

PADRÃO DE ABSORÇÃO DE ÁGUA DE SEMENTES DE MILHO IMPERADOR

Maria Augusta Andrade, Ingrid Belchior dos Santos Silva, Breno de Souza Borges, Liana Hilda Golin Mengarda.

Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias e Engenharias, Alto universitário, s/n, Alegre-ES, Brasil, mariaaugusta83176@gmail.com; ingrid.b.silva@edu.ufes.br; breno.borges@edu.ufes.br; liana.mengarda@ufes.br;

Resumo

O objetivo do estudo foi investigar o processo absorção de água durante a germinação das sementes de milho da cultivar Imperador em diferentes condições de embebição. As sementes foram submetidas ao teste de germinação e vigor em água destilada e em solução salina e, concomitantemente, foi determinado o padrão de absorção de água. Identificou-se três fases distintas de embebição durante a germinação: a fase I, com rápida absorção de água nas primeiras 5 horas; a fase II, entre 5 e 48 horas, apresentou um incremento mais estável do teor de água; e a fase III, que se estendeu até 7 dias, mostrou um aumento contínuo na absorção de água. Embora a salinidade não tenha afetado a taxa de germinação, teve um impacto negativo significativo no desenvolvimento das plântulas, indicando que pode comprometer o vigor das plantas em estágios posteriores. Através do estudo, estabelece que os tempos ideais para o condicionamento osmótico das sementes situam-se entre 2 e 8 horas, abrangendo as fases I e II. Esses resultados são cruciais para aprimorar técnicas de *priming* e entender processos fisiológicos da germinação, visando melhorar o vigor das plantas em condições agrícolas adversas.

Palavras-chave: *Zea mays*; fases de germinação; *priming* de sementes.

Área do Conhecimento: Engenharia agrônoma, Agronomia.

Introdução

O milho (*Zea mays*) é uma planta da família Gramineae/Poaceae. O caráter monóico e a sua morfologia resultam da supressão, condensação e multiplicação de várias partes da anatomia básica das gramíneas (Magalhaes *et al.*, 2002), fruto de seleção e melhoramento, resultando em grãos de tamanho e textura extremamente palatáveis e nutritivos. A importância econômica do milho é caracterizada pelas diversas formas de sua utilização, que vai desde a alimentação animal até a indústria de alta tecnologia. O uso do milho em grão como alimentação animal representa a maior parte do consumo desse cereal, isto é, cerca de 70% no mundo. Nos últimos 31 anos, a área plantada aumentou em aproximadamente 2,5 milhões de hectares, a produtividade passou de cerca de 1.600 kg/ha para cerca de 3.950 kg/ha e a produção total aumentou aproximadamente 40 milhões de toneladas. O milho é cultivado em praticamente todo o território nacional (Embrapa, 2021).

Mudanças nos padrões climáticos têm desencadeado a ocorrência de estresses bióticos e abióticos nos cultivos agrícolas. Esses estresses são geralmente inter-relacionados e causam alterações morfológicas, bioquímicas, fisiológicas e moleculares indesejáveis que afetam o crescimento e o desenvolvimento destes campos produtivos, inclusive em relação à qualidade na produção de sementes (Rifina *et al.*, 2019). Inúmeras são as estratégias de manejo que têm sido pesquisadas e implementadas na produção agrícola em favor do componente sementes. Dentre estas, a utilização de técnicas de *priming* de sementes têm sido vistas como estratégia eficaz para conferir tolerância a estes fatores estressantes, bióticos e abióticos, controlando assim a hidratação das sementes em níveis que permitem um melhor acesso equitativo principalmente aos processos metabólicos pré-germinativos (Rifina *et al.*, 2019).

Para conduzir melhoras nos processos fisiológicos da germinação e do desenvolvimento subsequente da planta, o condicionamento de sementes deve atender aspectos físicos e químicos do processo, iniciado pela entrada de água; assim, junto da água podem ser incluídas substâncias, em diferentes concentrações, por um tempo adequado. De modo geral, o processo de germinação das sementes compreende três fases, sendo que o tempo que as sementes de cada espécie levam entre uma fase e outra são variáveis. Na primeira fase da germinação as sementes secas embebem

