

AVALIAÇÃO DO POTENCIAL FISIOLÓGICO DE SEMENTES

JULIO MARCOS FILHO
TECNOLOGIA DE SEMENTES
DEPTO. DE PRODUÇÃO VEGETAL – USP/ESALQ

INTRODUÇÃO

Estabelecimento do estande → prioridade permanente para o produtor rural

Avaliação do potencial fisiológico → identificar, de maneira consistente, os lotes com maior probabilidade de apresentar o desempenho desejado

EMERGÊNCIA RÁPIDA E UNIFORME DE PLÂNTULAS

Uniformidade de desenvolvimento

Rendimento da cultura

Qualidade do produto

INTRODUÇÃO

Somente os efeitos sobre a emergência de plântulas são suficientes para justificar a utilização de lotes de sementes com alto potencial fisiológico

A disponibilidade de métodos eficientes para sua avaliação e a interpretação correta dos resultados permite a tomada de decisões seguras, de acordo com as exigências do mercado

INTRODUÇÃO

Resultados da avaliação do potencial fisiológico, em laboratório são mais facilmente reproduzidos em campo quando as condições de ambiente são favoráveis pré e pós-emergência das plântulas

INTRODUÇÃO

Avaliação rotineira do potencial fisiológico

Teste de germinação

Teste de tetrazólio



TESTE DE GERMINAÇÃO



Condução de acordo com instruções apresentadas em Regras para Análise de Sementes (nacionais e internacionais)

Semente germinada → capacidade de originar planta normal sob condições favoráveis de campo

Porcentagem de germinação → porcentagem de sementes que produziram plântulas normais sob condições e limites de tempo especificados nas RAS



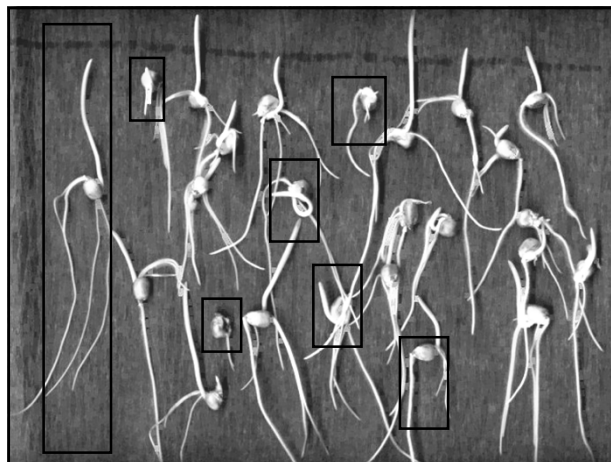
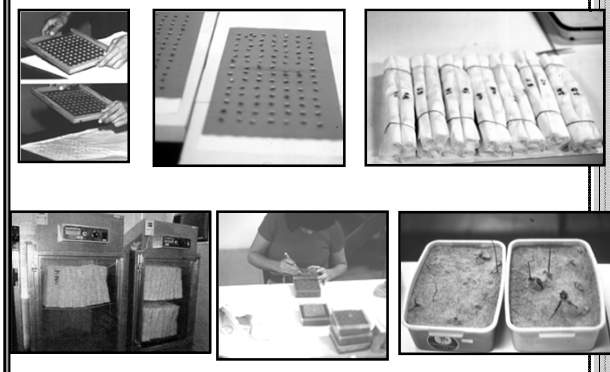
Objetivo → comparar lotes e determinar valor para a semeadura

Condições padronizadas para obtenção da germinação rápida e completa das amostras avaliadas

Tentativa → obter a máxima germinação possível da amostra analisada



PROCEDIMENTO



CREDENCIAIS DO TESTE DE GERMINAÇÃO

- ☐ Informações sobre o potencial fisiológico
- ☐ Padronização na comparação de resultados
- ☐ Identificação de anormalidades e suas causas
- ☐ Detecção de ocorrência e intensidade de dormência
- ☐ Detecção da presença de microrganismos
- ☐ Bases para aprovação ou recusa de lotes

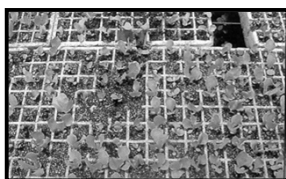
CRÍTICAS AO TESTE DE GERMINAÇÃO

- ☐ Condições "ideais" de ambiente
- ☐ Relação com emergência de plântulas em campo

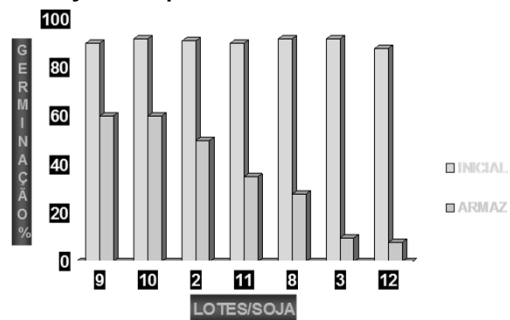


CRÍTICAS AO TESTE DE GERMINAÇÃO

- ❑ Relação com emergência de plântulas em campo



- ❑ Relação com potencial de armazenamento

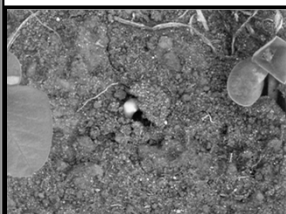


Germinação inicial e após armazenamento de 07 lotes de sementes de soja, em condições normais de ambiente (Adaptado de Delouche e Baskin, 1973)



