

**FÁBIO STEINER | ORG.**

**PLANT ABIOTIC STRESS TOLERANCE**



Pantanal Editora

2020

Fábio Steiner  
(Organizador)

# PLANT ABIOTIC STRESS TOLERANCE



Pantanal Editora

2020

Copyright© Pantanal Editora  
Copyright do Texto© 2020 Os Autores  
Copyright da Edição© 2020 Pantanal Editora  
Editor Chefe: Prof. Dr. Alan Mario Zuffo  
Editores Executivos: Prof. Dr. Jorge González Aguilera  
Prof. Dr. Bruno Rodrigues de Oliveira

Diagramação: A editora  
Edição de Arte: A editora e Canva.com  
Revisão: Os autor(es), organizador(es) e a editora

#### Conselho Editorial

- Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – OAB/PB
- Profa. Msc. Adriana Flávia Neu – Mun. Faxinal Soturno e Tupanciretã
- Profa. Dra. Albys Ferrer Dubois – UO (Cuba)
- Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – IF SUDESTE MG
- Profa. Msc. Aris Verdecia Peña – Facultad de Medicina (Cuba)
- Profa. Arisleidis Chapman Verdecia – ISCM (Cuba)
- Prof. Dr. Bruno Gomes de Araújo - UEA
- Prof. Dr. Caio Cesar Enside de Abreu – UNEMAT
- Prof. Dr. Carlos Nick – UFV
- Prof. Dr. Claudio Silveira Maia – AJES
- Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – UFGD
- Prof. Dr. Cristiano Pereira da Silva – UEMS
- Profa. Ma. Dayse Rodrigues dos Santos – IFPA
- Prof. Msc. David Chacon Alvarez – UNICENTRO
- Prof. Dr. Denis Silva Nogueira – IFMT
- Profa. Dra. Denise Silva Nogueira – UFMG
- Profa. Dra. Dennyura Oliveira Galvão – URCA
- Prof. Dr. Elias Rocha Gonçalves – ISEPAM-FAETEC
- Prof. Dr. Fábio Steiner – UEMS
- Prof. Dr. Gabriel Andres Tafur Gomez (Colômbia)
- Prof. Dr. Hebert Hernán Soto Gonzáles – UNAM (Peru)
- Prof. Dr. Hudson do Vale de Oliveira – IFRR
- Prof. Msc. Javier Revilla Armesto – UCG (México)
- Prof. Msc. João Camilo Sevilla – Mun. Rio de Janeiro
- Prof. Dr. José Luis Soto Gonzales – UNMSM (Peru)
- Prof. Dr. Julio Cezar Uzinski – UFMT
- Prof. Msc. Lucas R. Oliveira – Mun. de Chap. do Sul
- Prof. Dr. Leandris ArgenteL-Martínez – Tec-NM (México)
- Profa. Msc. Lidiene Jaqueline de Souza Costa Marchesan – Consultório em Santa Maria
- Prof. Msc. Marcos Pisarski Júnior – UEG
- Prof. Dr. Mario Rodrigo Esparza Mantilla – UNAM (Peru)
- Profa. Msc. Mary Jose Almeida Pereira – SEDUC/PA
- Profa. Msc. Nila Luciana Vilhena Madureira – IFPA
- Profa. Msc. Queila Pahim da Silva – IFB
- Prof. Dr. Rafael Chapman Auty – UO (Cuba)
- Prof. Dr. Rafael Felipe Ratke – UFMS
- Prof. Dr. Raphael Reis da Silva – UFPI
- Prof. Dr. Ricardo Alves de Araújo – UEMA
- Prof. Dr. Wéverson Lima Fonseca – UFPI

- Prof. Msc. Wesclen Vilar Nogueira – FURG
- Profa. Dra. Yilan Fung Boix – UO (Cuba)
- Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – UFT

#### Conselho Técnico Científico

- Esp. Joacir Mário Zuffo Júnior
- Esp. Maurício Amormino Júnior
- Esp. Tayronne de Almeida Rodrigues
- Esp. Camila Alves Pereira
- Lda. Rosalina Eufrausino Lustosa Zuffo

#### Ficha Catalográfica

<b>Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)</b> <b>(eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)</b>	
P713	Plant Abiotic Stress Tolerance [recurso eletrônico] / Organizador Fábio Steiner. – Nova Xavantina, MT: Pantanal, 2020. 149p.  Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-65-88319-02-4 DOI <a href="https://doi.org/10.46420/9786588319024">https://doi.org/10.46420/9786588319024</a>  1. Ecologia e Recursos Naturais (Ecofisiologia vegetal). 2. Meio ambiente – Conservação. 3. Sustentabilidade. I. Steiner, Fábio.  CDD 581.5
<b>Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422</b>	

O conteúdo dos livros e capítulos, seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva do(s) autor (es). O download da obra é permitido e o compartilhamento desde que sejam citadas as referências dos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

#### **Pantanal Editora**

Rua Abaete, 83, Sala B, Centro. CEP: 78690-000.  
Nova Xavantina – Mato Grosso – Brasil.  
Telefone (66) 99682-4165 (Whatsapp).  
<https://www.editorapantanal.com.br>  
[contato@editorapantanal.com.br](mailto:contato@editorapantanal.com.br)

## APRESENTAÇÃO

A obra “Plant Abiotic Stress Tolerance”, uma publicação da Pantanal Editora, apresenta, em seus 9 capítulos, uma ampla gama de assuntos sobre os recentes avanços e conhecimentos científicos nas áreas de ecofisiologia da produção vegetal e conservação dos recursos naturais e meio ambiente. Os temas abordados mostram algumas das ferramentas atuais que permitem o incremento da produção de alimentos, a melhoria da qualidade de vida da população, e a preservação e a sustentabilidade dos recursos disponíveis no planeta. A obra, vem a materializar o anseio da Editora Pantanal na divulgação de resultados e conhecimentos, que contribuem de modo direto no desenvolvimento humano.

Nas últimas décadas, a produção de alimentos tem sido frequentemente limitada por inúmeros fatores de estresse abióticos, dentre os quais, podemos citar a baixa disponibilidade de água (deficiência hídrica), temperaturas extremas (frio, geadas, calor e fogo), salinidade, deficiência de nutrientes minerais e toxicidade. Esses fatores são responsáveis por consideráveis perdas econômicas tanto para os pequenos agricultores quanto para os produtores de commodities como a cultura da soja, entre outras. Além disso, estes danos podem ser potencialmente agravados pelos efeitos das recentes mudanças climáticas globais, sendo, portanto, a sua mitigação um grande desafio para a comunidade científica. O foco principal das pesquisas abordadas neste e-book é compreender os mecanismos de defesa/tolerância dos estresses abióticos em plantas e apresentar tecnologias e práticas de manejo que possibilitem o aumento da tolerância das plantas a esses estresses abióticos.

Temas associados à identificação de cultivares de soja tolerantes à seca e o manejo da salinidade e da restrição hídrica nas culturas de soja, amendoim e pepino são abordados. A tolerância de plantas de pinhão-manso a toxicidade do alumínio (Al<sup>3+</sup>), a tolerância de quatro espécies hortícolas ao estresse térmico causado por altas temperaturas e a tolerância de mutantes de trigo ao estresse salino também é sugerido. Na área de recursos naturais é mostrado os efeitos fitotóxicos dos metais pesados nas plantas cultivadas e o estresse ambiental causado pelo fogo na região do Cerrado. Portanto, esses conhecimentos irão agregar muito aos seus leitores que procuram promover melhorias quantitativas e qualitativas na produção de alimentos e, ou melhorar a qualidade de vida da sociedade. Sempre em busca da sustentabilidade do planeta.

