

UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL – UFFS
CAMPUS CHAPECÓ - SC
CURSO DE AGRONOMIA

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**EFEITOS DO L-TRIPTOFANO EXÔGENO NA GERMINAÇÃO DE
SEMENTES E CRESCIMENTO DE PLÂNTULAS DE *Glycine max*
SUBMETIDAS AO TESTE DO FRIO**

ACADÊMICO: INDIO DE SOUZA VEDOVATTO

ORIENTADOR Prof.: Dr. Samuel Mariano Gislon da Silva

CHAPECÓ 2024

INDIO DE SOUZA VEDOVATTO

**EFEITOS DO L-TRIPTOFANO EXÔGENO NA GERMINAÇÃO DE
SEMENTES E CRESCIMENTO DE PLÂNTULAS DE *Glycine max*
SUBMETIDAS AO TESTE DO FRIO**

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado como requisito
para obtenção de grau de Bacharel em Agronomia da
Universidade Federal da Fronteira Sul.

Orientador: Prof. Dr. Samuel Mariano Gislon da Silva

Este trabalho de conclusão de curso foi defendido e
aprovado pela banca em: 27/11/2024

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. SAMUEL MARIANO GISLON DA SILVA – UFFS

Documento assinado digitalmente

gov.br FERNANDO PEROBELLI FERREIRA
Data: 27/11/2024 15:34:46-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. FERNANDO PEROBELLI FERREIRA – UFFS

Documento assinado digitalmente

gov.br JOAO GUILHERME DAL BELO LEITE
Data: 27/11/2024 17:19:44-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. JOÃO GUILHERME DAL BELO LEITE - UFFS

Bibliotecas da Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS

Vedovatto, Índio de Souza
EFEITOS DO L-TRIPTOFANO EXÔGENO NA GERMINAÇÃO DE
SEMENTES E CRESCIMENTO DE PLÂNTULAS DE *Glycine max*
SUBMETIDAS AO TESTE DO FRIO / Índio de Souza Vedovatto.
-- 2024.
19 f.:il.

Orientador: Doutor em Agronomia Samuel Mariano Gislon
da Silva

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) -
Universidade Federal da Fronteira Sul, Curso de
Bacharelado em Agronomia, Chapecó, SC, 2024.

1. soja. 2. amino ácido. 3. promotor de crescimento.
I. Silva, Samuel Mariano Gislon da, orient. II.
Universidade Federal da Fronteira Sul. III. Título.

EFEITOS DO L-TRIPTOFANO EXÓGENO NA GERMINAÇÃO DE SEMENTES E CRESCIMENTO DE PLÂNTULAS DE *Glycine max* SUBMETIDAS AO TESTE DO FRIO –

RESUMO: O potencial genético das sementes não garante o estabelecimento uniforme e a qualidade do estande das plantas em lavouras comerciais. Esta demanda tem propiciado o aparecimento de vários insumos agrícolas, normalmente aplicados às sementes, entre eles o L-triptofano. O objetivo do presente projeto, avaliar o efeito do L-triptofano sobre o processo de germinação e desenvolvimento de plântulas de soja, submetida ao teste de frio, utilizando os parâmetros germinação, tamanho da raiz, tamanho da parte aérea e matéria seca. O experimento foi conduzido no laboratório de Sementes e Grãos situado na Universidade Federal da Fronteira Sul *Campus* Chapecó no segundo semestre de 2024. As sementes de soja utilizadas foram as da cultivar 60163IPRO. O ensaio foi realizado em um esquema inteiramente casualizado em delineamento experimental fatorial, com dois fatores e 4 repetições. O primeiro fator foi composto pelos sub-fatores teste do frio (TF) e ausência do teste do frio (ATF) e o segundo fator pelas doses 0, 0,02, 0,04 e 0,08 g de triptofano kg⁻¹ de semente. As sementes foram semeadas em substrato de papel Gemitex previamente umedecido. Os rolos de papel foram mantidos em germinador à temperatura constante de 25°C, sendo as avaliações de germinação realizadas no quinto e oitavo dia após a semeadura. Os dados foram convertidos para porcentagem de plântulas normais, anormais e sementes duras e mortas. Foi ainda mensurado o comprimento da raiz primária e comprimento da parte aérea e os resultados médios expressos em cm plântula⁻¹. A determinação da matéria seca foi realizada nas plântulas normais, quantificando a parte aérea e as raízes. A análise de variância (teste F a 5 %) foi utilizada para analisar as variáveis, sendo que as comparações da média de cada repetição foram feitas pelo teste de comparações múltiplas de Tukey e regressão, ambos a 95% de confiança. O L-triptofano exerceu efeito protetor sobre as sementes de soja submetidas ao TF, sem porém que aos parâmetros percentual de germinação, acúmulo de matéria seca, tamanho da raiz e parte aérea, se iguallassem ao ATF. No entanto, o aminoácido se revelou uma alternativa atraente para o tratamento de sementes que ao serem semeadas enfrentarão baixas temperaturas e alta umidade do solo.