CRÍTICAS AO TESTE DE GERMINAÇÃO

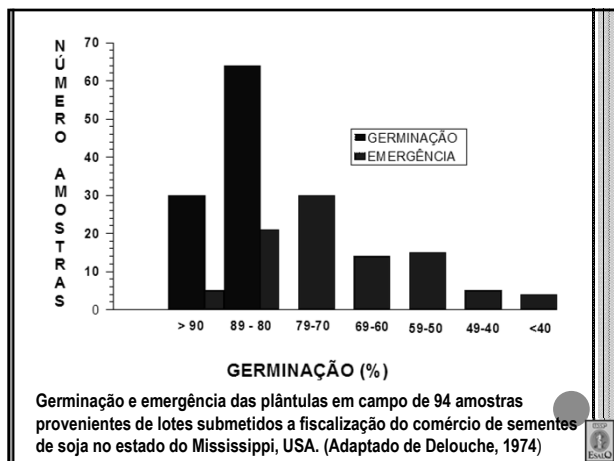
- ❑ Detecção do progresso da deterioração



CRÍTICAS AO TESTE DE GERMINAÇÃO

- ❑ Conceitos baseados na morfologia de plântulas
- ❑ Plântulas com deficiências
- ❑ Desempenho de lotes com germinação semelhante





TESTE DE TETRAZÓLIO

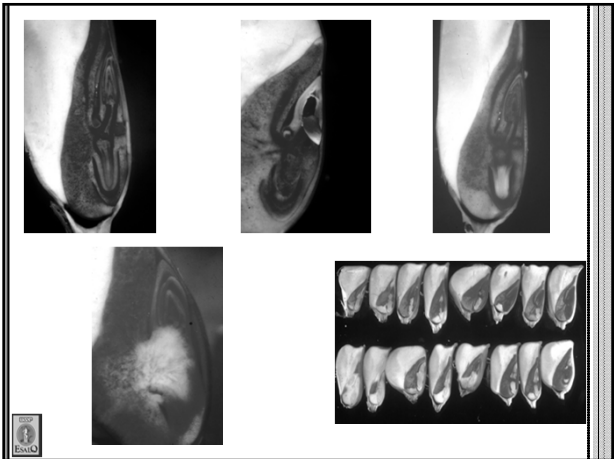
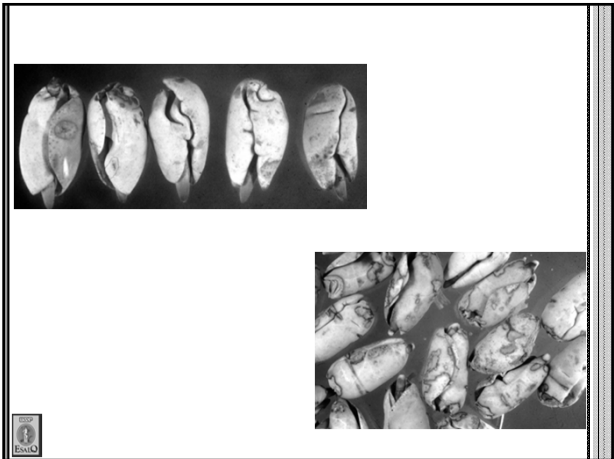
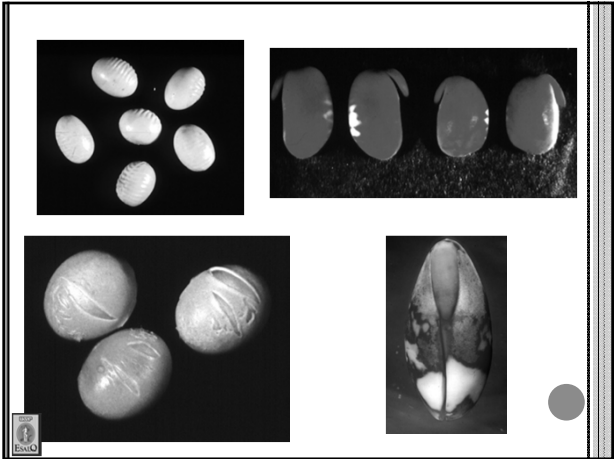
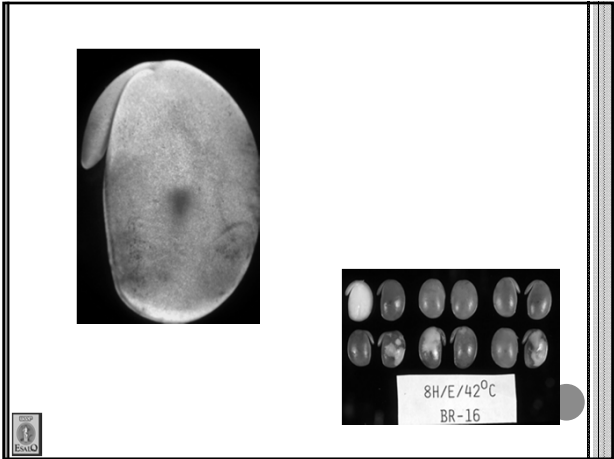
Método para estimar a viabilidade (ou vitalidade ?) e o vigor de sementes, com base na alteração da coloração de tecidos vivos (em áreas vitais das sementes), em contato com solução de cloreto de 2,3,5 trifênil TZ.

