHO, M.L.M.; VON PINHO, E.V., **Armazenamento de sementes**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1997, 67.
- CARVALHO, N.M. O conceito de vigor em sementes. In: VIEIRA, R.D.& NAKAGAWA, J. **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. p.1-30.
- CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2000. 588p.
- CHERRY, J.H.; SKADSEN, R.W. Nucleic acid and protein metabolism during seed deterioration. In: McDONALD, M.D.; NELSON, C.J. **Physiology of seed deterioration**. Madison, CSSA, 1986, p.65-87.
- CHIU, K.Y.; WANG, C.S.; SUNG, J.M. Lipid peroxidation and peroxide-scavenging enzymes associated with accelerated aging and hydration of watermelon seeds differing in ploidy. **Physiologia Plantarum**, v.94, p.441-446, 1995.
- COOLBEAR, P. Mechanisms of seed deterioration. In: BASRA, A.S. (Ed.). **Seed quality: basic mechanisms and agricultural implications**. New York: Food Products Press, 1995. p.223-277.

- COOLBEAR, P.; MCGILL, C.R.; SKUNNARAK, N. Susceptibility of pea seeds to acetone toxicity: interactions with seed moisture content and ageing treatments. **Seed Science and Technology**, v.19, p.519-526, 1991.
- COOLBEAR, P.; SLATER, R.J.; BRYANT, J.A. Changes in nucleic acid levels associated with improved germination performance of tomato seeds after low-temperature pre-sowing treatment. **Annals of Botany**, v.65, p.187-195, 1990.
- COPELAND, L.O.; McDONALD, M.B. **Principles of seed science and technology**. 4. ed. New York: Chapman and Hall, 2001. 467p.
- DADLANI, M.; AGRAWAL, P.K. Effects of dry permeation on the germinability of seeds during storage. **Seed Science and Technology**, v.13, p.795-802, 1985.
- DELOUCHE, J.C. Germinação, deterioração e vigor da semente. **Seed News**, v.6, p.24-31, 2002.
- DELOUCHE, J.C. Precepts of seed storage. **Proceedings of the Mississippi State Seed Processors short course**, 1973. p.93-122.
- DELOUCHE, J.C.; BASKIN, C.C. Accelerated aging techniques for predicting the relative storability of seed lots. **Seed Science and Technology**, v.1, p.427-452, 1973.
- DELOUCHE, J.C.; MATTHES, R.K.; DOUGHERTY, G.M.; BOYD, A.H. Storage of seed in sub-tropical and tropical regions. **Seed Science and Technology**, v.1, p.671-700, 1973.
- DHINGRA, O.D. Prejuízos causados por microrganismos durante o armazenamento de sementes. **Revista Brasileira de Sementes**. v.7, p.139-145, 1985.

- ELLIS, R.H. The viability equation, seed viability monographs, and practical advice on seed storage. **Seed Science Technology**, v.16, p.29-50, 1988.
- FERGUSON, J.M.; TEKRONY, D.M.; EGLI, D.M. Changes during early soybean seed and axes deterioration: II. Lipids. **Crop Science**, v.30, n.1, p.179-182. 1990.
- FUJIKURA, Y.; KARSEN, C.M. Effects of controlled deterioration and osmopriming on protein synthesis of cauliflower seeds during early germination. **Seed Science Research**, v.2, p.23-31, 1992.
- GEORGE, R.A.T. **Vegetable seed production**. New York: Longman Inc., 1985, 318p.
- GOEDERT, C.O. Conservação de germoplasma: tipos de sementes para armazenamento a longo prazo. In: Simpósio de Recursos Genéticos Vegetais. Sessão 1 - Bancos de Ativos de Germoplasma. 1980, Brasília. **Anais...** EMBRAPA/CENARGEM/EMBRAPA/DID, 1980. p.30-32.
- GORECKI, R.J.; HARMAN, G.E. Effects of antioxidants on viability and vigour of ageing pea seeds. **Seed Science and Technology**, v.15, p.109-117, 1987.
- HALMER, P.; BEWLEY, J.D. A physiological perspective on seed vigor testing. **Seed Science and Technology**, v.12, p.561-575, 1984.
- HARMAN, G.E.; MATTICK, L.R. Association of lipid peroxidation with seed ageing and death. **Nature**, v.260, p.323-324, 1976.
- HENNING, A.A.; KRZYZANOWSKI, F.C.; FRANÇA-NETO, J.B.; COSTA, N.P.; CAMARGO, T.V. Embalagem de sementes de soja para armazenamento em

- regiões tropicais e subtropicais. **Informativo ABRATES**, Londrina, v.5, n.2, p.47, 1995.
- HUNG, P.E.; FRITZ, V.A.; WATERS JR., L. Infusion of *shrunk-2* sweet corn seed with organic solvents: Effects on germination and vigor. **HortScience**, v.27, p.467-470, 1992.
- JAMES, E. Preservation of seed stocks. **Advances in Agronomy**. v.19, p.87-106, 1967.
- KALOYEREAS, S.A.; MANN, W.; MILLER, J.C. Experiments in preserving and revitalizing pine, onion and okra seeds. **Economic Botany**, v.15, p.213-217, 1961.
- KHAN, A.A. Preplant physiological seed conditioning. **Horticultural Reviews**, v.13, p.131-181, 1992.
- KRZYANOSWSKI, F.C.; FRANÇA NETO, J.B. Vigor de sementes. **Informativo ABRATES**, v.11, p.81-84, 2001.
- MARCOS FILHO, J. Testes vigor: importância e utilização. In: KRZYANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. cap.1. p.1-21.
- MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de semente de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ, 2005. 495p.
- MCDONALD, M.B. Seed deterioration: physiology, repair and assessment. **Seed Science and Technology**, v.27, p.177-237, 1999.
- NASCIMENTO, W.M. Vigor em sementes de hortaliças. **Informativo ABRATES**, v.11, p.10-15, 2001.

