



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA
DOUTORADO EM FITOTECNIA

KEYLAN SILVA GUIRRA

**TRATAMENTOS DE SEMENTES DE CENOURA COM
FITORREGULADORES**

MOSSORÓ

2021

KEYLAN SILVA GUIRRA

**TRATAMENTOS DE SEMENTES DE CENOURA COM
FITORREGULADORES**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Doutora em Fitotecnia.

Linha de Pesquisa: Tecnologia de Sementes

Orientador: Prof. Dr. Salvador Barros Torres

Coorientadora: Prof.^a. Dra. Leomara Vieira de França Cardozo

MOSSORÓ - RN

2021

©Todos os direitos estão reservados à Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996, e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tornar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata, exceto as pesquisas que estejam vinculadas ao processo de patenteamento. Esta investigação será base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) seja devidamente citado e mencionado os seus créditos bibliográficos.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Biblioteca Central Orlando Teixeira (BCOT)
Setor de Informação e Referência (SIR)

S965t Silva Guirra, Keylan.

TRATAMENTOS DE SEMENTES DE CENOURA COM
FITORREGULADORES / Keylan Silva Guirra. - 2021. 97 f.: il.

Orientador: Salvador Barros Torres.

Coorientadora: Leomara Vieira de França Cardozo.

Tese (Doutorado) - Universidade Federal Rural do Semi-
Árido, Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, 2021.

1. *Daucus carota* L.. 2. Reguladores vegetais. 3.
Bioestimulante. 4. Tiametoxam. 5. Temperatura. I. Barros Torres,
Salvador, orient. II. Vieira de França Cardozo, Leomara, coorient.
III. Título.

Bibliotecário-Documentalista
Nome do profissional, Bib. Me. (CRB-15/10.000)

TRATAMENTOS DE SEMENTES DE CENOURA COM FITORREGULADORES

Tese apresentada ao Doutorado em Fitotecnia do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Doutora em Fitotecnia.

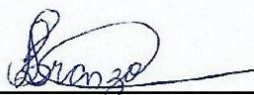
Linha de Pesquisa: Tecnologia de Sementes

Defendida em: 23/12/2021.

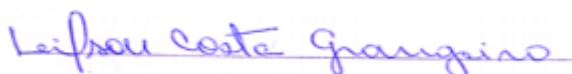
BANCA EXAMINADORA



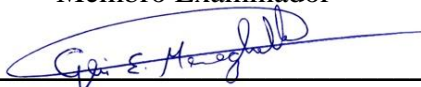
Salvador Barros Torres, Prof. Dr. (EMPARN/UFERSA)
Presidente



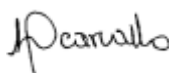
Leomara Vieira de França Cardozo, Prof.^a Dra. (UESPI)
Membro Examinador



Leilson Costa Grangeiro Interno, Prof. Dr. (UFERSA)
Membro Examinador



Géri Eduardo Meneghello, Prof. Dr. (UFPEL)
Membro Examinador



Luzineide Fernandes de Carvalho, Prof.^a Dra. (UFPI)
Membro Examinador

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, ‘que não nos torna infalíveis, nem invencíveis, mas vulneráveis’.

À minha família, pais, irmãos, sobrinhos, cunhados, sogros e avós, raridades que me impulsionam por seus olhares, sorrisos e irreverência. Ao meu esposo, José Eduardo, e filhos, flores belas que me fazem pensar na existência e nos propósitos do Criador.

À Universidade Federal do Semi-Árido – UFERSA e ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia – PPGFITO e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil - CAPES, por possibilitarem meus estudos no programa com qualidade e pelo apoio na pesquisa que deu origem a este trabalho.

Ao professor Salvador Barros Torres, meu orientador, por ser uma mão forte de Deus a guiar e balizar meus escritos. Agradeço também à professora Leomara Vieira de França Cardozo, minha coorientadora, pela gentileza, inspiração e dedicação prestada.

À Universidade Estadual do Piauí, Campus Corrente, por ceder espaço para estágio docência e realização de parte dos experimentos.

À equipe de trabalho e pesquisa por empenho e determinação – Anna Letícia, Francisco Neto, Moadir Leite, Sara Monaliza, Washington Brito, Emanoela Paiva, Kleane Targino, Maria Lília, Ruth Lopes; Marcos Borges; Jaiane Carvalho, Pompeu Júnior, Gustavo Silva e todos do Laboratório de Análise de Sementes (LAS) da UESPI e da UFERSA.

A todos que direta e indiretamente participaram deste processo comigo desde os primeiros anos de estudo – Creuza Guirra, Eliezer Guirra, Marcel Guirra, Elielton Guirra, Bruno Guirra, Eliocy Guirra, Gilberto Nunes, José Eduardo, José Reis, Sílvia Guirra, minhas madrinhas (Maria Cora e Arlete Barbosa), aos professores e funcionários das escolas que fazem parte da minha vida.

Muito Obrigada!

“Digo que muito importa, sobretudo, ter uma grande e muito decidida determinação de não parar enquanto não alcançar a meta, surja o que surgir, aconteça o que acontecer, sofra-se o que se sofrer, murmure quem murmurar, mesmo que não se tenha forças para prosseguir, mesmo que se morra no caminho ou não se suportem os padecimentos que nele há, ainda que o mundo venha abaixo”.

(Santa Teresa D´Ávila, Caminho de Perfeição 21,2)

Ao Semeador, pois...

“...me puseste uma brasa no peito e uma flecha na alma...” (Frei Luiz Turra)

Aos meus pais
Ao meu esposo
Aos meus filhos
Aos meus irmãos

DEDICO

RESUMO GERAL

A cenoura é uma hortaliça de importância econômica e social devido às suas características nutricionais e de cultivo. No entanto, a desuniformidade da germinação de sementes de cenoura e a instabilidade climática afeta o rendimento dessa cultura. O tratamento de sementes pode atenuar os efeitos ambientais causados durante a germinação de sementes. Desta forma, objetivou-se avaliar os efeitos dos tratamentos de sementes de cenoura com fitorreguladores sobre o estresse térmico. O trabalho foi realizado em duas etapas. A primeira foi conduzida no Laboratório de Análise de Sementes do Departamento de Ciências Agrônômicas e Florestais do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA) e a segunda na Universidade Estadual do Piauí (UESPI), Campus Jesualdo Cavalcanti, Corrente, PI. Durante a primeira etapa, foram realizados pré-testes em dois ensaios com sementes de cinco cultivares de cenoura (Alvorada, Brasília, BRS Esplanada, Tellus e Tropical). Para o ensaio I, utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 4 x 5, com quatro concentrações de Stimulate[®] (0, 5, 10 e 15 mL L⁻¹ de água) e cinco cultivares de cenoura. No ensaio II, o delineamento foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial 4 x 5, sendo quatro concentrações de tiametoxam (0; 0,4; 0,8 e 1,2 mL L⁻¹) e as cinco cultivares de cenoura. Na segunda etapa, foram realizados três ensaios, empregando-se a dosagem que proporcionou melhores resultados na primeira etapa para os dois fitorreguladores (10 mL de Stimulate[®] e 1,2 mL de tiametoxam), com posterior submissão das mesmas cultivares de cenoura sob temperaturas de 25, 30 e 35 °C. Nas duas etapas, foram avaliadas as seguintes variáveis: germinação, primeira contagem de germinação, comprimento e massa seca de plântula. As análises bioquímicas do conteúdo de açúcares totais, aminoácidos totais e prolina também foram realizadas nos ensaios da primeira etapa. Os dados foram submetidos à análise da normalidade dos dados pelo teste de Shapiro-Wilk e a análise de variância e teste de média e regressão por meio do programa Sisvar[®]. Os dados também foram submetidos à análise multivariada dos componentes principais, por meio do programa Past 4. Nos resultados do bioestimulante, constatou-se que não houve influência na germinação, mas as plântulas da cv. Tropical, apesar de terem sido menos vigorosas que as demais, apresentaram comprimento 40% superior ao tratamento controle. A cultivar Alvorada teve incremento de metabólitos com o 5 mL do bioestimulante. Ainda na primeira etapa, o bioativador não influenciou a germinação das sementes das cultivares estudadas. As dosagens de 0,4 e 0,8 mL de

tiametoxam para cv. Tropical influenciaram positivamente o desenvolvimento de plântulas, e a dosagem de 1,2 mL do bioativador para a cv. Alvorada foi benéfica ao desenvolvimento de plântulas de cenoura. Na segunda etapa, as cultivares de cenoura tiveram as sementes tratadas com bioestimulante e bioativador apresentaram incrementos no desenvolvimento inicial de plântulas de cenoura quando submetidas as temperaturas de 25 e 30 °C, sendo a temperatura de 35 °C excessiva para germinação das cultivares de cenoura. Assim, conclui-se que os efeitos do tratamento de sementes com os fitorreguladores variam em função da cultivar e temperaturas. Entretanto, pode-se constatar que estes minimizam os efeitos das mudanças climáticas sobre a germinação e estabelecimento da planta em condições adversas de temperatura elevada até 30 °C.

Palavras-chave: *Daucus carota* L.; reguladores vegetais; bioestimulante; tiametoxam; temperatura.