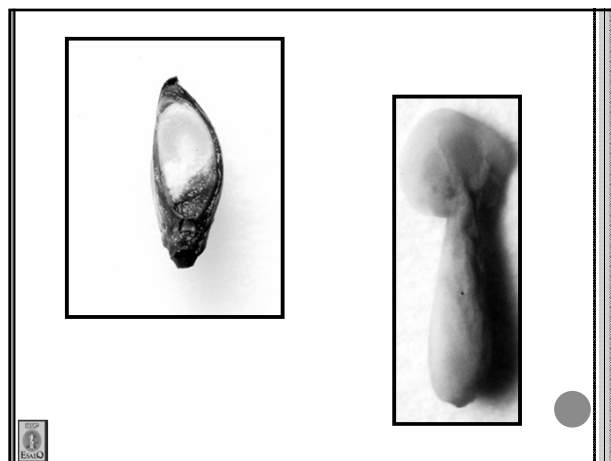
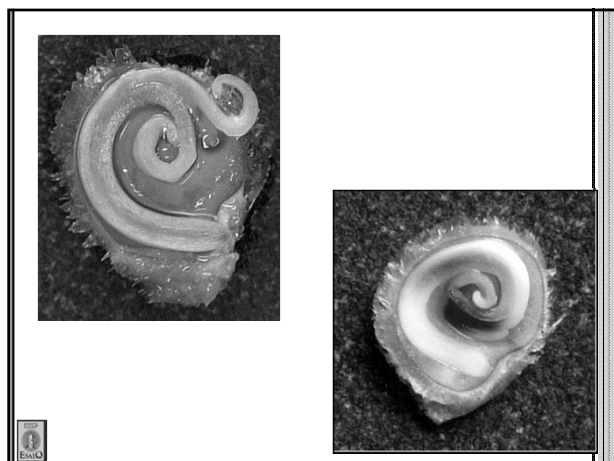
Resultados refletem a atividade de sistemas enzimáticos intimamente relacionados à germinabilidade das sementes

PROCEDIMENTO

- Preparo das soluções
- Pré-condicionamento das sementes
- Preparo das sementes
- Desenvolvimento da coloração
- Interpretação

Brasil: alta competência estabelecida → soja, milho, feijão, algodão, amendoim, café, forrageiras





TESTES DE VIGOR

ALTERNATIVAS PARA COMPLEMENTAR INFORMAÇÕES SOBRE O POTENCIAL FISIOLÓGICO

**VIGOR DE SEMENTES:
CONCEITOS E TESTES**

Francisco Carlos Krzyzanowski
Roberval Dalton Vieira
José de Barros França Neto

ABRATES

ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYSTS

**SEED VIGOR TESTING
HANDBOOK**

Blair G. Kitchell
Ruth Murray 1989
Vicki R. Truitt
Vicki R. Truitt

2009 CONTRIBUTION NO. 52

Necessidade de alternativas

Primeira referência a vigor: Nobbe (1876)

Primeiro teste: Hiltner e Ihssen (1911)

Grande impulso: Congresso da ISTA (1950)

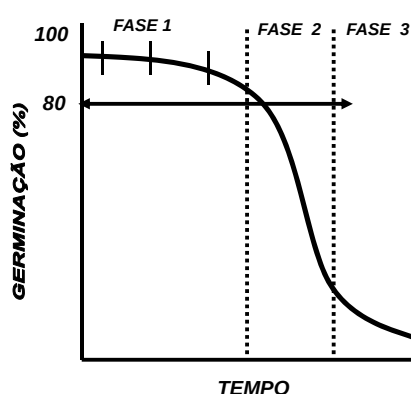
AValiação DO VIGOR

Detectar diferenças no potencial fisiológico de lotes de sementes com germinação semelhante

Distinguir, com segurança, lotes de alto e de baixo vigor, com germinação aceitável.

Como identificar lotes de vigor médio?

Separar lotes em diferentes níveis de vigor, de maneira proporcional à emergência de plântulas em campo e potencial de armazenamento



Curva de perda da viabilidade da semente (POWELL, 1986)

CONSIDERAÇÕES GERAIS

VIGOR É REFLEXO DE UM CONJUNTO DE CARACTERÍSTICAS: que característica está em avaliação?

EXPRESSÃO DOS RESULTADOS DE TESTES DE VIGOR ?

%, cm/plântula, mg/plântula, μ S/cm/g, índice de velocidade, dias, ppm/g ...

CONSIDERAÇÕES GERAIS

TESTES DE VIGOR FORNECEM RESULTADOS COMPARATIVOS: NÃO QUANTIFICAR !!!!

SIGNIFICADO DE “n” % DE VIGOR ?



CONSIDERAÇÕES GERAIS

Resultados em (%):
falsa expectativa do desempenho

RESPOSTAS DIFERENTES, dependendo da característica avaliada e do genótipo

PADRONIZAÇÃO



CONSIDERAÇÕES GERAIS

RELAÇÕES COM A EMERGÊNCIA DAS PLÂNTULAS EM CAMPO

Eficiência das avaliações em laboratório diminui à medida que as condições de ambiente se desviam das ótimas



CONSIDERAÇÕES GERAIS

AVALIAÇÃO:
CARACTERÍSTICAS DAS PLÂNTULAS
ESTADO METABÓLICO ATUAL
REAÇÃO DA SEMENTE A ESTRESSES

UM TESTE OU UM CONJUNTO DE TESTES para avaliar potencial de desempenho em campo e durante o armazenamento?