rapidamente, já que a água flui do potencial hídrico mais alto para o mais baixo; a absorção de água cessa quando a diferença no potencial hídrico entre a semente e o ambiente se iguala. Durante a fase II, a taxa de absorção de água diminui, a atividade metabólica aumenta e ocorre o afrouxamento da parede celular. A fase II representa uma fase preparatória que precede o crescimento, durante a qual o potencial do soluto (Ψ_s) do embrião torna-se gradualmente mais negativo devido à queda das reservas estocadas e à liberação de solutos ativos osmoticamente. O volume da semente pode aumentar, rompendo sua casca (Taiz *et al.*, 2017). Ao finalizar a fase II, completados os processos de reativação de metabolismo, reparo e reprogramação gênica, o eixo embrionário deve ter condições de crescimento adequadas ao crescimento. Na fase III, a taxa de absorção de água novamente aumenta rapidamente devido à expansão celular; um gradiente de potencial hídrico favorável a absorção de água pelas células dos embriões é mantida pelo relaxamento da parede celular e pelo acúmulo de solutos (Nonogaki, 2010; Taiz *et al.*, 2017).

As fases I e II são referidas como o processo de germinação em sentido estrito, durante as quais as sementes embebidas ainda mantêm sua tolerância à dessecação, retendo a capacidade de recapitular seus processos de maturação, mesmo em condições desfavoráveis (Nonogaki, 2019), sendo este o momento que as sementes “podem” ser condicionadas. Assim, as fases I e II representam o melhor momento para implementar tratamentos de *priming*.

Neste sentido, objetivou-se estudar o padrão de absorção de água durante a germinação de sementes de milho (*Zea mays*) da cultivar Imperador em água e em solução salina de NaCl a -0,6 MPa a fim de identificar as fases da germinação e, assim, conduzir o tempo ideal de condicionamento osmótico de sementes (*priming*).

Metodologia

O experimento foi conduzido no Laboratório de Sementes do Departamento de Agronomia, do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, na cidade de Alegre-ES. Foram utilizadas sementes de milho Imperador disponibilizadas pelo Instituto Capixaba de Pesquisa e Extensão Rural (INCAPER)- Fazenda Experimental de Viana – ES. As sementes foram coletadas no período entre agosto e setembro de 2023. A amostra de trabalho foi armazenada a 25 °C, enquanto a amostra de arquivo foi separada e armazenada a 10°C.

O milho (*Zea mays*) variedade Imperador, que foi desenvolvido através de melhoramento genético pelo Instituto Capixaba de Pesquisa e Extensão Rural (INCAPER). A variedade Imperador é orgânica e foi desenvolvida para aumentar a produtividade pois apresenta tolerância às principais doenças que podem atingir as sementes de milho, além de ser possível utilizá-la em novos plantios.

As sementes foram caracterizadas quanto ao padrão de absorção de água concomitante ao teste de germinação e vigor.

Padrão de absorção de água durante a germinação

Seguindo a metodologia descrita para o teste de germinação e vigor, as sementes foram avaliadas quanto ao ganho de peso (massa úmida), durante a germinação a fim de identificar as fases da germinação (Taiz *et al.*, 2017). Para isso, a umidade inicial foi determinada conforme Brasil (2009). 100 sementes foram distribuídas em quatro repetições de 25 sementes, sendo que o peso de cada repetição foi obtido no início do experimento. Após a montagem dos rolos em água e em solução salina, foi mensurado o ganho de peso de acordo com o intervalo de tempo: a cada 1 hora durante as primeiras 12 horas, às 24 horas e, após isso, a cada 24 horas, ou seja, diariamente, até completar 240 horas (10 dias). Pela medida do peso das repetições em cada tempo e no teor de umidade inicial das sementes, foram calculados os teores de água em cada tempo. Com base na análise conjunta do padrão de embebição e do teste de germinação, foram determinadas as fases da germinação para milho Imperador com base nas definições de Taiz *et al.* (2017) e Ferreira e Borghetti (2004).

Teste de germinação e vigor

Para avaliação da qualidade fisiológica das sementes de milho Imperador, o teste de germinação e vigor foi realizado em rolos de papel (Brasil, 2009). 100 sementes foram distribuídas em quatro repetições de 25 sementes em cada rolo; os rolos foram montados com a sobreposição de 3 folhas de papel tipo germitest que foram umedecidos com 3 vezes a massa do substrato (papel) seco.