Palavras-chave: aminoácido; teste de germinação; plântulas de soja

EFFECTS OF EXOGENOUS L-TRYPTOPHAN ON SEED GERMINATION AND SEEDLING GROWTH OF *Glycine max* UNDER COLD TEST – ABSTRACT:

The genetic potential of seeds does not guarantee uniform establishment and plant stand quality in commercial crops. This demand has led to the development of various agricultural inputs, often applied to seeds, including L-tryptophan. The objective of the present study was to evaluate the effect of L-tryptophan on the germination process and seedling development of soybean (*Glycine max*) subjected to a cold test, using the following parameters: germination, root length, shoot length, and dry matter. The experiment was conducted in the Seed and Grain Laboratory at the Universidade Federal da Fronteira Sul, Chapecó campus, in the second semester of 2024. Soybean seeds of the 60163IPRO cultivar were used. The trial was set up in a completely randomized design with a factorial experimental arrangement, consisting of two factors and four replications. The first factor comprised two sub-factors: cold test (CT) and absence of cold test (ACT), while the second factor consisted of doses of 0, 0.02, 0.04, and 0.08 g of tryptophan per kg of seed. Seeds were sown in previously moistened Gemitex paper substrate. The rolls of paper were kept in a germinator at a constant temperature of 25°C, with germination evaluations performed on the fifth and eighth days after sowing. Data were converted to the percentage of normal, abnormal, hard, and dead seedlings. The primary root length and shoot length were also measured, and the average results were expressed in cm per seedling. Dry matter determination was performed on normal seedlings, quantifying both the shoot and root parts. Analysis of variance (F-test at 5%) was used to analyze the variables, with mean comparisons for each replication performed using Tukey's multiple comparison test and regression analysis, both at 95% confidence. L-tryptophan exhibited a protective effect on soybean seeds subjected to the cold test, although the parameters of germination percentage, dry matter accumulation, root length, and shoot length did not match those of the ACT treatment. However, the amino acid proved to be an attractive alternative for seed treatment in environments where sowing occurs under low temperatures and high soil moisture.

Keywords: amino acid; germination test; soybean seedlings

INTRODUÇÃO

Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2023), somente no estado de Santa Catarina, no ano agrícola de 2023, foram colhidas 2.972.269 toneladas de soja. Estes números demonstram a importância desta cultura para a economia do estado.

Entre os fatores que afetam a produtividade desta cultura, destaca-se a qualidade das sementes, que, em geral, apresentam alto potencial genético. No entanto, este potencial não garante o estabelecimento uniforme e a qualidade do estande das plantas em lavouras comerciais a campo (MÓGOR et al., 2008). Esta demanda tem propiciado o aparecimento de vários insumos agrícolas, normalmente aplicados às sementes, entre eles o L-triptofano. Estes insumos têm sido associados a um maior desenvolvimento das raízes e resistência ao estresse (PESSOA, 2021).

O L-triptofano é um dos 20 aminoácidos essenciais, contendo um grupo amino (básico) e um grupo carboxilo (ácido). Sua cadeia lateral consiste num indol, o que faz dele um aminoácido aromático e apolar (MARIANO-DA-SILVA, 2023). As plantas sintetizam triptofano a partir do ácido chiquímico ou do ácido antranílico, e o mesmo ao ser degradado é responsável por produzir auxina (TAIZ et al., 2021).

AHEMAD & KIBRET (2014) demonstraram que os níveis de auxina aumentam em tecidos vegetais após a aplicação exógena de L-triptofano. É conhecido que o L-triptofano é o principal precursor das vias de biossíntese de auxina, fitormônio com papel fundamental no alongamento celular (TAIZ et al., 2021). Em associação com a giberelina, ácido jasmônico, ácido salicílico e ácido abscínico, a auxina afeta positivamente o efeito das proteínas PINs, responsáveis por regular a protusão da radícula (MUKHERJEE et al., 2018; WAN et al., 2018). Por outro lado, a associação entre a auxina e o ácido jasmônico promove a tolerância das plantas aos estresses abióticos, causados por exemplo pela deficiência hídrica ou bióticos, causados por fungos ou insetos (HUSSAIN, 2024; WAN et al., 2018).

Os testes de vigor (estresse: hídrico, salino, alagamento, frio, deterioração controlada e envelhecimento acelerado) foram desenvolvidos com o objetivo de identificar diferenças no potencial fisiológico de lotes de sementes (KRZYŻANOWSKI et al., 2020). O teste de frio é provavelmente o teste de vigor mais estudado, avaliando a capacidade das sementes em germinar em solos frios e úmidos (CICERO et al., 2020). Desta forma espera-se que este teste permita verificar o efeito protetor do L-triptofano.

Estas condições de frio e umidade na semeadura podem ser facilmente encontradas

nos estados de Santa Catarina e Paraná, onde, segundo portaria 886 do Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA, 2023), a semeadura da soja já pode ser realizada a partir do dia 21 de setembro e 11 de setembro respectivamente.

Objetiva-se, com o presente estudo, avaliar o efeito do L-triptofano sobre o processo de germinação e desenvolvimento de plântulas de soja, submetida ao teste de frio, utilizando os parâmetros germinação, tamanho da raiz, tamanho da parte aérea e matéria seca.

MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no laboratório de Sementes e Grãos situado na Universidade Federal da Fronteira Sul *Campus* Chapecó/SC. As sementes de soja utilizadas foram produzidas pela Limagrain Brasil S/A, cultivar 60163IPRO da safra 2022/2023, categoria S1, com um potencial de germinação de 80% e pureza de 99%. O ensaio foi realizado em um esquema inteiramente casualizado em delineamento experimental fatorial, com dois fatores e 4 repetições (ARES & GRANATO, 2014; PIMENTEL-GOMES, 2000). O primeiro fator foi composto por dois sub-fatores (teste do frio [TF] e ausência do teste do frio [ATF]). O segundo fator foi composto por quatro diferentes sub-fatores (0, 0,02, 0,04 e 0,08 g de triptofano kg⁻¹ de semente).

As sementes de soja utilizadas no ensaio foram divididas em 8 lotes de 200 g cada e acondicionada em sacos plásticos transparentes. O L-triptofano foi previamente diluído com água em placas de Petri, gerando as 4 concentrações. Assim que a solução foi colocada nos sacos plásticos, injetou-se ar e agitou-se vigorosamente, até a distribuição dos tratamentos ser considerada homogênea. Em seguida os lotes foram colocados para secar à sombra numa temperatura aproximada de 25°C por 24 horas (MARCOS FILHO, 2015). A seguir, os lotes foram divididos, sendo metade destinado ao teste de germinação convencional (STF) e metade ao teste de frio (TF).

