



Efeitos da temperatura na germinação de sementes de milho biofortificado

Effects of temperature on germination of biofortified corn seeds

Ana Paula Rocha da Silva⁽¹⁾; Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno⁽²⁾

⁽¹⁾ORCID: 0000-0002-4277-4026; Centro Universitário da Fundação Assis Gurgacz, Cascavel, Paraná, Brasil. ana_paulla10@hotmail.com

⁽²⁾ORCID: 0000-0003-3291-4221; Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE, Marechal Cândido Rondon, Paraná, Brasil. taiane_nep@hotmail.com

Todo o conteúdo expresso neste artigo é de inteira responsabilidade dos seus autores.

Recebido em: 17/05/2021; Aceito em: 16/06/2021; publicado em 01/08/2021. Copyright© Autor, 2021.

RESUMO: Para uma boa germinação, as sementes necessitam principalmente de oxigênio, água e temperaturas adequadas, sendo esta última o fator mais relevante na velocidade germinativa. Assim, o principal objetivo deste trabalho foi identificar temperaturas favoráveis à germinação de sementes de milho (BRS-4104). O trabalho foi realizado no Laboratório de Análise de Sementes do Centro Universitário da Fundação Assis Gurgacz, em Cascavel, Estado do Paraná. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado (DIC). Foram estudadas 5 temperaturas: 15 °C, 20 °C, 25 °C, 30 °C e 35 °C, com 8 períodos de avaliação e 5 repetições, sendo 25 sementes em cada. Foram avaliadas as seguintes variáveis: índice de velocidade de germinação (IVG), tempo médio de germinação (TMG), primeira contagem (PC) e germinação do milho (G). As médias do experimento foram submetidas a análise de variância e comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade para todas as variáveis, a partir do programa ASSISTAT. Concluiu-se que a temperatura ideal para germinação de sementes da cultivar de milho biofortificado (BRS-4104) está entre 20 e 35 °C.

PALAVRAS-CHAVE: Ecofisiologia, Germinação de sementes, *Zea mays*.

ABSTRACT: For good germination, seeds need mainly oxygen, water and adequate temperatures, the latter being the most relevant factor in germination speed. Thus, the main objective of this work was to identify favorable temperatures for the germination of corn seeds (BRS-4104). The work was performed in the Seed Analysis Laboratory of the Assis Gurgacz Foundation University Center, in Cascavel, Paraná State. The experimental design was entirely randomized (DIC). Five temperatures were studied: 15 °C, 20 °C, 25 °C, 30 °C and 35 °C, with 8 evaluation periods and 5 repetitions, with 25 seeds in each. The following variables were evaluated: germination velocity index (IVG), mean germination time (TMG), first count (PC) and germination of corn (G). The experiment means were submitted to variance analysis and compared by Tukey test, at 5% probability for all variables, using the ASSISTAT program. It was concluded that the ideal temperature for seed germination of the biofortified corn cultivar (BRS-4104) is between 20 and 35 °C.

KEYWORDS: Ecophysiology, Seed germination, *Zea mays*.

INTRODUÇÃO

O milho é o cereal mais cultivado no mundo. Atualmente, o Brasil é o segundo maior produtor do grão, conforme a Companhia Nacional de Abastecimento – CONAB (2020) na safra 2019/2020 houve uma produção recorde de 102,1 milhões de toneladas. No Brasil, seu cultivo cresce em virtude de seu potencial produtivo, econômico e valor nutricional. Se trata de um cereal com diversas aplicações que variam desde uma simples hortaliça quando ingerido ainda verde, até mesmo uma fonte combustível para a produção do etanol (CARDOSO et al., 2011).

Na culinária brasileira, o milho é bastante apreciado, constituindo-se um ingrediente básico na dieta nutricional das esferas mais carentes da população. Todavia, os alimentos mais consumidos no país, como: arroz, feijão e mandioca, não possuem quantidades suficientes de micronutrientes, sendo, portanto, incapazes de atender à demanda nutricional diária dessa classe (TANG, 2010).