CONSIDERAÇÕES GERAIS

TESTES: base teórica consistente, resultados reproduzíveis e relacionados com a emergência de plântulas em campo

CARACTERÍSTICAS DE UM BOM TESTE:

- Simplicidade
- Rapidez
- Baixo custo
- Objetividade
- Padronização

TESTES FISIOLÓGICOS

PROCURAM DETERMINAR ATIVIDADE(S) FISIOLÓGICA(S) ESPECÍFICA(S), CUJA MANIFESTAÇÃO DEPENDE DO VIGOR

CLASSIFICAÇÃO DO VIGOR DE PLÂNTULAS

PRIMEIRA CONTAGEM DE GERMINAÇÃO

VELOCIDADE DE GERMINAÇÃO OU DE EMERGÊNCIA DE PLÂNTULAS

CRESCIMENTO DE PLÂNTULAS

TESTES BIOQUÍMICOS

AVALIAM ALTERAÇÕES BIOQUÍMICAS ASSOCIADAS AO VIGOR DAS SEMENTES

TESTE DE TETRAZÓLIO

CONDUTIVIDADE ELÉTRICA

LIXIVIAÇÃO DE POTÁSSIO

TESTES DE RESISTÊNCIA A ESTRESSES

AVALIAM O DESEMPENHO DE SEMENTES SUBMETIDAS A ESTRESSES

ENVELHECIMENTO ACELERADO

TESTE DE FRIO

DETERIORAÇÃO CONTROLADA

GERMINAÇÃO A BAIXA TEMPERATURA

IMPORTÂNCIA DOS PROCEDIMENTOS**TESTE DE GERMINAÇÃO**

- CONDIÇÕES ÓTIMAS
- CONCESSÕES ÀS SEMENTES E PLÂNTULAS → 2 contagens

TESTES DE VIGOR

- MAIOR SENSIBILIDADE, REFINAMENTO
- METODOLOGIA MENOS “BENEVOLENTE”, CONTROLE MAIS RIGOROSO
- CRITÉRIOS MAIS RÍGIDOS PARA INTERPRETAÇÃO

IMPORTÂNCIA DOS PROCEDIMENTOS**EXEMPLOS****TESTE DE GERMINAÇÃO**

Opções de temperatura

Variação da temperatura interna do germinador: $\pm 1^{\circ}\text{C}$ **TESTES DE VIGOR**

72 horas = 72 horas e não 70 horas ou 75 horas

Variação da temperatura interna da câmara de envelhecimento acelerado: $\pm 0,3^{\circ}\text{C}$ **IMPORTÂNCIA DOS PROCEDIMENTOS****NECESSIDADE DO CONTROLE RIGOROSO DAS VARIÁVEIS****EXEMPLOS**

Temperatura
 Grau de umidade das sementes
 Tamanho das sementes
 Tratamento das sementes
 Dormência

RESULTADOS GERAIS

TESTES	AMOSTRAS(*)				
	1	2	3	4	5
Germinação (%)	91bc	82d	88c	93b	96a
Envelhecimento (%)	58c	29e	48d	73b	91a
Frio (%)	54c	36d	49c	63b	80a
Emerg. Plântulas (%)	80bc	72d	77c	84ab	88a

Resultados de diferentes testes de vigor com sementes de milho, cv. AG – 162 (MEDINA e MARCOS FILHO, 1990).

TESTES	LOTES					
	1	2	3	4	5	6
GERMIN.	92 a	87 b	81 c	82 c	83 bc	80 c
CONT 1	84 a	77 b	68 c	64 c	68 c	63 c
CL.VIGOR	63 a	57 a	42 bc	38 c	46 b	39 c
CONDUT.	70 a	76 a	95 b	99 bc	93 b	104 c
ENVELH.	65 a	62 a	11 bc	15 b	11 bc	08 c
EMERG.	70 a	66 ab	60 bc	58 bc	59 bc	57 c

Resultados de testes de vigor para sementes de ervilha
(Caliari & Marcos Filho, 1990)

LOTES	GERMIN. (%)	1ª CONT. (%)	LIX. K ⁺ (ppm)	EMERG. (%)
1	96 a	78 a	90,0 ab	91 a
2	94 a	72 a	102,0 bc	86 ab
3	86 ab	74 a	121,0 c	79 bc
4	80 bc	69 a	123,0 c	73 cd
5	71 bc	48 c	70,7 a	59 de
6	64 cde	53 bc	130,7 c	58 de
7	62 de	30 d	118,7 bc	56 e
8	49e	20 d	85,3 ab	41 f

Resultados de testes para avaliação do potencial fisiológico de oito lotes de sementes de soja 'UFV-1'.
(Marcos Filho et al, 1984)

TESTES	1	2	3	4	5	6	7	8
Germ x 1ª Cont.	0,83**	0,91**	0,90**	0,90**	0,92**	0,80**	0,75**	0,90**
Germ. X Lix K ⁺	-0,63**	-0,72**	-0,63**	0,46	-0,79**	-0,33	-0,53**	-0,01
Germ x Emerg.	0,25	0,17	0,20	0,17	0,68*	0,49	0,12	0,34
1ª Cont.x Lix K ⁺	-0,60*	-0,80*	-0,54*	-0,47	-0,68**	-0,24	-0,67**	-0,17
Lix K ⁺ x Emerg.	-0,79**	-0,67**	-0,03	-0,76**	-0,71**	-0,76**	-0,39	-0,72**

Coefficientes de correlação simples (r) entre dados obtidos em testes conduzidos com lotes de soja 'UFV-1', em quatro épocas
(Marcos Filho et al, 1984)

CONCLUSÃO

AVALIAÇÃO CONSISTENTE DO POTENCIAL FISIOLÓGICO

- *Testes de Germinação + Vigor*
- *Uso de procedimentos padronizados*
- *Interpretação correta dos resultados*
- *Inclusão em análises de rotina*