Aos autores dos diversos capítulos, pela dedicação e esforços sem limites, que viabilizaram esta obra que retrata os recentes avanços científicos e tecnológicos nas áreas de ecofisiologia da produção vegetal e conservação dos recursos naturais e meio ambiente, os agradecimentos do Organizador e da Pantanal Editora.

Por fim, esperamos que este e-book possa colaborar e instigar mais estudantes e pesquisadores na constante busca de novas tecnologias. Assim, garantir uma difusão de conhecimento fácil, rápido para a sociedade.

**Fábio Steiner**

## PRESENTATION

The eBook “Plant Abiotic Stress Tolerance”, a publication by Pantanal Editora, presents in its 9 chapters a wide range of questions about recent advances and scientific knowledge in the areas of ecophysiology of plant production and conservation of natural resources and the environment. The topics presented show some of the current tools that allow the increase in food production, the improvement of quality of life in people's and the preservation and sustainability of the resources available on the planet. This eBook materializes Editora Pantanal's desire to disseminate results and knowledge, which directly contribute to the development of society.

In the last decades, food production has often been limited by numerous abiotic stress factors, among which, we can mention the low availability of water (water deficit), extreme temperatures (cold, frosts, heat and fire), salinity, mineral nutrient deficiency and toxicity. These factors are responsible for considerable economic losses, both for small farmers and for producers of commodities such as soybean, among others. In addition, these damages can potentially be aggravated by the effects of recent global climate changes, and therefore, mitigating these damages is a major challenge for the scientific community. The main objective of the research presented in this e-book is to understand the defense or tolerance mechanisms of abiotic stresses in plants and to present technologies and management practices that enable greater tolerance of plants to these abiotic stresses.

Topics associated with the identification of drought-tolerant soybean cultivars and the management of salinity and water restriction in soybean, peanut and cucumber crops are presented. The tolerance of physic nut plants to aluminum toxicity ( $Al^{3+}$ ), the tolerance of four vegetable species to heat stress caused by high temperatures and the tolerance of wheat mutants to salt stress is also suggested. In the area of natural resources, the phytotoxic effects of heavy metals on plant growth and the environmental stress caused by fire in the Cerrado region are shown. Therefore, this knowledge can add much to its readers who seek to promote quantitative and qualitative improvements in food production and, or improve the quality of life in society. Always in search of the planet's sustainability.

To the authors of the chapters, for their dedication and efforts, that made this eBook possible, which exposes the recent scientific and technological advances in the areas of ecophysiology of plant production and conservation of natural resources and the environment, thanks to the Organizer and Pantanal Editora.

Finally, we hope that this e-book can collaborate and instigate more students and researchers in the constant search for new technologies. Thus, ensuring an easy and quick dissemination of knowledge to society.

**Fábio Steiner**

## PRESENTACIÓN

El trabajo “Plant Abiotic Stress Tolerance”, publicación de Pantanal Editora, presenta, en sus 9 capítulos, una amplia gama de temas sobre avances recientes y conocimientos científicos en las áreas de ecofisiología de la producción vegetal y conservación de los recursos naturales y el medio ambiente. Los temas tratados muestran algunas de las herramientas actuales que permiten el aumento de la producción de alimentos, la mejora de la calidad de vida de la población y la preservación y sostenibilidad de los recursos disponibles en el planeta. El trabajo materializa el afán de Editora Pantanal por difundir resultados y conocimientos, que contribuyan directamente al desarrollo humano.

En las últimas décadas, la producción de alimentos se ha visto a menudo limitada por numerosos factores de estrés abiótico, entre los que podemos mencionar la baja disponibilidad de agua (deficiencia de agua), temperaturas extremas (frío, heladas, calor y fuego), salinidad, deficiencia, nutrientes minerales y toxicidad. Estos factores son responsables de considerables pérdidas económicas tanto para los pequeños agricultores como para los productores de commodities como la soja, entre otros. Además, estos daños pueden verse potencialmente agravados por los efectos de los cambios climáticos globales recientes y, por lo tanto, mitigarlos es un desafío importante para la comunidad científica. El foco principal de las investigaciones cubiertas en este libro electrónico es comprender los mecanismos de defensa / tolerancia contra el estrés abiótico en las plantas y presentar tecnologías y prácticas de manejo que permitan aumentar la tolerancia de las plantas a estos estreses abióticos.

Se abordan temas relacionados con la identificación de cultivares de soja tolerantes a la sequía y el manejo de la salinidad y la restricción hídrica en cultivos de soja, maní y pepino. También se sugiere la tolerancia de las plantas de frutos secos a la toxicidad del aluminio ( $Al^{3+}$ ), la tolerancia de cuatro especies hortícolas al estrés por calor causado por las altas temperaturas y la tolerancia de los mutantes del trigo al estrés por sal. El área de recursos naturales muestra los efectos fitotóxicos de los metales pesados en las plantas cultivadas y el estrés ambiental causado por los incendios en la región del Cerrado. Por tanto, este conocimiento aportará mucho a sus lectores que buscan promover mejoras cuantitativas y cualitativas en la producción de alimentos y, o mejorar la calidad de vida en la sociedad siempre en busca de la sostenibilidad del planeta.

A los autores de los distintos capítulos, por su dedicación y esfuerzo irrestricto, que hizo posible este trabajo, que retrata los recientes avances científicos y tecnológicos en las áreas de ecofisiología de la producción vegetal y conservación de los recursos naturales y el medio ambiente, gracias a la Organización y a Pantanal Editora.

Finalmente, esperamos que este libro electrónico pueda colaborar e instigar a más estudiantes e investigadores en la búsqueda constante de nuevas tecnologías. De esta forma, se garantiza una fácil y rápida difusión del conocimiento a la sociedad.

**Fábio Steiner**

## SUMÁRIO

<b>Apresentação</b> .....	5
<b>Presentation</b> .....	6
<b>Presentación</b> .....	7
<b>Capítulo I</b> .....	8
Selection indices to identify drought-tolerant soybean cultivars .....	8
<b>Capítulo II</b> .....	27
Identificação de cultivares de soja para tolerância à salinidade .....	27
<b>Capítulo III</b> .....	41
Co-inoculation of peanut with <i>Bradyrhizobium</i> and <i>Azospirillum</i> promotes greater tolerance to drought .....	41
<b>Capítulo IV</b> .....	55
Tolerancia de hortalizas al estrés térmico causado por las altas temperaturas .....	55
<b>Capítulo V</b> .....	69
Aluminum toxicity inhibits growth and nutrient uptake in physic nut plants .....	69
<b>Capítulo VI</b> .....	81
Potassium nitrate priming to induce salt stress tolerance in cucumber seeds .....	81
<b>Capítulo VII</b> .....	97
Respostas Ecofisiológicas de Plantas ao Lodo de Esgoto .....	97
<b>Capítulo VIII</b> .....	120
Efeito do fogo em plantas nativas do Cerrado: estresse ambiental <i>versus</i> resiliência .....	120
<b>Capítulo IX</b> .....	140
Modelo de desarrollo y tolerancia a la salinidad de mutantes de trigo cultivadas en condiciones Salinas .....	140
<b>Índice Remissivo</b> .....	149