GENERAL ABSTRACT

The carrot is a vegetable of economic and social importance due to its nutritional and cultivation characteristics. However, the uneven germination of carrot seeds and climate instability affect the yield of this crop. Seed treatment can mitigate the environmental effects caused during seed germination. Thus, the objective was to evaluate the effects of treatments of carrot seeds with phytohormones on heat stress. The work was carried out in two stages. The first one was conducted at the Seed Analysis Laboratory of the Department of Agronomic and Forestry Sciences of the Agricultural Sciences Center of the Federal Rural University of the Semi-Arid (UFERSA) and the second one at the State University of Piauí (UESPI), Campus Jesualdo Cavalcanti, Corrente, PI. During the first stage, pre-tests were carried out in two trials with seeds of five carrot cultivars (Alvorada, Brasília, BRS Esplanada, Tellus and Tropical). For test I, a completely randomized design was used, in a 4 x 5 factorial scheme, with four concentrations of Stimulate[®] (0, 5, 10 and 15 mL L⁻¹ of water) and five carrot cultivars. In trial II, the design was completely randomized, in a 4 x 5 factorial scheme, with four concentrations of thiamethoxam (0; 0.4; 0.8 and 1.2 mL L⁻¹) and five carrot cultivars. In the second stage, three tests were carried out, using the dosage that provided the best results in the first stage for the two phytohormones (10 mL of Stimulate[®] and 1.2 mL of thiamethoxam) with subsequent submission of the same carrot cultivars under temperatures of 25, 30 and 35°C. In both stages, the following variables were evaluated: germination, first germination count, seedling length and dry mass. Biochemical analyzes of total sugar, total amino acid and proline content were also performed in the first stage assays. Data were submitted to analysis of data normality using the Shapiro-Wilk test and analysis of variance and mean and regression tests using the Sisvar[®] program. The data were also submitted to multivariate analysis of the main components, through the program Past 4. In the results of the biostimulant, it was found no influence on germination, but the seedlings of cv. Tropical, although they were less vigorous than the others, they presented length 40% longer than the control treatment. The cultivar Alvorada had an increase in metabolites with 5 mL of the biostimulant. Still in the first stage, the bioactivator did not influence the germination of the seeds of the studied cultivars. The dosages of 0.4 and 0.8 mL of thiamethoxam for cv. Tropical positively influenced seedling development and 1.2 mL for cv. Alvorada the bioactivator was beneficial to the development of carrot seedlings. In the second stage, the carrot cultivars whose seeds were treated with biostimulant and

bioactivator showed increases in the initial development of carrot seedlings when subjected to temperatures of 25 and 30 °C, with the temperature of 35 °C being excessive for the germination of carrot cultivars. Thus, it is concluded that the effects of seed treatment with plant growth regulators vary depending on the cultivar and temperatures. However, it can be seen that these minimize the effects of climatic changes on the germination and establishment of the plant in adverse conditions of high temperature up to 30 °C.

Keywords: *Daucus carota* L.; plant regulators; biostimulant; thiamethoxam; temperature.

SUMÁRIO

CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO GERAL E REFERENCIAL TEÓRICO.....	17
1 INTRODUÇÃO.....	17
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	18
2.1 PANORAMA NACIONAL: HORTALIÇAS.....	19
2.1.1 Principais fatores que afetam o setor olerícola.....	21
2.2 ASPECTOS GERAIS DA CENOURA	23
2.3 ESTRESSE VEGETAL	26
2.3.1 Atenuantes de estresse vegetal.....	28
2.4 IMPORTÂNCIA DAS NOVAS TECNOLOGIAS DE SEMENTES.....	30
REFERÊNCIAS.....	31
CAPÍTULO II – DESENVOLVIMENTO INICIAL DE CENOURA TRATADA COM BIOESTIMULANTE.....	39
RESUMO.....	39
ABSTRACT.....	40
1 INTRODUÇÃO	41
2 MATERIAL E MÉTODOS	42
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	43
4 CONCLUSÃO.....	52
5 AGRADECIMENTOS	53
REFERÊNCIAS.....	53
CAPÍTULO III – TRATAMENTOS PRÉ-GERMINATIVO EM SEMENTES DE CENOURA COM BIOATIVADOR	57
RESUMO	57
ABSTRACT.....	58
1 INTRODUÇÃO	59
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	60
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	62
4 CONCLUSÃO.....	71
5 AGRADECIMENTOS.....	71

REFERÊNCIAS.....	72
CAPÍTULO IV – MITIGAÇÃO DO ESTRESSE TÉRMICO NA GERMINAÇÃO E DESENVOLVIMENTO INICIAL DE PLÂNTULAS DE CENOURA POR MEIO DE FITORREGULADORES	77
RESUMO	77
ABSTRACT.....	78
1 INTRODUÇÃO	79
2 MATERIAL E MÉTODOS	80
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	82
4 CONCLUSÃO	91
5 AGRADECIMENTOS	91
REFERÊNCIAS.....	91
CONSIDERAÇÕES FINAIS	97

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Mapa do Conab que mostra regiões que mais forneceram cenoura aos Ceasas em janeiro de 2020. Fonte: Kist et al. (2020). 24
- Figura 2 - A SnRK1 responde a cenários de estresse e privação nutricional. Fonte: Oliveira et al. (2021). 26
- Figura 3 - Estrutura da molécula de prolina adaptada do guia de bioquímica da USP (BASSÈRES, 2020) e Rota da prolina (RAMOS, 2019). 27
- Figura 4 - Características do desenvolvimento inicial (A. Germinação; B. Primeira contagem) de plântulas de cinco cultivares de cenoura (Alvorada, Brasília, BRS Esplanada, Tellus e Tropical), tratadas com Stimulate[®] nas dosagens de 0, 5, 10 e 15 mL. 44
- Figura 5 - Comprimento de plântulas de cinco cultivares de cenoura (Alvorada, Brasília, BRS Esplanada, Tellus e Tropical), tratadas com Stimulate[®] nas dosagens de 0, 5, 10 e 15 mL. 47
- Figura 6 - Características bioquímicas (A. Açúcares totais; B. Aminoácidos totais) de plântulas de cinco cultivares de cenoura (Alvorada, Brasília, BRS Esplanada, Tellus e Tropical), tratadas com Stimulate[®] nas dosagens de 0, 5, 10 e 15 mL. 49
- Figura 7 - Análise de componentes principais de cultivares de cenoura (A. Germinação, B. Primeira contagem, C. Comprimento de plântulas, D. Massa seca de plântulas, E. Açúcares solúveis totais, F. Aminoácidos totais e G. Prolina). 52
- Figura 8 - Características do desenvolvimento inicial (A. Germinação; B. Primeira contagem) de plântulas de cinco cultivares de cenoura (Alvorada, Brasília, BRS Esplanada, Tellus e Tropical), tratadas com bioativador nas doses de 0; 0,4; 0,8; 1,2 mL. 63
- Figura 9 - Comprimento de plântulas (A) e massa seca de plântulas (B) de cinco cultivares de cenoura (Alvorada, Brasília, BRS Esplanada, Tellus e Tropical), tratadas com bioativador nas doses de 0; 0,4; 0,8; 1,2 mL. 65
- Figura 10 - Características bioquímicas (A. Açúcares totais; B. Aminoácidos totais; e C. Prolina) de plântulas de cinco cultivares de cenoura 67

(Alvorada, Brasília, BRS Esplanada, Tellus e Tropical), tratadas com bioativador nas doses de 0; 0,4; 0,8; 1,2 mL.

- Figura 11 – Análise de componentes principais de cultivares de cenoura (A. 71
Germinação, B. Primeira contagem, C. Comprimento de plântulas,
D. Massa seca de plântulas, E. Açúcares solúveis totais, F.
Aminoácidos totais e G. Prolina).
- Figura 12 – Germinação (A) e primeira contagem (B) de cinco cultivares de 83
cenoura (Alvorada, Brasília, BRS Esplanada, Tellus e Tropical),
tratadas com o bioestimulante (Stimulate[®] - ST) e o bioativador
(tiametoxam - TMT), sob temperatura de 25 °C.
- Figura 13 – Comprimento de plântulas (A) e massa seca de plântulas (B) de 84
cinco cultivares de cenoura (Alvorada, Brasília, BRS Esplanada,
Tellus e Tropical), tratadas com o bioestimulante (Stimulate[®] -
ST) e o bioativador (tiametoxam - TMT), sob temperatura de 25
°C.
- Figura 14 – Análise de componentes principais de cultivares de cenoura (A. 86
Germinação, B. Primeira contagem, C. Comprimento de plântulas,
D. Massa seca de plântulas), tratadas com o bioestimulante
(Stimulate[®] - ST) e o bioativador (tiametoxam - TMT), sob
temperatura de 25 °C.
- Figura 15 – Germinação (A) e primeira contagem (B) de cinco cultivares de 87
cenoura (Alvorada, Brasília, BRS Esplanada, Tellus e Tropical),
tratadas com o bioestimulante (Stimulate[®] - ST) e o bioativador
(tiametoxam - TMT), sob temperatura de 30 °C.
- Figura 16 – Comprimento de plântulas (A) e massa seca de plântulas (B) de 88
cinco cultivares de cenoura (Alvorada, Brasília, BRS Esplanada,
Tellus e Tropical), tratadas com o bioestimulante (Stimulate[®] -
ST) e o bioativador (tiametoxam - TMT), sob temperatura de 30
°C.
- Figura 17 – Análise de componentes principais de cultivares de cenoura (A. 90
Germinação, B. Primeira contagem, C. Comprimento de
plântulas, D. Massa seca de plântulas), tratadas com o

bioestimulante (Stimulate[®] - ST) e o bioativador (tiametoxam - TMT), sob temperatura de 30 °C.