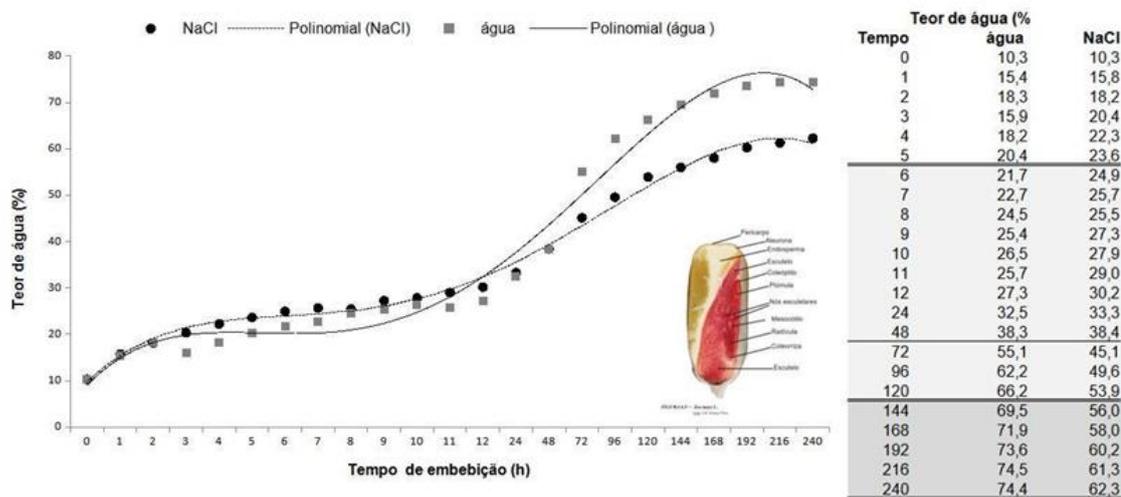
Utilizou-se 200ml de água destilada e de solução salina de NaCl no potencial osmótico de -0,6MPa estabelecidos pela equação de Van't Hoff (Salisbury; Ross, 1991). As soluções utilizadas foram

avaliadas quanto a condutividade elétrica, sendo identificado os seguintes dados: Água destilada: 1,4 $\mu\text{S}/\text{cm}$; Solução de NaCl -0,6 MPa: 9,10 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Os rolos foram dispostos verticalmente em Beckers, envoltos em plástico para não perder a umidade e colocados em BOD regulada a 25 °C. A germinação (protrusão de raiz) foi avaliada diariamente durante 10 foi avaliado o Índice de velocidade de germinação (IVG), determinado concomitantemente com o teste de germinação, sendo computado diariamente o número de sementes que apresentaram protrusão da raiz primária com tamanho ≥ 2 mm. Aos 10 dias as plântulas foram avaliadas quanto ao comprimento e a massa seca de raiz e de parte aérea. Para medida de biomassa as plântulas foram acondicionadas em sacolas de papel tipo Kraft, mantidas em estufa de convecção a 65 °C por 72 horas. Posteriormente, as amostras foram pesadas em balança analítica (0,0001g), e os resultados expressos em mg plântula⁻¹.

Resultados

Na germinação do milho Imperador a primeira fase correspondeu ao período entre 0 e 5 horas; em água, houve um incremento de 10% do teor de água nas cinco primeiras horas; em solução salina o aumento foi de 13%. Nessa primeira fase da germinação, as sementes secas absorvem a solução de forma rápida realizando os processos metabólicos das sementes quiescentes fazendo para o início da germinação (Figura 1). Assim, observou-se, em média, aumento de 2,6% de água por hora na primeira etapa da embebição de sementes de milho

Figura 1 - Teor de água (umidade das sementes) durante a germinação de sementes de Milho Imperador de 0 a 240 horas (10 dias), em 0,0 MPa (água destilada) e em -0,6 MPa de NaCl.



Fonte: Os Autores (2024). Esquema da estrutura interna das sementes de milho de J.B. França Neto (Brasil, 2009).

Já a segunda fase de germinação (incremento mais estável do teor de água) ocorreu entre 5 horas e 48 horas (2 dias), podendo se estender até 120 horas (5 dias), período em que o incremento de água nos tecidos foi de até 18% (Figura 1). Nesta etapa da embebição, não foi observada grande variação entre água e solução salina, sendo o incremento médio de 0,40% de água por hora de embebição.

A fase III (pós- germinação) da semente de milho Imperador ocorreu de 2 dias (48 horas) até 7 dias (168 horas); as sementes de milho embebidas em água passaram de um teor de água de 38% aos dois

dias, para 72% aos 7 dias. Sete dias corresponde à segunda contagem de germinação da RAS, e nesta fase (pós-germinação) as sementes de milho tiveram o processo de germinação e desenvolvimento inicial notadamente prejudicado pela salinidade, sendo que o teor de água aos 7 dias em -0,6 MPa de NaCl observado foi de 58%, 14% menor do que na água.

Foram definidos como tempos ideal para o condicionamento de sementes de Milho Imperador tempos entre 2 horas (fase I) e 8 horas (fase II).