---

## Tolerancia de hortalizas al estrés térmico causado por las altas temperaturas

Recebido em: 17/07/2020

Aceito em: 25/07/2020

 10.46420/9786588319024cap4

Hector José Valerio Ardon<sup>1</sup> 

Vitória Carolina Dantas Alves<sup>1</sup> 

Laura Martins Ferreira<sup>1</sup> 

Maickon Alexandri Rezende Paulino<sup>1</sup> 

Lucila Silva Molina<sup>1</sup> 

Fábio Steiner<sup>1\*</sup> 

### INTRODUCCIÓN

El cambio climático es uno de los problemas que más dificultades ha generado en la producción hortícola en los últimos años, debido a que este genera escasez de agua, propagación de plagas, pérdidas de especies vegetales, aumento y disminución de la temperatura de diferentes zonas del planeta (Joya y Zeledón, 2016). Estos cambios repentinos de temperatura han hecho con que la horticultura sufra una disminución de la producción mundial y en casos extremos la desaparición de zonas hortícolas en distintos países, generando así serias amenazas para lograr la seguridad alimentaria del planeta.

Uno de los escenarios que genera el cambio climático es el aumento de la temperatura en zonas hortícolas y esto puede tener efectos beneficiosos o perjudiciales dependiendo de la especie o genotipo de hortaliza. El aumento de temperatura puede limitar el crecimiento de las plantas debido a cambios en los procesos fisiológicos y metabólicos, incluyendo el proceso de germinación, tasa fotosintética, asimilación de CO<sub>2</sub> y la inactivación de varias enzimas de la planta (alterando la velocidad de formación y la velocidad de su degradación) (Carvalho; Nakagawa, 2000; Marcos-Filho, 2015).

El éxito de la producción de hortalizas dependerá de muchos aspectos, entre los cuales uno de los más relevantes es el establecimiento adecuado de plántulas en el campo, un factor que está directamente relacionado con el proceso de germinación de semillas. Cada especie tiene una temperatura mínima, máxima y óptima para la germinación, y dentro de cada especie, puede haber marcadas diferencias entre los genotipos con respecto a la germinación a diferentes temperaturas (Marcos-Filho, 2015). Las temperaturas muy altas pueden modificar la velocidad y el porcentaje final de germinación

---

<sup>1</sup> Curso de Agronomia, Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS), Rod. MS 306, km 6,4, CEP 795400-000, Cassilândia, MS, Brasil.

\* Autor de correspondência: steiner@uems.br

de muchas especies de hortalizas (Steiner et al., 2009; Steiner et al., 2010; Pinto-Junior et al., 2011). En condiciones de temperaturas extremas, la germinación puede verse gravemente afectada y en algunos casos llevar a la semilla a una condición de latencia.

La exposición de altas temperaturas (superiores a 30 °C) durante el proceso de imbibición de las semillas puede conducir a una reducción drástica en la germinación y deterioro en el desarrollo inicial de la planta. Las semillas de lechuga expuestas a altas temperaturas pueden estar sujetas a la ocurrencia de dos fenómenos, la termo-imbibición y termo-latencia, el primero es un proceso reversible, ya que la germinación ocurre cuando la temperatura cae a un nivel apropiado y el segundo, donde las semillas no germinarán después de reducir la temperatura (Popinigis, 1985; Carvalho; Nakagawa, 2000). Las semillas de zanahoria (*Daucus carota* L.) son susceptibles al estrés térmico causado por las altas temperaturas, a una temperatura de 35 °C las semillas de zanahoria pueden reducir la germinación disminuyendo la densidad de plántulas en el campo, (Pereira et al., 2007). Pinheiro et al. (2014) encontraron que las temperaturas superiores a 30 °C eran desfavorables para el proceso de germinación de semillas de cebolla (*Allium cepa* L.). Steiner et al. (2009) encontraron que las altas temperaturas (35 °C) afectaron negativamente el crecimiento de las raíces y provocando la degradación de las semillas de rábano (*Raphanus sativus* L.). Nascimento y Cantliffe (2002) informaron que la temperatura óptima para la germinación de semillas de lechuga es de alrededor de 20 °C, y que la mayoría de los genotipos comerciales no germinan a temperaturas superiores a 30 °C.

Por lo tanto, ya que la temperatura tiene una gran influencia en la germinación de semillas de especies hortícolas. Esta investigación tiene como objetivo determinar el efecto del estrés térmico causado por altas temperaturas en la germinación y crecimiento inicial de genotipos de achicoria (*Cichorium intybus* L.), chile (*Capsicum* sp.), rábano (*Raphanus sativus* L.) y rúcula (*Eruca sativa* Miller).

## MATERIAL Y MÉTODOS

Los experimentos se llevaron a cabo en condiciones de laboratorio en la Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), en el municipio de Marechal Cândido Rondon, PR, Brasil. Las semillas comerciales de cultivares de achicoria, chile, rábano y rúcula se compraron en el mercado local y se llevaron al laboratorio para realizar las pruebas de germinación y longitud de la raíz. Se evaluaron cuatro genotipos de achicoria [*Cichorium intybus* L. ('Folha amarela', 'Pão de açúcar', 'Cabeça Vermelha' y 'Folha Larga')]; siete genotipos de chile [un genotipo de la especie *Capsicum frutescens* ('Malagueta'), una de las especies *Capsicum annuum* ('Jalapeño'), dos de las especies *Capsicum baccatum* ('Dedo-de-Moça' y 'Chapéu-de-Bispo') y tres de las especies *Capsicum chinense* ('Bode', 'Habanero Red' y 'Cumari do Pará')]; cinco genotipos de rábano [*Raphanus sativus* L. ('Sparkler', 'Saxa', 'Branco Comprido', 'Gigante Siculo' y 'Vermelho Comprido')], y cuatro genotipos de rúcula [un genotipo de la especie *Diplotaxis tenuifolia* (L.)

DC., (Selvática) y tres genotipos de la especie *Eruca sativa* Miller ('Cultivada', 'Gigante Folha Larga' y 'Apreciatta Folha Larga']).

Las semillas se desinfectaron previamente por inmersión durante 10 minutos, en una solución de hipoclorito de sodio al 1% (v/v), luego se lavaron en agua corriente y rápidamente se colocaron para germinar en condiciones de control (20 °C) y bajo de estrés térmico por temperatura extrema (35 °C).

El diseño experimental utilizado fue completamente al azar con cuatro repeticiones de 50 semillas para cada genotipo. Los tratamientos para todas las especies de hortalizas estuvieron constituidos por los diferentes genotipos y por las dos condiciones de germinación y crecimiento de las plántulas (control o estrés por temperatura extrema). Las semillas de las diferentes especies de hortalizas se sometieron a las pruebas y determinaciones que se describen a continuación:

Prueba de germinación se evaluó con cuatro repeticiones de 50 semillas para cada genotipo. Las semillas se distribuyeron en dos hojas de papel secante, previamente humedecidas con agua destilada, en una cantidad equivalente a 2.5 veces la masa del papel seco, y se colocaron dentro de cajas de plástico transparentes (11.5 × 11.5 × 3,5 cm) tipo Gerbox® con tapas. Luego, estos se mantuvieron en un germinador de tipo *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) regulado a 20 °C (control) y 35 °C (estrés térmico), con un fotoperíodo de 12 horas. La evaluación del porcentaje de germinación final de semillas de achicoria se realizó a los 14 días, de semillas de chile a los 17 días, de semillas de rábano a los 7 días y de semillas de rúcula a los 8 días después de la instalación de la prueba, de acuerdo con Reglas para el análisis de semillas (Brasil, 2009). Los resultados se expresan como un porcentaje de plántulas normales. Las plántulas normales fueron aquellas que tenían todas sus estructuras esenciales bien desarrolladas, completas y saludables (Brasil, 2009).

