

582.0151

F475f

1978

LV----1978.03568

FISIOLOGIA DE SEMENTES

FRANCISCO JOSÉ CÂMARA FIGUEIREDO

FISIOLOGIA DE SEMENTES (*)



FRANCISCO JOSÉ CÂMARA FIGUEIREDO (**)

INTRODUÇÃO

A semente mesmo sendo uma pequena parte do investimento num programa-indústria de produção, é a responsável pelas altas produções desde que todas outras condições indispensáveis, tanto as de caráter climáticos como àquelas relacionadas com a utilização de insumos modernos que caracterizam o alto nível tecnológico, sejam favoráveis ao seu desenvolvimento e até a época de colheita.

O estudo fisiológico das sementes visa fornecer elementos que esclareçam todas as funções orgânicas indispensáveis. Desse modo, os processos e as atividades vitais, como o crescimento, nutrição, respiração e outros, deveriam ser abordados com ênfase especial, entretanto, aqui procurar-se-á mostrar somente aqueles intimamente relacionados com a produção ou aqueles de efeito sobre ela.

As partes estruturais, como o tegumento, embrião, endosperma e perispermas, desempenham nas sementes funções de grande importância, assim sendo: a primeira, além da função protetora contra agentes externos, funciona também como reguladora de

* Aula ministrada no II Curso sobre Tecnologia de Sementes, Faculdade de Ciências Agrárias do Pará. Patrocínio MA-DNPV/DISEM/DEMA-PARÁ. 1978

** Engº Agrº, M.S. Pesquisador do Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Úmido - CPATU/EMBRAPA.

582.0151
F-175

trocas gasosas e de absorção de água; a segunda é responsável pela formação de nova planta; e as duas últimas são formadas por tecidos acumuladores de reservas que são utilizadas na formação e desenvolvimento do embrião.

A maturação é outro aspecto de grande valia, pois através do conhecimento das diversas modificações porque passam as sementes, das mais variadas espécies de importância econômica, desde a fecundação do óvulo até a época de colheita, será possível encontrar-se respostas que expliquem as causas da baixa qualidade de muitos lotes de sementes, bem como poderá fornecer elementos que possam ser usados visando superar tais problemas.

Um dos mais seguros métodos para avaliar a qualidade da semente é através a germinação, e para tanto, foram estabelecidas condições básicas para condução de testes que permitam prever com certa margem de precisão o seu valor para efeito de semeadura, entretanto, nesse tipo de avaliação, são desprezadas as informações sobre os fatores que possam exercer influência nos resultados em campo. Para melhor compreensão de todo processo, é importante conhecer-se as fases, as teorias e a fisiologia da germinação das sementes.

A dormência, condição comum à muitas espécies, determinada pela não germinação sob condições, tidas como favoráveis, em que outras o fazem, é uma característica de caráter fisiológico de importância no estudo tecnológico de sementes. Esse estado de repouso seminal, de causas variadas, pode trazer certas vantagens e algumas desvantagens à agricultura, como serão mostradas mais adiante, além de indicações de testes comumente usados para superá-la.

Atualmente, a qualidade fisiológica da semente pode ser determinada com maior margem de segurança através o emprego de testes de vigor. Entretanto, ainda não foi possível padronizá-los

devido a grande variabilidade, não só de espécie para espécie, como dentro de um mesmo lote de sementes. No entanto, existem vários testes descritos em que alguns testados, mostraram-se bastantes eficientes e poderão ser usados no estabelecimento desse parâmetro de qualidade.

A deterioração é um processo de degradação da qualidade da semente, que, tem como mais grave consequência a perda da viabilidade. Ela pode se manifestar em lotes de sementes desde que as condições de colheita sejam consideradas inadequadas, bem como já tenha sido ultrapassado em muito, a época mais propícia, além de outros fatores, notadamente, àqueles em que as condições de armazenamento são tidas como pouco favoráveis.

Dentro do tema presente, fisiologia de sementes, procurar-se-á abordar todos esses assuntos, informando suas causas e os meios possíveis de contornar todos aqueles que se constituem problemas e que afetam sobremaneira a produção de sementes.

CONSTITUIÇÃO DA SEMENTE E SUAS FUNÇÕES

A semente botânica, sendo aquela originada de um óvulo fecundado e desenvolvido, apresenta em sua parte estrutural o tegumento, o embrião, o endosperma e em algumas espécies o perisperma. Alguns autores consideram, para efeito de conceituação funcional, como elementos estruturais básicos a cobertura protetora, o eixo embrionário e o tecido de reservas.

1 - Tegumento

O tegumento da semente das Angiospermas tem sua origem a partir dos integumentos ovulares, assim sendo: a primina, integumento externo do óvulo dará origem a testa, tegumento externo da semente; a secundina, integumento interno originará a camada

protetora interna da semente, a tegma. Nas gramíneas, a primina e a secundina são totalmente absorvidas pelo endosperma e, o óvulo é protegido pelo pericarpo.

A estrutura de cobertura da semente que pode ser representada pela testa, ou pela testa e tegma, ou ainda somente pelo pericarpo, tem atribuída a si as funções de proteção, reguladora e delimitante. Especificamente, o tegumento tem as seguintes funções: fazer com que as partes internas das sementes permaneçam unidas; proteger as formações internas contra impactos e abrasões; servir como barreira à entrada de micro-organismos no interior das sementes; regular a velocidade de reidratação da semente, evitando ou minimizando possíveis danos ocasionados por pressões por ocasião da embebição; regular a intensidade das trocas gasosas, oxigênio e gás carbônico, entre a semente e o ambiente; em alguns casos regular a germinação causando dormência.

2 - Embrião

O embrião que pode ser representado como um todo pelo chamado eixo embrionário, tem a função de reprodução, sendo capaz de reiniciar seu crescimento através divisões celulares após um período de repouso seminal. As suas partes constituintes de maior importância, como a plúmula, dá origem a toda parte aérea da planta; e a radícula que origina o sistema radicular.

3 - Endosperma

Nas sementes dotadas de endosperma, que funcionam como tecido de reservas como no caso das monocotiledôneas, a sua função é a de servir como fonte de energia e de substâncias orgânicas que são colocadas à disposição do eixo embrionário por ocasião de seu desenvolvimento, até que, a plântula atinja o estágio de planta tornando-se autotrófica. Nas dicotiledôneas o

tecido de reserva é representado pelos cotilédones.

As sementes armazenam diversas substâncias em que as principais são os carboidratos, lipídios e proteínas, além de quantidades menores de minerais, vitaminas e outras. Em aproximadamente 75% das plantas que possuem sementes, espermatófitas, os lipídios constituem a principal substância de reserva, sendo que de modo geral: as sementes das gramíneas apresentam alto teor de carboidratos, como o amido; enquanto que as das leguminosas, são portadoras de alto percentual de proteínas.

4 - Perisperma

O perisperma aparece somente nas espécies ditas perispermáticas, e nestas, ele funciona como um tecido de reserva.

MATURAÇÃO

A maturação das sementes é um dos conhecimentos fisiológicos de maior importância nos programas de produção. Algumas espécies que apresentam certa irregularidade na floração, isto é, não florescem numa mesma ocasião, é comum observar-se já na fase de colheita, flores, sementes em desenvolvimento, sementes maduras, sementes secas e sementes em adiantado estágio de deterioração, nesses tipos de plantas, o conhecimento da maturação é de suma importância, pois ela poderá indicar a época em que há maior proporção de sementes de alta qualidade fisiológica.

O processo da maturação tem início com a fecundação do óvulo pelas células espermáticas, e a partir de então, transformações morfológicas, fisiológicas e funcionais vão se sucedendo até que, a semente, tenha atingido o seu ponto máximo de matéria

seca. Segundo a literatura, é neste ponto que a semente atinge seu ponto de maturação fisiológica, caracterizado pelo máximo de capacidade germinativa e máximo de vigor.

No decorrer da maturação as principais modificações observadas são aquelas relacionadas com o teor de umidade, tamanho, peso da matéria seca, poder germinativo e vigor da semente.

1 - Modificações no teor de umidade

Quando por ocasião da fecundação, o óvulo normalmente, apresenta-se com aproximadamente 80% de umidade. Ao se consumir a fertilização, o teor de umidade pode aumentar ou manter-se inalterado por alguns dias, quando então começa baixar gradativamente até que entre em equilíbrio com o meio ambiente, o que geralmente ocorre entre 14 e 20% de umidade.

O tempo que vai desde a fertilização até o equilíbrio atmosférico, é bastante variado segundo a espécie botânica, bem como é diversificada a umidade de equilíbrio. Assim sendo, a título de exemplo tem-se o milho que leva mais ou menos 50 dias para alcançar o equilíbrio entre 16 e 24% de umidade e a soja com aproximadamente 70 dias para equilibrar aos 20% de umidade.

A importância do conhecimento das modificações no teor de umidade das sementes no decorrer da maturação, é que em função dela pode ser planejada a colheita. Quando se tratar de colheita mecânica a umidade tem que ser de tal ordem que permita o perfeito funcionamento da colheitadeira.

As condições ambientais influenciam sobremaneira essas modificações no teor de umidade das sementes, assim sendo, quando a cultura tem a sua maturação fisiológica por ocasião das épocas de baixa precipitação pluviométrica, essas variações são menos pronunciadas e é possível, colher-se semente de alta qualidade. Entretanto, se as incidências de chuvas e elevada umidade

relativa ocorrem próximas à colheita, as variações são mais acentuadas e podem causar sérios prejuízos à produção, inclusive aceleram o processo de deterioração e conseqüente redução no índice de vigor.

2 - Modificações no tamanho

Logo após a fertilização e até o estágio máximo de desenvolvimento, as sementes vão aumentando gradativamente de tamanho, para depois sofrerem uma redução devido a perda de umidade. Em algumas espécies, como sorgo e algodão, o ponto máximo de desenvolvimento ocorre com umidades relativamente altas, respectivamente, 40 e 80%.

O aumento do tamanho da semente é progressivo até sua estabilização, daí por diante pode ou não haver uma redução, assim sendo: o arroz atinge o comprimento máximo de 7mm, para alguns cultivares, aos 10 dias após a antese e o estabiliza; enquanto isso, o algodão, a soja e menos pronunciadamente o sorgo, após atingirem o máximo de desenvolvimento começam a sofrer uma redução em seus tamanhos.

3 - Modificações no peso

Após a fertilização, quando se inicia o processo de maturação, as sementes vão se desenvolvendo e com isso ocorre um aumento em peso, não só de matéria verde como também de matéria seca, até que tenha atingido o ponto máximo. A partir de então, ambos sofrem ligeiro declínio, sendo mais acentuado no primeiro. Em sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) o máximo de peso verde é observado em média aos 35 dias após a antese - 6,5 mg/semente - e esse, é reduzido para 4,7 mg/semente aos 44 dias, ocasião em que é observado o máximo de peso seco, que, sofre a partir de então, um rápido declínio.

A semente ao atingir o seu ponto de máximo peso seco, geralmente ainda contém elevado teor de umidade e a quantidade de substâncias orgânicas a ela transportada, equilibra-se com aquela consumida durante o processo respiratório. Estudos neste sentido foram conduzidos com sementes de aveia e mostraram, que, o peso máximo de matéria seca, foi alcançado quando a semente apresentava uma umidade em torno de 22%, enquanto isso, esse teor variou de 20 a 30% para as sementes de sorgo.

A Tabela 1, apresentada a seguir, mostra a relação entre o máximo de peso de matéria seca e o teor de umidade da semente, em função de dias após a antese para algumas espécies botânicas. Como se observa, o máximo de peso da matéria seca alcançado em decurso de dias variáveis, segundo a espécie, após tenha se realizado a antese.

Tabela 1 - Relação entre o máximo de peso de matéria seca, teor de umidade e dias após a antese. (Delouche, J.C.1964. Seed maturation. Seed Technology Laboratory, Mississippi State University. Mimeografado)

ESPÉCIES	Máximo peso de matéria seca	
	Decurso da antese (dias)	Teor de umidade (%)
.Açafroa (<i>Carthamus finctorios</i> L.)	28 - 35	18 - 25
.Algodão (<i>Gossypium hirsutum</i> L.)	40 - 45	50
.Capim cevadinha (<i>Bromus inermis</i> Leys)	17	47
.Cevada (<i>Hordeum vulgare</i> L.)	25	42
.Cornichão (<i>Lotus corniculatus</i> L.)	27	-
.Feijão (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.)	-	50
.Girassol (<i>Helianthus annus</i> L.)	28	43
.Milho (<i>Zea mays</i> L.)	50	35
.Soja (<i>Sorghum vulgare</i> (L.) Moench)	35 - 45*	23 - 30*
.Soja (<i>Sorghum vulgare</i> (L.) Moench)	27 - 32**	36 - 38**

* Kansas

** Mississippi

Quando as sementes atingem o máximo de peso de matéria seca, comumente denominado de "ponto de maturação fisiológica" observa-se nessa ocasião que elas estão em condições de desempenhar com eficiência plena, todas as funções fisiológicas que lhes são inerentes, coincidindo portanto, com o máximo de vigor e de poder germinativo.

Teoricamente, o ponto ideal de colheita, seria aquele em que as sementes tenham atingido seu ponto máximo de matéria seca que coincide com o máximo de vigor, máximo de germinação e consequentemente, menor estágio de deterioração.

Na prática, entretanto, quanto do ponto ideal de colheita, as sementes estão com teor de umidade bastante elevado e não permite uma colheita eficiente. Em decorrência disso, as sementes permanecem "armazenadas" no campo, até que o teor de umidade decresça a níveis considerados compatíveis com a colheita, geralmente, abaixo de 20%. Durante esse período de armazenamento no campo, em função das condições climáticas e das características particulares de cada espécie, será maior ou menor o grau de deterioração e, com ela, se verificará, uma maior ou menor redução do vigor e do poder germinativo.