Nesse sentido, o desenvolvimento de produtos agrícolas biofortificados (cultivares com maior valor nutricional) como o milho pró-vitamina A (BRS-4104), têm se tornado uma técnica para melhorar a sustentabilidade alimentar e suprir as necessidades metabólicas do homem. O milho biofortificado com pró-vitamina A é específico para programas sociais e o objetivo é direcioná-los às camadas populares, que apresentam carências nutricionais. Essa variedade desempenha funções essenciais na manutenção da visão e funcionamento do sistema imunológico (EMBRAPA, 2013). Em vista disso, torna-se extremamente importante o seu cultivo.

Em muitas regiões do Brasil o milho é cultivado durante o ano todo. Contudo, em consequência da escassez de dados acerca da temperatura mais adequada para a semeadura, inúmeras plantações podem ser comprometidas e ter o stand final de plantas afetado (SBRUSSI; ZUCARELLI, 2015).

Nesse contexto, o comportamento germinativo de sementes é amplamente influenciado pela temperatura, onde o comportamento das sementes varia em função deste fator. Geralmente, a germinação máxima delas, que ocorre no menor período é denominada como temperatura ótima (VALADARES; PAULA, 2008).

A temperatura é um fator crucial principalmente quando se refere às culturas de interesse econômico, visto que é determinante à germinação das sementes e, conseqüentemente ao desenvolvimento das plântulas. Considerando a importância da

milhocultura e o seu potencial como recurso alimentar, torna-se fundamental estudar a germinação de sementes.

Em vista disso, o principal objetivo deste trabalho foi identificar temperaturas favoráveis à germinação de sementes de milho (BRS-4104).

MATERIAL E MÉTODOS

O presente experimento foi desenvolvido no Laboratório de análise de sementes do Centro Universitário da Fundação Assis Gurgacz, em Cascavel, no Estado do Paraná. As sementes de milho BRS 4104 foram cedidas pela Fundação para o desenvolvimento Científico e Tecnológico. As sementes foram armazenadas em câmara fria a temperatura de 10 °C e 40 % de umidade, até a realização do experimento.

O experimento foi conduzido em germinadores do tipo B.O.D, constituído de cinco temperaturas: T1- 15; T2- 20; T3- 25; T4- 30 e T5- 35 °C, sendo realizado em delineamento inteiramente casualizado (DIC). Para avaliação da germinação das sementes, foram empregadas cinco repetições de 25 sementes em cada tratamento. O teste foi realizado em caixas do tipo Gerbox transparente (dimensões de 11 cm x 11 cm x 3,5 cm), desinfetadas com hipoclorito de sódio a 2%, com folhas de papel tipo Germitest esterilizadas. As folhas de papel foram umedecidas com água destilada na quantidade correspondente a 3,0 vezes o peso do papel seco e suprindo necessidade de água com uma pipeta sempre que necessário.

O experimento permaneceu em câmara de germinação, em fotoperíodo de 12 horas-luz, com as temperaturas constantes em cada tratamento. Os tratamentos foram mantidos durante 10 dias. Foram realizadas contagens diárias do número de plântulas e a porcentagem de germinação, após 2 dias do início do experimento, totalizando 8 avaliações.

As variáveis avaliadas foram:

Primeira contagem de germinação: A primeira contagem de plântulas normais ocorreu no segundo dia após o início do experimento.

Germinação: Foi feita a contagem de plântulas germinadas durante cada período de armazenamento até ao décimo dia da semeadura, considerando-se apenas as sementes com raiz primária. Os dados foram apresentados com base na porcentagem média de plântulas normais (BRASIL, 2009).

Índice de velocidade de germinação: foram calculados pela somatória do número de sementes germinadas em cada dia, dividido pelo número de dias entre a semeadura e a germinação (MAGUIRE, 1962), dada pela seguinte fórmula:

$$IVG = (G_1/N_1) + (G_2/N_2) + (G_3/N_3) + \dots + (G_n/N_n), \text{ onde:}$$

IVG: índice de velocidade de germinação;

G_1, G_2, \dots, G_n = Número de plantas da primeira, segunda, terceira e última contagem;

$N_1, N_2, N_3, \dots, N_n$ = Número de dias da semeadura da primeira, segunda, terceira e última contagem.