**El primer recuento de la prueba de germinación:** se evaluó junto con la prueba de germinación, contando el porcentaje de plántulas normales de achicoria a los 5 días, de chile a los 10 días, de rábano a los 4 días y de rúcula a los 4 días después de la instalación de la prueba y los resultados son expresados como porcentaje de plántulas normales (Brasil, 2009).

**Longitud de raíz:** se tomaron las raíces primarias de 10 plántulas normales de achicoria (14 días), chile (17 días), rábano (7 días) y rúcula (8 días) obtenidas de la prueba de germinación a diferentes temperaturas se midieron con la ayuda de un pie de rey digital.

Los datos se sometieron a un análisis de varianza (ANOVA) y a la prueba de Tukey comparando los factores de estrés por calor y los genotipos de especies de hortalizas con un erro experimental del 5%, estos análisis estadísticos se realizaron con el software Sisvar® versión 5.6 para Windows (Ferreira, 2014).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

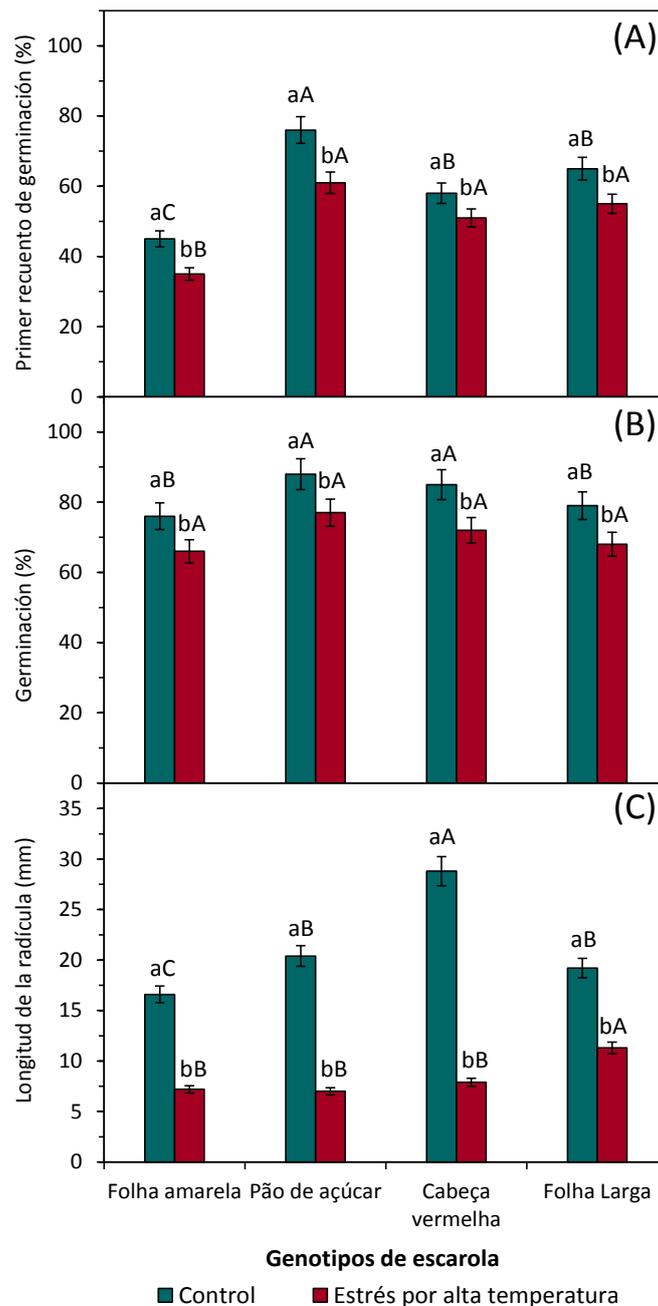
### Estrés térmico en genotipos de achicoria (Ensayo 1)

Los resultados obtenidos de la germinación final, primer recuento de germinación y la longitud de la raíz primaria informaron efectos significativos de la interacción ( $p < 0.01$ ) entre los genotipos de achicoria y las temperaturas adversas. La exposición de las semillas de achicoria al estrés térmico causado por la alta temperatura resultó en un valor bajo, en comparación al tratamiento de control del primer recuento de la prueba de germinación, conteo final de germinación y la longitud de radícula de los cuatro genotipos de achicoria (Figura 1).

El primer recuento de la prueba de germinación de las semillas, comúnmente, se ha utilizado para comparar el vigor entre lotes de semillas (Bhering et al., 2000). Sin embargo, en este estudio, esta prueba se utilizó para investigar el efecto de la temperatura en el desarrollo inicial de las plántulas de achicoria sometidas a diferentes temperaturas. Esta prueba se puede utilizar para identificar genotipos con aparición más rápida en el campo o en condiciones de cultivos protegidos. Los lotes de semillas con germinación más rápida están menos sujetos a las condiciones adversas de temperatura que pueden ocurrir durante la emergencia y el establecimiento de las plántulas.

En condiciones de control, el primer recuento de la prueba de germinación varió del 35% al 61%, mientras que en condiciones de estrés térmico causado por altas temperaturas el primer recuento de la prueba de germinación varió del 45% al 76% (Figura 1A). La germinación de los genotipos de achicoria en condiciones de control varió de 76% al 88%, mientras que en condiciones de altas temperaturas la germinación varió de 66% al 77% (Figura 1B). Estos resultados indican que el estrés térmico causado por la alta temperatura (35 °C) redujo la tasa de germinación de los genotipos de achicoria en aproximadamente un 10%.

Menezes et al. (2000) encontraron que la temperatura de 35 °C inhibía por completo la germinación de diferentes genotipos de lechuga (*Lactuca sativa* L). Bertagnolli et al. (2003) observaron tasas de germinación inferiores al 20%, cuando las semillas de lechuga fueron expuestas a una temperatura de 35 °C. Estos resultados demuestran que, a diferencia de la lechuga, una especie que también pertenece a la familia Asteraceae, la germinación de las semillas de achicoria se ve menos afectada por el estrés térmico causado por las altas temperaturas, con una tasa de germinación que oscila entre los 35 al 77%.



**Figura 1.** Primer recuento de la prueba de germinación (A), germinación final (B) y longitud de la raíz primaria (C) de plántulas de achicoria (*Cichorium intybus* L.) expuestas a las condiciones de germinación de control (20 °C) y bajo condiciones de estrés térmico a alta temperatura (35 °C). Las barras seguidas de letras diferentes, minúsculas para el estrés por calor o letras mayúsculas para diferentes genotipos, muestran diferencias significativas mediante la prueba de Tukey con un 5% de probabilidad. UEMS, Cassilândia-MS, 2020. Fuente: autores.