TESTES BASEADOS NA INTEGRIDADE DAS MEMBRANAS CELULARES

CONDUTIVIDADE ELÉTRICA



PRINCÍPIO

Classificado como teste bioquímico

Envolve conhecimentos de Física e de Biologia

Física: determinação da condutividade elétrica da solução de embebição

Biologia: integridade do sistema de membranas e liberação de exsudados



DESENVOLVIMENTO DO TESTE

Mathews & Bradnock (1967), para estimar a emergência de plântulas de ervilha



PRINCÍPIO

- Organização das membranas celulares x liberação de exsudados durante a embebição
- Capacidade e velocidade de reorganização das membranas → inversamente proporcional ao estado de deterioração

Substâncias exsudadas: açúcares, ácidos orgânicos, proteínas, aminoácidos, íons (K^+ , Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+), substâncias fenólicas, fosfatos

Maior liberação de exsudados → maior condutividade →
→ MENOR VIGOR



A restauração da integridade das membranas celulares depende do estado fisiológico da semente



As sementes de alto vigor reorganizam suas membranas celulares mais rapidamente que as de baixo vigor



Recuperam a permeabilidade seletiva e liberam menor quantidade de eletrólitos à solução

Craviotto



PRINCÍPIO

Ouyang (2002): deterioração das membranas ocorre em três estádios

1. Início da degradação dos fosfolípidios, com perda de parte da estrutura das membranas: moléculas menores, como as de açúcares não conseguem atravessar a membrana, mas íons conseguem
2. Grande parte da extensão das membranas perde integridade: aumenta liberação de solutos
3. Estrutura desintegra e membrana perde função



INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

Em soja:

Alto vigor: $\leq 70 \mu\text{S} / \text{cm} / \text{g}$

Baixo vigor: $\geq 100 \mu\text{S} / \text{cm} / \text{g}$

Em milho:

Alto vigor: $\leq 04 \mu\text{S} / \text{cm} / \text{g}$

Baixo vigor: $\geq 30 \mu\text{S} / \text{cm} / \text{g}$

Vieira (1995, 2004)



LIXIVIAÇÃO DE POTÁSSIO



- PRINCÍPIO

É o mesmo do teste de condutividade elétrica
Liberação de íons: $K > Ca > Mg > Na$

- VANTAGENS

Rapidez
Determinação de apenas um íon



TESTE DE TETRAZÓLIO



PRINCÍPIO

Enzimas desidrogenases catalisam reações respiratórias nos mitocôndrios

Tecidos vivos, em contato com solução de cloreto de 2, 3, 5 trifenil tetrazólio se colorem devido à redução da solução, resultando em um composto vermelho, insolúvel e não difusível de nome trifenil formazan. Tecidos não viáveis não se colorem

Não há difusão da formazan para outros tecidos: nítida separação entre tecidos vivos, deteriorados e não viáveis



PRINCÍPIO

- Enzimas envolvidas:

a) Glicólise

deshidrogenase do ácido 3-fosfogliceraldeído

b) Ciclo do ácido cítrico (ciclo de Krebs)

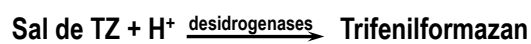
deshidrogenase do ácido pirúvico
deshidrogenase do ácido isocítrico
deshidrogenase do ácido α-ketoglutarico
deshidrogenase do ácido succínico
deshidrogenase do ácido málico (*)



PRINCÍPIO

- Durante a interpretação do teste:
identificação das sementes viáveis de acordo com o grau de defeitos, computando-se a quantidade de sementes incluídas em cada classe

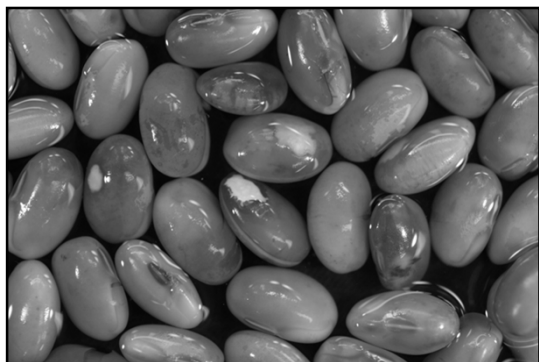
Isto é efetuado com base na identificação das áreas coloridas e descoloridas, presença, localização e natureza dos distúrbios

**Reação de Redução**

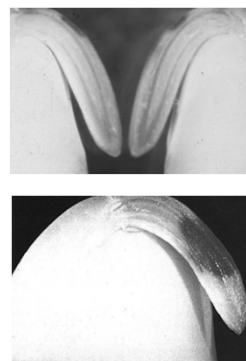
- | | |
|-------------|-----------------|
| • incolor | • vermelho |
| • difusível | • não difusível |

- vermelho normal → tecido vigoroso
- vermelho intenso → tecido em deterioração
- branco → tecido morto

França Neto



França Neto

**INTERPRETAÇÃO**

França Neto



INTERPRETAÇÃO**SOJA, ALGODÃO, FEIJÃO**

Identificação de 8 categorias de “viabilidade” (feijão, 7)

1 a 5: viáveis

6 a 8: não viáveis

Vigor: classes 1 a 3

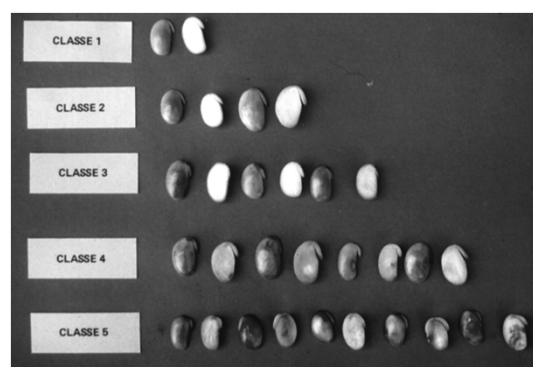
**INTERPRETAÇÃO****AMENDOIM, CAFÉ, MAMONA, MILHO, PEPINO, PIMENTÃO, TOMATE,**

Identificação de 3 categorias de “viabilidade”