4 - Modificações no poder germinativo

O poder germinativo é definido como sendo a capacidade do embrião de reiniciar seu crescimento e, quando sob condições favoráveis, dar origem a uma plântula normal.

A capacidade de germinação das diversas espécies de sementes, é alcançada alguns dias após a fertilização do óvulo, variando de espécie a espécie como mostra a tabela 2. Ela vai aumentando gradativamente até que o ponto máximo seja conseguido, que, pode ocorrer simultaneamente ou imediatamente a seguir ao ter atingido o máximo de matéria seca.

Tabela 2 - Aparecimento do poder germinativo durante o desenvolvimento da semente (Delouche, J.C. 1964. Seed maturation. Seed Technology Laboratory. Mississippi State University. Mimeografado).

ESPÉCIE	Aparecimento do poder germinativo dias após a antese.
.Algodão (<i>Gossypium hirsutum</i> L.)	22
.Capim cevadinha (<i>Bromus inermis</i> Leys	5
.Centeio (<i>Secale cereale</i> L.)	5
.Cevada (<i>Hordeum vulgare</i> L.)	5
.Grama do campo crestada (<i>Agropyron cristatum</i> (L.) Gaer.)	12
.Grama rasteira (<i>Agropyron repens</i> L.)	8
.Soja (<i>Glycine max</i> (L.) Merril)	26
.Sorgo (<i>Sorghum vulgare</i> (L.) Moench)	5 - 10
.Trevo vermelho (<i>Trifolium pratense</i> L.)	10
.Trigo (<i>Triticum</i> spp.)	5

Algumas vantagens práticas podem ser alcançadas com o conhecimento de que as sementes, podem germinar poucos dias após a antese. Nos trabalhos de melhoramento de plantas, esse conhecimento permite aos melhoristas dispor de nova geração de plantas mais precocemente, acelerando o processo de obtenção de culturas, devido ser possível conseguir mais de uma geração em um mesmo ano agrícola. Por outro lado, os produtores de sementes pode rão antecipar suas colheitas, logicamente, somente para algumas espécies, como é o caso do milho, visando conseguir sementes de melhor qualidade, desta maneira é evitado o "armazenamento" no campo.

5 - Modificação no vigor

Vigor, como já foi evidenciado anteriormente, que sendo a soma de todos os atributos das sementes que favorecem o estabelecimento de um stand sob condições desfavoráveis*, é alcançado em sua plenitude quanto a semente atinge seu ponto máximo de maturidade fisiológica, caracterizado pelo máximo de matéria seca.

*Para que se obtenha sementes com o máximo de vigor, será necessário, que, a colheita seja processada quando essas tenham atingido o seu ponto de maturação fisiológica, até certo ponto impraticável, mecanicamente, devido apresentarem elevado teor de umidade. Entretanto, quando a colheita assim mesmo é realizada, uma secagem apropriada deverá ser imediatamente efetuada, para que seja preservado o elevado vigor das sementes.

6 - Outras modificações

Durante o processo de maturação das sementes outras modificações ocorrem, podendo ser de ordem morfológica, fisiológica e biológica. Assim sendo, em sementes de girassol é comum observar-se no decorrer da maturação, um acréscimo nos percentuais de proteínas e de lípidos; em sementes de feijão nesse período há um aumento na absorção de oxigênio e no número de células.

Uma das mais importantes modificações no decorrer da maturação, é a ocorrência de dormência em certas espécies de sementes. Como exemplo, pode ser citado o caso de sementes de algodão, em que, a germinação atinge um ponto elevado decorridos 25

* Delouche, J.C. & Caldwell, W.N. Seed vigor and vigor tests. Proc. Assoc. Official Seed Analysis. 50(1):124-129, 1960.

dias após a antese, entretanto, essa chega a quase zero aos 40 dias, e a partir de então começa novamente a aumentar. Esse fato pode ser explicado pela formação de inibidores da germinação que se formam nos capulhos a partir dos 25 dias, e aos 40 dias, quando esses se abrem, são provavelmente oxidados e as sementes voltam a germinar normalmente.

No caso particular das gramíneas, como ocorre com algumas culturas de arroz, a dormência estabelece-se durante a maturação e as sementes não apresentam toda sua capacidade de germinação imediatamente após a colheita. Entretanto elas voltam a apresentar todo seu potencial, depois de ter transcorrido algum tempo de armazenamento.

GERMINAÇÃO

A germinação corresponde ao reinício do crescimento do embrião paralizado nas fases finais de maturação. Neste período que a antecede, as atividades metabólicas são reduzidas a um nível muito baixo, devido a uma acentuada diminuição do teor de umidade, então diz-se que a semente está no estado de quiescência (*).

Os processos fisiológicos que determinam o crescimento, exigem uma elevação das atividades metabólicas devido a semente ter absorvido umidade, e com isso, verifica-se um aumento do processo respiratório.

Fisiologicamente, a germinação compreende as fases a saber: embebição de água, alongamento das células, divisão celular; e finalmente diferenciação das células em tecidos.

(*) Período de repouso da semente, causado por condições externas desfavoráveis à germinação

Como se vê, a germinação das sementes tem início com a absorção de água e, suas células, até então, em estado de plasmólise passam a um de turgescência, logo aumentam de volume. A seguir, inicia-se a ação das enzimas digestivas e as partes embrionárias, crescem às expensas das substâncias de reservas hidrolizadas por essas enzimas. Portanto, no processo de germinação ocorrem dois fenômenos distintos: um de consumo das reservas localizadas no endosperma, nos cotilédones ou no perisperma; e um outro de formação de novos tecidos que se localizam nas regiões meristemáticas do embrião.

A germinação, quando considerada sob o ângulo fisiológico-químico, compreende as seguintes fases: embebição ou reidratação; aumento da respiração; formação de enzimas; digestão enzimática das reservas; mobilização e transporte das reservas; assimilação metabólica; e crescimento da plântula. Entretanto, os primeiros indícios visíveis da germinação são mostrados pelo crescimento da radícula, iniciada pela divisão celular e pelo rompimento das estruturas do cobertura da semente.

Para que o processo de germinação se manifeste, é necessário que determinadas condições sejam satisfeitas, assim sendo: a semente deve ser viável; as condições internas devem favorecer a germinação, logo estando livre de dormência; e as condições ambientais, como água, luz, temperatura e oxigênio, devem estar em níveis satisfatórios.

1 - Fatores que afetam a germinação das sementes

Os fatores que afetam a germinação, quando as sementes são tidas como viáveis, são todos aqueles relacionados com as condições ambientais, como a água, temperatura, oxigênio e luz. As condições de ambiente, dentro do processo germinativo, devem ser dosadas a um ponto ótimo, de modo que um excesso ou uma deficiência não exerça influência no processo de germinação.

A) Água

A absorção de água, é a primeira condições para que ocorra a germinação. Com a reidratação verifica-se um aumento das atividades respiratórias da semente e com isso, reinicia o crescimento do embrião, que, suprido às custas das substâncias de reservas armazenadas e que vão sendo liberadas gradativamente, dará origem a uma plântula que em breve tornar-se-á uma planta autotrófica.

* As sementes quando colocadas para germinar com excesso de suprimento de água, poderão ocorrer tipos de anormalidade nas plântulas, as radículas podem sofrer atrofias e tornar-se atarracadas, ou ainda, pode inibir a germinação por indução da dormência, como ocorre com a alface. Por outro lado, quando há deficiência de água, de tal modo, que, não se complete o desenvolvimento do embrião até o estágio de plântula, pode provocar a morte das sementes, devido elas sofrerem a partir de um determinado momento do processo germinativo, acentuado grau de deterioração.

O processo de embebição corresponde a um tipo de difusão que na semente, apresenta as seguintes características: aumento de volume; o volume de água absorvida é grande quando relacionado com o peso da matéria seca; há liberação de calor devido o aumento da respiração, logo, é um processo exotérmico; o volume final é menor que a soma dos volumes originais da água e da própria semente.

A absorção de água ocorre a diferentes velocidades nas diversas partes da semente, assim sendo: o tegumento, como funciona como um regulador da entrada de água, a absorção é mais lenta; o embrião absorve água mais rapidamente e de forma contínua, devido não só ao alongamento de suas células, como decorrente da formação de outras; e o endosperma cuja absorção se dá a uma velocidade intermediária, após completada a sua reidratação passa atuar como um reservatório.

A velocidade de absorção da água pela semente é variável com a espécie, permeabilidade do tegumento, disponibilidade de água, temperatura, pressão hidrostática, área de contato água/semente, força intermolecular, composição química, e finalmente devido a condição fisiológica da semente.

a) Espécie

As diferentes espécies botânicas apresentam variação quanto a velocidade de embebição, a isso, deve-se ao fato de existirem diferenças quanto ao volume do embrião e do eixo embrionário, entre a estrutura e permeabilidade da cobertura protetora e finalmente devido a diversificação da composição química das sementes.

As sementes de algumas malváceas, leguminosas e chenopodiáceas, que, apresentam impermeabilidade do tegumento à água, levarão, logicamente, mais tempo para reidratar-se que outras sementes de fácil permeabilidade como o milho, arroz e algumas cultivares de feijão.

b) Permeabilidade do tegumento

A permeabilidade do tegumento está intimamente relacionada com sua estrutura e do tipo de impregnações presentes. Assim sendo, algumas espécies, apresentam-se impermeáveis devido as modificações causadas pela excessiva desidratação das paredes das células que formam o tegumento da semente; outras, devido a presença de impregnação das membranas celulares, de linina, gor dura, suberina ou tanino.

Algumas espécies podem apresentar-se completamente impermeáveis à água, como nas sementes duras de certas leguminosas e de quiabo. Essas sementes só reidratam-se se submetidas a tratamentos especiais de escarificação mecânica ou ácida.

c) Disponibilidade de água

Quanto mais água existir em disponibilidade permite à semente, maior velocidade de embebição. Entretanto, um excesso poderá ser prejudicial à semente, ainda mais se as condições forem anaeróbicas, mas se essas forem aeróbicas, poderá ocorrer a emergência da radícula precocemente.

Alguns trabalhos foram realizados, a título de experimentação, de modo a provar o efeito da disponibilidade de água na germinação. Com semente de ervilha(*) foi observado que com maior disponibilidade de água houve uma redução do prazo médio de germinação.

d) Temperatura

A temperatura da água, dentro de determinados limites, aumenta a velocidade de embebição pela semente. Quando a água é aquecida, provoca-se um aumento na sua energia, com isso, resulta um aumento na pressão de difusão da água. Também, as atividades metabólicas são aumentadas devido o aumento de temperatura, e com isso, resultante de um decréscimo da pressão de difusão interna, a água é mais rapidamente utilizada no interior da semente, aumentando dessa maneira, a velocidade de embebição.

Quando a temperatura da água foi de 5° , 20° , 5° - 30° e 10° - 30°C , houve um aumento na velocidade de embebição, da temperatura menor para as maiores. Para as temperaturas alternadas, $5 - 35^{\circ}$ e $10^{\circ} - 30^{\circ}\text{C}$, houve um efeito da temperatura menor (5°C), que, retardou um pouco a velocidade de embebição.

(*) Culliver, R.L. & Heydecker, W. Seed dormancy and seed environment. Internal Oxygen Relationships. In: Seed Ecology. 1974

e) Pressão hidrostática

A semente quando em embebição sofre em seu interior, um aumento de volume que exerce uma pressão sobre as membranas, gerando com isso, uma reação de pressão de igual magnitude e em sentido oposto, denominada de pressão hidrostática. Em função dessa pressão que atua sobre a água embebida, é comum provocar, que, parte da mesma, difunda-se para fora da semente. Com isso, há uma redução na velocidade de absorção da água, que, neste caso, é inversamente proporcional, à pressão hidrostática desenvolvida no interior da semente.

O efeito da pressão hidrostática pode ser comprovado, como mostra o exemplo a seguir: sementes de *Xanthium* spp. foram colocadas imersas em soluções de CINA de diversos potenciais osmóticos, que, variou de 0,1 mol. até solução saturada e tendo como testemunha água, ao final de 48 hs, foi observado que a percentagem de água embebida sobre a matéria seca diminuiu a partir do controle (51,6%) para a solução saturada (6,3%). Como se vê, esse pode ser mais um dos fatores que afetam a germinação de sementes.

f) Área de contato semente/água

A área de contato semente/água é outro fator de relevante importância, pois a velocidade de embebição aumenta, à medida que essa área de contato torna-se maior. Uma área de contato menor, provocará, não só, a redução da velocidade de embebição, como também o atraso e a redução na percentagem de sementes germinadas.

Com semente de ervilha, cultivar Meteor, foi possível reduzir o prazo de germinação e aumentar o número de sementes germinadas, quando foi aumentada a área de contato semente/água.

g) Forças intermoleculares

As forças intermoleculares, são devidas ao potencial de água no solo, que, é constituído pelo potencial mátrico que inclui as forças de capilaridade e de adsorção, e pelo potencial osmótico causado pelos sais presentes.

A medida que é aumentado o potencial mátrico e o potencial osmótico, ocorre uma redução na velocidade de germinação, sendo que entre os dois, quando agindo isoladamente, o primeiro causou maiores reduções.

h) Composição química

As sementes ricas em proteínas, que, são substâncias altamente hidrofílicas, absorvem água mais rapidamente que sementes ricas em óleos, ou qualquer outra semente menos ávida por água.

i) Condições fisiológicas

As sementes apresentam maior permeabilidade de suas membranas quando imaturas ou em um estágio já avançado de deterioração, devido a esses fatos, nessas ocasiões, a velocidade de embebição é mais rápida.