Figura 18 – Sementes de cenoura submetidas a teste de germinação com (A) água (Controle), (B) bioestimulante (Stimulate[®]) e (C) bioativador (tiametoxam), sob temperatura de 35 °C. 90

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	– Algumas cultivares de cenoura e suas características. Adaptado de Embrapa Hortaliças e catálogo de sementes.	25
Tabela 2	– Resumo da análise de variância para as variáveis primeira contagem (PC), porcentagem de germinação (G), comprimento de plântulas (CP) e massa seca de plântulas (MSP), açúcares solúveis totais (AST), aminoácidos totais (AT) e prolina (PRO) de cenoura submetidas ao tratamento de sementes com bioestimulante.	43
Tabela 3	– Resumo da análise de variância para as variáveis de germinação (G), primeira contagem (PC), comprimento de plântulas (CP) e massa seca de plântulas (MSP), açúcares solúveis totais (AST), aminoácidos totais (AT) e prolina (PRO) de cultivares de cenoura submetidas ao tratamento de sementes com bioativador.	62
Tabela 4	– Resumo da análise de variância para as variáveis primeira contagem (PC), porcentagem de emergência (G), comprimento de plântulas (CP) e massa seca de plântulas (MSP) de cenoura submetidas ao tratamento de sementes com produtos (bioestimulante e bioativador) em diferentes temperaturas (25 °C e 30 °C).	82

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO GERAL E REFERENCIAL TEÓRICO

1 INTRODUÇÃO

A humanidade passa por transformações nos hábitos sociais, crises de ordem econômica e sanitária. Movimentos que se intensificam a cada momento e, associado a estes, se destaca o peso das mudanças climáticas. Por essa razão, vários setores e esferas do conhecimento necessitam se alinhar, transformar e atualizar constantemente (GAERTNER, 2020).

Em relação às mudanças climáticas, um dos setores mais impactados é o da agricultura. Por isso, os esforços de órgãos internacionais e nacionais têm se intensificado tanto para aumentar a produção vegetal quanto as cadeias produtivas envolvidas (SANTOS et al, 2020). A aplicação de técnicas modernas que viabilizem procedimentos mais eficientes, respeitando os objetivos para um desenvolvimento sustentável da agenda 2030 (DIAS, 2020), torna-se parâmetro decisivo para o sucesso de empreendimentos agropecuários que pretendem acompanhar a era da agricultura 5.0 (NOGUEIRA et al., 2021).

Instituições nacionais, como a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), e internacionais, como a Organização das Nações Unidas (ONU) e a Organização Mundial da Saúde (OMS), alertam para o consumo sustentável de alimentos. Além disso, a população necessita de alimentos mais saudáveis, ideia que fortalece a importância da diversificação dos cultivos e estabilidade da oferta dos produtos agrícolas (EMBRAPA, 2012).

O Brasil tem potencial de aumentar em até 41% sua produção agrícola para atender à demanda mundial de alimentos nos próximos anos, a partir do desenvolvimento da pesquisa agropecuária (OLIVEIRA, 2020). Nesse sentido, a ONU recomenda aos países que adotem medidas para atenuar ou resolver os problemas relacionados à agricultura sem esquecer as preocupações ambientais e sociais.

As hortaliças podem ser enquadradas como alimentos reguladores, funcionais, na medida em que possuem em sua composição nutrientes, vitaminas, minerais etc., essenciais ao bom funcionamento do corpo humano (TESSARINI; PEREIRA; PEREIRA, 2021). Dentre as espécies de hortaliças, a cenoura (*Daucus carota* L.) tem

ganhado atenção. Esta cultura é originária de regiões de clima ameno (MELO, 2012), mas em virtude da sua potencialidade para agricultores familiares e de suas qualidades nutricionais, apesar de ser cultivada no Brasil há algum tempo, tem despertado ainda mais atenção dos produtores das mais diversas localidades do nosso país. No entanto, as condições edafoclimáticas dificultam o cultivo da espécie em regiões do semiárido brasileiro. Por isso, recursos técnicos têm sido amplamente estudados, a exemplo dos atenuantes de estresses vegetais, para possibilitar a produção desse tipo de alimento em larga escala nos mais variados locais (ALVES et al., 2021).

As mudanças climáticas ampliam os efeitos dos estresses abióticos que afetam negativamente o crescimento, a produtividade e a qualidade das plantas (KUL; ZHANG; SOLANGI, 2020). Tornam-se imprescindível, portanto, medidas que reduzam esses efeitos deletérios. Para isso, são importantes testes de germinação e vigor das culturas para identificação de diferenças em seu potencial fisiológico (MARCOS FILHO, 2015).

Dentre os recursos técnicos, destaca-se o tratamento de sementes como mitigador de estresses, principalmente com o uso de reguladores vegetais (fitorreguladores). A eficiência dessa técnica foi verificada em várias culturas, desde espécies forrageiras até hortícolas. O bioestimulante, por exemplo, influenciou positivamente sementes de beterraba (BRAUN, 2010), maxixe (OLIVEIRA et al., 2017), soja (PEREIRA et al., 2021), milho doce (CARMO et al., 2021) e cenoura (VIEIRA et al., 2021). Com o tiametoxam (bioativador), a germinação de sorgo foi positivamente influenciada (PERALES-ROSAS et al., 2019); este também promoveu efeitos fisiológicos na germinação de alface (DEUNER et al., 2014), feijão (BORGES et al., 2015), feijão-caupi (COSTA et al., 2017), soja (CAMILO; LAZARETTI, 2020).

Assim, a utilização de fitorreguladores vegetais no tratamento de sementes pode aumentar os índices agrônômicos das culturas até em condições de estresses abióticos. Deste modo, objetivou-se avaliar os efeitos das dosagens de fitorreguladores no tratamento de sementes de cenoura visando à mitigação do estresse térmico.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

A Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO) afirma que mais de 90% das culturas tradicionais ‘simplesmente’ desapareceram (FAO, 2018). Para assegurar o futuro de diversas fontes de alimentos saudáveis e nutritivos, a biodiversidade agrícola é fundamental (ANTUNES, 2020).

Somando-se a esse panorama, surgem outros impasses, pois, segundo as previsões da ONU, até 2030 a demanda por água no mundo pode aumentar em 50%, deixando os recursos agrícolas ainda mais escassos. Para contornar esse problema, a FAO recomenda que sejam adotadas medidas afirmativas na agricultura. Além do mais, estima-se que até 2050 teremos o desafio de alimentar nove bilhões de pessoas (SILVA, 2018). Para alimentar essa população, é importante diversificar o plantio e reduzir o desperdício, que representa um terço do que é produzido (GOLDFRAY et al., 2010).

2.1 PANORAMA NACIONAL: HORTALIÇAS

A resposta ao desafio de alimentar a população crescente é bastante complexa, pois o setor de hortaliças é muito dinâmico, o que confere certo desconforto aos produtores e novos investidores. A crise econômica de 2015 provocou baixa rentabilidade no setor de hortaliças, com restabelecimento da produção somente em 2017 (KIST et al., 2018).

Com a elevação da produção dos produtos hortícolas no ano de 2017, gerou-se excedente destes, obrigando os produtores a reduzir os preços. Por se tratar de um ramo da agricultura instável, quando os agricultores têm que lidar com as incertezas climáticas, o problema se agrava, como ocorrido em 2018 devido ao fenômeno La Niña (KIST et al., 2018).

Em 2019, esperava-se o aumento do plantio em virtude do número de adultos que passaram a consumir hortaliças, com crescimento de aproximadamente 17,8%. Entretanto, os hábitos de consumo de hortaliças são restritos a poucas espécies, se concentrando em tomate e batata (aproximadamente 50%). Outras hortaliças, como cebola, cenoura, batata-doce e alho, somavam 16% entre outras hortaliças que compunham o prato dos brasileiros (KIST et al., 2018).

Esse fato não é por acaso: ao longo dos anos os hábitos alimentares adquiridos pelos brasileiros não sofreram muitas alterações. Em pesquisas realizadas pelo IBGE nos anos de 2008 e 2009, sobre a composição de hortaliças nos domicílios brasileiros, foram encontradas as seguintes informações - aproximadamente 48% das hortaliças obtidas eram basicamente tomate e cebola. Em outras palavras, das nove hortaliças restantes que foram relatadas no estudo, estas não somavam 38% (CANELLA et al., 2018).

Se por um lado as aquisições de hortaliças pela população parecem não ter mudado e até aparentam regularidades de demandas, por outro lado, os agricultores

devem ter em mente que as hortaliças estão expostas a incertezas climáticas e a vários fatores adversos que podem colocar em risco esse agronegócio, evidenciando o perigo de deixar a economia agrícola a cargo de poucas culturas, pois é obvio que a redução da produtividade dessas culturas põe em risco toda uma cadeia produtiva.

No Brasil, por exemplo, nem todas as regiões geográficas possuem clima favorável para as hortaliças. Essa condição climática ocorre com bastante frequência devido a uma combinação de fatores, dentre eles, o fenômeno El Niño. No Oceano Pacífico, o aquecimento no Atlântico Norte e mudanças climáticas já conhecidas em termos mundiais renderam ao Ceará aumento de 1,3 °C em sua temperatura, nos últimos 50 anos (AFP, 2017).

O setor hortícola demonstra grande instabilidade quando analisamos os anos de 2017/18, tendo a área de hortaliças recuado aproximadamente 3,4%. Além disso, mesmo com a diminuição do desemprego, o consumo de hortaliças continuou retraído como reflexo da crise de 2015. A expectativa de crescimento do PIB era de 2,62% para 2018. Nesse mesmo ano, o câmbio tendia à estabilidade, o que era bastante positivo para o setor de hortaliças, pois estimularia a exportação. Os insumos também não sinalizavam alta de preço e a taxa de juros estava menor, representando mais crédito disponível aos produtores (APAC, 2018). No entanto, em 2021 o comércio de hortaliças nos Ceasas apresentou queda de 8% em comparação ao ano anterior no mesmo período de análise (CONAB, 2021).