Tempo médio de germinação: É obtido a partir da contagem diária das sementes germinadas até o décimo dia após a semeadura e calculado a partir da fórmula proposta por Labouriau (1983). Os resultados são expressos em dias.

$$TMG = \sum (n_i t_i) / \sum n_i, \text{ onde:}$$

TMG = tempo médio de germinação (expresso em dias);

n_i = número de sementes germinadas no intervalo entre cada contagem;

t_i = tempo decorrido entre o início da germinação e a i -ésima contagem.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado (DIC), com 5 repetições. As médias do experimento foram submetidas a análise de variância e comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade para todas as variáveis, a partir do programa ASSISTAT (SILVA; AZEVEDO, 2016).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O processo de germinação aconteceu em todas as temperaturas, entretanto, apresentou diferenças significativas entre os tratamentos. De acordo com a Tabela 1, é possível observar que as sementes sob a temperatura de 15°C, apresentaram menor porcentagem de germinação. Além disso, as temperaturas que exibiram resultados mais satisfatórios foram as de 25, 30 e 35 °C, sendo que nas temperaturas de 15 e 20 °C as sementes de milho biofortificado tiveram germinação significativamente baixa na primeira contagem.

Tabela 1: Resultados médios do índice de velocidade de germinação (IVG), tempo médio de germinação (TMG), primeira contagem (PC) e germinação do milho (G), em função da temperatura. Centro Universitário da Fundação Assis Gurgacz, Cascavel, 2021.

Temperatura	IVG (dias)	TMG (dias)	PC (%)	G (%)
15 °C	18,79 c	7,53 b	21,60 c	84,80 b
20 °C	22,86 c	7,23 b	46,40 b	94,40 ab
25 °C	34,51 b	6,56 a	96,00 a	97,00 a
30 °C	41,29 a	6,31 a	92,00 a	100,00 a
35 °C	46,12 a	5,99 a	94,40 a	94,40 ab
CV(%)	13,02	6,23	15,92	6,16
DMS	8,07	1,12	21,16	10,98

*Médias seguidas das mesmas letras na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

Conforme Guan et al. (2009), a temperatura está relacionada com o potencial de germinação, sendo que temperaturas inadequadas podem causar danos na membrana celular, afetando diversas funções fisiológicas da cultura. Além disso, a temperatura influencia a velocidade da germinação, tornando-se ponto crucial para o desenvolvimento inicial das plântulas.

Ao avaliar o tempo médio para a germinação (Tabela 1), foi possível constatar que houve diferença entre as temperaturas, baseando-se no índice de TMG, as temperaturas de 25, 30 e 35 °C apresentaram os melhores índices de velocidade para germinação, sendo que as temperaturas de 15 e 20 °C apresentaram resultado inferior em relação às anteriores.

Temperaturas inferiores à 20 °C reduzem a germinação de sementes devido a sua ação no processo fisiológico. Segundo Zimmer (2012) este processo de paralisação no processo de germinação, em função de baixas temperaturas, está relacionado com o alongamento da Fase II, onde acontece a produção de novos RNA mensageiro.

Além disso, a temperatura tem fator crucial no processo germinativo de sementes, porque ela controla a absorção de água e altera processos bioquímicos inerentes. Isso, afeta a germinação tanto em porcentagem quanto em velocidade (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012).

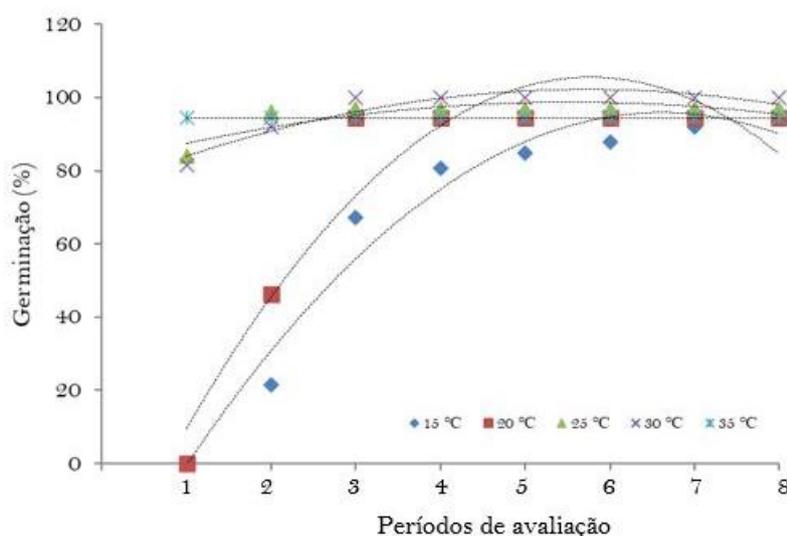
Em seus estudos, Alves et al., (2002), constataram que as temperaturas mais adequadas para a germinação da maioria das culturas encontram-se entre 15 e 30 °C. Corroborando com o resultado do presente experimento, onde a redução considerável foi definida a partir da temperatura de 20 °C. Já, nos estudos desenvolvidos por Carvalho et al., (2017) a temperatura ótima para a germinação inicial de sementes foi de 30 °C.