Normalmente, quanto maior o período de armazenamento sob condições adversas, maior será a velocidade de embebição, decorrente de um maior estágio de deterioração. Semente de trevo "Crimson" quando armazenadas a 30°C e 75% UR, teve a sua velocidade de embebição aumentada à medida que mais tempo permaneceu no armazém, tal fato poderá ser efetuado com outras espécies de sementes.

B) Temperatura

Geralmente, as sementes germinam numa ampla faixa de temperatura, compreendendo desde aquelas pouco acima de 0°C até níveis térmicos entre 35° e 40°C . Todavia, a temperatura ótima de germinação se situará dentro dos limites máximos e mínimos da temperatura da área de dispersão da espécie considerada.

A temperatura de germinação das sementes apresenta três valores característicos para cada espécie, denominados pontos cardinais de temperatura, que, são os valores máximo, mínimo e ótimo de germinação.

A temperatura ótima de germinação é aquela que permite um máximo de germinação em menor espaço de tempo. Enquanto que, sob temperaturas abaixo do mínimo e acima do máximo não ocorre a germinação. Entretanto, quando a germinação da soja ocorreu sob temperaturas sub-ótimas ou supra-ótimas, o número de sementes germinadas aumentou com o período de duração do teste.

Os efeitos da temperatura sobre a germinação podem ser influenciados pela condição fisiológica da semente. Assim, sementes que apresentam dormência residual terão sua temperatura ótima de germinação influenciada para mais ou para menos, à medida que vão perdendo a dormência. Portanto, essas sementes tornam-se menos exigentes em uma faixa ótima de temperatura.

Semente em avançado estágio de deterioração torna-se mais sensível à temperatura e os valores extremos diminuem consideravelmente.

Portanto, existem sensíveis diferenças de comportamento na germinação quanto aos valores cardinais da temperatura, quando relacionadas com as variações da qualidade fisiológica da semente, como seja, o grau de maturação fisiológica na colheita ou decorrente do progresso da deterioração.

As sementes das grandes culturas, tais como algodão, feijão, milho e soja, germinam tão bem a 30°C constante, como a 20 - 30°C alternados, e essas flutuações, visam simular aquelas que normalmente ocorrem na natureza. Outras sementes germinam eficientemente somente em temperaturas alternadas ou sob temperaturas constantes.

A temperatura do solo quando se trata de germinação a campo, pode afetar o total de sementes emergidas, devido a dois aspectos cinéticos da germinação, quais sejam: duração do período de pré-germinação, que, vai do início da embebição até a emergência da radícula; e a velocidade germinativa.

Quando o solo sob efeito de determinadas condições ambientais, seca mais rapidamente, é comum ocorrer um período de pré-germinação mais curto e conseqüentemente uma percentagem de emergência mais rápida. Por outro lado, se o solo seca lentamente, a pré-germinação é mais lenta porém de velocidade germinativa maior, devido a maior disponibilidade de água.

As baixas temperaturas durante o período de embebição, podem provocar "injúrias por resfriamento" e como conseqüência podem causar efeitos negativos sobre a germinação e subseqüentemente ao crescimento e desenvolvimento da plântula e da planta.

Sementes de algodão de um lote com 90% de germinação, foram submetidas a embebição por 24 horas a 5°C antes do plantio, como conseqüência, provocou redução da emergência no campo, retardou a maturação e reduziu a produtividade das plantas. Por outro lado, sementes deste mesmo lote, quando submetidas a embebição por 6 horas a 31°C antes do resfriamento, evitou esse tipo de injúria e tornou-as mais precoces e mais produtivas.

As sementes de baixa qualidade fisiológica, são mais suscetíveis à injúria provocada por resfriamento que aquelas consideradas como de alta qualidade.

C) Oxigênio

O processo germinativo requer um suprimento de energia, tanto na presença como na ausência de oxigênio, fornecida por reações oxidativas. Logo, para ambas as condições, há eliminação do gás carbônico e, no caso de respiração aeróbica, há absorção de oxigênio. Devido a essas trocas gasosas entre a semente e o meio ambiente, a maioria das sementes necessita de boas condições para germinar, ou seja, ar atmosférico contendo 20% de oxigênio e baixa percentagem de gás carbônico, aproximadamente 0,03%.

Se a tensão de oxigênio baixar significativamente da aquela normal na atmosfera, ocorrerá um decréscimo na germinação.

Quando os embriões de *Sinapis arvensis* foram colocados para germinar em diferentes concentrações de oxigênio, ocorreu um decréscimo na velocidade de absorção à medida que esses valores diminuíram. Essas mesmas sementes, quando intactas, absorvem menor quantidade de oxigênio, devido apresentarem resistência à difusão desse gás, quando comparado com a absorção de seus embriões, previamente estirpados.

Ao ser estabelecida uma relação semente/oxigênio/temperatura, é possível chegar-se a algumas conclusões de importância no processo da germinação. Assim sendo, quanto mais elevada for a temperatura na qual as sementes são colocadas para germinar, menor é a quantidade de oxigênio disponível ao embrião, devido terem suas necessidades aumentadas. Entretanto, quando a temperatura é menor, menos oxigênio é necessário para que ocorra a germinação.

D) Luz

A maioria das sementes das plantas cultivadas germinam tanto no escuro como na presença da luz. Entretanto, determinadas espécies são exigentes por luz e outras são por esta inibidas,

por ocasião da germinação. Essa exigência pode estar associada a um tipo de dormência.

As sementes não dormentes de *Avena fatua* L. não foram inibidas por nenhum tratamento de luz. Entretanto, as radiações branca, azul e infravermelha, inibiram acentuadamente a germinação de sementes parcialmente dormentes. Por outro lado, a radiação não mostrou nenhum efeito sobre a germinação dessas sementes.

A germinação de sementes de alface cultivar Grand Rapid, pode ser promovida ou inibida pela luz. O efeito da luz é mais eficiente próximo à radiação vermelha ($6550 \text{ \AA}$), entretanto, a máxima inibição é determinada pela radiação vermelha distante ($7350 \text{ \AA}$).

A ação da luz, como promotora ou como inibidora da germinação de determinadas espécies de sementes, parece depender especificamente do comprimento da onda irradiada.

Algumas teorias têm sido evidenciadas para explicar o efeito da luz na germinação. Alguns autores se anteciparam e atribuíram ao aquecimento, provocado pela luz, a causa da importância desta na germinação de sementes dormentes. Essa teoria, no entanto, vem sendo relegado a partir do advento dos germinadores dotados de controle de temperatura.

Para as sementes de *Poa pratensis* L. a necessidade de luz, por ocasião dos testes de germinação, diminuiu com o estágio de maturação fisiológica das sementes, por ocasião da colheita.

DORMÊNCIA

A ocorrência de dormência em sementes, tem sido motivo de muitas especulações entre os pesquisadores, principalmente,

entre aqueles envolvidos em trabalhos em tecnologia de sementes. As causas são bastante discutidas, muitas teorias a respeito de dormência têm sido evidenciadas, e todas elas, procuram estabelecer as prováveis razões da ocorrência deste estado de inativação das sementes.

A dormência se faz presente em muitas espécies, notadamente, naquelas da família das convolvuláceas, leguminosas, malváceas, gramíneas, algumas compostas e chenopodiáceas, além de muitos arbustos e árvores ornamentais, e suas causas, são bastante diversas.

Outro assunto que tem sido motivo de muitas discussões, notadamente entre especialistas em tecnologia de sementes e fisiologistas, é quanto a conceituação e terminologia a ser empregada em relação à dormência em sementes. Em dezembro de 1962, foi realizado na Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba (SP), o Curso Internacional de Fisiologia Vegetal Aplicada à Agricultura, onde o assunto dormência foi abordado, e surgiu na oportunidade os primeiros indícios da padronização de conceitos e terminologia. Naquela ocasião foi proposto que todas as sementes capazes de dar origem a um novo vegetal seriam ditas "latentes". O termo latência significa um estado de vida atenuado e representa repouso seminal devido a toda e qualquer causa. A latência neste caso englobaria dois estados, um em que o repouso seria devido a causas extrínsecas à semente, denominado de "quiescência"; e um outro, em que o repouso seminal teria origem nas causas intrínsecas, isto é, nas causas inerentes à própria semente e que receberia a denominação de "dormência".

A dormência nada mais é que um recurso próprio da natureza, cuja finalidade principal é de preservação da espécie, assim sendo, as sementes sobrevivem às condições desfavoráveis que ocorrem ocasionalmente. Para outros, a dormência é a condição, não relacionada com os fatores do meio ambiente, que, impede a germinação das sementes viáveis.

O período de repouso é aquele durante o qual, a planta ou qualquer parte dela, permanece dormente ou inativa, mesmo quando lhe são dadas todas as condições externas necessárias ao seu crescimento e deve ser diferenciado do período de inatividade das sementes armazenadas, devido a condições desfavoráveis à germinação. A dormência é manifestada por uma completa inabilidade das sementes para germinar, ou por um importante grau de especificidade das condições ambientais que são requeridas para sua germinação.

Uma semente dormente é um ser vivo que não manifesta sua germinação, nem em seu ambiente natural nem artificial, mesmo quando as condições ambientais, tais como água, temperatura e oxigênio, estão em níveis favoráveis. A dormência no amplo sentido, deveria ser considerada, como ausência de germinação, devido a uma redução de sua capacidade germinativa ou, ainda, pela exigência de um pequeno limite de condições, sem o qual não ocorre a germinação das sementes viáveis.

A dormência, aparentemente, evolui como um mecanismo de sobrevivência das espécies para certas condições climáticas. Ela retarda a germinação e a distribui no tempo.

1 - Causas da dormência

As causas da dormência em sementes de algumas espécies, têm sido estudadas por muitos pesquisadores, muito embora, a maioria dos trabalhos existentes sobre a matéria, têm como finalidade básica, encontrar métodos que possam superar este estado de inativação das sementes. Eles desempenham um papel bastante significativo, tanto nas tarefas de rotina em Laboratórios de Análise de Sementes, como servem de base para novas pesquisas.

A dormência em sementes admite de um modo geral causas diversas, ela pode ser determinada pelas próprias características do tegumento, podendo também está localizada no endosperma

ou no embrião, ou ainda está presente nas sementes ou nos tecidos que as envolvem, devido a ação de certos inibidores químicos da germinação.

Com referência a dormência específica para determinadas espécies, tem existido opiniões contraditórias a este respeito. A dormência em sementes de arroz para alguns, está intimamente relacionada a lema e a pálea. Outros atribuem a impermeabilidade ao oxigênio, dormência do embrião e presença de inibidores, como sendo as causas que determinam a não germinação de sementes de algumas cultivares de arroz. Por outro lado, uns basearam-se em reações ocorridas durante diferentes testes de germinação com sementes de arroz e sugeriram que o mecanismo da dormência provavelmente envolva restrições à trocas gasosas impostas pelo pericarpo das sementes e não devido a difusão de certos inibidores da germinação possivelmente localizados na casca.

A máxima germinação de *Urochloa pullulane* e *Paspalum notatum* foi obtida por remoção da casca que impunha restrições a expansão do embrião e de outras partes das sementes. Esta prática, além de outras, são requeridas para superar a dormência de muitas gramíneas, notadamente, daquelas que possuem uma estrutura externa envolvendo toda a semente.

A dormência também pode ocorrer devido as reações de oxidação, talvez de natureza não enzimáticas que ocorrem antes que o processo de germinação tenha começado, principalmente, em sementes de cereais.

A medida que os estudos sobre as causas da dormência em sementes se aprofundam, evidencia-se que certos mecanismos, com exceção daquele devido ao tegumento impermeável à água, é causado pela inibição de algum passo básico do processo da germinação, devido a ação de um inibidor químico específico ou mesmo devido a atividade de um grupo de inibidores.

Os principais inibidores que as literaturas fazem referência, são a coumarina e seus derivados, e os ácidos desidraacético, parascórbico, ferúlico e abscísico. Para muitos, o ácido abscísico é um dos mais poderosos inibidores da germinação, já tendo sido isolados de sementes de algodão. Os inibidores acima relacionados ocorrem naturalmente em muitas espécies de sementes dormentes.