Contradizendo o excedente de hortaliças, no período de 2017 foi estimado que 1,5 bilhão de pessoas tiveram problemas de saúde devido a deficiências nutricionais relacionadas a micronutrientes, afetando sua qualidade de vida. Por essa razão, a comunidade internacional alerta os governos para a importância de uma alimentação mais saudável (SILVA, 2018).

Como nem todos os alimentos possibilitam essas qualidades, a saída para uma alimentação funcional tem sido a diversidade alimentar, em que as hortaliças possuem bastante destaque, pois são ricas em nutrientes, fibras, vitaminas, minerais com funções benéficas e propriedades vitais à saúde (MORAES; COLA, 2006). No entanto, os consumidores encontram resistências por parte dos agricultores, que têm dificuldades de produzir alimentos visando a essas especificações relacionadas à qualidade nutricional das hortaliças.

A agricultura dos estados nordestinos pode avançar nesse sentido e trabalhar para modificar a mentalidade que se formou ao longo dos anos, apontando a ideia de uma

região desolada. Isso acontece em grande medida porque a importância devida à convivência com o semiárido ainda é colocada em segundo plano. Parte considerável dos produtores rurais ainda escolhe a monocultura como carro chefe de sua economia.

Tais paradigmas deixam parte dos produtores engessada, pois diversificar os cultivos seria uma solução viável principalmente para manter um orçamento familiar equilibrado. Muitas culturas não habituais já estão sendo aclimatadas ao semiárido nordestino. Dentre elas, podemos destacar a cenoura, pois desempenha relevante papel na geração de empregos e renda.

A nova demanda com enfoque em produtos alimentícios mais nutritivos deve impulsionar os produtores agrícolas a trabalhar com diversas espécies de hortaliças, inclusive em regiões sem tradição para estas. Os gastos com transporte, insumos e mão-de-obra elevam bastante o preço das hortaliças (CNA, 2017), que têm sua produção concentrada no Sul e Sudeste do país (IBGE, 2016). Então, os agricultores devem estar atentos ao panorama de produção de hortaliças e produzir culturas que tenham as características nutricionais, econômicas e sociais que permitam ótimas produtividades com a devida sustentabilidade e permitam desenvolvimento local.

2.1.1 Principais fatores que afetam o setor olerícola

As mudanças climáticas provocam alterações em todas as formas de vida do planeta e, por essa razão, a Organização das Nações Unidas tem alertado os países a tomarem medidas urgentes para interromper e/ou atenuar os efeitos das mudanças climáticas, conforme preconizado no Objetivo 13 do Desenvolvimento Sustentável pautado na Agenda 2030.

Os efeitos das mudanças climáticas provocam grande incerteza para a economia e para a biodiversidade do país. A atividade agrícola, conseqüentemente, também será afetada. No entanto, devido a zonas climáticas distintas, as regiões serão impactadas de maneiras diferentes (FERREIRA, 2017). No nordeste brasileiro, a capacidade de oferta de produtos agrícolas e a exportação para outras regiões ficarão comprometidas. Estudos recentes apontam que, nessa região, além desses impactos, as alterações poderão aumentar a desigualdade social (SANTOS; ALVES, 2020).

O Brasil deve fortalecer sua agricultura como um todo. É urgente a diversificação de cultivos, fortalecimento do setor de hortaliças e utilização de tecnologias de sementes

que reduzam custos de produção. Os métodos devem ser sustentáveis e garantir aos agricultores independência de comercialização mercadológica mais justa.

A dependência de cultivos relacionados ao agronegócio de commodity confere vulnerabilidade aos demais produtores que não conseguem competir, em virtude dos gastos com aquisição de sementes e capacidade de abastecer regularmente o mercado nacional. Uma economia atrelada a poucos produtos põe em risco o agronegócio do país. Para se ter uma ideia de tal informação, basta analisar a declaração do presidente da França, Emmanuel Macron, sobre a importação de produtos de países que não tomam medidas mais veementes contra o desmatamento, pretendendo ficar independente de produtos como a soja do Brasil, que abastece 88% da União Europeia (PÉCHY, 2021).

Com a pandemia COVID-19, o setor de alimentos, em particular o de hortaliças, também mostrou vários pontos de vulnerabilidade, dentre eles o setor de insumos, principalmente quanto à entrega de sementes, elevação de preços, as alterações no hábito de consumo, assim como o nível de abastecimento das hortaliças nos pontos de venda (NASCIMENTO, 2020). O período favoreceu o crescimento de setores de alimentação relacionados à entrega rápida, causando restrições de demanda dos produtos olerícolas, que são alimentos mais perecíveis (MACEDO, 2020).

Esse evento global de ordem sanitária desperta um senso de introspecção e reflexão, mas essas mudanças nas cadeias produtivas do setor agropecuário já vêm ocorrendo há tempos e só ganharam força neste período. A demanda por alimentos mais saudáveis é uma tendência que provavelmente será reestabelecida no pós-pandemia. Portanto, não será incomum que grande parte da população repense seus valores e modos de vida, procurando hábitos mais saudáveis.

Para que os agricultores possam ter oferta, preços acessíveis de seus produtos, bons índices agronômicos e com qualidade nutricional devem optar por métodos que diminuam custo de produção e atendam às novas exigências nutricionais. As hortaliças podem ser enquadradas como alimentos reguladores, funcionais, pois possibilitam o bom funcionamento do corpo humano, conforme já enfatizado. Dentre elas, a cenoura tem se destacado, pois é uma olerícola de grande importância nutricional, social e econômica, com elevada geração de emprego e renda (EMBRAPA, 2012).

2.2 ASPECTOS GERAIS DA CENOURA

A cenoura tem origem conhecida há mais de 5.000 anos na região da Caxemira, no Afeganistão. No século XII, foi introduzida na Europa pelos mouros possuindo formas cilíndricas e diversas cores. Com os holandeses, no século XVI, iniciou-se a domesticação e seleção dos tipos carotênicos ou alaranjados (MELO, 2012).

O cultivo de cenoura possui grande importância econômica e sua demanda é principalmente para consumo *in natura*. Também pode ser consumida minimamente processada, na forma de seleta de legumes, alimentos infantis, bolos, coloração de iogurte e constituição de cosméticos.

Em relação à composição nutricional, é rica em minerais, fibras, vitamina E, ácido fólico e carotenoides, precursor da vitamina A, essencial para a saúde e prevenção de cegueira. O consumo da cultura pode fornecer mais de 30% das necessidades desta vitamina em pessoas do mundo inteiro (MELO, 2012), sendo utilizada ainda para outros fins medicinais como amenizar os sintomas da tensão pré-menstrual (TPM) e estimular o sistema imunológico (MARCELINO, 2017).

Em termos de produção, a China produz 31% do valor mundial desta cultura, seguida por Rússia e Estados Unidos. O Brasil ocupa o 5º lugar, sendo que os brasileiros consomem em média $5,3 \text{ kg}^{-1} \text{ capita}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ (DOSSA; FUCHS, 2017). Dentre os principais estados produtores do país estão Minas Gerais, São Paulo, Rio Grande do Sul, Paraná, Bahia e Goiás com 90% da produção Nacional. O cerrado de Minas Gerais possui 40 a 50% da área total cultivada no país, destacando-se os municípios de São Gotardo, Santa Juliana e Carandaí. O Nordeste não produz 10% do montante nacional (CNA, 2017).

A área cultivada de hortaliças na safra de 2017/2018 teve indicativo de queda em 7,2% devido às condições adversas do clima, fato que já vem acarretando problemas nesse sentido há alguns anos. Entretanto, o cultivo de cenoura possui dados expressivos. Nesse mesmo ano, a produção de cenoura foi responsável pela movimentação de 176 milhões de dólares. A maior parte dessas Produções é comercializada *in natura*. Quanto ao destino da comercialização, 50% da produção vão para Ceasas do país. No entanto, as perdas ainda são elevadas, chegando a 30% (CNA, 2017).

Os preços da cenoura têm influência direta do comportamento da produção mineira, mais precisamente na região de São Gotardo-MG. Não se deve esquecer que todas as regiões nas quais existe produção significativa da raiz também tiveram

desempenho favorável, muito influenciado pela estabilidade de temperatura, o que beneficiou a produtividade (CONAB, 2019).

Em 2019, as principais regiões produtoras no Brasil obtiveram bons rendimentos no preço da cenoura; contudo, os produtores, em 2020 (Figura 1), tiveram queda de rendimento (-5,5%) devido às variações climáticas nas safras de verão e inverno (KIST et al., 2020).



Figura 1. Mapa do Conab que mostra regiões que mais forneceram cenoura aos Ceasas em janeiro de 2020. Fonte: Kist et al. (2020).

Para atender a essa produção, existe uma necessidade anual de sementes de aproximadamente 140 toneladas, que até então era suprida inteiramente pela importação (GRANJEIRO et al., 2012). Tal situação fica mais evidente com a manifestação do senhor Marcelo Rodrigues Pacotte, Diretor Executivo da Associação Brasileira do Comércio de Sementes e Mudas (ABCSEM), que relata a necessidade flexibilização das regras de importação, principalmente pelo alto volume de sementes importadas anualmente para atendimento da demanda interna do país (PEDROSO, 2020).

Além disso, para otimizar o estabelecimento da cultura em campo são necessárias sementes de elevada qualidade, capazes de germinar rápido e uniformemente, pois a aquisição de sementes corresponde a 4% dos custos de produção (KIST et al., 2021). No Nordeste, a maior parte da comercialização desta cultura vem de entrepostos da Bahia e Pernambuco, onerando muito a movimentação financeira, sem contar que a produção

depende da obtenção de sementes de boa qualidade. Em 2017, o mercado de sementes desta cultura movimentou 15 milhões de dólares (CNA, 2017).