En condiciones de control, la longitud de la raíz primaria varió de 16.6 a 28.8 mm, mientras que en condiciones de estrés debido a la alta temperatura la longitud de la radícula varió de 7.0 a 11.3 mm

(Figura 1C). Estos resultados indican que el crecimiento inicial de las raíces de los genotipos de achicoria se redujo drásticamente por el estrés térmico causado por la temperatura de 35 °C. Nakagawa (1999) afirma que la diferencia de 1 °C en la temperatura durante el transcurso de la prueba de germinación probablemente tendrá un efecto insignificante en el porcentaje de germinación, pero esta misma diferencia proporcionará un efecto considerable en la longitud de la raíz de la plántula.

### **Estrés térmico en genotipos de chile (Ensayo 2)**

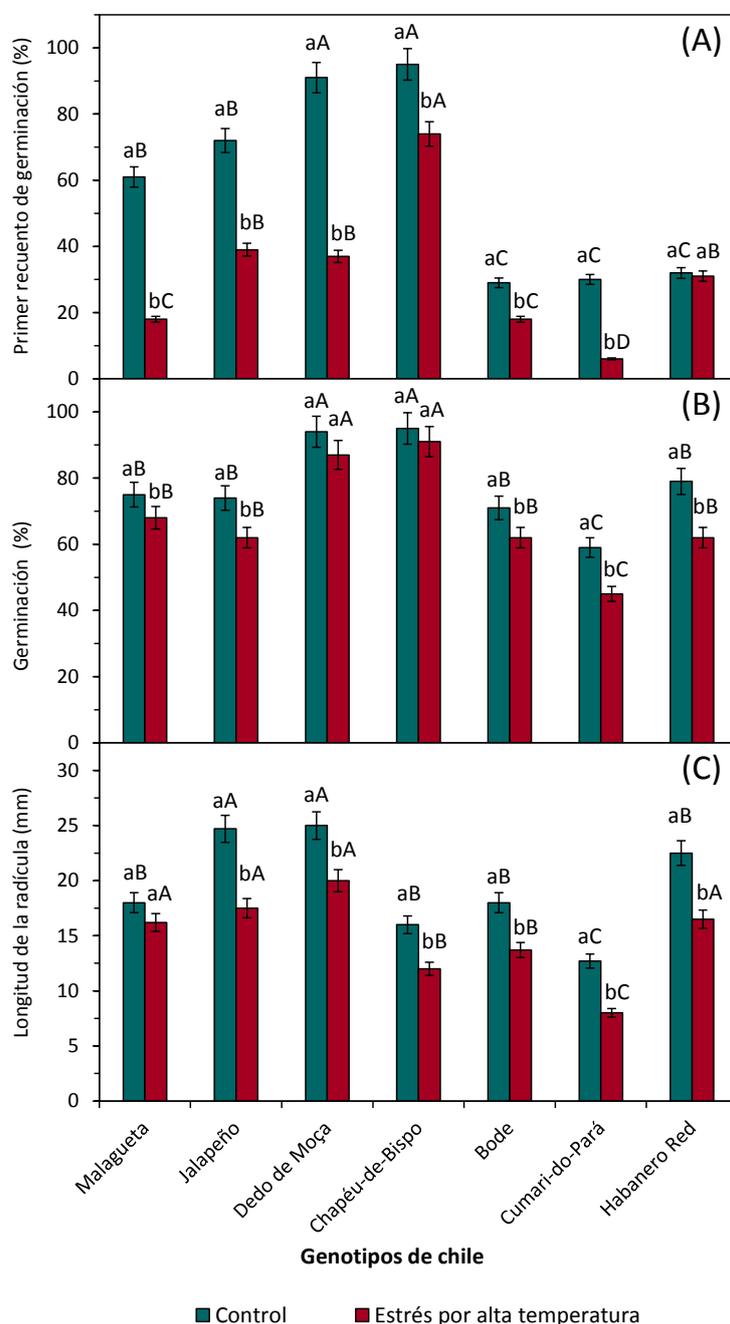
La exposición de las semillas de chile al estrés térmico causado por la alta temperatura resultó en un valor bajo, en comparación al tratamiento de control del primer recuento de la prueba de germinación, conteo final de germinación y la longitud de radícula de la mayoría de genotipos de chile (Figura 2). En condiciones de control, el primer recuento de la prueba de germinación varió del 33% al 95%, mientras que, en condiciones de estrés térmico causado por altas temperaturas, el primer recuento de la prueba de germinación varió del 6% al 74% (Figura 2A). El genotipo 'Chapéu-de-Bispo' mostró una mayor velocidad de germinación cuando se expuso a 35 °C en comparación con los otros genotipos (Figura 2A). Genotipos con germinación más rápida están menos sujetos a sufrir influencias de las condiciones adversas de temperatura que pueden ocurrir durante la emergencia y el establecimiento de las plántulas.

La germinación de los genotipos de chile en condiciones de control varió de 59% a 95%, mientras que en condiciones de altas temperaturas la germinación varió de 45% a 91% (Figura 2B). Estos resultados indican que el estrés térmico causado por la alta temperatura (35 °C) redujo la tasa de germinación de los genotipos de chile en aproximadamente un 13%. Sin embargo, el estrés a alta temperatura no afectó la tasa de germinación de los genotipos 'Dedo-de-Moça' y 'Chapéu-de-Bispo', lo que indica que estos genotipos están más adaptados a las condiciones de alta temperatura.

En las condiciones del tratamiento control la longitud de la raíz primaria varió de 16.0 a 24.7 mm, mientras que en condiciones de estrés causado a la alta temperatura la longitud de la radícula varió de 8.0 a 17.5 mm (Figura 2C). Estos resultados indican que el crecimiento inicial de las raíces de los genotipos de chile se redujo drásticamente por el estrés térmico causado por la temperatura de 35 °C, excepto el genotipo 'Malagueta'. Steiner et al. (2009) también informaron que la temperatura de 35 °C limitó el crecimiento del sistema radicular de genotipos de rábano. Según Nakagawa (1999) la diferencia de 1 °C en la temperatura durante el transcurso de la prueba de germinación probablemente tendrá un efecto insignificante en el porcentaje de germinación, pero esta misma diferencia proporcionará un efecto considerable en la longitud de la raíz de la plántula.

Los genotipos de chile 'Dedo-de-Moça' y 'Chapéu-de-Bispo' tienen una mayor tasa de germinación en condiciones de estrés térmico en comparación con los otros genotipos (Figura 2B),

mientras que los genotipos 'Malagueta', 'Dedo-de-Moça' y 'Habanero Red' tienen un mayor crecimiento del sistema radicular en condiciones de estrés térmico en comparación con los otros genotipos de Chile (Figura 2C). Por lo tanto, estos genotipos son los más recomendados para el cultivo en regiones tropicales con altas temperaturas.



**Figura 2.** Primer recuento de la prueba de germinación (A), germinación final (B) y longitud de la raíz primaria (C) de plántulas de Chile (*Capsicum* sp.) expuestas a las condiciones de germinación de control (20 °C) y bajo condiciones de estrés térmico a alta temperatura (35 °C). Las barras seguidas de letras diferentes, minúsculas para el estrés por calor o letras mayúsculas para diferentes genotipos, muestran diferencias significativas mediante la prueba de Tukey con un 5% de probabilidad. UEMS, Cassilândia-MS, 2020. Fuente: autores.