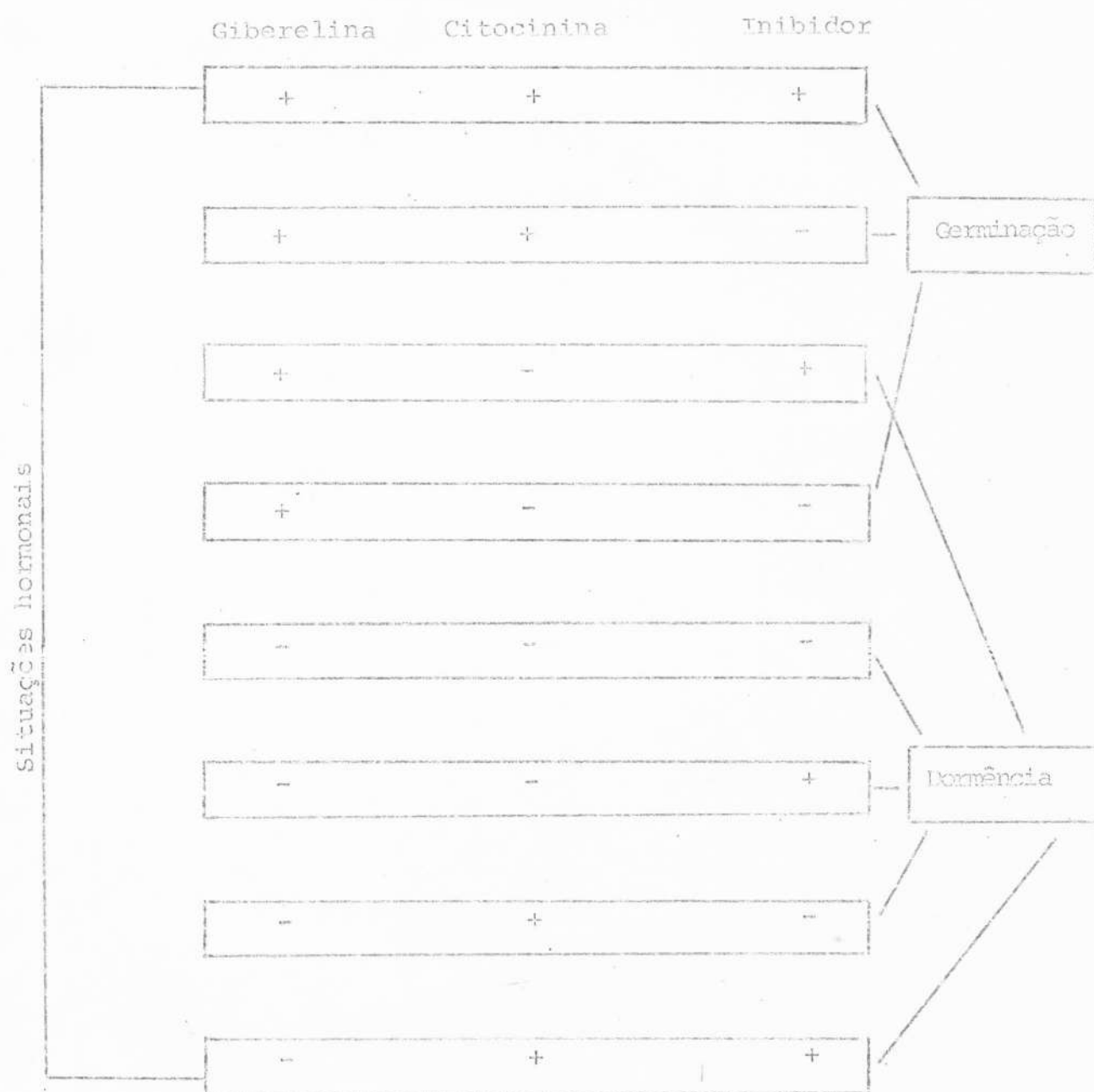
Outros inibidores químicos não ocorrem naturalmente, eles provocam nas sementes um tipo de dormência induzida através pressão osmótica, entre esses podem ser enumerados o Cloreto de Sódio e Manitol, além desses, a inibição da germinação pode ser provocada por 2,4-D e outros herbicidas.

Alguns consideram a giberelina, a citocinina e os inibidores, como os reguladores da germinação e da dormência das sementes. A partir daí, surgiu uma das mais importantes teorias sobre a fisiologia da dormência das sementes, que é mostrada esquematicamente na figura 1. Essa teoria (*) ao ser estabelecida, em função de situações hormonais, formulou as seguintes conclusões: a germinação das sementes ocorre em presença da giberelina e ausência do inibidor, estando ou não presente a citocinina, ou ainda na presença do inibidor mais tendo a citocinina em oposição ao seu efeito; a dormência ocorre nas sementes na ausência de giberelina, estando ou não presente a citocinina ou o inibidor, ou ainda na presença da giberelina quando o inibidor também está presente sem a citocinina.

As conclusões acima permitem atribuir à giberelina, o principal fator no controle da germinação das sementes, enquanto os inibidores e citocininas, têm papéis secundários e suas importâncias estão ligadas à inibição ou não do processo de germinação.

(*) Khan, A.A. Cytokinins: Permissive role in seed germination. Science 171:853-859, 1971.

Fig. 1 - Esquema gráfico da teoria de Khan sobre a fisiologia da germinação das sementes



2 - Tipos de dormência

As causas mais prováveis da ocorrência de dormência em muitas espécies de sementes, são bastante variáveis, entretanto, é importante conhecer os mecanismos que a determina para que seja possível encontrar meios para superá-la.

Os tipos de dormência que mais frequentemente ocorrem são os seguintes:

- a) Impermeabilidade à água - Muito comum nas leguminosas, e em muitas espécies florestais, assim como em algumas malváceas, convolvuláceas e certos arbustos. Este é um caso típico de dormência causada pelas próprias características do tegumento, logo, não existe embrião dormente;
- b) Embrião dormente - Neste caso a dormência pode atingir todo o embrião ou apenas parte dele, o que impede que ocorra o processo normal de germinação mesmo quando todas as condições externas são plenamente satisfatórias. Este tipo de dormência ocorre em árvores ornamentais, arbustos e em algumas espécies hortícolas;
- c) Embrião imaturo ou rudimentar - Neste caso, o embrião não se encontra totalmente desenvolvido quando a semente despreende-se da planta-mãe. Sementes nessas condições não germinam quando são colocadas para germinar, e para que isto ocorra, é necessário que o embrião sofra modificações anatômicas e morfológicas adicionais para que se complete sua diferenciação ou crescimento. Este tipo de dormência é comum em espécies da família Orchidaceae.
- d) Impermeabilidade ao oxigênio - Neste caso também não existe dormência no embrião, na realidade o que ocorre é uma redução às trocas gasosas. Regularmente, este caso ocorre em gramíneas

e em algumas espécies da família das compostas;

Q Restrições mecânicas do tegumento - Este é um caso ou tipo de dormência discutível, porém, existem largas evidências de ocorrer em sementes de "capim forquilha";

f) Ação de inibidores - Estes são compostos químicos específicos que inibem o processo germinativo em algumas fase fundamental da germinação. Existem algumas evidências que indicam serem essas substâncias, as principais responsáveis pela dormência do embrião;

g) Combinações de causas - As principais combinações podem ser devido a impermeabilidade do tegumento e embrião dormente, mas, outras combinações podem ocorrer e provocar a dormência em muitas sementes de diferentes espécies.

⊗ A dormência pode ser englobada em dois grupos num sentido mais amplo quanto as suas causas. Assim sendo têm-se: a dormência "primária", quando ela provém desde o período em que as sementes ainda estavam ligadas à planta mãe; e dormência "secundária" quando induzidas em sementes não dormentes ou que já tenham perdido esse estado de inativação. Portanto, existem dois tipos fundamentais de dormência, uma devida a fatores externos causada pelas condições desfavoráveis do ambiente à germinação, e uma outra, devida a fatores internos, tais como embrião dormente, tegumento impermeável e inibidores. ⊗

3 - Vantagens da dormência

A dormência é um recursos da natureza para preservação de determinadas espécies vegetais, permitindo a distribuição da germinação no espaço e no tempo, pois se assim não o fosse, certas espécies não sobreviveriam a certas condições ocasionais.

Muitas espécies que não possuem resistência a baixas temperaturas, e que por contingências naturais fossem obrigadas a se reproduzirem nestas condições pouco favoráveis, pereceriam e no decorrer do tempo seriam completamente extintas.

A dormência trás dois tipos de vantagens, uma para a própria planta, pois este recurso permite que esta ultrapasse ao inverno e outras condições adversas na forma de semente; e uma outra ao próprio homem, ela evita que os embriões continuem a crescer e assim germinem, quando ainda na própria planta-mãe, evita, portanto, que, ocorra o fenômeno da viviparidade.

4 - Desvantagens da dormência

As desvantagens são inúmeras, elas ocasionam certos problemas de causas bastante variadas, principalmente aqueles de ordem econômica. Uma demanda muito grande de recursos e até mesmo de mão-de-obra especializada e auxiliar, estão envolvidas em estudos que procuram, não somente, estabelecer métodos para superá-la de modo rápido e eficiente, mas também, encontrar respostas para suas próprias causas.

As desvantagens provocadas pela dormência em sementes são as seguintes: são necessários longos períodos de tempo para que seja superada a dormência em um lote de sementes; a germinação se distribui no tempo; contribui para a longevidade das ervas daninhas; interfere nos programas de plantio; e apresenta problemas de avaliação da qualidade da semente.

5 - Como superar a dormência

Muitos métodos tem sido desenvolvidos para superar a dormência, muito embora não haja especificidade de um método para esta ou aquela espécie de semente. É sabido que existem métodos bastante eficientes para um determinado tipo de sementes, mas

que não se comportam de modo semelhante quando empregados para superar a dormência em outras espécies vegetais. Este fato pode ser explicado pelos próprios tipos de dormência, porém, existe uma tendência para agrupamentos de métodos para este ou aquele tipo de dormência.

As Regras para Análise de Sementes em vigor no Brasil, indicam certos tratamentos para impulsionar a germinação de sementes dormentes, compreendendo o pré-esfriamento, secagem prévia, embebição do substrato com nitrato de potássio, germinação a baixa temperatura e lavagem prévia, além da aplicação da luz que pode ser requerida como tratamento complementar.

É possível se aumentar a velocidade da perda da dormência, quando é aplicado qualquer tratamento que aumente a viabilidade de oxigênio para as reações de oxidação. Entre estes tratamentos tem-se: escarificação do pericarpo, armazenamento em ambientes enriquecidos de oxigênio sob altas temperaturas e provisão alternada de hidrogênio para diminuir a competição por oxigênio.

Os procedimentos básicos para superar a dormência em sementes são os seguintes: ruptura do tegumento (pericarpo) através escarificação mecânica ou ácida, no último caso usando ácido sulfúrico concentrado, com tempo de exposição entre 20 e 30 minutos; emprego de temperaturas alternadas, 20°C - 30°C , 15°C - 25°C para sementes colhidas recentemente; pré-esfriamento empregando temperaturas entre 5°C e 10°C , pelo período de 5 a 30 dias; uso de substâncias químicas, tais como etileno cloridrin a 100 ppm, hipoclorito de sódio a baixa concentração e água oxigenada; pré-secagem que pode ser usada com eficiência em espécies tropicais e sub-tropicais, usando temperaturas de 40°C a 50°C por períodos que variam de 3 dias até algumas semanas.

Os métodos para superar a dormência em função dos diferentes tipos que ocorrem, podem ser agrupados como segue:

- a) quando a impermeabilidade ou restrição mecânica do tegumento é a causa da dormência, nestes casos podem ser usados os seguintes métodos: emprego de solventes como água quente, álcool, acetona, etc.; escarificação ácida empregando ácido sulfúrico concentrado; escarificação mecânica; exposição das sementes a altas temperaturas; resfriamento rápido; aumento da tensão de oxigênio;
- b) quando a dormência é causada por embrião dormente, é recomendado o emprego de estratificação a baixa temperatura;
- c) se a dormência ocorrida é devida a impermeabilidade do tegumento associado com embrião dormente, para este caso, inicialmente, é efetuada escarificação ácida do tegumento usando ácido sulfúrico concentrado, seguida de estratificação a baixa temperatura;
- d) quando a dormência é devida a ação de inibidores, as sementes devem ser tratadas com citocinina ou giberelina;
- e) para o caso específico de dormência dupla, em que tanto o epicótilo como a radícula são dormentes, o método recomendado para este caso é um tanto complexo: primeiramente é feita uma estratificação a baixa temperatura para superar a dormência da radícula, seguida de um período em que são dadas as condições necessárias para o desenvolvimento da raiz, depois então, é realizada uma outra estratificação para superar a dormência do epicótilo, posteriormente as sementes são colocadas sob temperatura favorável para o desenvolvimento do epicótilo.

6 - Tratamentos para superar a dormência

a) Escarificação

A literatura cita dois tipos de escarificação: a ácida,



em que é empregado o ácido sulfúrico concentrado; e a escarificação mecânica.

O emprego do ácido sulfúrico em sementes de *Astragalus sinicus* L. acusou efeitos bastante expressivos quando foi utilizado o ácido concentrado, que, permitiu resultados satisfatórios, quanto menor foi o tempo de exposição das sementes ao tratamento. Soluções não concentradas, requerem um maior tempo de exposição das sementes e este vai aumentando à medida que a solução torna-se mais solúvel. O ácido sulfúrico também produziu resultados satisfatórios, ao provocar fissura no hilo ou corrosão no tegumento impermeável das sementes de *Lupinus angustifolius* L., permitindo assim, a permeabilidade a água e posterior germinação. Para sementes de quiabo, a imersão em ácido sulfúrico concentrado, reduziu de modo acentuado o tempo de emergência das plântulas e aumentou marcadamente a percentagem de germinação.

Por outro lado, a escarificação mecânica é eficiente quando são observados alguns aspectos fundamentais. Sementes recém-colhidas, podem ser submetidas a períodos maiores de escarificação sem que sofram danos prejudiciais, entretanto quando se trata de sementes de safras anteriores o tempo de escarificação deve ser reduzido para que haja redução de danos mecânicos.

O tempo de escarificação por processos mecânicos, requer para algumas espécies pouco tempo de exposição das sementes nos escarificadores, às vezes, poucos segundos são suficientes para causar sérios danos, afetando sobretudo, o resultado da germinação, devido a um elevado número de plântulas anormais.

b) Efeito de soluções químicas

Para sementes de quiabo, não houve aceleração nem retardamento na percentagem de emergência de plântulas e, nem houve aumento nem decréscimo na percentagem de germinação, quando elas foram imersas em acetona.