Quanto ao teste de germinação, a porcentagem de germinação de sementes do Milho Imperador também não foi prejudicada pela solução salina induzida por NaCl: em água foi de 84%, e sob salinidade 83% (Tabela 1). O crescimento, porém, foi prejudicado pela salinidade, tanto com relação à raiz quanto à parte aérea das plantas, com valores menores de CPA, CR, MSPA e MSR sob salinidade em comparação à água. A característica mais afetada foi o comprimento da raiz (CR), que foi de 15,02 cm na água e para 4,88 em solução de -0,6 de NaCl.

Tabela 1. Características de germinação e vigor de sementes de milho Imperador em água destilada e sob soluções salinas nos potenciais osmóticos de -0,6 MPa. G(%) = porcentagem de germinação; IVG= índice de velocidade de germinação; CPA(cm)= comprimento de parte aérea; CR(cm)= comprimento de raiz; MSPA(g)= massa seca da parte aérea e MSR(g)= massa seca da raiz; TMG= tempo médio de germinação. (Médias seguidas de \pm o erro padrão da média).

Características	Água	NaCl
G (%)	84,0 \pm 3,3	83,0 \pm 1,95
IVG	7,02 \pm 0,75	8,98 \pm 0,78
CPA (cm)	6,11 \pm 0,11	3,88 \pm 1,06
CR (cm)	15,02 \pm 3,08	4,88 \pm 0,74
MSPA (g)	0,34 \pm 0,015	0,24 \pm 0,01
MSR (g)	0,41 \pm 0,03	0,33 \pm 0,02
TMG	2,94 \pm 0,07	2,43 \pm 0,05

Fonte: os autores

Discussão

Na primeira fase da germinação, as sementes secas absorvem a solução de forma rápida; neste estudo, observou-se, em média, aumento de 2,6% de água por hora na primeira etapa da embebição. Em geral, a fase I é dominada pela ativação de mecanismos de reparo para restaurar qualquer dano induzido por desidratação que ocorreu durante a maturação da semente (Weitbrecht, Muller & Leubner-Metzger, 2011).

Na segunda fase de germinação (incremento mais estável do teor de água) ocorreu entre 5 horas e 48 horas (2 dias), podendo se estender até 120 horas (5 dias). As sementes entram na fase II, na qual a absorção de água permanece estável e o tegumento se rompe (Ventura *et al.*, 2012). Nesta etapa da embebição, não foi observada grande variação quanto ao padrão de embebição entre sementes que estavam em água e na solução salina, sendo o incremento médio de 0,40% de água por hora de embebição. As fases I e II são juntas referidas como germinação de sementes *sensu stricto*, durante a qual as sementes embebidas mantêm sua tolerância à dessecação e retêm a capacidade de recapitular seus processos de maturação, mesmo sob condições desfavoráveis (Nonogaki, 2019a). Portanto, as fases I e II representam o melhor momento para implementar tratamentos de condicionamento de sementes.

A fase III (pós-germinação) da semente de milho Imperador ocorreu de 2 dias (48 horas) até 7 dias (168 horas); as sementes de milho embebidas em água passaram de um teor de água de 38% aos dois dias, para 72% aos 7 dias. A fase III envolve novo aumento na absorção de água, possibilitando o alongamento celular, bem como a replicação do DNA e a divisão celular (Nonogaki, 2014). E na fase 3 (pós-germinação) as sementes de milho tiveram o processo de germinação e desenvolvimento inicial

notadamente prejudicado pela salinidade. Esses resultados têm sido atribuídos à redução da quantidade de água absorvida pelas sementes em meio salino, com a redução do potencial osmótico das soluções (Braccini *et al.*, 1996). Sendo que o teor de água aos 7 dias em -0,6 MPa de NaCl observado foi de 58%, 14% menor do que na água.

Foram definidos como tempos ideal para o condicionamento de sementes de Milho Imperador tempos entre 2 horas (fase I) e 8 horas (fase II). Sementes expostas a tecnologias de *priming* por um tempo adequado são retiradas do ambiente de exposição, secadas, e podem ser plantadas ou armazenadas. Estas condições, em teoria, permitiriam que as sementes alcançassem uma maior rapidez na embebição e continuação das etapas da germinação, quando forem novamente expostas a uma condição de umidade satisfatória é necessária para tal processo citado (Pedrini *et al.*, 2020).