As sementes de cenoura são provenientes de esquizocarpo, com período de florescimento bastante amplo, tendo frequentemente desuniformidade da germinação das sementes. As cultivares de verão formam as raízes sob temperatura de 18 a 25 °C, com germinação ótima de 8 a 35 °C. Entretanto, 65% dos cultivos ativos do Brasil são de cultivar de polinização aberta, representados principalmente pelo grupo Brasília, que está adaptada para clima de ameno a quente (MELO, 2012).

As cultivares de cenoura em nosso país são agrupadas de acordo com sua adaptação termoclimática em cultivares de outono-inverno e de primavera-verão. Os híbridos são desenvolvidos no exterior e nem sempre estão adaptados às condições agroecológicas tropicais. As sementes dos híbridos que lideram o mercado, custam, em média, dez vezes mais que as cultivares de polinização aberta. Em vista disso, torna-se praticamente inviável o uso dessas sementes pelos produtores de baixo nível tecnológico (NICK; BORÉM, 2016).

Tabela 1. Algumas cultivares de cenoura e suas características. Adaptado de Embrapa Hortaliças e catálogo de sementes. Fonte: Souza et al. (2008).

Cultivar	Grupo varietal	Ciclo (dias)	Clima favorável
Alvorada	Brasília	100-105	Ameno/quente
Brasília	Brasília	90-100	Ameno/quente
BRS Esplanada	Brasília	90	Ameno/quente
Tropical	Brasília	80-90	Ameno/quente
Tellus	Nantes	110	Inverno

Muitos métodos também têm sido utilizados para solucionar esse problema ligado ao clima, tais como o uso de reguladores de crescimento para reduzir ou até cessar os efeitos de fatores adversos na qualidade das sementes. Os produtores ficam temerosos quanto ao seu cultivo em ambientes semiáridos, entretanto alguns agricultores se lançam nessas novas tecnologias e, a passos curtos, começam seus cultivos no Nordeste. Sendo recente na região, a espécie enfrenta problemas, como estresses abióticos, que se refletem na produtividade da cultura.

2.3 ESTRESSE VEGETAL

O estresse vegetal ocorre quando a planta enfrenta condição ambiental adversa, inviabilizando que esta alcance seu potencial genético pleno. A exposição repetida ao estresse ambiental melhora a resposta das plantas, fazendo-as se aclimatarem, o que pode ser revertido se as condições iniciais se alterarem. Porém, se as mudanças genéticas em uma população vegetal são fixadas ao longo de muitas gerações por pressão ambiental seletiva, estas respondem às flutuações ambientais por meio da aclimação.

Em condições de estresse, sejam elas determinadas por privação nutricional ou respostas ambientais adversas, a sinalização mediada por açúcares limita severamente o crescimento da planta e/ou a produtividade das cultivares. No centro desta regulação, encontra-se a proteína 110 quinase SnRK1 (Figura 2), a qual sofre ativação quando os níveis de energia diminuem, desencadeando grandes mudanças metabólicas e transcricionais que promovem a tolerância ao estresse e a sobrevivência. Os açúcares também são conhecidos reguladores da SnRK1. Os açúcares têm efeito inibitório na atividade de SnRK1, primordialmente em tecidos juvenis (OLIVEIRA et al., 2021).

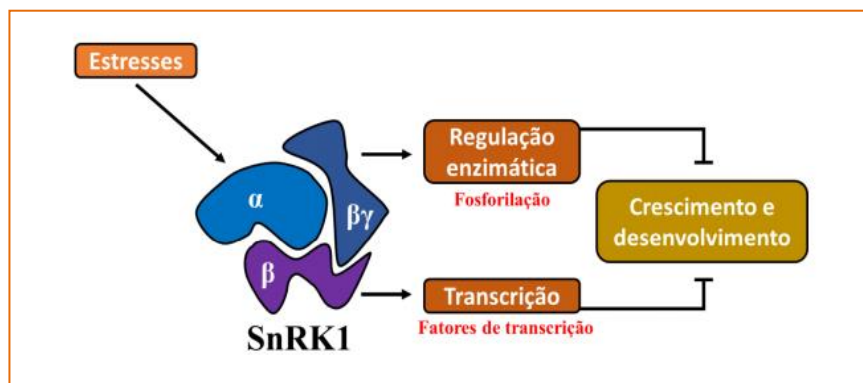


Figura 2. A SnRK1 responde a cenários de estresse e privação nutricional. Fonte: Oliveira et al. (2021).

O crescimento e desenvolvimento das plantas são sustentados por processos como a fotossíntese, a qual converte luz em energia química na forma de açúcares. Além de desempenharem papel metabólico importante, estes mesmos açúcares atuam como moléculas sinalizadoras, coordenando sua produção, distribuição e armazenamento.

Então, o estresse ambiental também pode transformar a compartimentalização de processos metabólicos, isolando-os de outros componentes celulares. A maioria dos estresses resulta na produção de EROS, que podem desencadear processos autocatalítico de oxidação de membranas e morte celular. Os mesmos extremos de temperatura que

podem inibir a atividade enzimática afetam a fluidez de membranas (TAIZ et al., 2019), pois as altas temperaturas induzem a liberação de lipídeos devido à liquefação protoplasmática (LOPES; LIMA, 2015). As enzimas metabólicas muitas vezes têm ótimos de atuação em temperaturas diferentes. A elevação ou diminuição da temperatura podem inibir um subconjunto de enzimas, sem afetar outras enzimas na mesma rota ou em rotas conectadas.

Os estudos a respeito de estresse são direcionados ao entendimento dessas respostas das plantas. Para a produção de aminoácido, por exemplo, necessita-se de nitrogênio e enxofre, que são componentes das suas moléculas (MALAVOLTA, 1997). A função está relacionada à construção de várias vias de biossíntese, as quais são importantes os metabólitos secundários (DINKELLOO et al., 2018). O glutamato pode ser considerado um aminoácido chave em plantas por ser utilizado em várias rotas biossintéticas (TAIZ et al., 2017), como base de formação da prolina.

A prolina é um aminoácido que pode atuar no sistema de defesa da planta, atuar como molécula sinalizadora, podendo induzir o aumento da atividade antioxidante em resposta a diferentes estresses (GILL; TUTEJA, 2010; REJEB et al., 2014). Essa resposta de tolerância pode estar vinculada ao grupo amino desta molécula (Figura 3), que é mantido em uma configuração rígida que reduz a flexibilidade estrutural das regiões polipeptídicas (NELSON; COX, 2019).

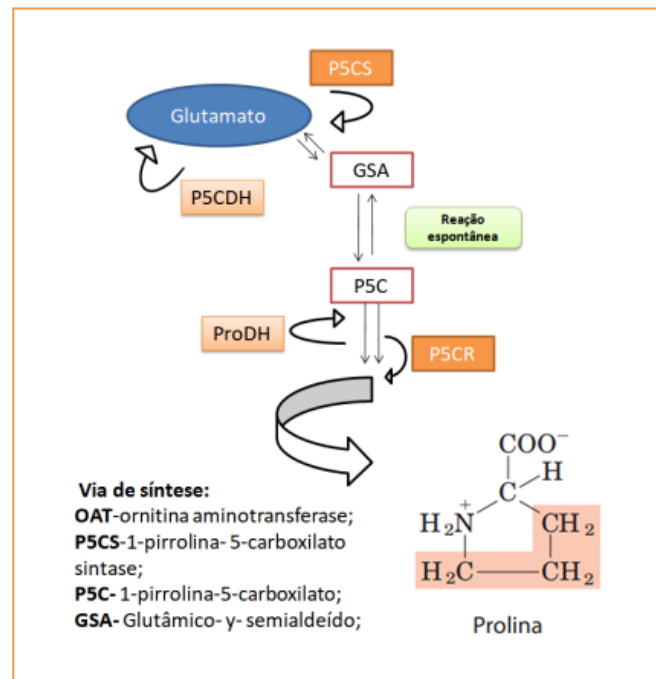


Figura 3. Estrutura da molécula de prolina adaptada do guia de bioquímica da USP (BASSÈRES, 2020) e Rota da prolina (RAMOS, 2019).

2.3.1 Atenuantes de estresse vegetal

São conceituados como hormônios vegetais sintéticos ou naturais nutrientes compostos orgânicos ou substâncias que possuem a ação medicamentosa, podendo ser utilizados como atenuantes de estresses abióticos e bióticos impostos às plantas (PEREIRA, 2010).

Vários manejos e tecnologias atenuam os efeitos deletérios provenientes de estresse abióticos impostos às plantas. A ação positiva dos biorreguladores têm promovido resultados positivos, em decorrência do fortalecimento metabólico ou fisiológico que as plantas tratadas com esses produtos adquirem ao serem submetidas às condições estressantes (SOUSA et al., 2020). Estes atenuantes de estresse vegetal podem ser classificados em hormônios vegetais (exógenos e endógenos), biorreguladores, bioestimulantes e bioativadores, dentre os quais chamaremos a atenção para estes dois últimos.

Os bioestimulantes podem ser definidos como misturas de fitorreguladores ou mistura de um ou mais reguladores com outros compostos de natureza química diferente (aminoácidos, vitaminas, sais minerais, etc.) e até mesmo microrganismos. Entretanto, poucas pesquisas têm sido divulgadas sobre os numerosos bioestimulantes aplicados nas condições tropicais, valendo destacar o Stimulate[®] (MORZELLE et al., 2017).

O Stimulate[®] é um bioestimulante muito utilizado na agricultura. É um produto produzido pela empresa Stoller, no Brasil desde 1995, com estudos sobre o potencial e posicionamento do produto no mercado. Este tem sido usado como regulador de desenvolvimento vegetal, pois é fonte dos hormônios giberelina, auxina e citocinina.