Quando foram estudados vários tratamentos para superar a dormência em sorgo, entre outros, testaram os efeitos dos ácidos clorídrico, sulfúrico e nítrico. Ao final houve efeito positivo dos ácidos nítricos e sulfúrico, em ordem decrescente do percentual de germinação, enquanto o ácido clorídrico não foi um tratamento eficiente.

Quando várias espécies de coníferas foram colocadas para germinar, foi possível observar que é possível obter resultados de germinação entre 5 e 9 dias, após a remoção da parte terminal da radícula das sementes e embebê-las em uma solução aquosa de água oxigenada a 1%. A mesma água oxigenada quando foi empregada para ativar a germinação de *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco, estimulou a germinação quando a solução usada para imersão das sementes era de 1%. Esse aumento na percentagem de germinação, talvez possa ser explicado pelo acentuado aumento na taxa de respiração e do quociente respiratório. Essa descoberta parece indicar que a segunda oxidação do ácido graxo é ativada pela água oxigenada através do aldeído com a liberação de dióxido de carbono e ácido graxo de cadeia curta.

O efeito de água oxigenada foi apenas parcial para superar a dormência de sementes de sorgo, que, só foi conseguida, quando foi usada solução 10^{-1} M. Por outro lado, sementes de cevada, quando pré-tratadas com soluções de água oxigenada a 0,03% e 0,06%, o resultado da germinação pode ser avaliado entre 30 e 48 horas.

Para sementes de cebola, uma solução de água oxigenada a 0,1% acelerou a germinação, quando 200 sementes foram pré-tratadas com 50 ou 100 ml da solução. Quando foi empregado 200 ml, houve uma redução bastante significativa na percentagem de germinação. Soluções mais concentradas como 0,5%, 1% e 2%, retardam e reduzem a germinação final.

A germinação de *Imperata cylindrica* (L) Beauv. aumentou

quando o substrato usado, foi irrigado com solução de KNO_3 a 0,2% e colocadas para germinar no escuro. Soluções de nitrato de potássio se mostraram eficientes na promoção da germinação de sementes dormentes de *Sporobolus* spp. Também houve um aumento significativo na germinação de sementes de *Bouteloua eriopoda* Torr, quando germinadas tanto na presença como na ausência de luz, e o nitrato de potássio usado como agente de embebição do substrato.

Muitos outros produtos químicos têm sido usados como tratamento para superar a dormência de muitas sementes, entre estes podem ser citados cloreto de hidroxilamina, etileno cloridrín, nitratos, nitritos, uréia, tiouréia, etc.

c) Efeitos da temperatura

Os efeitos causados pela temperatura podem ser influenciados pela condição fisiológica da semente, assim sendo, sementes colhidas recentemente, exigem determinadas condições de temperatura para obter um máximo de germinação. Um alto nível de temperatura reduz o tempo que levam as plântulas de quicpo para emergirem, mas não produziram efeitos significativos na percentagem de germinação.

As alternâncias de temperatura podem acelerar e aumentar a percentagem de germinação de muitas espécies de sementes de gramíneas. Entretanto, o efeito estimulante das temperaturas alternadas, parece ser devido às bruscas flutuações do nível da temperatura do que propriamente por temperaturas específicas. O efeito de temperaturas sobre a germinação de sementes de arroz, indica que o uso de temperatura constante de 30°C é mais eficiente do que quando é utilizada temperatura alternada de 20°C - 30°C .

d) Efeito da luz

Muitos pesquisadores têm demonstrado tendências para

aceitar a teoria de que a luz tem efeito inibidor na germinação das sementes, e alguns destes, têm procurado aprimorar suas teorias para explicar esta ação inibidora. Entretanto, quando a luz foi usada para superar a dormência de sementes de *Partenium argentatum* ela mostrou ter um papel importante na germinação dessas sementes.

A luz tem estimulado a germinação de sementes de *Poa*, *Festuca*, *Holcus*, *Dactylis*, *Agrostis*, e *Panicum* spp., assim como tem favorecido a germinação de sementes de *Festuca* spp., quando a germinação é conduzida sob temperaturas desfavoráveis. Por outro lado, a adoção da luz na germinação de sementes de *Imperata cylindrica* (L) Beauv. aumenta rapidamente a emergência bem como o total de germinação.

Quanto à germinação de *Phytococa americana* L, o máximo de sementes germinadas só foi conseguido com a combinação de luz, temperaturas alternadas e nitrato de potássio como agente de umidimento do substrato. Quando não foram satisfeitas estas três condições básicas, a germinação foi quase nula, isto indica que estas condições são complementares, mas, que não podem ser substituídas por nenhuma outra na germinação dessas sementes.

e) Emprego de pré-esfriamento

O efeito do pré-esfriamento na duração da germinação de sementes genéticas selecionadas de *Gossypium hirsutum* L. foi mais eficiente para menores períodos de exposição. Entretanto, o emprego do pré-esfriamento para superar a dormência de sorgo, promoveu uma germinação quase completa após seis dias de tratamento a frio de 10°C e colocadas para germinar, a seguir, a 30°C.

f) Armazenamento a altas temperaturas

A germinação de sementes de sorgo foi estimulada após

um período de armazenamento a seco de quatro dias a 40°C. A alta temperatura de armazenamento, reduziu o tempo que leva estas sementes a superar a dormência. Resultados semelhantes são observados com sementes de arroz.

A utilização de altas temperaturas de armazenamento, 40°C durante 7 a 10 dias e 50°C por 10 dias, são os mais eficientes tratamentos para superar a dormência dos cultivares de arroz Amarelão, De Abril, EAA 404, Fortuna Liso, IAC 120, IAC 435, Prata, Reg. 1322 e Texas Patna. Entretanto, essas mesmas condições são também capaz de induzir a dormência em cultivares que não apresentem mais esta característica, como foi observado no cultivar De Abril ao final do ensaio experimental.

g) Imersão em água destilada

Diversas espécies de sementes de gramíneas após terem sido pré-embebidas em água por 24 horas e seguidas de uma secagem tiveram sua germinação aumentada. Quando foram usadas sementes de *Dactylis glomerata* após a embebição em água seguida de uma secagem antes do plantio, houve um acentuado aumento na rapidez de germinação.

A água destilada também provou sua eficiência em superar um tipo especial de dormência em cevada, e também provocou, um aumento na percentagem de germinação de sementes de sorgo.

Por outro lado, houve um acentuado aumento na germinação de sementes dormentes de arroz, quando estas foram tratadas em água quente a 40°C e 50°C por um período de 40 minutos.

h) Imersão em água clorada

O emprego de soluções de água clorada tem tido aceitação de muitos pesquisadores quando do planejamento e execução de

pesquisas que envolvem dormência em sementes, porém, os seus resultados são bastante discutidos em virtude de seu comportamento variável. Como as soluções empregadas em tais trabalhos, na grande maioria das vezes, são preparadas partindo-se do uso de detergentes comerciais a base de hipoclorito de sódio e como, suas concentrações são variáveis e pouco rígidas, talvez explique esta variabilidade dos resultados.

A dormência de sementes de arroz, pode ser superada se forem imergidas em soluções de hipoclorito de sódio a 0,25% em um ambiente a 40°C e por um período de 24 a 72 horas. Os resultados observados foram bastante expressivos, ainda mais, que neste estudo foram utilizados lotes de sementes profundamente dormentes.

As sementes de *Parthenium argentatum* tiveram sua dormência quase que totalmente superada, quando foram submetidas a oxidação através solução 3/4% de hipoclorito de sódio e a seguir, expostas à luz por 3 a 4 dias, durante o período de germinação.

i) Efeito da concentração de oxigênio

A concentração de oxigênio acima de 100%, não foi suficiente para aumentar a germinação de sementes de *Digitalis sanguinalis*, e isso pode ter sido devido a ação de um inibidor além da impermeabilidade da casca das sementes. Entretanto, foi conseguida completa germinação de *Chloris ciliata* quando suas sementes dormentes foram submetidas a uma pressão de 100% de oxigênio sem nenhum tratamento adicional.

Para a germinação normal de diversas espécies olerícolas, foi necessário uma concentração de oxigênio igual ou maior a 10% e a concentração mínima que permitiu a germinação dessas sementes foi de 5% de oxigênio, concentrações inferiores a esta provocaram uma acentuada redução, tanto na percentagem como na velocidade de germinação.

As baixas concentrações de oxigênio permitiram que as sementes de pepino germinassem melhor que as de brócolo, cebola e tomate, porém, afetou consideravelmente as sementes de alface e cenoura.

V I G O R

A semente, muito embora seja uma afirmativa teórica, atinge seu máximo de qualidade por ocasião do seu ponto de maturidade fisiológica, quando normalmente alcança seu máximo tamanho, máximo peso seco, máxima germinação e máximo vigor. Normalmente, o estágio de máximo vigor da semente coincide com aquele de mínima deterioração.

O estudo do vigor de sementes, mais recentemente, tem ganho conotação especial dentro da tecnologia de sementes, devendo ser ele capaz de exteriorizar, certos atributos que não são mostrados através os testes normais de germinação. Ainda mais, os testes de germinação são conduzidos sob condições altamente favoráveis, que, muitas vezes, e na sua grande maioria, não são encontradas disponíveis nas plantas a campo. Devido a isso, os testes de germinação em laboratório não expressam o verdadeiro potencial da semente.

Os métodos de análise da capacidade germinativa das sementes têm sido bastante criticados, e para isso, muitos pesquisadores se fundamentaram no fato deles serem bastante refinados e basicamente voltados, para que seja alcançado um máximo de germinação e no seu resultado final, estão incluídas, sementes fracas e menos vigorosas que germinaram sob essas condições altamente favoráveis à germinação. Quando ocorrem casos de germinação lenta, os testes são prolongados e as plântulas normais alcançadas, decorrentes do baixo vigor de alguns lotes de sementes, são

computadas no resultado final, por se confundirem com certos casos de dormência. Ainda mais, não avaliam adequadamente o estãgio de deterioração das sementes, a não ser que este tenha atingido um grau muito avançado.

As pesquisas em tecnologia de sementes, seja ela sobre colheita; conservação; danificações mecânicas, físicas e químicas; tratamento; e outros, devem incluir, além do teste de germinação, informações sobre o vigor para que os resultados ofereçam informações mais seguras.

As avaliações de vigor, são fontes de informações complementares aos testes de germinação e dentro dos programas-indústrias de sementes, desempenham funções de alta importância, pois, determinam diferenças de qualidades entre lotes, permitindo assim, que, sejam estabelecidas prioridades de comercialização e de armazenamento. Lotes menos vigorosos devem ser comercializados primeiramente, enquanto, os de mais alto vigor, suportam melhor as condições de conservação.

O uso de sementes de baixo vigor, para estabelecimento de campos de produção, provocam uma queda acentuada da produtividade, conforme pode mostrar o Quadro 1.

O vigor pode ser classificado em dois tipos a saber: o vigor genético e o fisiológico. O vigor genético é manifestado na heterose ou nas diferenças genotípicas entre linhagens. Enquanto, o fisiológico, refere-se à diferenças de vigor entre lotes de sementes da mesma espécie, cultivar ou híbrido.

1 - Conceituação de vigor

Os conceitos de vigor são vastos, e todos aqueles que os evidenciaram o analizaram de maneiras diversas, assim sendo tem-se:

QUADRO 1. Efeito do vigor de sementes de soja sobre as características das plantas resultantes (*). (Fonte: Toledo & Marcos Filho, 1977).

Características	Níveis de vigor		
	Alto	Médio	Baixo
.Altura da planta aos 35 dias (mm)	142,0	102,0	88,0
.Área foliar aos 50 dias (cm ²)	1611,0	1156,0	1036,0
.Peso da matéria seca aos 50 dias (g)	12,6	9,2	8,1
.Área foliar aos 70 dias (cm ²)	4799,0	3529,0	3104,0
.Peso da matéria seca aos 70 dias (g)	47,8	35,1	31,2
.Número de folhas aos 70 dias	60,0	43,0	41,0
.Número de ramos na maturação	46,0	25,0	24,0
.Número de vagens na maturação	220,0	151,0	130,0
.Produtividade (g/planta)	52,5	37,0	32,9

(*) Popinigis, F. Vigor de Sementes. Piracicaba, ESALQ. 30p. (Mimeografado).

- a) Vigor é a soma de todos os atributos da semente que favorecem o estabelecimento de um stand, sob condições desfavoráveis. (Delouche, J.C. & Caldwell, W.P. Seed vigor and vigor tests. Proc. Assoc. off. Seed Anal. 50:124-129, 1960).
- b) Vigor é um estado de perfeita sanidade e de natural robustez das sementes, que, determina uma rápida e completa germinação sob uma larga faixa de condições ambientais. (Woodstock, L.W. Seed Vigor. Seed World. 97(5):6. 1965).
- c) Vigor é uma característica fisiológica estabelecida pelos caracteres genéticos e modificada pelo ambiente, que, determina a capacidade de uma semente originar rapidamente uma plântula no solo, mesmo sob significativas variações de ambiente. É possível que, a influência do vigor da semente persista toda a vida da planta e no entanto afete a produção (Perry, D.A. Seed vigour and field establishment. Hort. Abstr. 42:334-342, 1972).

Alguns autores, acham que o conceito de vigor, não pode ser estabelecido simplesmente em função dos dados de germinação, mas que este pode ser completado, com resultados que possam ser alcançados através da avaliação do comportamento durante o armazenamento e os seus efeitos sobre a produção. É evidente que as causas da perda do vigor, são variadas e encontram-se presentes durante o processo de produção de sementes. A perda do vigor pode ser de ordem genética, fisiológica, citológica, patológica, mecânica e ecológica.