Quanto ao teste de germinação, a porcentagem de germinação de sementes do Milho Imperador não foi prejudicada pela solução salina induzida por NaCl: em água foi de 84%, e sob salinidade 83% (Tabela 1). O crescimento, porém, foi prejudicado pela salinidade, tanto com relação à raiz quanto à parte aérea das plantas, com valores menores de CPA, CR, MSPA e MSR sob salinidade em comparação à água. Segundo Dell'Áquilla (1992), a redução no comprimento das plântulas se deve às mudanças na turgescência celular, em função da diminuição da síntese de proteína nas condições de estresse hídrico. Taiz e Zeiger (2004) relatam que o primeiro efeito mensurável do estresse hídrico é a diminuição no crescimento, causada pela redução da expansão celular. Contudo, com o objetivo de identificar as fases da germinação, especialmente as fases I e II para conduzir tratamentos de condicionamento, e dado a salinidade não ter influenciado a germinação *stricto sensu* do milho Imperador, o período ideal para condicionamento foi o mesmo em sementes que embeberam em água ou em potencial osmótico de -0,6 MPa.

Conclusão

O estudo sobre a germinação das sementes de milho Imperador revelou o padrão de absorção de água, essencial para compreender e otimizar o processo de condicionamento osmótico. Com base nesses resultados, conclui-se que o tempo ideal para o condicionamento das sementes de milho Imperador é entre 2 e 8 horas. Ao condicionar as sementes por um tempo ideal, espera-se maximizar o potencial germinativo sem comprometer a viabilidade das plântulas. As informações relevantes para orientar futuros estudos de condicionamento osmótico de sementes dessa cultivar de milho Imperador.

Referências

BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. SECRETARIA DE DEFESA AGROPECUÁRIA. **Regras para análise de sementes**. 2009.

BRACCINI, A.L.; RUIZ, H.A.; BRACCINI, M.C.L.; REIS, M.S. **Germinação e vigor de sementes de soja sob estresse hídrico induzido por soluções de cloreto de sódio, manitol e polietileno glicol**. Revista Brasileira de Sementes, Brasília, v.18, n.1, p.10-16, 1996.

DELL'ÁQUILLA, A. **Water uptake and protein synthesis in germinating wheat embryos under osmotic stress of polyethylene glycol**. Annals of Botany, Camberra, v.69, n.2, p.167-171, 1992

DUARTE, J.O.; MATTOSO, M.J.; GARCIA, J.C. **Importância Socioeconômica**. Embrapa. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/milho/pre-producao/socioeconomia/importancia-socioeconomica#:~:text=Nos%20C3%BAltimos%2031%20anos%2C%20a,praticamente%20todo%20o%20territ%C3%B3rio%20nacional>. Acesso em: 15 agos. 2024.

FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. (2004). **Germinação: do básico ao aplicado**. Porto Alegre: Artmed, 323.

MAGALHAES, PAULO CÉSAR *et al.* **Fisiologia do milho**. 2002.

NONOGAKI, H. (2014). **Seed dormancy and germination-emerging mechanisms and new hypotheses**. Frontiers in Plant Science 5, 233

NONOGAKI, H. (2019). **Seed germination and dormancy: the classic story, new puzzles, and evolution.** Journal of Integrative Plant Biology 61(5), 541–563.

PEDRINI, SIMONE et al. **Seed enhancement: getting seeds restoration-ready.** Restoration Ecology, v. 28, p. S266-S275, 2020.

RIFNA, E.J. et al. **Emerging technology applications for improving seed germination.** Trends Food Sci Tech, v.86, p.95-108, 2019.

SALISBURY, F. B.; ROSS, C. W. **Plant physiology** 4th ed. Belmont: Wadworth, 1991.

SRIVASTAVA, ASHISH KUMAR; SURESH KUMAR, JISHA; SUPRASANNA, PENNA. **Seed 'primeomics': plants memorize their germination under stress.** Biological Reviews, v. 96, n. 5, p. 1723-1743, 2021.

TAIZ, LINCOLN et al. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal.** Artmed Editora, 2017.

VENTURA, L., DONA, M., MACOVEI, A., CARBONERA, D., BUTTAFAVA, A., MONDONI, A., ROSSI, G. & BALESTRAZZI, A. (2012). **Understanding the molecular pathways associated with seed vigor.** Plant Physiology and Biochemistry 60, 196–206

WEITBRECHT, K., MULLER, K. & LEUBNER-METZGER, G. (2011). **First off the mark: early seed germination.** Journal of Experimental Botany 62(10), 3289–3309.

Agradecimentos

À Universidade Federal do Espírito Santo pelo fornecimento do ensino de qualidade.