As sementes destinadas ao teste do frio foram semeadas em substrato de papel Germitex previamente umedecido com um volume de água correspondente a 3,0 vezes o peso seco do papel. Os rolos foram então colocados no interior de sacos plásticos vedados com fita adesiva e colocados em câmara BOD a 10°C por 5 dias (CICERO et al., 2020; SÁ et al, 2011). Após este período, os sacos foram abertos, seguindo-se a condução do teste de germinação. Neste momento as sementes destinadas ao teste de germinação convencional foram semeadas em substrato de papel Germitex previamente umedecido com um volume de água correspondente a 2,5 vezes o peso do papel. Os rolos de papel foram mantidos em germinador à temperatura constante de 25°C (BRASIL, 2009), sendo as avaliações de germinação

realizadas no quinto e oitavo dia após a semeadura, e os dados convertidos para porcentagem de plântulas normais (BRASIL, 2009; SÁ et al, 2011).

Com o auxílio de uma régua milimetrada foi ainda mensurado o comprimento da raiz primária e comprimento da parte aérea e os resultados médios expressos em cm plântula⁻¹ (BRASIL, 2009; SÁ et al, 2011). A determinação da matéria seca foi realizada nas plântulas normais, quantificando a parte aérea e as raízes das plântulas. Após a pesagem, as plântulas foram acondicionadas em sacos de papel e levadas para secar em estufa com circulação de ar forçada, em temperatura constante de 80±2°C durante 24 horas (SÁ et al, 2011). Após a secagem as amostras foram pesadas novamente após algumas horas à temperatura ambiente, sendo o teor de matéria seca determinado e expresso em g plantula⁻¹.

A análise de variância (teste de F a 5 %) foi utilizada para analisar as variáveis, sendo que as comparações da média de cada repetição foram feitas pelo teste de comparações múltiplas de Tukey e regressão, ambos a 95% de confiança (PIMENTEL-GOMES, 2000; ZIMMERMANN, 2004). Todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando o programa Microsoft Excel®.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a análise de variância, (teste de F), existe interação significativa entre os fatores TF/ATF e doses de triptofano em relação a todas as variáveis testadas (percentual de plântulas normais, percentual de plântulas anormais, tamanho da raiz, tamanho da parte aérea e matéria seca) (Apêndices A, B, C, D e E), indicando a existência de dependência entre os fatores. Através do desdobramento do efeito da interação, pela realização de nova análise de variância (teste de F), em que os níveis do fator doses de triptofano foram comparados dentro dos níveis do fator TF/ATF (e vice-versa), foi possível observar efeito significativo para o fator TF e ATF dentro de todas as doses de triptofano testadas para todas as variáveis (Tabela 1A, 1B, 1C, 1D e 1E). Também foi possível observar efeito significativo para o fator doses de triptofano dentro de cada TF/ATF, isto é, nas doses de triptofano 0, 0,02, 0,04 e 0,08 g kg⁻¹ de semente para todas as variáveis analisadas, sendo que este efeito pode ser observado através das estimativas das equações polinomiais de ordem 2 apresentadas na Figura 01 (Gráficos A, B, C, D e E).

Tabela 1. Taxa de Germinação (% plântulas normais), Taxa de Germinação (% plântulas anormais), Comprimento das raízes (cm plântula⁻¹), Comprimento da parte aérea (cm plântula⁻¹) e teor de Matéria seca (g plântula⁻¹), de sementes de soja (*Glycine max* L), com e sem a aplicação do teste do frio, tratadas com diferentes doses de L-triptofano.

A				
Taxa de Germinação (% plântulas normais)				
TRATAMENTO	DOSES DE L-TRIPTOFANO (g kg ⁻¹ de sementes)			
	0,0g	0,02g	0,04g	0,08g
ATF*	77,3a	81,4a	85,3a	85,8a
TF**	60,3b	74,0b	75,0b	76,0b
CV = 2,741%				
B				
Taxa de Germinação (% plântulas anormais)				
TRATAMENTO	DOSES DE L-TRIPTOFANO (g kg ⁻¹ de sementes)			
	0,0g	0,02g	0,04g	0,08g
ATF*	19,8a	10,0b	12,5b	12,5b
TF**	6,5b	17,8a	16,8a	16,8a
CV = 20,425%				
C				
Sementes Duras ou Mortas (% plântulas anormais)				
TRATAMENTO	DOSES DE L-TRIPTOFANO (g kg ⁻¹ de sementes)			
	0,0g	0,02g	0,04g	0,08g
ATF*	3,0b	8,6*	2,3b	1,8b
TF**	23,3a	8,3	8,4a	7,3a
CV = 20,233%				
D				
Comprimento das raízes (cm plântula ⁻¹)				
TRATAMENTO	DOSES DE L-TRIPTOFANO (g kg ⁻¹ de sementes)			
	0,0g	0,02g	0,04g	0,08g
ATF*	8,05a	11,07a	11,18a	11,88a
TF**	6,63b	8,19b	8,10b	8,51b
CV = 5,532%				
E				
Comprimento da parte aérea (cm plântula ⁻¹)				
TRATAMENTO	DOSES DE L-TRIPTOFANO (g kg ⁻¹ de sementes)			
	0,0g	0,02g	0,04g	0,08g
ATF*	0,93a	1,33a	1,47a	1,68a
TF**	0,40b	0,57b	0,54b	1,03b
CV = 12,068%				
F				
Matéria seca (g plântula ⁻¹)				
TRATAMENTO	DOSES DE L-TRIPTOFANO (g kg ⁻¹ de sementes)			
	0,0g	0,02g	0,04g	0,08g
ATF*	0,3138*	0,8293a	0,7793a	0,7302a
TF**	0,3163	0,2927b	0,5643b	0,5918b
CV = 10,2%				

Médias seguidas de uma mesma letra não divergem entre si, em uma mesma coluna, para uma mesma variável, segundo o teste de Tukey a 95% de confiança.