2 - Fatores que afetam o vigor

O vigor das sementes pode ser afetado por: características intrínsecas, tais como vigor dos pais, composição genética, maturação fisiológica e idade das sementes; e extrínsecas, como condições climáticas, condições de armazenamento, danificações

mecânicas, microorganismos e insetos e, manejo durante e depois da colheita.

a) Vigor do pais

As sementes originadas de pais deficientes são normalmente carentes de reservas nutritivas e apresentam embriões pouco desenvolvidos. As plantas originadas de tais sementes, são naturalmente dotadas de menor vigor do que aquelas produzidas a partir de plantas normais.

b) Composição genética

A carga genética é capaz de provocar variações de vigor de acordo com a espécie e cultivar ou híbrido cultivado.

c) Maturação fisiológica

As sementes quando colhidas sem que tenham alcançado, por qualquer motivo, a completa maturação, germinam, entretanto produzem plantas fracas e de menor produção do que aquelas provenientes de sementes completamente maduras, isto quando as condições ambientais não são as mais favoráveis. Por outro lado, sementes colhidas muito depois de ter alcançado sua maturação fisiológica, armazenamento a campo, também têm o seu vigor diminuído, devido ao processo de deterioração que se inicia e que afetará a produção quanto mais se acentuar sua evolução.

d) Idade das sementes

A perda do vigor pode ser devida a idade das sementes, pois à medida que elas envelhecem, começam a sofrer um processo de deterioração que se acentuará de modo mais acelerado, se as condições de armazenamento não forem razoavelmente satisfatórias. Com o envelhecimento das sementes e com o progresso da deteriora

ção, os sintomas de perda de vigor podem ser expressados da seguinte maneira:

- .germinação mais lenta das sementes;
- .o intervalo entre a germinação da primeira e última semente do lote, torna-se progressivamente maior;
- .menor desenvolvimento das plantas e crescimento mais lento;
- .aumenta gradativamente o número de plântulas anormais;
- .as plântulas são facilmente prejudicadas por moléstias ou outras condições adversas.

e) Condições climáticas

Os fatores climáticas, principalmente temperatura e umidade relativa, por ocasião da maturação da semente, são capazes de provocar profundas influências na perda do vigor. A grande maioria das sementes amadurecem melhor sob atmosfera seca, com isso, as temperaturas elevadas ou baixas, quando aliadas a altas umidades relativas, aceleram o processo de deterioração e consequentemente a perda de vigor.

f) Condições de armazenamento

Uma semente quando armazenada, o seu embrião, encontra-se em relativa inatividade, estado de quiescência, que, poderá ser modificado se as condições de armazenagens não forem aquelas necessárias para assim mantê-lo. Quando do período de armazenamento, é importante que as sementes sejam mantidas em ambientes com umidade relativa e temperatura baixas. Se essas condições não forem oferecidas, principalmente a umidade relativa, será possível acelerar as atividades próprias do embrião, aumentando o processo de respiração e com ele o de deterioração, além de favorecer a ocorrência de microorganismos e pragas. As elevadas temperaturas podem provocar a morte de embriões de determinadas sementes de diversas espécies.

g) Danificações mecânicas

As danificações mecânicas provocadas pelas máquinas colheitadeiras, trilhadeiras e beneficiadoras mal reguladas, podem causar sérios prejuízos ao vigor das sementes, notadamente se elas, nessas ocasiões, apresentarem-se com excesso de umidade ou muito secas. Como consequência desses danos, pode ser afetado o próprio embrião ou mesmo o endosperma, e conforme o local atingido, será maior ou menor a perda de vigor.

h) Microorganismos e insetos

As sementes atacadas por microorganismos patogênicos e por insetos, normalmente são de baixo vigor e este, será prejudicado para mais ou para menos, segundo o seu estágio de incidência. A ocorrência desses agentes causadores da deterioração e perda de vigor pode ser favorecida pelas condições climáticas por ocasião da colheita e do armazenamento.

i) Manejo durante e depois da colheita

Quando compara-se vigor de sementes colhidas manualmente com aquelas colhidas mecanicamente, observa-se que as primeiras são geralmente mais vigorosas, devido não haver dano mecânico. Baseado neste fato, é importante que por ocasião da secagem, beneficiamento, embalagem, tratamento e conservação, sejam dispensados cuidados especiais, de modo a evitar, que, o manejo inadequado provoque perdas no vigor das sementes.

3 - Métodos de avaliação do vigor

Os testes de vigor são acima de tudo comparativos, e através deles, é possível distinguir-se as melhores qualidades do vigor de um lote de sementes em relação a outro(s).

A maioria dos testes de vigor são de uso limitado para uma ou poucas culturas, devido a isso, não há padronização de um método que possa ser recomendado para todas as espécies.

A classificação de testes de vigor mais aceita, é aquela que agrupa os métodos em: diretos, quando no laboratório são simuladas as condições de campo; e indireto, quando os atributos fisiológicos das sementes são simplesmente avaliados nos laboratórios (*).

A - Testes diretos

Os testes diretos compreendem o teste frio, velocidade de emergência no campo, stand final, peso verde médio e peso seco médio.

a) Teste frio

O teste de frio ou "cold test" consiste em submeter-se a semente a fatores adversos, quais sejam: baixa temperatura 10°C , por um período de 5 a 7 dias; alta umidade, em torno de 60% da capacidade de campo; e a exposição a agentes patogênicos. Imediatamente após esse tratamento as sementes são colocadas para germinar a 30°C .

b) Velocidade de emergência no campo

Neste tipo de teste, as sementes são semeadas a uma profundidade recomendada para a cultura na época normal de plantio e em terreno bem preparado, com a finalidade de determinar o valor relativo entre lotes diversos. Este teste dá uma idéia sobre a performance potencial de cada lote.

(*) Isely, D. Vigor tests. Proc. Assoc. off. Seed Anal. 47:176-182, 1957

A velocidade de emergência é determinada contando diariamente as plântulas emergidas, até quando não houver mais emergência. Os índices de vigor para cada lote são obtidos pela soma tório do número de plântulas emergidas a cada dia, pelo inverso do respectivo número de dias que vão do plantio à emergência.

$$I.V. = \frac{v}{d} + \frac{x}{d+1} + \frac{y}{d+2} + \dots + \frac{z}{d+n}$$

v, x, y e z — Plântulas germinadas por dia
d — número de dias do plantio a emergência.

c) Stand final

As sementes são plantadas em condições de campo, com a finalidade de estabelecer a capacidade individual de cada lote, em produzir plântulas até que elas tornem-se autotróficas. As sementes devem ser semeadas a uma mesma profundidade, conforme recomendação para a cultura em teste e, ao final de 21 ou 28 dias após a semeadura, é feita a contagem, cujos valores são transformados em percentagem.

d) Peso verde médio

Neste caso, as sementes, também, são plantadas conforme o teste anterior. Passados 21 ou 28 dias, as plantas são cortadas no nível do solo e imediatamente colocadas em sacos plásticos para evitar a perda de umidade, e, a seguir pesadas. O peso das plantas de cada parcela é dividido pelo número delas, estabelecendo-se assim, um peso médio que servem de fator de comparação entre os lotes.

e) Peso seco médio

O procedimento é igual ao anterior, até por ocasião do corte das plantas, sendo que a seguir, as plantas são secadas em estufas, secadores com circulação de ar até peso constante à uma temperatura de 30° - 40° C. O peso seco médio, calculado em função do peso obtido dividido pelo número de plantas amostradas, é usado para comparação entre diferentes lotes

B - Testes indiretos

Os testes indiretos são executados nos laboratórios e compreendem: primeira contagem, índice de vigor, velocidade de comprimento da plântula, comprimento da raiz, transferência de peso seco, germinação à baixa temperatura, teste de penetração, teste de exaustão, imersão em água quente, teste de submersão, em velhecimento precoce, imersão em soluções tóxicas, imersão em soluções osmóticas, condutividade elétrica, teor de ácidos graxos, atividade respiratório, teste de GADA e teste de tetrazólio.

a) Primeira contagem

As sementes são colocadas para germinar como nos testes convencionais de germinação e por ocasião da primeira contagem, estabelecida para cada espécie e/ou cultivar, são feitas anotações em percentagem de plântulas normais. Este valor pode ser usado como índice de vigor, servindo de comparação entre diferentes lotes de sementes, pois ao que tudo indica, aquelas mais vigorosas, apresentam maior velocidade de crescimento.

b) Índice de vigor

Este valor é obtido pelo somatório do número de plântulas normais descartadas diariamente, pelo inverso do número de

dias do plantio à contagem. As sementes são colocadas para germinar como prescrevem as regras para o teste padrão de germinação e cada dia, são retiradas todas as plântulas que tenham atingido um comprimento previamente estabelecido.

c) Velocidade de crescimento da plântula

Na determinação do índice de vigor através o emprego deste teste, devem ser usadas de 10 a 15 sementes por repetição, que, são plantadas, tanto em papel-toalha como em papel-mataborrão, sobre uma linha previamente traçada, e com a ponta da radícula apontada para a mesma direção.

Quando a semente é feita sobre papel-toalha, as sementes devem ser cobertas por uma outra folha de papel, e enroladas a seguir, sendo que os rolos formados devem ser colocados em pé, com as radículas apontando para baixo, mantidas num germinador com temperatura regulada à 25°C.

As medidas do comprimento das plântulas normais, devem ser tomadas 3 ou 4 dias após o plantio. Se o teste for com sementes de gramíneas, tomar-se-á o comprimento total da plântula, no caso das leguminosas, o comprimento a ser tomado vai da ponta da raiz até a inserção dos cotilédones, ou seja até a extremidade do hipocótilo. O comprimento médio é obtido somando todas as medidas tomadas em cada repetição, dividido pelo número de plântulas medidas.

d) Comprimento da raiz

O procedimento é idêntico ao teste anterior, só que são medidas apenas o comprimento das raízes das plântulas normais.

e) Transferência de peso seco

Neste caso, são levados em consideração para efeito de

avaliação, a velocidade de degradação, translocamento e incorporação das reservas nutritivas, sendo considerado como lote mais vigoroso, aquele com maior velocidade de transferência de peso seco. Para tomada desse dado, toma-se no início do teste, o peso inicial dos cotilédones e do eixo embrionário, passando alguns dias (4 a 5 dias), repete-se a pesagem. O peso dos cotilédones deverá ter diminuído enquanto aumentará o do eixo embrionário.

f) Germinação à baixa temperatura

Na condução deste tipo de teste, as sementes serão colocadas para germinar como num teste padrão de germinação, com exceção feita à temperatura, que será uma tal, considerada sub-ótima para a espécie. Neste caso, é feita uma contagem única ao final do período do teste, prescrito pelas regras para análise de sementes.

g) Teste de penetração

Este teste, também chamado de "brick gravel test", é usado com bastante sucesso para sementes de cereais. Foi o primeiro teste de vigor a ser empregado. Para este tipo de avaliação de vigor, as sementes são colocadas no fundo de uma caixa e coberta por uma camada de aproximadamente 3 cm de partículas de tijolo moído. As plântulas dotadas de menor vigor serão incapazes de transpor esta barreira. A percentagem de emergência é determinada após alguns dias do início do teste.

h) Teste de exaustão

Este teste, determina a capacidade que tem o tecido de reserva em nutrir a plântula. Para essa avaliação, são tomadas 15 sementes por repetição que serão plantadas sobre papel-toalha e com as radículas orientadas para a mesma direção e cobertas por duas folhas do mesmo papel. A seguir, dobra-se em forma de

rolos que serão transferidos para germinadores à temperatura de 30°C , ou aquela recomendada para a espécie, com uma inclinação de 45° e com as radículas apontadas para baixo. Diariamente, os rolos serão umedecidos com água e marcar-se-á o comprimento das raízes no papel, utilizando para tanto lápis cópias. Passados alguns dias e quando a maioria das raízes cessarem o crescimento, proceder-se-á a medição do comprimento das raízes das plântulas normais.

O comprimento médio das raízes em cada repetição, é obtido pelo somatório do comprimento da raiz das plântulas consideradas, dividido pelo número destas.

i) Imersão em água quente

As sementes antes de serem submetidas ao teste padrão de germinação, são submersas em água a alta temperatura por alguns segundos. Normalmente, testes preliminares são efetuados para determinar as condições que permitem melhor comparação entre diferentes lotes. Assim sendo, é estabelecido o tempo de imersão que é um fator crítico e que deve ser cronometrado rigorosamente. Após o período normal do teste de germinação, observa-se que os lotes menos vigorosos apresentarão acentuado decréscimo na percentagem final de germinação.

j) Teste de submersão

As sementes são submersas por um período de 48 horas em uma mistura de solo não esterelizado e água, mantida à uma temperatura constante de 30°C . Estas condições são completamente adversas às sementes, devido à falta de aeração e a presença de agentes patogênicos trazidos com a amostra de solo utilizada. A seguir, as sementes são colocadas para germinar sob condições específicas para a espécie e/ou cultivar considerado. As sementes menos vigorosas, não sobrevivem ao tratamento.

k) Envelhecimento precoce

Este teste consiste em oferecer às sementes condições adversas de armazenamento, através de alta temperatura e alta umidade, por um período que varia com a espécie e/ou cultivar considerado. Testes preliminares devem ser realizados para que seja estabelecida a temperatura crítica e o tempo de exposição, enquanto a umidade relativa deve ser em torno de 100%. Após o período de exposição às condições adversas, as sementes serão submetidas ao teste padrão de germinação sob condições recomendadas para a espécie e/ou cultivar em questão. Os lotes dotados de maior vigor, ao final do teste de germinação, apresentam maior número de sementes germinadas, cujos valores devem ser expressos em percentagens.