Conforme estudos de Sbrussi e Zucarelli (2015) e de Jaques et al., (2018) temperaturas acima de 35 °C, proporcionam maiores reduções nos parâmetros de avaliação de qualidade de sementes de milho e acarretam decréscimos substanciais no seu potencial germinativo.

Estudos recentes, confirmam que temperaturas específicas, de 16 e 40 °C, acarretaram decréscimos substanciais no potencial germinativo de sementes de milho (BORGES et al., 2020). Por outro lado, os resultados obtidos por Gomes et al., (2004), também corroboram com os resultados obtidos no presente estudo. Segundo os autores, temperaturas mais altas, entre 25 e 30 °C, proporcionam maior porcentagem germinativa.

De acordo com o Gráfico 1, observa-se a porcentagem de germinação ao longo dos períodos de avaliação de sementes de milho biofortificado submetido a diferentes temperaturas.

Gráfico 1: Valores médios de germinação (%) e períodos de avaliação de sementes de milho submetidas à diferentes temperaturas. Centro Universitário da Fundação Assis Gurgacz, Cascavel, 2021.



Fonte: Dados da pesquisa (2021).

Conforme se verifica (Gráfico 1) as sementes mantidas nas temperaturas de 15 e 20 °C tiveram as menores taxas de germinação, tendo em vista que demoraram mais para iniciar o processo germinativo, que ocorreu somente após o segundo período de avaliação. Por outro lado, as temperaturas de 25, 30 e 35 °C proporcionaram uma porcentagem de germinação maior e uniforme, em comparação às demais temperaturas.

Este resultado é semelhante ao encontrado por Farooq et al., (2008), onde a temperatura ótima para a germinação de sementes de milho variou de 25 a 28 °C. De modo contrário, Marcos Filho (2015), afirma que temperaturas mais elevadas, entre 32 e 35 °C, proporcionam maiores porcentagens de germinação. Tais resultados, também corroboram aos obtidos no presente estudo.

Por outro lado, nota-se que o atraso na germinação de sementes está relacionado com as alterações fisiológicas que ocorrem na membrana dos grãos, em função da redução dos fatores de umidade e temperatura, que alteram a qualidade da semente (PARAGINSKI et al., 2015).

Entretanto, é preciso destacar que cada tipo de semente possui uma temperatura ideal para a germinação. Porém, em consequência das situações à que elas são submetidas, as reações químicas e fisiológicas podem variar, promovendo uma germinação mais rápida e eficiente (ARAÚJO NETO et al., 2003). Assim, a temperatura de germinação é indispensável para o bom desenvolvimento das sementes.

CONCLUSÃO

A temperatura ideal para germinação de sementes da cultivar de milho biofortificado (BRS-4104) está entre 20 e 35 °C.

REFERÊNCIAS

1. ALVES, E. U.; PAULA, R. C.; OLIVEIRA, A. P.; BRUNO, R. L. A.; DINIZ, A. A. Germinação de sementes de *Mimosa caesalpiniaefolia* Benth em diferentes substratos e temperaturas. *Revista Brasileira de Sementes*, v. 24, n. 1, p. 169-178, 2002;