*Não significativo; **ATF – sem aplicação do teste do frio; ***TF – com teste do frio.

Fonte: Autor, 2024.

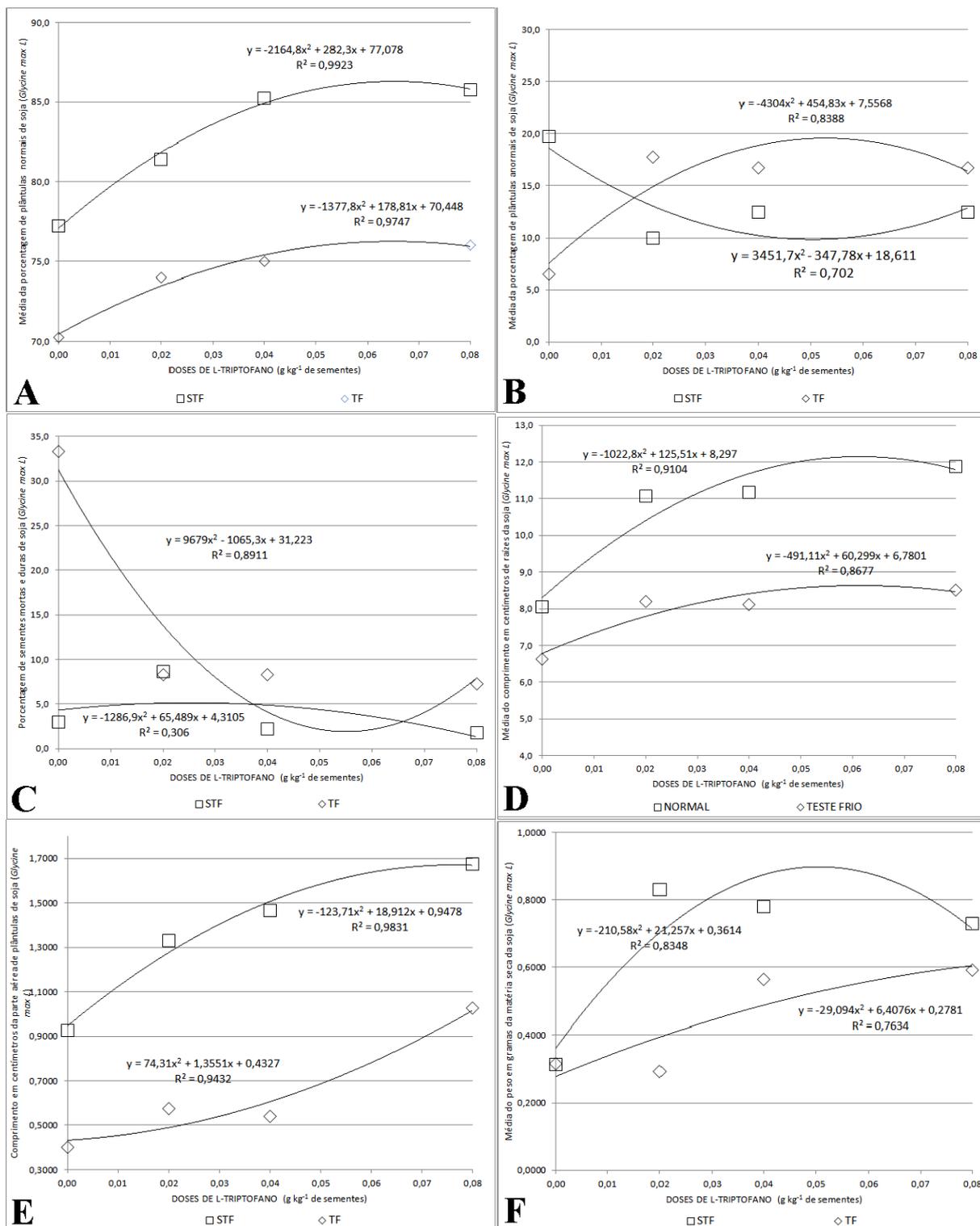


Figura 01: Equações polinomiais de segundo grau referentes à (A) taxa de germinação (% plântulas normais), (B) taxa de germinação (% plântulas anormais), (C) sementes duras e mortas (%), (D) comprimento de raízes (cm plântula⁻¹), (E) comprimento da parte aérea (cm plântula⁻¹) e (F) teor de matéria seca (g plântula⁻¹), de sementes de soja (*Glycine max* L), com e sem a aplicação do teste do frio, tratadas com diferentes doses de L-tryptofano.

Os resultados obtidos demonstraram que com o aumento da dose de L-triptofano foi possível elevar o percentual de sementes germinadas, tanto entre aquelas que passaram pelo tratamento como o frio quanto aquelas onde o tratamento não foi aplicado, demonstrando que o L-triptofano modulou positivamente a germinação das sementes. O tratamento com L-triptofano também fez diminuir o percentual de sementes duras e mortas, em relação à testemunha, porém refletindo em um aumento nas plântulas anormais quando do tratamento com o frio.

Como nos tratamentos que combinaram TF + tratamento com L-triptofano apresentaram mais de 70% de plântulas normais, é possível inferir que o L-triptofano efetivamente protegeu as sementes do estresse causado pelo teste (CICERO et al., 2020).