As condições adversas de armazenagem são oferecidas em "câmaras de envelhecimento precoce" fabricadas para tal finalidade. Os lotes com maior potencial de armazenamento, sobreviverão às condições severas oferecidas por essas câmaras, enquanto que os lotes de baixo vigor, sofrerão drásticas reduções na germinação.

l) Imersão em soluções tóxicas

Neste tipo de teste, as sementes são expostas a uma solução de 4% de cloreto de amônia e submersas por um período de uma hora. A seguir, serão submetidas ao teste padrão de germinação. As sementes em um estágio mais avançado de deterioração, por tanto menos vigorosas, absorverão a solução mais rapidamente e trazem para seu interior no período de embebição, quantidades do cloreto que atingem o nível de toxidez. Essas sementes não germinarão até o final do teste, por terem sido mortas pela solução tóxica.

m) Imersão em soluções osmóticas

Na determinação do índice de vigor através o uso deste teste, as sementes serão colocadas para germinar sobre substrato umedecido com soluções osmóticas, não tóxicas, a uma determinada pressão. Assim procedendo-se, a disponibilidade de água é reduzida devido essas soluções serem constituídas de moléculas relativamente grandes que não se difundem para o interior das sementes. A solução mais comumente usada é o manitol. Por ocasião da interpretação, os lotes de sementes de alto vigor apresentarão percentagem de germinação mais elevada que aqueles de menor vigor.

n) Condutividade elétrica

Ao medir-se o vigor do lote de sementes através testes de condutividade elétrica, deve-se tomar por cada repetição, vinte e cinco sementes que serão imersas em 100 ml de água destilada a uma temperatura constante, pelo período de uma hora, quando então será medida a resistência elétrica da difusão. Sabe-se que à medida que a semente deteriora, ocorre um aumento da permeabilidade das membranas, portanto o lote que apresentar maior condutibilidade, possui menor permeabilidade e maior índice de vigor.

o) Teor de ácidos graxos

Este teste tem sido bastante empregado para sementes de algodão, entretanto, a sua aplicação pode ser utilizada para sementes de oleaginosas de um modo geral. Neste tipo de sementes é comum ocorrer, à medida que a deterioração aumenta, uma lenta hidrolização dos triglicerídeos das substâncias de reservas, com consequente liberação dos ácidos graxos. Para este teste serão tomadas por cada tratamento (lotes), duas amostras de 15 gramas de sementes finamente moídas que são colocadas em funis de Buchner contendo uma camada de asbestos para servir de filtro. A seguir procede-se a extração do óleo, através a adição de sucessivas alíquotas de éter de petróleo (30ml-20ml-10ml-20ml). A mis

tura obtida, óleo mais éter, é seca em banho-maria a 80°C, até que não mais persista o odor de éter.

O óleo assim obtido é pesado (a), a seguir lhe é adicionado, em cada frasco, 30 ml de álcool etílico absoluto neutro, e posteriormente, à mistura, é adicionado 1 ml de fenolftaleína. Depois a mistura óleo-álcool é tritada com uma solução 0,25 N de hidróxido de sódio (b) até que persista por um minuto, a leve coloração rosa que se formará.

Para se calcular a percentagem de ácidos graxos livres basta dividir-se as gramas de óleo por 7,05, e em seguida dividir-se a quantidade (ml) de hidróxido de sódio (OHNa) da tritagem pelo quociente antes obtido (g. óleo/7.05). Este último quociente é expresso em percentagem de ácido olêico.

$$\frac{\text{g. óleo}}{7.05} = x_1 \quad \frac{\text{ml. OHNa}}{x_1} = x_2$$

x_2 % de ácido olêico.

Os lotes que apresentarem maior proporção de ácidos graxos livres são os mais deteriorados e conseqüentemente os menos vigorosos.

p) Atividade respiratória

No uso deste teste, pode-se medir através de um respirômetro, aparelho usado neste tipo de teste, o consumo de oxigênio e a qualidade de gás carbonico produzido durante as primeiras horas de germinação ou ainda medir-se o quociente respiratório (QR). Sabe-se que a respiração está estritamente correlacionada com o crescimento de plântula, que, requer uma alta velocidade respiratória e conseqüentemente maior consumo de oxigênio.

$$\text{QR} = \frac{\text{CO}_2 \text{ Liberado}}{\text{O}_2 \text{ consumido}}$$

O quociente respiratório é maior nas sementes mais deterioradas, portanto, as menos vigorosas. Quando o QR for alto e videncia-se que substâncias altamente oxidadas, como ácidos graxos, glicerol e ácidos orgânicos, estão sendo respirados pelas sementes, indicando com isso, um estágio mais avançado de deterioração. Para tanto, a medição deve ser feita após algumas horas de embebição das sementes, de 10 a 15 por repetição, tempo este que varia com a espécie considerada.

q) Teste de GADA (Glutamic Acido Decarboxylase Activity)

Este teste é bastante eficiente na indicação do potencial de armazenamento dos lotes, entretanto, não oferece nenhuma informação quanto ao comportamento destes sob condições de campo.

A atividade enzimática da Decarboxilase do ácido glutâmico tem apresentado boa correlação com o vigor das sementes de Gramíneas. A falta de informação quanto ao comportamento das sementes a campo, deve-se ao fato de que as atividades dos enzimas muda com as adversidades do ambiente.

r) Teste de Tetrazólio

Este tipo de teste, também, pode ser usado para estimar o vigor de lotes de sementes, muito embora, geralmente, seja usado na avaliação do potencial de viabilidade de um lote de sementes. Na determinação do índice de vigor utiliza-se da mesma técnica empregada para estimar a percentagem de germinação, modificando-se somente a interpretação.

Na determinação do vigor, as sementes, 100 por repetição, após serem submersas por tempo variável, segundo a espécie considerada, serão separadas em sete classes, conforme a intensidade de coloração adquirida pelas células embrionárias (vivas), devido a redução sofrida pelo sal cloreto ou brometo 2,3,5 - tri feniltetrazólio, chamada de "for azan" que é insolúvel e colorido de vermelho.

A classe 1 é constituída de sementes que apresentaram a melhor reação ao tetrazólio, com uma coloração completa e uniforme, sem qualquer indício visível de deterioração; as classes 2, 3, 4 e 5, incluem sementes que vão apresentando gradativos defeitos de coloração; a classe 6 apresenta sementes com algumas manchas coloridas; e a classe 7 constituída de sementes que não apresentam a mínima reação ao tetrazólio. Se a semente apresentar coloração, mas for julgada incapaz de germinar, ela deverá ser incluída na classe 6. Para determinar qual o lote mais vigoroso, somam-se as três primeiras classes.

O exemplo a seguir, Quadro 2, explicará melhor a interpretação do índice de vigor:

QUADRO 2 - Resultado simulado da aplicação do teste de tetrazólio a dois lotes de sementes da mesma espécie e cultivar.

CLASSES	Número de Sementes	
	Lote A	Lote B
1	6	13
2	10	20
3	19	19
4	25	17
5	30	21
6	7	8
7	3	2

Como se vê, nos lotes A e B, a germinação potencial é de 90%, resultante da soma do número de sementes nas classes de 1 a 5. Enquanto, o índice de vigor é de 35% para o lote A e de 52% para o lote B, conseqüentemente este último é mais vigoroso que o primeiro.

DETERIORAÇÃO

1 - Conceituação

A deterioração é um estágio de degradação bioquímica, fisiológica e química porque passam as sementes, após terem atingido seu ponto máximo de qualidade fisiológica, se as condições em que as mesmas se encontram não forem satisfatórias para sua preservação. A medida que as condições tornam-se menos favoráveis há uma evolução do processo de deterioração.

As consequências advindas com a deterioração são várias e a mais grave é a perda total da viabilidade.

A deterioração é um processo inevitável, quanto muito ela pode ser minimizada ou mesmo adiada por um período que varia, principalmente com as condições do ambiente e com as condições do processamento das sementes, desde o campo até o armazém.

A deterioração de semente compreende toda e qualquer transformação degenerativa irreversível e inevitável, após a semente ter atingido seu nível máximo de qualidade. A deterioração é mínima na ocasião da maturação e seu progresso é variável entre as espécies, entre lotes de sementes da mesma espécie e entre sementes do mesmo lote.

2 - Velocidade

A medida que as condições ótimas são reduzidas, a velocidade de deterioração é aumentada, e para tanto, contribuem as condições às quais a semente é exposta no campo, antes e durante a colheita, no método de colheita, de secagem, de beneficiamento e nas condições de armazenamento.

As transformações degenerativas na semente, tanto de

origem bioquímica, fisiológica e física, vão ocorrendo à medida que as condições lhes são favoráveis e durante a evolução do processo as mudanças vão ocorrendo na sequência: as membranas celulares vão perdendo o controle da permeabilidade; danos dos mecanismos de produção energética e de biosíntese; redução das capacidades respiratória e de biosíntese; germinação e crescimento mais lento da plântula; redução na capacidade potencial de armazenamento; crescimento e desenvolvimento da planta mais lentos; desuniformidade acentuada no crescimento e desenvolvimento entre as plantas resultantes; maior susceptibilidade às adversidades ambientais e aos microorganismos; o potencial para produzir um stand é reduzido; aumento da percentagem de plântulas anormais; e finalmente a perda do poder germinativo.

3 - Características da deterioração

As principais características da deterioração das sementes são as seguintes:

- a) a deterioração é inevitável, e em consequência dos processos de degradação a sua qualidade não será amanhã, melhor do que hoje. Entretanto a sua velocidade poderá até certo ponto, ser controlada pelo emprego de técnicas adequadas de colheita, secagem, beneficiamento, manuseio e armazenamento;
- b) a deterioração é irreversível, uma vez iniciada não pode ser controlada, isto quer dizer que necroses provocadas por injúrias mecânicas na colheita e no beneficiamento, ou mesmo por outras causas não reviverão, seja qual for o tratamento aplicado à semente;
- c) a deterioração é mínima no ponto em que a semente atinge sua maturidade fisiológica que coincide também, com a viabilidade e máximo vigor;
- d) a velocidade de deterioração varia entre espécie, assim sendo, algumas sementes sobrevivem por mais tempo que outras, mesmo sob condições ideais de conservação. Sementes de chuchú (Sechium edule Sw.), cacau (Theobroma cacao L.) e de guaraná (Paulina cu-

pana, var. sorbilis (Mart.) Ducke) não sobrevivem por muito tempo, as vezes um mês é o suficiente para provocar a morte de todos os embriões. Essas sementes não podem ser secadas, e baixas temperaturas lhes são letais, por outro lado, sementes de algumas espécies de Citrus, também não podem ser secadas, mas podem ser conservadas viáveis por vários anos, sob condições de baixa temperatura e alta umidade relativa, desde que os fungos sejam controlados;

d) a velocidade de deterioração varia entre lotes de sementes da mesma espécie e cultivar, armazenadas sob as mesmas condições, e para tanto, contribuem fatos ocorridos durante a maturação, antes e durante a colheita, secagem e beneficiamento. Estes fatos desde que prejudiciais, predispoem os lotes de sementes a uma deterioração mais rápida.

4 - Fatores de deterioração

As sementes durante a sua formação até o plantio seguinte, estão sujeitas a condições adversas de solo, clima, água, nutrientes, no processamento, no transporte e no armazenamento.

a) Adversidade no campo durante o desenvolvimento de semente

Certas, deficiências minerais em plantas, como de nitrogênio, potássio e cálcio, provocam em sementes de alfaca, cenoura e pimentão uma predisposição de perderem mais rapidamente, durante o armazenamento seu poder germinativo.

A disponibilidade de água, temperatura ambiente, alta salinidade do solo, doenças da planta e danificações por insetos durante o desenvolvimento da semente, são capazes de induzir rápida deterioração.

b) Adversidade no campo entre a maturação fisiológica e a colheita

Após as sementes terem atingido o seu ponto máximo de maturação fisiológica e até a colheita, ficam expostas aos intemperes do meio ambiente que podem causar e/ou predispor a semente a uma deterioração acelerada.

Algumas condições adversas do ambiente como alta temperatura e elevada umidade relativa, podem provocar o início ou a germinação da semente na própria planta, como pode ocorrer com a semente de arroz, trigo, sorgo e milho.

Outras vezes, a deterioração pode ser uma consequência da diferença de maturação das sementes nas diversas partes das plantas, em algodão por exemplo, a abertura dos capulhos inicia-se primeiramente na parte inferior da planta e progride para o topo, e essa diferença, pode ser até de mais de três semanas. Com isso, quando a colheita é processada mecanicamente, os capulhos da parte inferior ficarão mais tempo expostos as condições de armazenamento a campo e mais sujeitos, portanto, a um maior índice de deterioração.

No período que vai da maturação fisiológica até antes da colheita, as principais adversidades que podem afetar a longevidade da semente são: temperaturas extremas, danificações por insetos, ataque de microorganismos e modificações no teor de umidade.

c) Método de colheita e de beneficiamento

Dentro dos programas-indústria de sementes, em que todas as fases de produção são mecanizadas, o processo de deterioração pode ser maior ou menor, segundo as condições da própria semente. Assim sendo, durante a colheita, modernas colheitadeiras, mesmo quando perfeitamente reguladas, são capazes de provocar sérias danificações, principalmente se as sementes forem colhidas muito secas ou muito úmidas.

Os danos às sementes podem ocorrer também na unidade de beneficiamento, causados por elevadores, transportadores e máquinas de beneficiamentos, que são responsáveis por impactos e abrasões que causam lesões ao tegumento ou mesmo ao embrião.