Muitos benefícios relacionados à redução de estresse têm sido relacionados ao uso desse bioestimulante. Alguns com ação direta sobre o ambiente e outros são tidos como coadjuvantes, mas que podem ter efeitos diretos nas plantas, promovendo fortalecimento metabólico ou fisiológico. Condições essenciais para as plantas sobressaírem em condições estressantes do meio ambiente (SOUSA et al., 2020).

Vários trabalhos mostram a viabilidade deste bioestimulante na germinação de sementes, fato explicado pela ação das giberelinas (GA₃), que atuam na quebra de dormência e mobilização de reservas do endosperma (TAIZ et al, 2017). A aplicação de Stimulate[®] apresentou efeitos benéficos quanto à germinação de arroz sob estresse térmico (GROHS et al. 2016); e de sementes de beterraba sob estresse hídrico (BRAUN,

2010). Esses resultados estão associados ao modo de ação dos reguladores constituintes do produto.

As giberelinas estão relacionadas diretamente ao processo germinativo e alongamento celular. O ácido giberélico aumenta a produção de alfa-amilase ao nível da transcrição gênica. A alfa-amilase e a beta-amilase são enzimas responsáveis pela degradação inicial do amido. O equilíbrio entre as giberelinas e auxinas, assim como os demais reguladores vegetais, interfere na germinação e no acúmulo de metabólitos na plântula (TAIZ et al., 2017).

Alguns autores descrevem a ação nula dos bioestimulantes quando estudaram diferentes produtos no tratamento de milho, soja e feijão (BONTEMPO et al., 2016). Outros estudos somente com sementes de milho também não obtiveram resultados positivos quanto à melhoria da qualidade de sementes após tratamento com bioestimulantes (SILVA et al., 2008). Entretanto, os resultados obtidos nas pesquisas têm sido contraditórios relativamente à utilização especificamente do bioestimulante Stimulate[®].

Quanto à utilização dos compostos bioativadores como, por exemplo, o tiametoxam, muitos estudos apontam que este aumenta a tolerância às condições adversas de solo, temperaturas elevadas, injúrias nos tecidos e deficiência nutricional de muitas culturas (CASTRO, 2007), além de possibilitar maior taxa fotossintética, aumento de fitomassa e melhor expressão do vigor em várias espécies (ALMEIDA et al., 2012). Esse inseticida neonicotinoide também foi relacionado ao estímulo fisiológico de sementes de feijão (BORGES et al., 2015); além do bom desempenho de sementes de cenoura submetidas ou não ao estresse hídrico (ALMEIDA et al., 2009).

Em 2014, o tiametoxam teve participação de aproximadamente US\$ 3,7 bilhões no mercado global. Contudo, não é o suficiente para retirar esse neonicotinoide da lista de contradições, principalmente quando se refere ao tratamento de sementes. Muitas informações são apresentadas na literatura quanto à toxicidade às plantas e baixo risco à saúde humana. Porém, quando se considera a presença de abelhas, o produto é seguramente tóxico e causa discussões negativa sobre seu uso (THOMPSON et al., 2020).

O resíduo do produto e as características de atuação na esfera gênica impõem incerteza quanto às concentrações a serem utilizadas, tempo de exposição e nível de dano ambiental que poderia resultar da adoção deste produto no tratamento de sementes. Essas substâncias orgânicas são complexas e podem modificar o crescimento das plantas, sendo capazes de atuar na transcrição do DNA para a planta, expressão gênica, proteínas de

membrana e enzimas (ALMEIDA et al., 2014). No tratamento de sementes, pode alterar a resposta fisiológica das mudas de milho, conforme trabalho de Afifi et al. (2014).

Contradições à parte, o fato é que se trata de um inseticida sistêmico que pode ativar diversas reações fisiológicas, como a expressão de proteínas, tendo, por essa razão, capacidade de bioativador. Ele interage com os mecanismos de defesa do estresse da planta (seca, baixo pH, alta temperatura, elevada salinidade do solo, etc.) com efeito fitotônico, ou seja, desenvolvimento mais rápido da planta com melhor expressão do vigor, na atividade enzimática, aumento no nível de nutrientes e incrementos na agricultura (MORZELLE et al., 2017; SERAGUZI et al., 2018).

As mudanças fisiológicas descritas pelos autores relacionam a mudanças nas vias metabólicas provocadas por tal composto. Segundo os mesmos, o tiametoxam pode elevar a expressão de genes envolvidos na eliminação de H_2O_2 , estratégia importante da planta de recuperação metabólica. Estimulam também a atuação antioxidante e a energia que é liberada é alocada para crescimento e manutenção dos tecidos vegetais (AFIFI et al., 2014).

Para a cultura do arroz é um bioativador muito importante, visto que, em condições de campo, o processo de germinação pode ser baixo, lento e irregular. O produto atua como impulsor da germinação, estimulando a germinação das sementes e o crescimento das raízes, além de incrementar absorção de nutrientes pela planta (ALMEIDA et al., 2014).

Por fim, para que ocorram aumentos significativos na produção vegetal frente aos estresses abióticos a partir da aplicação dos fitoreguladores, vários fatores devem ser considerados, dentre os quais se pode mencionar a espécie, a parte da planta que foi tratada, além, é claro, da interação dos reguladores (SALISBURY; ROSS, 2013).

2.4 IMPORTÂNCIA DAS NOVAS TECNOLOGIAS DE SEMENTES

O século XX foi considerado o da biotecnologia, da difusão do conhecimento, biologia molecular e engenharia genética (REIS, 2012). Para muitos estudiosos, estaríamos em um segundo gênese artificial (RAFKIN, 1998). Tais aspectos são passíveis de comprovar pela existência do próprio banco de germoplasma da Noruega, que é chamado 'arca de Noé'. A importância da tecnologia de sementes se configura, principalmente, porque ao mesmo tempo em que é alimento, também é meio de produção deste mesmo insumo.

No cenário agrícola, imerso a tantas tecnologias, para elevar a agricultura ao novo patamar, é importante uma visão da ‘força’ que a semente possui. Essa equivale a uma ‘moeda’ e por isso, muitos conflitos sociais, ambientais acontecem em função dela. Para se ter ideia, mais de três bilhões de pessoas no mundo não possuem recurso para pagar por uma alimentação saudável (FAO, 2021). Portanto, não seria exagero declarar que 'controlar' a semente representa controlar parte crucial do sistema agroalimentar (KLOPPENBURG, 2008).

Em termos nacionais, nota-se que cada vez mais fica evidente a importância de estudarmos o potencial genético das espécies e tecnologias aplicadas às sementes, sem contar que existe a necessidade de expansão da produção de alimentos em 35% até 2030 (EMBRAPA, 2018). E para ter mais ciência de tais perspectivas o trecho que segue, elucidada bem: “O Brasil certamente tem potencial de produzir alimentos únicos, mais nutritivos e alinhados com as demandas dos mercados mais exigente (EMBRAPA, 2018)”.

REFERÊNCIAS

AFIFI, M.; LEE, E.; LUKENS, L.; SWANTON, C. Thiamethoxam as a seed treatment alters the physiological response of maize (*Zea mays*) seedlings to neighbouring weeds. **Pest Management Science**, v. 71, n. 4, p. 505-514, 2015. doi.org/10.1002/ps.3789.

AFP. **Sertão nordestino enfrenta sua pior seca em um século**. Disponível em: <https://www.folhape.com.br/noticias/brasil/sertao-nordestino-enfrenta-sua-pior-seca-em-um-seculo/18758/> Acesso em: 30 out. 2021.

ALMEIDA, A. D. S.; TILLMANN, M. Â. A.; VILLELA, F. A.; PINHO, M. D. S. Bioativador no desempenho fisiológico de sementes de cenoura. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 31, n. 3, p. 87-95, 2009. doi.org/10.1590/S0101-31222009000300010.

ALMEIDA, A. D. S.; DEUNER, C.; BORGES, C. T.; MENEGHELLO, G. E.; JAUER, A.; VILLELA, F. A. Treatment of rice seeds with thiamethoxam: reflections on physiological performance. **Journal of Seed Science**, v. 36, p. 392-398, 2014. doi.org/10.1590/2317-1545v36n4980.

ALMEIDA, A. S. **Bioativador no desempenho fisiológico de sementes de cenoura**. 2008. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Pelotas, 2008.

ALMEIDA, A. S. Bioativador no desempenho fisiológico de sementes de arroz. **Journal of Seed Science**, v. 33, n. 3, p. 501-510, 2012.

ALVES, A. U.; ANJOS NETO, J. G.; ALMEIDA CARDOSO, E.; GOMES, M. C. Produção de repolho sob influência de boro. **Nativa**, v. 9, n. 2, p. 142-146, 2021. doi.org/10.31413/nativa.v9i2.9121.

ANTUNES, I. F. **As Sementes crioulas e suas dimensões. In Sementes crioulas: guardiões, conhecimentos e inspirações.** Epagri, 2020. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=cO5a55STY3o>.

BASSÈRES, D. S. **Desenho estrutura da molécula de prolina extraído guia de disciplina da Universidade de São Paulo (USP)**, 2021.

BONTEMPO, A. F.; ALVES, F. M.; CARNEIRO, G. D. O. P.; MACHADO, L. G.; SILVA, L. O. D.; AQUINO, L. A. Influência de bioestimulantes e nutrientes na emergência e no crescimento inicial de feijão, soja e milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 15, n. 1, p. 86-93, 2016. doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v15n1p86-93.

BORGES, C.; ALMEIDA, A.; DEUNER, C.; JAUER, A.; MENEGHELLO, G. E. Efeito do tiametoxam no tratamento de sementes de feijão. **Enciclopédia Biosfera**, v. 11, n. 21, p. 1-10, 2015.