Anguiano (2010) demostró que la temperatura del suelo afecta a la germinación como en el desarrollo del sistema radicular del chile jalapeño, la tasa de germinación aumenta a medida que la temperatura del suelo asciende, confirmando los datos obtenidos con los estudios de Rangel (2016) que define que la temperatura óptima para la germinación de chile fluctúa entre los 18 y 35 °C, siendo la óptima de 30 °C.

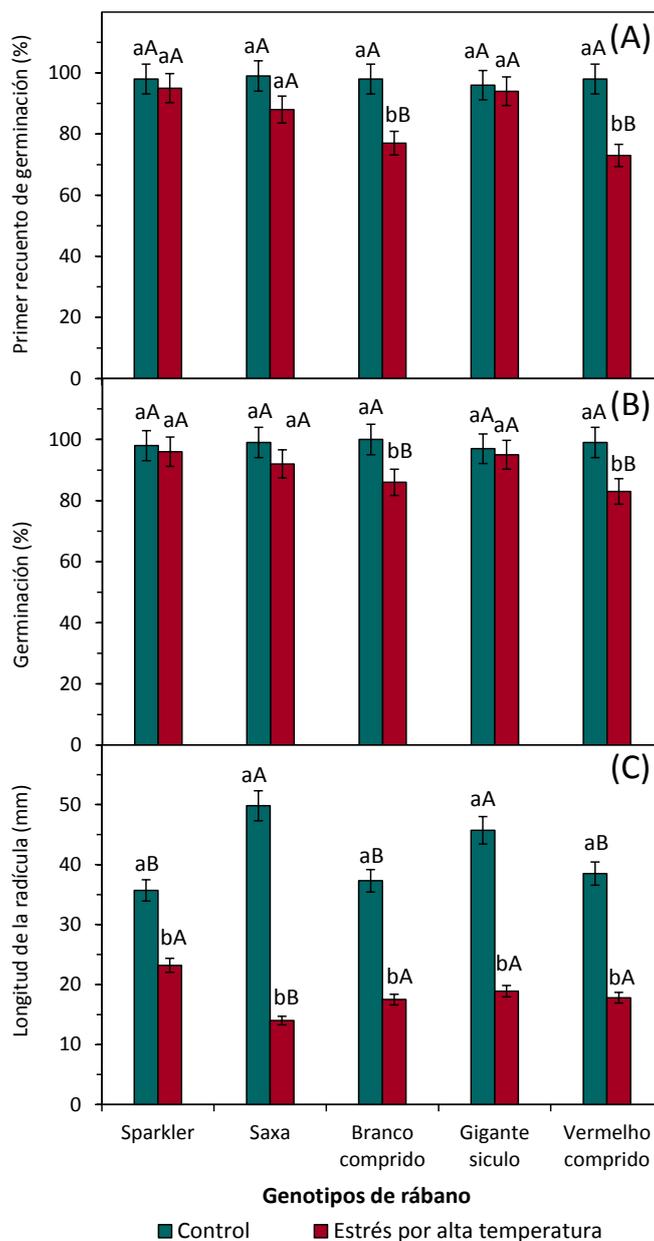
Según Gómez et al. (2019) la temperatura óptima para que la raíz de chile se desarrolle oscila entre el 22 a 24 °C si las temperaturas disminuyen o aumentan generaran daños irreversibles para la raíz. Según Velásquez et al. (2003) los efectos negativos que las altas temperatura causan sobre la raíz de chile tienen un efecto en la absorción de nutrientes debido a una malformación en la raíz lo que conlleva a que sea susceptible a plagas y enfermedades.

### **Estrés térmico en genotipos de rábano (Ensayo 3)**

La exposición de las semillas de rábano al estrés térmico causado por la alta temperatura no afectó significativamente ( $p > 0.05$ ) el primer recuento de la prueba de germinación y el porcentaje de germinación de la mayoría de los genotipos de rábano, a excepción de los genotipos 'Branco Comprido' y 'Vermelho Comprido' (Figura 3A y 3B). En condiciones de control, el primer recuento de la prueba de germinación varió de 96 a 99%, mientras que en condiciones de estrés térmico causado por altas temperaturas el primer recuento de la prueba de germinación varió de 73 a 95% (Figura 3A). La germinación de los genotipos de rábano en condiciones de control varió de 97 a 100%, mientras que en condiciones de altas temperaturas la germinación varió de 83 a 96% (Figura 3B). Estos resultados indican que el estrés térmico causado por la alta temperatura (35 °C) tiene poco efecto sobre la tasa de germinación para la mayoría de los genotipos de rábano. Sin embargo, el estrés por altas temperaturas redujo la tasa de germinación de los genotipos 'Branco Comprido' y 'Vermelho Comprido', lo que indica que la germinación de estos genotipos es más sensible a las condiciones de alta temperatura (Figura 3B).

La exposición de las semillas de rábano al estrés térmico causado por la alta temperatura resultó en un valor más bajo de la longitud de radícula para todos los genotipos (Figura 3C). En condiciones de control, la longitud de la raíz primaria varió de 35.7 a 49.8 mm, mientras que, en condiciones de estrés causado por la alta temperatura, la longitud de la radícula varió de 14.0 a 23.2 mm (Figura 3C). Estos resultados indican que el estrés térmico causado por la alta temperatura (35 °C) redujo el crecimiento inicial de las raíces de los genotipos de rábano en aproximadamente un 56%. Las altas temperaturas pueden limitar el crecimiento de las raíces, especialmente al favorecer el deterioro de las semillas, según lo verificado por Steiner et al. (2010) en semillas de rúcula a 35 °C. Steiner et al. (2009) también informaron que la temperatura de 35 °C limitó el crecimiento del sistema radicular de genotipos de rábano. Según Nakagawa (1999), la diferencia de 1 °C en la temperatura durante el transcurso de la

prueba de germinación probablemente tendrá un efecto insignificante en el porcentaje de germinación, pero esta misma diferencia proporcionará un efecto considerable en la longitud de la raíz de la plántula.



**Figura 3.** Primer recuento de la prueba de germinación (A), germinación final (B) y longitud de la raíz primaria (C) de plántulas de rábano (*Raphanus sativus* L.) expuestas a las condiciones de germinación de control (20 °C) y bajo condiciones de estrés térmico a alta temperatura (35 °C). Las barras seguidas de letras diferentes, minúsculas para el estrés por calor o letras mayúsculas para diferentes genotipos, muestran diferencias significativas mediante la prueba de Tukey con un 5% de probabilidad. UEMS, Cassilândia-MS, 2020. Fuente: autores.