Esta tendência já havia sido relatada por vários autores. KORKMAZ et al. (2020), demonstraram que sementes de pimenta (*Capsicum annuum* L.) tratadas com L-triptofano apresentaram melhora significativa nos índices de germinação sob estresse salino. HUSSAIN et al. (2024), avaliando os efeitos do L-triptofano sobre a germinação de sementes de girassol (*Helianthus annuus* L.) tratadas com doses subtóxicas de cádmio, relataram que o aminoácido diminuiu os efeitos do metal sobre a taxa de germinação das sementes. QUEIROZ et al. (2023), demonstraram que a aplicação exógena de L-triptofano em sementes de soja (*G. max* L.) incrementou significativamente as taxas de germinação em sementes de soja, concluindo que o aminoácido pode ser um importante indutor da germinação e vigor das sementes. HANCI et al. (2019) testaram o efeito várias doses de uma combinação de L-triptofano e melatonina sobre a germinação de sementes de cebola (*Allium cepa* L.cv. Valenciana) sob baixas temperaturas, verificando incrementos significativos nas taxas de germinação a 7°C. ABDELKADER et al. (2023), relataram um incremento de 10%, em relação ao controle, nas taxas de germinação de sementes de cebola (*A. cepa* L. cv Gaza) tratadas com L-triptofano.

As variáveis comprimento das raízes e parte aérea também foram afetados pela aplicação exógena de L-triptofano. Apesar dos índices, em ambos os parâmetros, terem sofrido decréscimos quando da submissão ao teste do frio, pode-se observar que quanto maior a dose de L-triptofano utilizada maior o tamanho da raiz e da parte aérea.

Na literatura é possível encontrar resultados semelhantes. HUSSAIN et al. (2024), demonstraram que o tratamento com L-triptofano diminuiu os efeitos deletérios do cádmio sobre o crescimento de raízes e parte aérea em plântulas de girassol (*H. annuus* L.). ABDELKADER et al. (2023), relataram que os maiores comprimentos radiculares foram obtidos quando sementes de cebola (*A. cepa* L. cv Gaza) foram tratadas com L-triptofano.

SAYED et al. (2019), demonstraram que o L-triptofano atenuou o efeito tóxico do cádmio em relação a altura e massa foliar de plantas de eucalipto (*H. annuus* L.)

Observando os resultados, é possível perceber que com o aumento das doses de L-triptofano, ocorreu um acréscimo nos teores de matéria seca, tanto no tratamento com TEA quanto no tratamento sem TEA. Como visto anteriormente, o tratamento com L-triptofano causou incrementos nos parâmetros tamanho da parte aérea e tamanho da raiz, interferindo diretamente no parâmetro matéria seca.

Outros autores também relataram esta tendência. HUSSAIN et al. (2024), demonstraram que o tratamento com L-triptofano atenuaram os efeitos do cádmio sobre os parâmetros massa seca e fresca em girassol. SADAK & RAMADAN (2021) testaram o efeito várias doses de L-triptofano sobre o peso fresco e peso seco da parte aérea de plantas de tremoço branco (*Lupinus termis* L.) sob várias condições de estresse hídrico, verificando que o aminoácido provocou acréscimos nos parâmetros citados quando em comparação com a testemunha. SUDADI & SURYORO (2015) e SANADA & AGAHARA (2023) mostraram que o L-triptofano exógeno aumentou os teores de matéria seca da parte aérea e de raízes de soja (*G. max* L.)

CONCLUSÕES

O L-triptofano exerceu efeito protetor sobre as sementes de soja submetidas ao TF, sem porém que aos parâmetros percentual de germinação, acúmulo de matéria seca, tamanho da raiz e parte aérea, se iguallassem ao ATF. No entanto, o aminoácido se revelou uma alternativa atraente para o tratamento de sementes que ao serem semeadas enfrentarão baixas temperaturas e alta umidade do solo.

REFERÊNCIAS

- ABDELKADER, M.; VORONINA, L.; PUCHKOV, M.; SHCHERBAKOVA, N.; PAKINA, E.; ZARGAR, M.; LYASHKO, M. Seed Priming with Exogenous Amino Acids Improves Germination Rates and Enhances Photosynthetic Pigments of Onion Seedlings (*Allium cepa* L.). **Horticulturae**, v.9, n.80, 2023.
- AHEMAD, M.; KIBRET, M. Mechanisms and applications of plant growth promoting rhizobacteria: Current perspective. **Journal of King Saud University - Science**, v.26, p.1–20, 2014.
- ARES, G.; GRANATO, D. **Mathematical and statistical methods in food science and technology**. Nova Jersey: John Wiley & Sons Inc, 2014. 514p.
- BRASIL (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento). **Regras para análise de sementes**. Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2009, 399p.
- CICERO, S. M.; VIEIRA, R. D. **Teste de frio**. In: KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.;

FRANÇA-NETO, J. de B.; MARCOS-FILHO, J. (ed.) **Vigor de sementes: conceitos e testes**. 2. ed. Londrina: Abrates, 2020. p.278-316.

EL-SAYED, S. M.; MAZHAR, A. A. M.; MAHGOUB, M. H.; EL-AZIZ, N. G., DARWIST, M. A.; SHANAN, N. T. Investigation the effect of L-tryptophan on growth and chemical composition of *Eucalyptus gomphocephala* plants under cadmium stress. **Middle East Journal of Agriculture Research**, v.8, n.1, p.106-116, 2019.

HANCI, F.; ÇINGI, M.; AKINCI, H. Influence of L-tryptophan and melatonin on germination of onion and leek seeds at different temperatures. **Turkish Journal of Agricultural Research**, v.6, n.2, p.214-221, 2019.

HUSSAIN, M.; KAOUSAR, R.; ALI, S.; SHAN, C.; WANG, G.; WANG, S.; LAN, Y. Tryptophan Seed Treatment Improves Morphological, Biochemical, and Photosynthetic Attributes of the Sunflower under Cadmium Stress. **Plants**, v.13, n.237, p.1-17, 2024.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola: Estatística da Produção Agrícola**. Gráfica do IBGE, Brasília, 2023.110p.