As danificações podem provocar reduções imediatas ao poder germinativo, ou podem ocorrer efeitos latentes, os quais tornam-se visíveis após períodos variáveis de armazenamento, caracterizado pela perda da germinação e do vigor.

d) Métodos de secagem

Durante a secagem das sementes, cuidados especiais devem ser dispensados à temperatura de secagem, pois em função desta, as sementes poderão atingir temperaturas altamente prejudiciais, ainda mais, se apresentarem elevadas percentagens de umidade. Quanto mais alto for o teor de umidade das sementes, menor deve ser a temperatura de secagem. Algumas recomendações práticas foram estabelecidas visando compatibilizar a temperatura de secagem com o teor de umidade das sementes, conforme o Quadro 3 abaixo (*).

QUADRO 3. Correlação entre umidade das sementes e temperatura de secagem

Umidade da semente	Temperatura máxima de secagem
Acima de 18%	32°C
Entre 10 e 18%	38°C
Abaixo de 10%	43°C

(*) Harrington, J.F. Seed storage and longevity. In: Seed Biology
Koslowski, T.T., Academic Press New York. Vol.3:145-245, 1973.

Algumas espécies de sementes, suportam temperaturas mais elevadas que aquelas recomendadas, sem sofrerem reduções imediatas do poder germinativo, porém apresentam reduzido vigor e perdem rapidamente seu poder germinativo durante o armazenamento.

e) Condições ambientais durante o armazenamento

As sementes quando armazenadas, têm na umidade e na temperatura, os principais fatores que afetam sua qualidade, sendo o primeiro o mais importante. A velocidade de deterioração aumenta à medida que aumenta o teor de umidade das sementes durante o armazenamento.

As exigências das sementes quanto ao seu teor de umidade durante o armazenamento são variáveis: algumas exigem alto teor de umidade para manterem-se viáveis e neste caso, a utilização de baixas temperaturas pode retardar a sua deterioração durante o armazenamento; outras, devem ser armazenadas com teor de umidade baixo, porém, não tanto que possa provocar um estado de dormência.

A umidade da semente é influenciada pela umidade relativa do ambiente e pela temperatura. As sementes por serem higroscópicas, ganham ou perdem umidade ao ar atmosférico, até que seja estabelecido um equilíbrio com o mesmo. Esse processo não é imediato, consumindo para tanto um determinado período de tempo, para mais ou para menos, segundo as características da própria semente, se albuminosas ou oleaginosas. As sementes albuminosas apresentam um ponto de equilíbrio mais elevado, quando comparadas com as oleaginosas, mesmo sob as mesmas condições.

As sementes oleaginosas não são totalmente higroscópicas e a água só é absorvida pelos componentes não oleaginosos, daí a razão de apresentarem um ponto de equilíbrio mais baixo, conforme mostra a tabela 3.

Tabela 3.. Umidade de equilíbrio de sementes de algumas espécies.
 (Harrington, J.F.) Seed storage and longevity. In: Seed Biology. Ed. Koslowski, T.T. Academic Press New York.
 Vol. 3:145-245. 1973.

SEMENTES	UMIDADE RELATIVA (%)				
	15	30	45	60	75
<u>Cereais</u> (albuminosas)					
Arroz	6.5	9.0	10.5	12.5	14.5
Aveia	5.5	8.0	9.5	12.0	14.0
Centeio	7.0	8.5	10.5	12.0	15.0
Cevada	6.0	8.5	10.5	12.0	14.5
Milho	6.5	8.5	10.5	12.5	14.5
Sorgo	6.5	8.5	10.5	12.0	14.5
Trigo	6.5	8.5	10.5	11.5	14.5
<u>Hortalicas</u> (albuminosas)					
Espinafre	7.0	8.0	9.5	11.0	13.0
Ervilha	5.0	7.0	8.5	11.0	14.0
Feijão vagem	5.0	6.5	8.5	11.0	14.0
<u>Oleaginosas</u>					
Linho	4.5	5.5	6.5	8.0	10.0
Soja	-	6.5	7.5	9.5	13.0
<u>Hortalicas</u> (oleaginosas)					
Alface	4.0	5.0	6.0	7.0	9.0
Cenoura	5.0	6.0	7.0	9.0	11.5
Pepino	6.0	7.0	7.5	8.0	9.5
Repolho	3.5	4.5	6.0	7.0	9.0
Tomate	6.0	7.0	8.0	9.0	11.0

Temp. 25°C, teor de umidade na base úmida, em percentagem

Os elevados teores de umidade das sementes causam ou favorecem as seguintes conseqüências: elevação da temperatura da semente devido aos processos respiratórios que aumenta com o teor de umidade; maior susceptibilidade da semente a injúrias térmicas durante a secagem; aumento da atividade de microorganismos, notadamente fungos; maior atividade de insetos durante o armazenamento. O Quadro 4, mostra as conseqüências do aumento do teor de umidade das sementes durante o armazenamento.

QUADRO 4. Conseqüências do aumento do teor de umidade da semente durante o armazenamento. (Popinigis, 7).

% UMIDADE DA SEMENTE	CONSEQÜÊNCIAS
.Acima de 40 - 60	.a semente germina
.Acima de 18 - 20	.aquecimento da semente
.Acima de 12 - 14	.crescimento de fungos
.Acima de 8 - 9	.aumento da atividade e reprodução dos insetos

As boas condições de armazenamento em relação ao teor de umidade relativa do ar são variáveis, segundo alguns pesquisadores: para uns ela não deve exceder de 60%, outros acreditam que a longevidade máxima das sementes é conseguida quando elas são armazenadas em ambiente com umidade do ar entre 20 e 25%.

Quando o armazenamento é feito em grandes armazéns, com condições controladas, utilizam-se umidade relativa de 50%, pois abaixo deste nível, torna-se anti-econômico.

Como regra prática para determinar os efeitos do teor de umidade e da temperatura sobre a velocidade de deterioração das sementes, é sugerido que:

- a) quando a umidade é aumentada de 1%, a longevidade da semente é reduzida pela metade, para teores de umidade entre 5 e 14%. Abaixo do extremo mínimo a deterioração pode aumentar devido à auto-oxidação dos lípidos, acima do extremo máximo, é comum ocorrer desenvolvimento de fungos que destroem o poder germinativo das sementes.
- b) se a temperatura aumenta de 5°C, a longevidade é também reduzida à metade, isto para valores entre 0°C e 50°C.

Como se vê, a temperatura é o segundo fator ambiental mais importante na preservação da qualidade da semente. Ela mediada que aumenta e dentro de certos limites, influencia todas as atividades biológicas, contribuindo para aumentar a velocidade respiratória da semente e dos fungos, além de favorecer a atividade dos insetos.

Diante do já exposto, pode-se concluir que os meios mais eficientes que permitam manter as sementes com elevada qualidade fisiológica, são aqueles em que tanto a umidade relativa como a temperatura, sejam mantidos a índices considerados baixos.

As condições ambientais para armazenamento de sementes em regiões tropicais e sub-tropicais, são variáveis segundo o período de armazenamento (*):

- Armazenamento a curto prazo (até 9 meses)

.30°C - 50% UR, sementes com teor de umidade máxima de 12% para cereais e 8% para oleaginosas;

.20°C - 60% UR, sementes com teor de umidade máxima de 13% para cereais e 9,5% para oleaginosas;

(*) Delouche, J.C. Matthes, R.K., Dougherty, G.M. & Boyrd, A. H. Storage of seed in tropical and sub-tropical regions. Seed Sci. & Technol 1:671-700, 1973

.outras combinações de umidade relativa e temperaturas tão favoráveis como as acima prescritas.

- Armazenamento de estoques reguladores a médio prazo (18 meses)

.30°C - 40% UR, sementes com teor de umidade máxima de 10% para cereais e 7,5% para oleaginosas;

.20°C - 50% UR, sementes com teor de umidade máxima de 12% para cereais e 8% para oleaginosas;

.10°C - 60% UR, sementes com teor de umidade máxima de 12% para cereais e 9% para oleaginosas;

.outras combinações de umidade relativa e temperatura tão favoráveis como as acima prescritas.

- Armazenamento a longo prazo

.períodos de 3 a 5 anos, 10°C e 45% UR, são satisfatórios para a maioria das sementes de grandes culturas;

.períodos de 5 a 15 anos, são recomendadas condições de 0°C a 5°C e 30% a 40% UR.

5 - Causas da deterioração

a) Esgotamento das reservas alimentares - baseia-se na suposição de que as substâncias de reservas para desenvolvimento do embrião, esgotam-se e então a semente morre. Esta teoria não é mais aceita, pois já foi comprovado que muitas sementes mortas possuem ainda disponibilidade de alimentos nos tecidos de reservas.

b) Exaustão das reservas a nível local - devido ao teor de umidade quando suficientemente elevado permite ao embrião respirar intensamente todas as substâncias de reserva e morre.

c) Coagulação do protoplasma - a semente perde a viabilidade devido a coagulação das proteínas constantes do protoplasma.

- d) Inativação das enzimas - a perda da viabilidade seria provocada pela diminuição das atividades enzimáticas na semente, notadamente aquelas relacionadas com a atividade respiratória.
- e) Aparecimento de ácidos graxos - o aparecimento desses ácidos tem sido associado como a causa da perda de vigor e consequentemente provocam a deterioração.
- f) Degeneração das membranas celulares - com a desintegração das membranas celulares, principalmente do mitocôndrio, que, provoca um decréscimo na eficiência do mecanismo respiratório, cuja consequência seria a perda da viabilidade.
- g) Ataque de fungos - os fungos causam graus variados de deterioração, notadamente de sementes dormentes. Eles podem causar a morte da semente por ataque patogênico direto, ou como resultado da produção de micotoxinas.
- h) Acúmulo de substâncias tóxicas - a deterioração e consequente perda da viabilidade seria causada pela acumulação de produtos da respiração, como ácido lático, ácido terúlico, coumarina e ácido abcísico.
- i) Acúmulo de mutagens - devido o aparecimento de substâncias capazes de induzir mutações nos gens de sementes armazenadas. Estas mutações foram observadas em sementes de cebola, trigo, cevada, centeio, ervilha, milho e beterraba. As mutações podem ser provocadas por certos compostos encontrados nas plantas, como a adenina, uracil, tiamina, adenosina e ácidos nucleicos. Para alguns autores, existem três níveis de mutagens a saber: nível letal, o acúmulo de mutagens torna-se tóxica, causando a morte das sementes, nível narcótico, que atua inibindo ou destruindo o mecanismo; nível subnarcótico, no qual desenvolvem-se as mutações.

- j) Degradação de ácidos nucleicos - neste caso, a causa da dete
rioração, poderia ser devido a perda da adenina e guanina da
molécula do DNA sob efeito da temperatura e da umidade. Com
isso ocorreriam mutações espontâneas nas células que provoca
riam a deterioração das sementes.

BIBLIOGRAFIAS CONSULTADAS

1. CAMARGO, C.P. & VECHI, C. *Vigor, presente no futuro?* IV Seminário Brasileiro de Sementes, Fortaleza. 19p. 1973. (Mimeografado).
2. DELOUCHE, J.C. *Recentes conquistas da pesquisa em tecnologia de semente*. Curso de Iniciação a Pesquisa em Análise de Sementes. Pelotas. Convênio UFPel-MA/AGIPLAN. Vol. 3: 91 - 100, fevereiro, 1974.
3. FIGUEIRÊDO, F.J.C. *Dormência em sementes*. Seminário Geral a apresentado ao Curso de Pós-Graduação em Ciências Agrárias, Universidade Federal de Pelotas. Pelotas. 19p. março, 1976. (Mimeografado).
4. ————. *Superação da dormência e condições para germinação de sementes de malva (*Urena lobata* L.)*. Dissertação de Mestrado. Curso de Pós-Graduação em Ciências Agrárias, Universidade Federal de Pelotas. Pelotas. 98p. 1977.
5. POPINIGIS, F. *Fisiologia das sementes*. Curso de Iniciação a Pesquisa em Análise de Sementes. Pelotas. Convênio UFPel - MA/AGIPLAN. Vol. 3:23-90, fevereiro, 1974.
6. ————. *Qualidade fisiológica de sementes*. *Semente*, Brasília. 1(1):65-80, dezembro, 1975.
7. ————. *Deterioração de sementes*. Palestra proferida no 3º Ciclo de Atualização em Ciências Agrárias. Universidade Federal do Paraná. Curitiba. 39p. 1976. (Mimeografado)

8. POPINIGIS, F. *Fisiologia da germinação e da dormência de sementes*. Palestra proferida no 3º Ciclo de atualização em Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná. Curitiba. 74p. 1976. (Mimeografado).
9. ————. *Formação, maturação e conceito funcional da semente*. Palestra proferida no 3º Ciclo de atualização em Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná. Curitiba. 42p. 1976. (Mimeografado).
10. SACCO, J. de C. *Conceituação e terminologia relacionadas à dormência das sementes*. Curso de Iniciação a Pesquisa em Análise de Sementes. Pelotas. Convênio UFPel - MA/AGIPLAN. vol. 3:8-22, fevereiro, 1974.
11. ————. *Botânica da semente*. Curso sobre Análise de Sementes. Pelotas. Convênio UFPel-MA/AGIPLAN. p.10-20.1975.
12. TOLEDO, F.F. de & MARCOS FILHO, J. *Manual das Sementes*. Tecnologia da Produção. Editora Agronômica Ceres. São Paulo. 224 p. 1977.



EMBRAPA - CPA Trópico Unido

Preço Dois

N.º da Ordem

Adquirido de

Belém, 26 / 05 / 78