2. ARAÚJO NETO, J. C.; AGUIAR, I. B.; FERREIRA, V. M. Efeito da temperatura e da luz na germinação de sementes de *Acaciapolyphylla* DC. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 26, n. 2, p. 249-256, 2003;
3. BORGES, A. M.; CELESTINO, R. M.; REIS, L. S.; VIEIRA, G. H. S.; PAIXÃO, M. V. S. Germinação de cultivares de milho em diferentes temperaturas. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 8, p. 58993-59002, 2020;
4. BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília: Secretaria de Defesa Agropecuária, 2009;
5. CARDOSO, M. J.; BASTOS, E. A.; PARENTONY, S. N.; GUIMARÃES, L. J. M.; GUIMARÃES, P. E. O.; ROCHA, L. M. P. Fenotipagem de milho para tolerância a deficiência hídrica e ao calor, em Teresina, Piauí. In: XI congresso brasileiro de agrometeorologia, 11., 2011, Guarapari. **Anais...** Guarapari: INCAPER, 2011;
6. CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 5.ed. Jaboticabal: FUNEP, 2012;
7. CARVALHO, J. N. S.; SILVA, J. A. B.; REISA, D. S.; GUIMARÃES, C. C.; SANTOS, I. E. A. Simulação do efeito da variação da temperatura ambiente na germinação de variedades de milho. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, v. 2, n. 3, p. 266-273, 2017;
8. CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos – 2019/2020**. Brasília: CONAB, 2020. 66p;
9. EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Milho Biofortificado**. 2013. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/1492136/milho-biofortificado-sera-lancado-pela-embrapa>>. Acesso em: 19 abr. 2021;
10. FAROOQ, M.; AZIZ, T.; BASRA, S. M. A.; CHEEMA, M. A.; REHMAN, H. Chilling Tolerance in Hybrid Maize Induced by Seed Priming with Salicylic Acid. **Journal of Agronomy and Crop Science**, v. 194, n. 1, p. 161-168, 2008;
11. GOMES, E. M. L.; PEREIRA, R. S.; NASCIMENTO, W. M. Germinação de sementes de milho-doce sob diferentes temperaturas. **Horticultura Brasileira**, v. 22, n. 2, p. 1-6, 2004;
12. GUAN, Y.; HU, J.; WANG, X.; SHAO, C. Seed priming with chitosan improves maize germination and seedling growth in relation to physiological changes

- under low temperature stress. *Seed Science Center*, v. 10, n. 6, p. 427-433, 2009;
13. JAQUES, L. B. A.; ELY, A.; HERBERLIN, L.; MEDEIROS, E. P.; PARAGINSKI, R. T. Efeitos da temperatura e da umidade dos grãos de milho nos parâmetros de qualidade tecnológica. *Revista Eletrônica Científica da UERGS*, v. 4, n. 3, p. 409-420, 2018;
14. LABOURIAU, L. G. *A germinação das sementes*. Washington: Secretaria geral da organização dos Estados Americanos, 1983;
15. MAGUIRE, J. D. Speed of germination and in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Science*, v. 2, n. 1, p. 176-177, 1962;
16. MARCOS FILHO, J. *Fisiologia de sementes de plantas cultivadas*. Piracicaba: FEALQ, 2015. 660p;
17. PARAGINSKI, R. T.; ROCKENBACH, B. A.; SANTOS, R. F.; ELIAS, M. C.; OLIVEIRA, M. Qualidade de grãos de milho armazenados em diferentes temperaturas. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 19, n. 4, p. 358-363, 2015;
18. SBRUSSI, C. A. G.; ZUCARELLI, C. Germinação sob altas temperaturas para avaliação do potencial fisiológico de sementes de milho. *Ciência Rural*, v. 45, n. 10, p. 1-6, 2015;
19. SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. *African Journal of Agricultural Research*, v. 11, n. 39, p. 3733-3740, 2016;
20. TANG, G. Bioconversion of dietary provitamin A carotenoids to vitamin A in humans. *American Journal of Clinical Nutrition*, v. 91, n. 5, p. 1468-1473 2010;
21. VALADARES, J.; PAULA, R. C. Temperaturas para germinação de sementes de *Poecilanthe parviflora Benth* (Fabaceae - Faboideae). *Revista Brasileira de Sementes*, v. 30, n. 2, p. 164-170, 2008;
22. ZIMMER, P. D. Fundamentos da qualidade da semente. In: PESKE, S. T.; VILLELA, F. A.; MENEGHELLO, G. E. (Org.). *Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos*. 3.ed. Pelotas: UFPel, 2012. p. 105-160.