KORKMAZ, A.; GEREKLI, A.; YAKUPOGLU, G.; KARACA, A.; KÖKLÜL, S. Seed treatment with tryptophan improves germination and emergence of pepper under salinity stress. **Acta Horticulturae**, n.1.273, p.441-448, 2020.

KRZYŻANOWSKI, F. C.; FRANÇA-NETO, J. de B.; GOMES-JUNIOR, F. G.; NAKAGAWA, J. **Testes de vigor baseados em desempenho de plântulas**. In: KRZYŻANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA-NETO, J. de B.; MARCOS-FILHO, J. (ed.) **Vigor de sementes: conceitos e testes**. 2. ed. Londrina: Abrates, 2020. p.79-140.

MAPA (Ministério da Agricultura e Pecuária). **Portaria DAS/ MAPA nº 886**, de 12 de setembro de 2023.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Londrina: Abrates, 2015. 659.

MARIANO- DA -SILVA, S. **Bioquímica**. Chapecó: O Lageano, 218p. 2023.

MÓGOR, A. F; ONO E. O; RODRIGUES, J. D.; MÓGOR G. Aplicação foliar de extrato de alga, ácido de L-glutâmico e cálcio em feijoeiro. **Scientia Agraria**, v.9, n.4, p.431-437, 2008.

MUKHERJEE, S.; DAVID, A.; YADAY, S.; BALUSKA, F.; BHATLA, S. C. Saltstress-induced seedling growth inhibition coincides with differential distribution of serotonin and melatonin in sunflower seedling roots and cotyledons. **Physiologia plantarum**, v.152, n.4, p. 714-728, 2018.

PESSOA, T. N. **Entenda como os aminoácidos nas plantas podem melhorar sua produção agrícola**. Aegro: Porto Alegre, 2021.

PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 14ª ed, Piracicaba: Livrocere, 2000. 480p.

QUEIROZ, R. B.; BESSA, L. A. ÁVILA, R. G.; AUGUSTO, D. S. S.; OLIVEIRA, M. S.;

VITORINO, L. C. Effect of exogenous tryptophan on primary metabolism and oxidative stress and their relationship with seedling germination and vigor of *Glycine max* L. **Agronomy**, v.13, n.6, p.1-17, 2023.

SÁ, M. E.; OLIVEIRA, S. A.; BERTOLIN, D. C. **Roteiro prático da disciplina de produção e tecnologia de sementes: análise da qualidade de sementes** São Paulo: Universidade Estadual Paulista, 2011. 112p.

SADAK, M. S.; RAMADAN, A. A. E. M. Impact of melatonin and tryptophan on water stress tolerance in white lupine. **Physiology and Molecular Biology of Plants**, v.27, n.3, p.469-481, 2021.

SANADA, A.; AGEHARA, S. Characterizing root morphological responses to exogenous tryptophan in soybean (*Glycine max*) seedlings using a scanner-based rhizotron system. **Plants**, v.12, n.186, p.1-14, 2023.

SUDATI, S.; SURYONO, S. Exogenous application of tryptophan and indole acetic acid (IAA) to induce root nodule formation and increase soybean yield in acid, neutral and alkaline soil. **Grivita**, v.37, n.1, p.37-44, 2015.

TAIZ, L.; ZEGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fundamentos de fisiologia vegetal**. Porto Alegre: ARTMED, 2021. 584p.

WAN, J.; ZHANG, P.; Sun, L.; LI, S.; WANG, R.; ZHOU, H.; WANG, W.; XU, J. Involvement of reactive oxygen species and auxin in serotonin-induced inhibition of primary root elongation. **Journal of plant physiology**, v. 229, p 89-99, 2018.

ZIMMERMANN, F. J. P. **Estatística aplicada à pesquisa agrícola**. Santo Antônio de Goiás: EMBRAPA Arroz e Feijão, 2004. 402p.

APÊNDICE A – Quadro de análise de variância (% de germinação)

ANÁLISE DE VARIÂNCIA COM APLICAÇÃO DO TESTE DE F						
CAUSA DA VARIAÇÃO	GL	SQ	QM	F(cal)	F(tab)	(α ;GL;Gres)
DOSES TRIPTOFANO	3	247,065	82,355	77,1	3,01	F(0,05;3;24)
SEA / CEA	1	591,680	591,7	553,83	4,26	F(0,05;1;24)
DOSES X NOR/TFRIO	3	16,090	5,363	5,02	3,01	F(0,05;3;24)
TRATAMENTOS	7	854,835				
RESÍDUO	24	25,640	1,068			
TOTAL	31	880,475				

Efeito das doses dentro de cada tratamento						
DECOMPOSIÇÃO DOS GRAUS DE LIBERDADE DA INTERAÇÃO DOSES X TRAT + GL DO FATOR DOSES						
CAUSA DA VARIAÇÃO	GL	SQ	QM	F(cal)	F(tab)	
SEA / CEA	1					
DOSES(NORMAL)	3	108774,178	36258,059	33938,90	3,01	F(0,05;3;24)
DOSES(TESTE FRIO)	3	87174,438	29058,146	27199,51	3,01	F(0,05;3;24)
RESIDUO	24	25,640	1,068			
TOTAL	31					