1: viáveis e vigorosas

2: viáveis e não vigorosas

3: não viáveis

**INTERPRETAÇÃO****SOJA**

França Neto

**INTERPRETAÇÃO****SOJA**

Viabilidade = soma 1 a 5

Vigor = soma 1 a 3

- Interpretação do nível de vigor:

- Muito alto: $\geq 85\%$
- Alto: 75% a 84%
- Médio: 60% a 74%
- Baixo: 50% a 59%
- Muito baixo: $\leq 49\%$

França Neto



INTERPRETAÇÃO SOJA

DIAGNÓSTICO DAS CAUSAS DE REDUÇÃO DE QUALIDADE DA SEMENTE DE SOJA

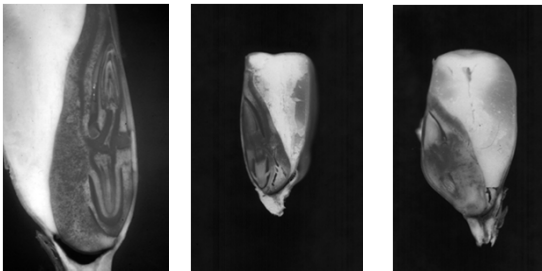
Clase (6 - 8): Dano mecânico
Deterioração por “umidade”
Danos por percevejos

Interpretação:

- sem problema sério: $\leq 6\%$
- problema sério: 7% a 10%
- problema muito sério: $> 10\%$

França Neto

INTERPRETAÇÃO Milho

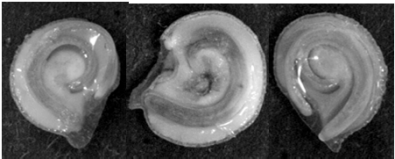


1: Viável vigorosa 2: Viável não vigorosa 3: Não Viável

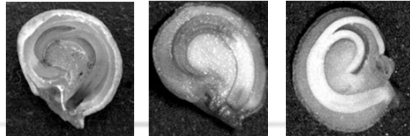
França Neto

INTERPRETAÇÃO Pimentão

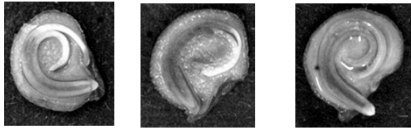
1: Viáveis vigorosas



3: Não Viáveis



INTERPRETAÇÃO Pimentão



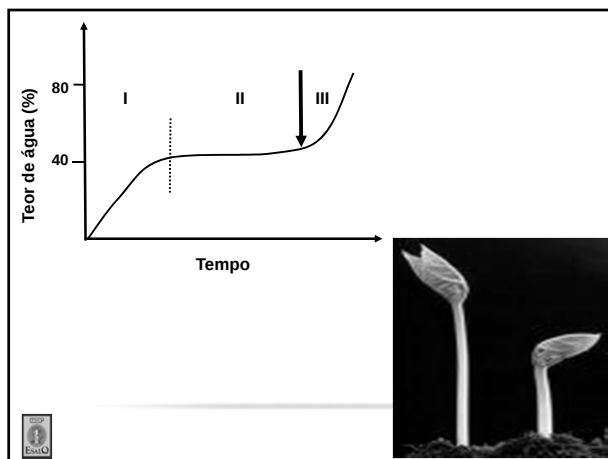
A B C

2: Viáveis não vigorosas

A: cotilédones e a extremidade da radícula descoloridos;
B: um dos cotilédones descolorido;
C: extremidade da radícula descolorida

Gagliardi e Marcos Filho

TESTES BASEADOS NO DESEMPENHO OU CARACTERÍSTICAS DE PLÂNTULAS



PRIMEIRA CONTAGEM DE GERMINAÇÃO



**TESTES BASEADOS NO DESEMPENHO OU
CARACTERÍSTICAS DE PLÂNTULAS**

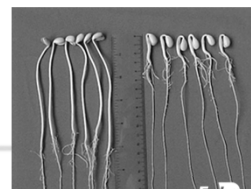
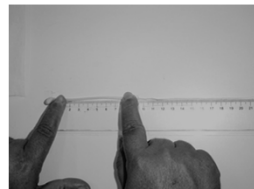
CRESCIMENTO DE PLÂNTULAS

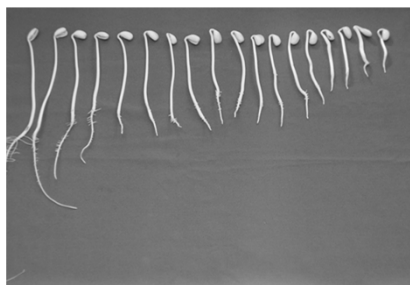


A) Comprimento das plântulas ou de suas partes



- Resultados: considerar apenas as plântulas normais





Glifosato

Fitotoxicidade: observar o comprimento do hipocótilo, da raiz, engrossamento do hipocótilo e desenvolvimento de raízes secundárias

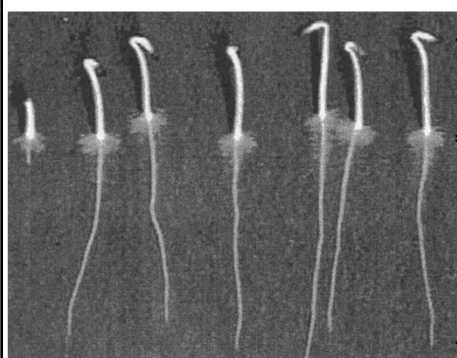
B) Peso da matéria seca de plântulas normais