BRAUN, H.; LOPES, J. C.; SOUZA, L. T.; SCHMILDT, E. R.; CAVATTE, R. P. Q.; CAVATTE, P. C. Germinação in vitro de sementes de beterraba tratadas com ácido giberélico em diferentes concentrações de sacarose no meio de cultura. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 31, n. 3, p. 539-545, 2010.

CAMILO, M. G.; LAZARETTI, N. S. Qualidade fisiológica de sementes de soja em função dos tratamentos e tempo de armazenamento. **Revista Cultivando o Saber**, edição especial, p. 1-10, 2020.

CANELLA, D. S.; LOUZADA, M. L. D. C.; CLARO, R. M.; COSTA, J. C.; BANDONI, D. H.; LEVY, R. B.; MARTINS, A. P. B. Consumo de hortaliças e sua relação com os alimentos ultraprocessados no Brasil. **Revista de Saúde Pública**, v. 52, n. 1, p. 50, 2018. doi.org/10.11606/S1518-8787.2018052000111.

CASTRO, P.R.; PITELLI, A. M. C. M.; PERES, L. E. P.; ARAMAKI, P. H. Análise da atividade reguladora de crescimento vegetal de tiametoxam através de biotestes. **Publicatio UEPG: Ciências Exatas e da Terra, Agrárias e Engenharias**, v. 13, n. 3,

p. 25-29, 2007. doi.org/10.5212/publicatio.v13i03.892.

CNA - Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil. **Mapeamentos e qualificação da cadeia produtiva das hortaliças do Brasil**. Brasília, 2017.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Boletim Hortigranjeiro/Companhia Nacional de Abastecimento**. Brasília, v. 7, n. 10, 2021.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Boletim Hortigranjeiro/Companhia Nacional de Abastecimento**. Brasília, n. 9, p. 1-94, 2019.

COSTA, R. D. Q.; SANTOS, J. L.; PORTO, J. S.; VASCONCELOS, R. C.; CANGUSSU, A. C.; MORAIS, O. M. Ação do insecticida tiametoxame aplicado às sementes na emergência e vigor de plântulas de *Vigna unguiculata* (L.) Walp. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 40, n. 3, p. 608-615, 2017. doi.org/10.19084/RCA16151.

DIAS, N. S. **Salinização dos solos: uma ameaça à agricultura e a segurança alimentar**. Disponível em: <https://nossaciencia.com.br/colunas/salinizacao-dos-solos-uma-ameaca-a-agricultura-e-a-seguranca-alimentar/> Acesso em: 14 out. 2021.

DINKELOO, K.; BOYD, S.; PILOT, G. Update on amino acid transporter functions and on possible amino acid sensing mechanisms in plants. In: **Seminars in cell & developmental biology**, p. 105-113, 2018. doi.org/10.1016/j.semcd.2017.07.010.

DOSSA, D.; FUCHS, F. **Cenoura: produção, mercado e preços na Ceasa, Paraná**. Boletim Técnico 04, 2017.

EMBRAPA. **Cores e sabores: A importância nutricional das hortaliças**. Embrapa-Hortaliças, 2012.

EMBRAPA. **Visão 2030: o futuro da agricultura brasileira**. Embrapa-Brasília, Distrito Federal, 2018.

FAO. **Dia Mundial da Alimentação**. Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura, 2021.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer analysis system to fixed effects split plot type designs. **Revista Brasileira de Biometria**, v. 37, n. 4, p. 529-535, 2019. doi.org/10.28951/rbb.v37i4.450.

FERREIRA, S. P. **A aclimação ao calor estimula a imunidade das plantas** – Reportagem, 2017. Disponível em: <https://www.agroportal.pt/aclimatacao-ao-calor-estimula-imunidade-das-plantas/> Acesso em: 21 jul. 2021.

GAERTNER, E. W. **Mapeamento da produção científica sobre a região metropolitana de Curitiba e o seu alinhamento com os objetivos do desenvolvimento sustentável**. 2020. 222f. Tese (Doutorado em Tecnologia e Sociedade) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2020.

GILL, S. S.; TUTEJA, N. Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. **Plant physiology and biochemistry**, v. 48, n. 12, p. 909-930, 2010. doi.org/10.1016/j.plaphy.2010.08.016.

GODFRAY, H. C. J.; BEDDINGTON, J. R.; CRUTE, I. R.; HADDAD, L.; LAWRENCE, D.; MUIR, J. F.; ... TOULMIN, C. Food security: the challenge of feeding 9 billion people. **Science**, p. 1185383, 2010.

GRANGEIRO, L. C.; AZEVÊDO, P. E.; NUNES, G. H. D. S.; DANTAS, M. S. M.; CRUZ, C. A. Desempenho e divergência genética de cenoura ‘Brasília’ em função da procedência das sementes. **Horticultura Brasileira**, v. 30, p. 137-142, 2012.

GROHS, M.; MARCHESAN, E.; ROSO, R.; MORAES, B. S. Attenuation of low-temperature stress in rice seedlings. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 46, n. 2, p. 197-205, 2016. <http://dx.doi.org/10.1590/1983-40632016v4640436>.

KIST, B. B.; CARVALHO, C.; BELING, R. R. **Anuário Hortifruti Brasil** - retrospectiva 2017 e perspectiva 2018.

KIST, B. B.; CARVALHO, C.; BELING, R. R. **Anuário Hortifruti Brasil**. In: BELING, R. R. (Ed.). Santa Cruz do Sul, RS: Gazeta Santa Cruz. Cenoura, p. 38, 2020.

KIST, B. B.; CARVALHO, C.; BELING, R. R. **Anuário Hortifruti Brasil**. In R. R. BELING (Ed.). Santa Cruz do Sul, RS: Gazeta Santa Cruz. Cenoura, p. 23-24, 2021.

KLOPPENBURG, J. Seeds, sovereignty, and the vía campesina: plants, property, and the promise, of open source biology. In: **Workshop on Food Sovereignty**, p. 17-18, 2008.

KUL, C.; ZHANG, L.; SOLANGI, Y. A. Assessing the renewable energy investment risk factors for sustainable development in Turkey. **Journal of Cleaner Production**, v. 276, p. 124-164, 2020. doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124164.

- LOPES, N. F., LIMA, M. G. S. **Fisiologia da produção**. Universidade Federal de Lavra, Ed. 1., 2015.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: POTAFOS, ed. 2, 1997.
- MARCELINO, G. **Como aliviar os sintomas da TPM, segundo especialistas?** Entrevista, 2017. Disponível em: <https://www.fatosdesconhecidos.com.br/como-aliviar-os-sintomas-da-tpm-segundo-especialistas/> Acesso em: 22 out. 2018.
- MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Londrina: Abrates, 2015.
- MELO, P. C. T. **Cultura da cenoura**. Departamento de Produção Vegetal. Universidade de São Paulo, 2012.
- MORAES, F. P.; COLLA, L. M. Alimentos funcionais e nutracêuticos: definições, legislação e benefícios à saúde. **Revista Eletrônica de Farmácia**, v. 3, n. 2, p. 109-122, 2006.
- MORZELLE, M. C.; PETERS, L.P.; ANGELINI, B.G.; CASTRO, P.R. DE C.; MENDES, A.C.C.M. **Agroquímicos estimulantes, extratos vegetais e metabólitos microbianos na agricultura**. Universidade de São Paulo - Divisão de Biblioteca, 2017.
- NASCIMENTO, W. M. **Comercialização e consumo de hortaliças durante a pandemia do novo coronavírus**. Embrapa - Hortaliças, 2020.
- NELSON, D. L.; COX, M. M. **Princípios de Bioquímica de Lehninger**. Artmed Editora, 2019.
- NICK, C.; BORÉM, A. **Melhoramento de hortaliças**. Universidade Federal de Lavras, Ed.1., 464p., 2016.
- NOGUEIRA, A. C. M.; AMARAL, A. M. S.; ANDRADE, J. M. S.; AVELAR, J. S.; GÓES, B. C. Crédito rural e desempenho da agricultura no Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, Tupã, São Paulo, Brasil, v. 15, n. 1, p. 168–189, 2021. doi.org/10.18011/bioeng2021v15n1p168-189.
- OLIVEIRA, F. A.; OLIVEIRA, J. M.; SOUZA NETA, M. L.; OLIVEIRA, M. K. T.; ALVES, R. C. Substrato e bioestimulante na produção de mudas de maxixeiro. **Horticultura Brasileira**, v. 35, n. 1, p. 141-146, 2017. doi.org/10.1590/S0102-053620170122.

OLIVEIRA, J. P.; PEREIRA, J. P. J.; NAVARRO, B. V.; SOLDI, M. C. M. M. Sweet sensations: mecanismo de percepção e controle de açúcares em plantas. In: **Botânica no inverno 2021**. São Paulo: Instituto de Biociências, p. 112, 2021.

PÉCHY, A. **O ousado plano de Macron para acabar com a dependência da soja do Brasil**, 2021. Disponível em: <https://veja.abril.com.br/mundo/o-ousado-plano-de-macron-para-acabar-com-a-dependencia-da-soja-do-brasil/>. Acesso em: 21 jul. 2021.

PEDROSO, M. T. M. **A epidemia do coronavírus e as cadeias produtivas de hortaliças**. Embrapa-Hortaliças, 2020.

PEREIRA, M. A. **Tiametoxam em plantas de cana-de-açúcar, feijoeiro, soja, laranjeira e cafeeiro: parâmetros de desenvolvimento e aspectos bioquímicos**. 2010.