Efeito dos tratamentos dentro de cada dose						
DECOMPOSIÇÃO DOS GRAUS DE LIBERDADE DA INTERAÇÃO DOSES X TRAT + GL DO FATOR TRAT						
CAUSA DA VARIAÇÃO	GL	SQ	QM	F(cal)	F(tab)	
DOSES	3					
NOR/TFRIO(DOSE 0,0g)	1	43536,7500	43536,750	40752,03	4,26	F(0,05;1;24)
NOR/TFRIO(DOSE 0,02g)	1	48330,1400	48330,140	45238,82	4,26	F(0,05;1;24)
NOR/TFRIO(DOSE 0,04g)	1	51490,1250	51490,125	48196,68	4,26	F(0,05;1;24)
NOR/TFRIO(DOSE 0,08g)	1	52435,3750	52435,375	49081,47	4,26	F(0,05;1;24)
RESIDUO	24	25,640	1,068			
TOTAL	31					

APÊNDICE B – Quadro de análise de variância (% plântulas anormais)

ANÁLISE DE VARIÂNCIA COM APLICAÇÃO DO TESTE DE F						
CAUSA DA VARIACÃO	GL	SQ	QM	F(cal)	F(tab)	(α ;GL;Gires)
DOSES TRIPTOFANO	3	12,375	4,125	0,8	3,01	F(0,05;3;24)
SEA / CEA	1	4,500	4,5	0,84	4,26	F(0,05;1;24)
DOSES X SEA / CEA	3	539,000	179,667	33,69	3,01	F(0,05;3;24)
TRATAMENTOS	7	555,875				
RESÍDUO	24	128,000	5,333			
TOTAL	31	683,875				

Efeito das doses dentro de cada tratamento

DECOMPOSIÇÃO DOS GRAUS DE LIBERDADE DA INTERAÇÃO DOSES X TRAT + GL DO FATOR DOSES

CAUSA DA VARIACÃO	GL	SQ	QM	F(cal)	F(tab)
SEA / CEA	1				
DOSES(NORMAL)	3	3196,563	1065,521	199,79	3,01
DOSES(TESTE FRIO)	3	3659,313	1219,771	228,71	3,01
RESIDUO	24	128,000	5,333		
TOTAL	31				

Efeito dos tratamentos dentro de cada dose

DECOMPOSIÇÃO DOS GRAUS DE LIBERDADE DA INTERAÇÃO DOSES X TRAT + GL DO FATOR TRAT

CAUSA DA VARIACÃO	GL	SQ	QM	F(cal)	F(tab)
DOSES	3				
NOR/TFRIO(DOSE 0,0g)	1	1716,1250	1716,125	321,77	4,26
NOR/TFRIO(DOSE 0,02g)	1	1646,3750	1646,375	308,70	4,26
NOR/TFRIO(DOSE 0,04g)	1	1732,6250	1732,625	324,87	4,26
NOR/TFRIO(DOSE 0,08g)	1	1732,6250	1732,625	324,87	4,26
RESIDUO	24	128,000	5,333		
TOTAL	31				

APÊNDICE C – Quadro de análise de variância (% sementes mortas ou duras)

ANÁLISE DE VARIÂNCIA COM APLICAÇÃO DO TESTE DE F						
CAUSA DA VARIACÃO	GL	SQ	QM	F(cal)	F(tab)	(α ;GL ₁ ;GL _{res})
DOSES TRIPTOFANO	3	369,090	123,030	20,0	3,01	F(0,05;3;24)
SEA / CEA	1	492,980	493,0	80,19	4,26	F(0,05;1;24)
DOSES X SEA / CEA	3	459,890	153,297	24,94	3,01	F(0,05;3;24)
TRATAMENTOS	7	1321,960				
RESÍDUO	24	147,540	6,148			
TOTAL	31	1469,500				

Efeito das doses dentro de cada tratamento						
DECOMPOSIÇÃO DOS GRAUS DE LIBERDADE DA INTERAÇÃO DOSES X TRAT + GL DO FATOR DOSES						
CAUSA DA VARIACÃO	GL	SQ	QM	F(cal)	F(tab)	
SEA / CEA	1					
DOSES(NORMAL)	3	360,440	120,147	19,54	3,01	F(0,05;3;24)
DOSES(TESTE FRIO)	3	2905,250	968,417	157,53	3,01	F(0,05;3;24)
RESÍDUO	24	147,540	6,148			
TOTAL	31					

Efeito dos tratamentos dentro de cada dose						
DECOMPOSIÇÃO DOS GRAUS DE LIBERDADE DA INTERAÇÃO DOSES X TRAT + GL DO FATOR TRAT						
CAUSA DA VARIACÃO	GL	SQ	QM	F(cal)	F(tab)	
DOSES	3					
NOR/TFRIO(DOSE 0,0g)	1	2185,1250	2185,125	355,45	4,26	F(0,05;1;24)
NOR/TFRIO(DOSE 0,02g)	1	23,8000	23,800	3,87	4,26	F(0,05;1;24)
NOR/TFRIO(DOSE 0,04g)	1	287,2500	287,250	46,73	4,26	F(0,05;1;24)
NOR/TFRIO(DOSE 0,08g)	1	218,0000	218,000	35,46	4,26	F(0,05;1;24)
RESÍDUO	24	147,540	6,148			
TOTAL	31					

APÊNDICE D – Quadros de análise de variância (comp da raiz)

ANÁLISE DE VARIÂNCIA COM APLICAÇÃO DO TESTE DE F						
CAUSA DA VARIACÃO	GL	SQ	QM	F(cal)	F(tab)	(α ;GL;Gires)
DOSES TRIPTOFANO	3	38,717	12,906	49,8	3,01	F(0,05;3;24)
SEA / CEA	1	57,582	57,6	222,29	4,26	F(0,05;1;24)
DOSES X SEA / CEA	3	4,522	1,507	5,82	3,01	F(0,05;3;24)
TRATAMENTOS	7	100,821				
RESÍDUO	24	6,217	0,259			
TOTAL	31	107,038				