C) Velocidade de germinação ou de emergência de plântulas

D) Classificação do vigor de plântulas

E) Protrusão da raiz primária

F) Análise computadorizada de imagens de plântulas



hipocótilo

raiz
primária

SVIS

Utilização bem sucedida

Alface → Sako et al. (2001)

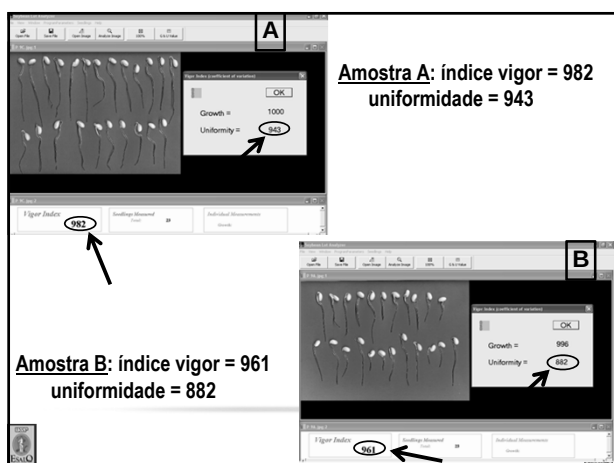
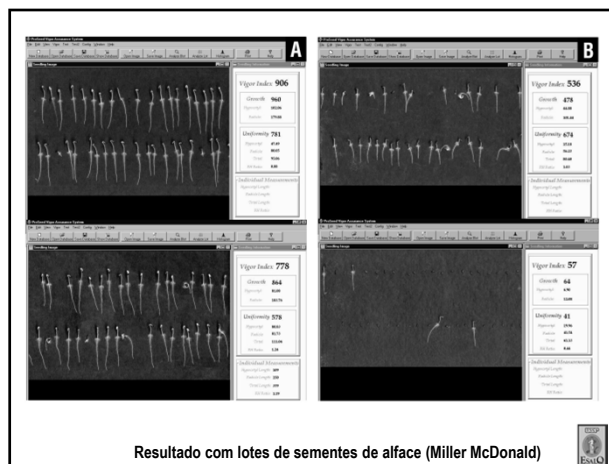
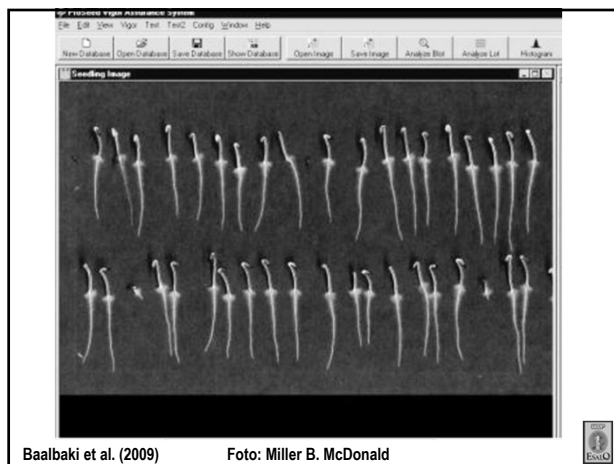
Soja → Hoffmaster et al. (2003); Marcos Filho et al. (2009)

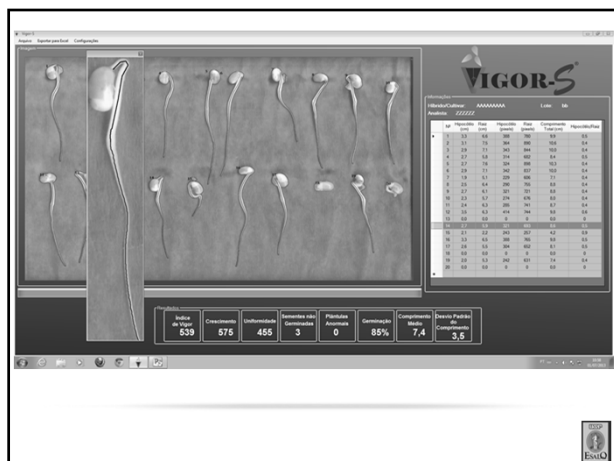
Milho → Otoni e McDonald (2005)

Melão → Marcos Filho et al. (2006)

Utilização potencial: feijão, girassol, mamona, quiabo, algodão, arroz, trigo, tomate, *Crotalaria juncea*, pepino ...







TESTES BASEADOS NA RESISTÊNCIA A ESTRESSES

ENVELHECIMENTO ACELERADO

- PRINCÍPIO

TEMPERATURA x COAGULAÇÃO DE PROTEÍNAS
DURANTE ARMAZENAMENTO
(Crocker e Graves, 1915)

TEMPERATURA, UMIDADE RELATIVA



DETERIORAÇÃO



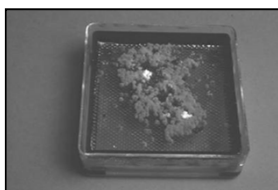
PERCENTAGEM E VELOCIDADE DE GERMINAÇÃO

- PROCEDIMENTO TRADICIONAL

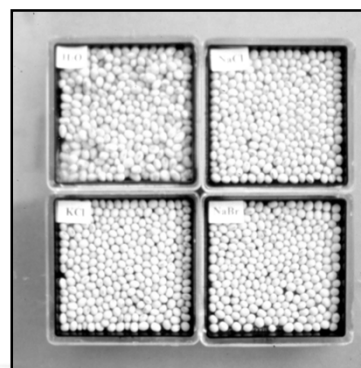


PROCEDIMENTO TRADICIONAL

SEMENTES “PEQUENAS” → RAPIDEZ E INTENSIDADE DE ABSORÇÃO DE ÁGUA



Riad Baalbaki



PROCEDIMENTO COM SOLUÇÃO SATURADA DE SAL

- Preparar a solução saturada de sal:

KCl → 87% U.R.; NaCl → 76 U.R.; NaBr → 55% U.R.