NASCIMENTO, W.M.; DIAS, D.C.F.S.; FREITAS, R.A. Produção de sementes de pimentas. **Informe agropecuário**: Cultivo da pimenta, Belo Horizonte, v. 27, n.235, p.30-39, 2006.

NASCIMENTO, W.M.; PEREIRA, R.S.; FREITAS, R.A.; BLUMER, L.; MUNIZ, M.F.B. Colheita e armazenamento de sementes de coentro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.14, p.1793-1801, 2006.

NERSON, H. Effects of seed maturity, extraction practices and storage duration on germinability in watermelon. **Scientia Horticulturae**, v.93, p.245-256, 2002.

OLIVEIRA, A.P.; GONÇALVES, C.P.; BRUNO, R.L.A.; ALVES, E.U. Maturação fisiológica de sementes de pimentão, em função de idade de frutos após a antese. **Revista Brasileira de Sementes**, v.21, n.2, p.88-94, 1999.

OLADIRAN, J.A.; AGUNBIADE, S.A. Germination and seedling development from pepper (*Capsicum annum* L.) seeds following storage in different packaging materials. **Seed Science and Technology**, v.28, p.413-419, 2000.

PERSSON, B. Enhancement of seed germination by plant growth regulators infused via acetone. **Seed Science and Technology**, v.16, p.391-404, 1988.

POPINIGIS, F. **Fisiologia de sementes**. Brasília: AGIPLAN, 1985. 289p.

RAMOS, N.P.; FLOR, E.P.O.; MENDONÇA, E.A.F.; MINAMI, K. Envelhecimento acelerado em sementes de rúcula (*Eruca sativa* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, v.26. p.98-103, 2004.

- ROBERTS, E.H. Loss of viability, ultrastructural and physiological aspects. **Seed Science and Technology**, v.1, p.529-545, 1973a.
- ROBERTS, E.H. Predicting the storage life of seeds. **Seed Science and Technology**, v.1, p.499-514, 1973b.
- RODO, A.B.; MARCOS FILHO, J. Onion seed vigor in relation to plant growth and yield. **Horticultura Brasileira**, v.21, p.220-226, 2003.
- RODO, A.B.; PANOBIANCO, B.; MARCOS FILHO, J. Metodologia alternativa do teste de envelhecimento acelerado para sementes de cenoura. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.57, n.2, p. 289-292, 2000.
- ROOS, E.E. Induced genetic changes in seed germplasm during storage. In: KHAN, A.A. (Ed.) **The physiology and biochemistry of seed development, dormancy and germination**. Amsterdam: Elsevier Biochemical Press, 1982. P.409-434.
- STUMPF, C.L. **Potencial de armazenamento de sementes de cebola enlatadas com baixos teores de umidade**. (Dissertação de mestrado), Universidade Federal de Pelotas, 1993. 77p.
- STUMPF, C.L.S.; PESKE, S.T.; BAUDET, L. Storage potential of onion seeds hermetically packaged at low moisture content. **Seed Science and Technology**, v.25, p.25-33, 1997.
- TEKRONY, D.M.; EGLI, D.B. Relationship of seed vigor to crop yield: a review. **Crop Science**, v.31, p.816-822, 1991.

- TORRES, S.B.; SILVA, M.A.S.; RAMOS, S.R.; QUEIRÓZ, M.A. Qualidade de sementes de maxixe armazenadas em diferentes embalagens e ambientes. **Ciência e Agrotecnologia**, v.26, p.539-544, 2002.
- VAN PIJLEN, J.G.; KRAAK, H.L.; BINO, R.J.; DE VOS, C.H.R. Effects of ageing and osmopriming on germination characteristics and chromosome aberrations of tomato (*Licopersicon esculentum* Mill). Seeds. **Seed Science and Technology**, v.23, p.823-830, 1995.
- WARHAM, E.J. A comparison of packaging materials for seed with particular reference to humid tropical environments. **Seed Science and Technology**, v.14, n.1, p.191-211, 1986.
- WILSON, D.O.; McDONALD, M.B. The lipid peroxidation model of seed ageing. **Seed Science and Technology**, v.14, p.269-300, 1986.
- WILSON, D.O.; TRAWATHA, S.E. Physiological maturity and vigor in production of 'Florida Staysweet' shrunken-2 sweet corn seed. **Crop Science**, v.13, p.1640-1647, 1991.
- WOODSTOCK, L.W.; MAXON, S.; FAUL, K.; BASS, L. Use of freeze-drying and acetone impregnation with natural and synthetic antioxidants to improve storability of onion (*Allium cepa*), pepper (*Capsicum annum*) and parsley (*Petroselinum crispum*) seeds. **Journal of the American Society of Horticulture Science**. v.108, p.692-696, 1983.