Efeito das doses dentro de cada tratamento						
DECOMPOSIÇÃO DOS GRAUS DE LIBERDADE DA INTERAÇÃO DOSES X TRAT + GL DO FATOR DOSES						
CAUSA DA VARIACÃO	GL	SQ	QM	F(cal)	F(tab)	
SEA / CEA	1					
DOSES(SEA)	3	1802,432	600,811	2319,39	3,01	F(0,05;3;24)
DOSES(CEA)	3	988,860	329,620	1272,48	3,01	F(0,05;3;24)
RESÍDUO	24	6,217	0,259			
TOTAL	31					

Efeito dos tratamentos dentro de cada dose						
DECOMPOSIÇÃO DOS GRAUS DE LIBERDADE DA INTERAÇÃO DOSES X TRAT + GL DO FATOR TRAT						
CAUSA DA VARIACÃO	GL	SQ	QM	F(cal)	F(tab)	
DOSES	3					
SEA/CEA(DOSE 0,0g)	1	427,2949	427,295	1649,54	4,26	F(0,05;1;24)
SEA/CEA(DOSE 0,01g)	1	749,1588	749,159	2892,08	4,26	F(0,05;1;24)
SEA/CEA(DOSE 0,02g)	1	752,6819	752,682	2905,68	4,26	F(0,05;1;24)
SEA/CEA(DOSE 0,04g)	1	843,7548	843,755	3257,26	4,26	F(0,05;1;24)
RESÍDUO	24	6,217	0,259			
TOTAL	31					

APÊNDICE E – Quadros de análise de variância (comp da parte aérea)

Efeito das doses dentro de cada tratamento						
DECOMPOSIÇÃO DOS GRAUS DE LIBERDADE DA INTERAÇÃO DOSES X TRAT + GL DO FATOR DOSES						
CAUSA DA VARIACÃO	GL	SQ	QM	F(cal)	F(tab)	
SEA / CEA	1					
DOSES(SEA)	3	29,002	9,667	673,08	3,01	F(0,05;3;24)
DOSES(CEA)	3	6,724	2,241	156,05	3,01	F(0,05;3;24)
RESIDUO	24	0,345	0,014			
TOTAL	31					

Efeito das doses dentro de cada tratamento						
DECOMPOSIÇÃO DOS GRAUS DE LIBERDADE DA INTERAÇÃO DOSES X TRAT + GL DO FATOR DOSES						
CAUSA DA VARIACÃO	GL	SQ	QM	F(cal)	F(tab)	
SEA / CEA	1					
DOSES(SEA)	3	29,002	9,667	673,08	3,01	F(0,05;3;24)
DOSES(CEA)	3	6,724	2,241	156,05	3,01	F(0,05;3;24)
RESIDUO	24	0,345	0,014			
TOTAL	31					

Efeito dos tratamentos dentro de cada dose						
DECOMPOSIÇÃO DOS GRAUS DE LIBERDADE DA INTERAÇÃO DOSES X TRAT + GL DO FATOR TRAT						
CAUSA DA VARIACÃO	GL	SQ	QM	F(cal)	F(tab)	
DOSES	3					
SEA/CEA(DOSE 0,0g)	1	3,4190	3,419	238,04	4,26	F(0,05;1;24)
SEA/CEA(DOSE 0,01g)	1	7,4538	7,454	518,96	4,26	F(0,05;1;24)
SEA/CEA(DOSE 0,02g)	1	8,7633	8,763	610,13	4,26	F(0,05;1;24)
SEA/CEA(DOSE 0,04g)	1	14,1040	14,104	981,98	4,26	F(0,05;1;24)
RESIDUO	24	0,345	0,014			
TOTAL	31					

APÊNDICE F – Quadros de análise de variância (matéria seca)

ANÁLISE DE VARIÂNCIA COM APLICAÇÃO DO TESTE DE F						
CAUSA DA VARIACÃO	GL	SQ	QM	F(cal)	F(tab)	(α ;GL;Gires)
DOSES TRIPTOFANO	3	0,660	0,220	6,9	3,01	F(0,05;3;24)
SEA / CEA	1	0,394	0,4	12,28	4,26	F(0,05;1;24)
DOSES X SEA / CEA	3	0,313	0,104	3,25	3,01	F(0,05;3;24)
TRATAMENTOS	7	1,367				
RESÍDUO	24	0,770	0,032			
TOTAL	31	2,137				

Efeito das doses dentro de cada tratamento

DECOMPOSIÇÃO DOS GRAUS DE LIBERDADE DA INTERAÇÃO DOSES X TRAT + GL DO FATOR DOSES

CAUSA DA VARIACÃO	GL	SQ	QM	F(cal)	F(tab)	
SEA / CEA	1					
DOSES(SEA)	3	7,046	2,349	73,19	3,01	F(0,05;3;24)
DOSES(CEA)	3	2,976	0,992	30,92	3,01	F(0,05;3;24)
RESIDUO	24	0,770	0,032			
TOTAL	31					

Efeito dos tratamentos dentro de cada dose

DECOMPOSIÇÃO DOS GRAUS DE LIBERDADE DA INTERAÇÃO DOSES X TRAT + GL DO FATOR TRAT

CAUSA DA VARIACÃO	GL	SQ	QM	F(cal)	F(tab)	
DOSES	3					
SEA/CEA(DOSE 0,0g)	1	0,0894	0,089	2,79	4,26	F(0,05;1;24)
SEA/CEA(DOSE 0,01g)	1	2,5328	2,533	78,94	4,26	F(0,05;1;24)
SEA/CEA(DOSE 0,02g)	1	3,0327	3,033	94,52	4,26	F(0,05;1;24)
SEA/CEA(DOSE 0,04g)	1	2,8726	2,873	89,53	4,26	F(0,05;1;24)
RESIDUO	24	0,770	0,032			
TOTAL	31					