DETERIORAÇÃO CONTROLADA



- Teste desenvolvido para estimar diferenças no potencial fisiológico de sementes relativamente pequenas, como as de hortaliças (cebola, alface, brássicas), a partir de pesquisas conduzidas por Stanley Matthews e Alison Powell, na Escócia
- Problema detectado por Powell durante a condução de teste de envelhecimento acelerado com sementes de cebola. Teores de água de amostras, variando de 11,8% a 24,0% após 24 horas de envelhecimento, a 45°C e 100% U.R.



PRINCÍPIO

Teste é uma modificação do envelhecimento acelerado e tem sido recomendado para avaliação do vigor de sementes relativamente pequenas, como as hortaliças

Sementes úmidas, com diferenças no potencial fisiológico, apresentam variações na velocidade de deterioração, quando expostas a temperatura elevada

O teor de água das sementes é ajustado previamente à exposição a temperatura elevada (geralmente 45°C)



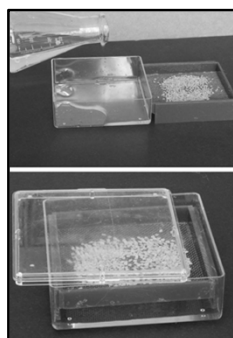
PRINCÍPIO

O teste de deterioração controlada expõe as sementes componentes de cada amostra a praticamente o mesmo nível de deterioração, pois as sementes iniciam o teste com o mesmo teor de água



PROCEDIMENTO

- Ajuste do teor de água das sementes



Riad Baalbaki



Miller McDonald



PROCEDIMENTO

- Colocar cada amostra em recipiente de folha de alumínio e manter em câmara a 5°C - 10°C, durante 12 h a 16 h, para uniformização da distribuição da água no interior das sementes (ou uniformização do teor de água de cada amostra)

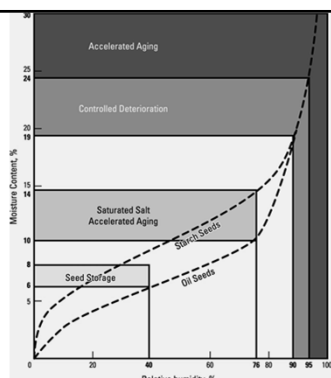


PROCEDIMENTO

- Colocar as amostras em equipamento para banho maria ("water bath"), a 45°C, durante o período pré-estabelecido



Miller McDonald



Teores de água de sementes amiláceas e oleaginosas, em equilíbrio com várias umidades relativas do ar, durante os testes de envelhecimento acelerado com solução saturada de sal (SSAA), deterioração controlada (CD) and envelhecimento acelerado tradicional (AA) (McDonald, não publicado).

TESTE DE FRIO



DESENVOLVIDO PARA AVALIAR O VIGOR DE SEMENTES DE MILHO

ADAPTADO PARA OUTRAS ESPÉCIES.

PRINCÍPIO

Dois tipos de estresse:

- a) temperatura + umidade (exsudados/membranas)
- b) ação de microrganismos



Sementes são sensíveis a hidratação rápida, especialmente sob temperaturas mais baixas e quando apresentam baixo grau de umidade e contato com substrato de potencial hídrico elevado

CONSEQUÊNCIA: liberação de solutos até o restabelecimento da organização das membranas (grau de umidade: $\pm 25\%$)



Tratamentos PEG (MPa)	Germinação 10°C	Germinação 25°C
0,0	68	75
- 0,1	71	82
- 0,3	83	92
- 0,5	58	67

Efeitos da temperatura e da disponibilidade de água do substrato sobre a germinação de sementes de milho doce 'sh-2'. (Chern e Sung)



SIMULA CONDIÇÕES DESFAVORÁVEIS QUE PODEM OCORRER NA ÉPOCA DE SEMEADURA (EXCESSO DE ÁGUA NO SOLO E TEMPERATURAS RELATIVAMENTE BAIXAS).

NA ESSÊNCIA, É UM TESTE PARA AVALIAR O VIGOR, COM BASE NA TOLERÂNCIA DAS SEMENTES A ESTRESSES

PROVOCA REDUÇÃO DA VELOCIDADE E DA PORCENTAGEM DE GERMINAÇÃO OU DE EMERGÊNCIA DE PLÂNTULAS, DE MANEIRA PROPORCIONAL AO VIGOR





GERMINAÇÃO A BAIXA TEMPERATURA

Princípio

Temperaturas baixas, principalmente no início da embebição, podem promover efeitos prejudiciais à germinação e desenvolvimento inicial da plântula, devido à menor velocidade de recuperação da integridade do sistema de membranas celulares

Há indução de danos ao desenvolvimento do sistema radicular e hipocótilo

Sementes vigorosas são menos afetadas

Princípio

Semelhante ao teste de frio, mas não envolve observação sobre a atividade de microrganismos e o resfriamento é menos intenso

Desenvolvido para avaliar o vigor de sementes de algodão