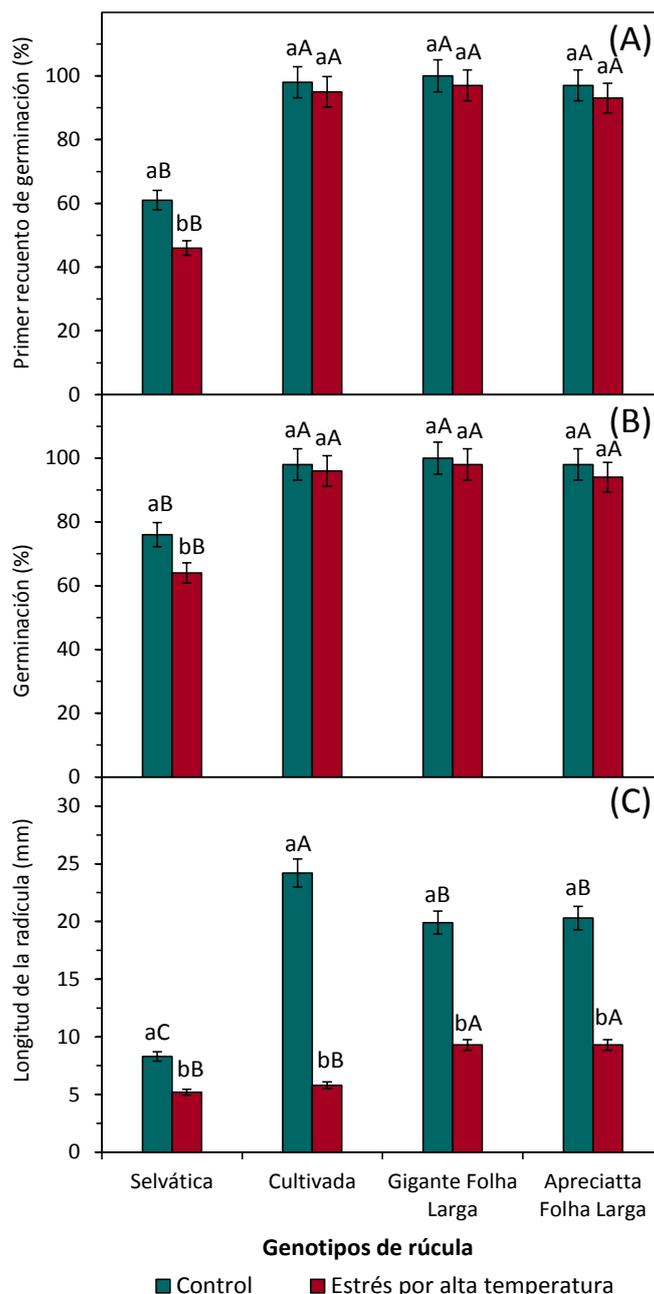
Los genotipos de rábano 'Sparkler', 'Saxa' y 'Gigante Siculo' tienen una mayor tasa de germinación en condiciones de estrés térmico en comparación con los otros genotipos (Figura 3B),

mientras que los genotipos 'Sparkler', 'Branco Comprido', 'Gigante Siculo' y 'Vermelho Comprido' tienen un mayor crecimiento del sistema radicular en condiciones de estrés térmico en comparación con los otros genotipos de rábano (Figura 3C). Por lo tanto, estos genotipos son los más recomendados para el cultivo en regiones tropicales con altas temperaturas.

#### **Estrés térmico en genotipos de rúcula (Ensayo 4)**

La exposición de las semillas de rúcula al estrés térmico causado por la alta temperatura no afectó significativamente ( $p > 0.05$ ) el primer recuento de la prueba de germinación ni el porcentaje de germinación de la mayoría de los genotipos de rúcula a excepción de el genotipo 'Selvática' (Figura 4A y 4B). En condiciones de control el primer recuento de la prueba de germinación varió de 61 a 100%, mientras que en condiciones de estrés térmico causado por altas temperaturas el primer recuento de la prueba de germinación varió de 46 al 97% (Figura 4A). La germinación de los genotipos de rúcula en condiciones de control varió de 76 a 100%, mientras que en condiciones de altas temperaturas la germinación varió de 64 a 98% (Figura 4B). Estos resultados indican que el estrés térmico causado por la alta temperatura (35 °C) tiene poco efecto sobre la tasa de germinación para la mayoría de los genotipos de rúcula. Sin embargo, el estrés por altas temperaturas redujo la tasa de germinación del genotipo 'Selvática', lo que indica que la germinación de este genotipo es más sensible a las condiciones de alta temperatura.

La exposición de las semillas de rúcula al estrés térmico causado por alta temperatura, resultó con valores bajos de longitud radicular, para todos los genotipos de rúcula (Figura 4C). En condiciones de control la longitud de la raíz primaria varió de 8.3 a 24.2 mm, mientras que en condiciones de estrés causado por altas temperaturas la longitud de la radícula varió de 5.2 a 9.3 mm (Figura 4C). Estos resultados indican que el estrés térmico causado por la alta temperatura (35 °C) redujo el crecimiento inicial de las raíces de los genotipos de rúcula en aproximadamente un 59%. Las altas temperaturas pueden limitar el crecimiento de las raíces, especialmente al favorecer el deterioro de las semillas, según lo verificado por Steiner et al. (2010) en semillas de rúcula a 35 °C. Steiner et al. (2009) también informaron que la temperatura de 35 °C limitó el crecimiento del sistema radicular de genotipos de rábano. Resultados diferentes fue reportado por Ferreira et al. (2008), quienes encontraron que las semillas de rúcula 'Cultivadas' cuando se las sometía a altas temperaturas (30 °C) originaron plántulas con mayor longitud de raíz. Según Nakagawa (1999) la diferencia de 1 °C en la temperatura durante el transcurso de la prueba de germinación probablemente tendrá un efecto insignificante en el porcentaje de germinación, pero esta misma diferencia proporcionará un efecto considerable en la longitud de la raíz de la plántula.



**Figura 4.** Primer recuento de la prueba de germinación (A), germinación final (B) y longitud de la raíz primaria (C) de plántulas de rúcula [*Diplotaxis tenuifolia* (L.) DC. o *Eruca sativa* Miller] expuestas a las condiciones de germinación de control (20 °C) y bajo condiciones de estrés térmico a alta temperatura (35 °C). Las barras seguidas de letras diferentes, minúsculas para el estrés por calor o letras mayúsculas para diferentes genotipos, muestran diferencias significativas mediante la prueba de Tukey con un 5% de probabilidad. UEMS, Cassilândia-MS, 2020. Fuente: autores.

Los genotipos de rábano 'Cultivada', 'Gigante Folha Larga' y 'Apreciatta Folha Larga' tienen una mayor tasa de germinación en condiciones de estrés térmico en comparación con el genotipo 'Selvática' (Figura 3B), mientras que los genotipos 'Gigante Folha Larga' y 'Apreciatta' tienen un mayor crecimiento

del sistema radicular en condiciones de estrés térmico en comparación con los otros genotipos de rúcula (Figura 4C). Por lo tanto, estos genotipos son los más recomendados para el cultivo en regiones tropicales con altas temperaturas.

## CONSIDERACIONES FINALES

El estrés térmico causado por las altas temperaturas (35 °C) reduce la tasa de germinación de semillas y la tasa de crecimiento de las raíces de las plántulas de achicoria y chile.

El estrés térmico causado por las altas temperaturas (35 °C) reduce drásticamente la tasa de crecimiento de las raíces de las plántulas de rábano y rúcula, pero las altas temperaturas tienen poco efecto sobre la tasa de germinación de estas especies hortalizas.

El genotipo de achicoria 'Folha Larga' tiene una mayor tolerancia al estrés térmico causado por las altas temperaturas en comparación con los genotipos 'Folha amarela', 'Pão de açúcar' y 'Cabeça Vermelha', y es el genotipo más adecuado para cultivarse en regiones con altas temperaturas.

Los genotipos de chile 'Malagueta', 'Dedo-de-Moça' y 'Habanero Red' son más tolerantes el estrés térmico causado por las altas temperaturas en comparación con los genotipos 'Jalapeño', 'Chapéu-de-Bispo', 'Bode' y 'Cumari do Pará', y son los genotipos más adecuados para cultivar en regiones tropicales con altas temperaturas.

El genotipo de rábano 'Sparkler' tiene una mayor tolerancia al estrés térmico causado por las altas temperaturas en comparación con los genotipos 'Saxa', 'Branco Comprido', 'Gigante Siculo' y 'Vermelho Comprido', y es el genotipo más adecuado para cultivarse en regiones con altas temperaturas.

Los genotipos de rúcula 'Gigante Folha Larga' y 'Apreciatta Folha Larga' son más tolerantes el estrés térmico causado por las altas temperaturas en comparación con los genotipos 'Selvática' y 'Cultivada', y son los genotipos más adecuados para cultivar en regiones tropicales con altas temperaturas.

## REFERENCES

- Anguiano J (2010). Comparación en la respuesta fisiológica en plantas de chile bajo el efecto de tres temperaturas nocturnas. León: Niacargua, 31p.
- Bertagnolli CM, Menezes NL, Storck L, Santos OS, Pasqualli LL (2003). Desempenho de sementes nuas e peletizadas de alface (*Lactuca sativa* L.) submetidas a estresses hídrico e térmico. *Revista Brasileira de Sementes*, 25(1): 7-13.

- Bhering MC, Dias DCFS, Gomes JM, Barros DI (2000). Métodos para avaliação do vigor de sementes de pepino. *Revista Brasileira de Sementes*, 22(2): 171-175.
- Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2009). *Regras para análise de sementes*. Brasília: Mapa/ACS, 399p.
- Carvalho NM, Nakagawa J (2000). *Sementes: ciência, tecnologia e produção*. 4.ed. Jaboticabal: FUNEP, 588p.
- Ferreira DF (2014). Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. *Ciência e Agrotecnologia*, 38(2),109-112.
- Ferreira EGBS, Matos VP, Sales AGA, Pacheco MV (2008). Influência da temperatura e do substrato na germinação e desenvolvimento inicial de plântulas de rúcula (*Eruca sativa* Mill.). *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 3(3): 209-212.
- Gómez A, Reyes J, García E, López J, Silos H (2019). Efecto de la orientación y forma de contenedor sobre el crecimiento y desarrollo de chile ancho cultivado en invernadero. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 22: 44-55.
- Joya J, Zeledon ML (2016). Influencia del cambio climático en la producción de hortalizas en La Sub Zona de Santa Cruz del Municipio de Estelí. *Biblioteca virtual de la universidad autónoma de Nicaragua*, 143: 17-26.
- Marcos-Filho J (2015). *Fisiologia de sementes de plantas cultivadas*. 2. ed., Londrina: ABRATES, 660p.
- Menezes NL, Santos OS, Nunes EP, Schmidt D (2000). Qualidade fisiológica de sementes de alface submetidas a diferentes temperaturas na presença e ausência de luz. *Ciência Rural*, 30(6): 941-945.
- Nakagawa J (1999). Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas. In: Krzyzanowski, F. C.; Vieira, R. D.; França Neto, J. B. (Ed.). *Vigor de sementes: conceitos e testes*. Londrina: ABRATES, p. 1-24.
- Nascimento WM, Cantliffe DJ (2002). Germinação de sementes de alface sob altas temperaturas. *Horticultura Brasileira*, 20(1): 103-106.
- Pereira RS, Nascimento WM, Vieira JV (2007). Germinação e vigor de sementes de cenoura sob condições de altas temperaturas. *Horticultura Brasileira*, 25(2): 215-219.
- Pinheiro GS, Angelotti F, Santana CVS, Dantas BF, ND. Costa BF (2014). Efeito da temperatura sobre a germinação de sementes de cebola. *Scientia Plena*, 10(11):1-6.
- Pinto-Júnior AS, Steiner F, Zoz T, Dranski JAL, Guimarães VF, Echer MM (2011). Germinação de sementes de almeirão em diferentes temperaturas. *Varia Scientia - Agrárias*, 2:11-21.
- Popinigis F (1985). *Fisiologia de Sementes*. 2. ed. Brasília: ABRATES, 298p.
- Rangel L (2016). Crecimiento de chile habanero (*Capsicum chinense*) bajo diferente espaciamiento entre hileras en la comarca lagunera. Torreón, Coahuila, México.17p.

- Steiner F, Pinto-Júnior AS, Dranski JAL, Zoz T, Rheinheimer AR (2010). Germinação de sementes de rúcula sob diferentes temperaturas. *Scientia Agraria*, 11: 119-124.
- Steiner F, Pinto-Júnior AS, Zoz T, Guimarães VF, Dranski JAL, Rheinheimer AR (2009). Germinação de sementes de rabanete sob temperaturas adversas. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 4: 430-434.
- Velásquez V, Rodolfo; Medina A, María M; Macías V, Luis M (2003) Reacción de líneas avanzadas de chile (*Capsicum annuum*) provenientes de Zacatecas a enfermedades comunes en Aguascalientes. *México Revista Mexicana de Fitopatología*, 21(1): 71-74.

## ÍNDICE REMISSIVO

- A**
- adaptação, 122, 124  
ajuste, 99, 100, 144  
aluminum tolerance, 77  
análise multivariada, 35, 38
- B**
- biossólido, 95, 101, 102, 109, 110, 111
- C**
- Cucumis sativus* L., 80, 81, 85, 88, 90, 91
- E**
- estresse salino, 5, 26, 27, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38  
estresse vegetal, 100
- G**
- Glycine max*, 7, 11, 24, 25, 26, 28, 33, 35, 52
- I**
- índice de tolerância de estresse, 31, 32, 34
- J**
- Jatropha curcas* L., 68, 69, 71, 73, 74, 75, 76, 77, 78
- O**
- osmotic stress, 86
- R**
- resíduos sólidos, 96, 113  
root growth, 40, 41, 45, 68, 69, 72, 74, 76
- S**
- salinity*, 38, 39, 51, 80, 81, 83, 84, 86, 87, 89, 91, 92, 93, 94, 115, 145, 146, 147  
seed germination, 39, 41, 52, 81, 83, 84, 86, 87, 92, 113, 136, 145  
seed priming, 38, 93  
solos salinos, 26, 38  
substrato, 66, 97, 101, 103, 105, 109, 110, 111, 116, 117, 137  
sucessão, 126
- T**
- tolerância ao fogo, 119
- V**
- vermicompostagem, 102, 109, 113

## Fábio Steiner



Doutor em Agronomia - Agricultura (UNESP - Botucatu). Mestre em Agronomia (Produção Vegetal) e Graduado em Agronomia (UNIOESTE - Marechal Cândido Rondon). Professor, Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul em Cassilândia.

Contato: [steiner@uems.br](mailto:steiner@uems.br)

ISBN 978-658831902-4



### **Pantanal Editora**

Rua Abaete, 83, Sala B, Centro. CEP: 78690-000  
Nova Xavantina – Mato Grosso – Brasil  
Telefone (66) 99682-4165 (Whatsapp)  
<https://www.editorapantanal.com.br>  
[contato@editorapantanal.com.br](mailto:contato@editorapantanal.com.br)