PEREIRA, R. C.; PEREIRA, L. C.; BRACCINI, A. L.; SILVA, B. G.; PELLOSO, M. F.; CORREIA, L. V.; GONZAGA, D. E. R.; CRUZ, R. M. SETE; COPPO, C.; RIZZO, N. M.; BORGES, Y. M. Potencial fisiológico de sementes de soja submetidas ao tratamento industrial com bioestimulante antes e após armazenamento. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 4, p. 40078-40093, 2021.

RIFKIN, J. **The biotech century**. Sonoma County Earth First/Biotech Last, 1998.

RAMOS, L. Q. **Alterações morfofisiológicas de genótipos de trigo sob lâminas de irrigação**. Universidade de Brasília, 2019.

REIS, M. R. **Tecnologia Social de Produção de Sementes e agrobiodiversidade**. 2012. 288f. Dissertação (Mestrado). Universidade de Brasília, Brasília, 2012.

REJEB, K. B.; ABDELLEY, C.; SAVOURÉ, A. How reactive oxygen species and proline face stress together. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 80, n. 1, p. 278-284, 2014. doi.org/10.1016/j.plaphy.2014.04.007.

SALISBURY, F. B.; ROSS, C. W. **Fisiologia das Plantas**. Tradução Norte-americana, Ed. 4., 792p., 2013.

SANTOS, J. O.; ALVES, J. S. Mudanças climáticas, comércio intranacional e exportações agrícolas à luz do modelo gravitacional: estimativas para o nordeste brasileiro. **DRD - Desenvolvimento Regional em Debate**, v. 10, n. 1, p. 324-347, 2020. doi.org/10.24302/drd.v10i0.2771.

SERAGUZI, E. F. REGO, C. H.; CARDOSO, F.; CÂNDIDO, A.; ALVES, C. Qualidade fisiológica de sementes de *Brachiaria brizantha* tratadas com fungicida e inseticida.

Revista Caatinga, v. 31, n. 3, p. 651-656, 2018. doi.org/10.1590/1983-21252018v31n313rc.

SILVA, J. G. Dia Mundial da Alimentação: nossas ações são o nosso futuro. **Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura**, 2018.

SILVA, T. T. A.; PINHO, É. V. R. V.; CARDOSO, D. L.; FERREIRA, C. A.; ALVIM, P. O.; COSTA, A. A. F. Qualidade fisiológica de sementes de milho na presença de bioestimulantes. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 1, p. 840-844, 2008. doi.org/10.1590/S1413-70542008000300021.

SOUSA, C. A. A.; COSTA, C. C.; SANTOS, J. B.; MEDEIROS, A. C. Uso de bioestimulante no desenvolvimento inicial de melancia em solo salino. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 9, p. e92996837-e92996837, 2020.

SOUZA, A. F.; LOPES, C. A.; FRANÇA, F. H.; REIFSCHNEIDER, F. J. B.; PESSOA, H. B. S. V.; CHARCHAR, J. M.; MESQUITA FILHO, M. V.; FONTES, R. R.; MAROUELLI, W. A.; PEREIRA, W. Como plantar cenoura. **Cultivares**, 2008. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/hortalias/cenoura/cultivares> Acesso em: 30 out. 2021.

STOLLER. História do Stimulate. Disponível em: <https://www.stoller.com.br/stimulate-diferente/> Acesso em: 19 de out. de 2020.

SUTEU, D.; RUSU, L.; ZAHARIA, C.; BADEANU, M.; DARABAN, G. M. Challenge of utilization vegetal extracts as natural plant protection products. **Applied Sciences**, v. 10, n. 24, p. 8913, 2020. doi.org/10.3390/app10248913.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. Artmed Editora, 2017.

TESSARINI, S.; PEREIRA, J. E.; PEREIRA, R. M. S. Ora-Pro-Nóbis: Ampliando os Conhecimentos de sua Utilização na Alimentação a Partir da Educação Alimentar e Nutricional (EAN). **Revista de Ensino, Educação e Ciências Humanas**, v. 22, n. 3, p. 317-324, 2021.

THOMPSON, D.; LEHMLER, H. J.; KOLPIN, D.; HLADIK, M.; VARGO, J.; SCHILLING, K.; LEFEVRE, G.; PEEPLES, T.; POCH, M.; LADUCA, L.; CWIERTNY, D.; FIELD, R. W. A critical review on the potential impacts of neonicotinoid insecticide use: current knowledge of environmental fate, toxicity, and

implications for human health. **Environmental Science: Processes & Impacts**, v. 22, n. 6, p. 1315-1346, 2020.

VIEIRA, L. C.; LUCAS, D. C., SILVA, B. P. DA M.; BEDIN, F.; SILVA, V. N. Vigor de sementes de cenoura recobertas com bioestimulante de *Solieria filiformis*. In: **Colloquium Agrariae**, v. 17, n. 1, p. 93-103, 2021.

CAPÍTULO II

BIOESTIMULANTE NO TRATAMENTO PRÉ-GERMINATIVO DE SEMENTES DE CENOURA

RESUMO – A cenoura é uma das cinco principais hortaliças cultivada no Brasil e possui elevado valor nutricional, cuja demanda tem crescido expressivamente também em outros países. As sementes de cenoura apresentam problemas quanto à germinação e, neste sentido, a utilização de bioestimulantes é alternativa para melhor expressão do potencial germinativo e vigor. Assim, objetivou-se com este trabalho avaliar a utilização de dosagens de bioestimulante na germinação de sementes de diferentes cultivares de cenoura. O trabalho foi realizado no Laboratório de Análise de Sementes do Departamento de Ciências Agrônômicas e Florestais do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA). O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 5 x 4, com sementes de cinco cultivares de cenoura (Alvorada, Brasília, BRS Esplanada, Tellus e Tropical) e quatro dosagens de bioestimulante (0, 5, 10 e 15 mL L⁻¹ de água), com quatro repetições de 50 sementes. As características de germinação e vigor avaliadas foram: percentagem de germinação, primeira contagem de germinação, comprimento e massa seca de plântula, além de análises bioquímicas do conteúdo de açúcares totais, aminoácidos totais e prolina. Os dados coletados foram submetidos à análise de variância e teste de Tukey e, em caso de significância, os dados foram submetidos à análise de regressão por meio do programa Sisvar[®]. De maneira geral, a aplicação do bioestimulante (10 e 15 mL) influenciou positivamente a germinação das cultivares de cenoura. As plântulas da cultivar Tropical apresentaram comprimento 40% superior ao tratamento controle. A cultivar Alvorada teve maior acúmulo de metabólitos com 5 mL do bioestimulante.

Palavras-chave: *Daucus carota* L.; bioestimulante; germinação; hortaliças.

BIOSTIMULANT IN THE PRE-GERMINATIVE TREATMENT OF CARROT SEEDS

ABSTRACT – Carrots are one of the five main vegetables grown in Brazil and have a high nutritional value, whose demand has also grown significantly in other countries. Carrot seeds present problems regarding germination and, in this sense, the use of biostimulants is an alternative for better expression of germination potential and vigor. Thus, the objective of this work was to evaluate the use of biostimulant dosages in the germination of seeds of different carrot cultivars. The work was carried out at the Seed Analysis Laboratory of the Department of Agronomic and Forestry Sciences of the Agricultural Sciences Center of the Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA). The experimental design was completely randomized, in a 5 x 4 factorial scheme, with seeds of five carrot cultivars (Alvorada, Brasília, BRS Esplanada, Tellus and Tropical) and four doses of biostimulant (0, 5, 10 and 15 mL L⁻¹ of water), with four replications of 50 seeds. The germination and vigor characteristics evaluated were: germination percentage, first germination count, seedling length and dry mass, in addition to biochemical analyzes of total sugar, total amino acid and proline content. The collected data were submitted to analysis of variance and Tukey's test and, in case of significance, the data were submitted to regression analysis using the Sisvar[®] program. In general, the application of the biostimulant (10 and 15 mL) positively influenced the germination of carrot cultivars. The seedlings of the Tropical cultivar showed 40% longer length than the control treatment. The cultivar Alvorada had the highest accumulation of metabolites with 5 mL of the biostimulant.

Keywords: *Daucus carota* L.; biostimulant; germination; vegetables.

1 INTRODUÇÃO

A cenoura (*Daucus carota* L.) é uma hortaliça apreciada na culinária pela diversidade e forma de apresentação dos produtos (ROMAGNA et al., 2019). Sua importância nutricional deve-se principalmente aos elevados teores de betacaroteno, carotenoide precursor da vitamina A (ORAFÁ et al., 2021), motivo pelo qual muitos brasileiros interessados em uma alimentação mais funcional têm consumido mais esta hortaliça em detrimento de outras (FAO, 2018).

A produção nacional de cenoura se concentra nas regiões Centro-Oeste e Sul, com produtividades que chegam a 110 t ha⁻¹ (KIST et al., 2021). No entanto, essa produção pode ser afetada em decorrência da desuniformidade na germinação das sementes. De forma geral, as sementes dessa espécie têm apresentado problemas quanto à qualidade, o que demanda a utilização de 3 a 5 kg sementes⁻¹ ha⁻¹ para uniformização do campo de produção (PESSOA et al., 2008). Por conseguinte, é necessário o desenvolvimento de técnicas que promovam maior germinação das sementes e mitiguem os problemas que causam interferência no rendimento da cultura.

Normalmente, a utilização de bioestimulantes potencializa os processos fisiológicos e o crescimento de plantas, na medida em que eles apresentam em sua composição vários reguladores vegetais sintéticos. Pesquisas têm sido realizadas com bioestimulantes e outras fontes desses hormônios em beterraba (BRAUN, 2010), maxixe (OLIVEIRA et al., 2017), soja (PEREIRA et al., 2021), milho doce (CARMO et al., 2021) e cenoura (VIEIRA et al., 2020) visando à germinação mais eficiente e obtenção de plântulas mais vigorosas.

Para responder também ao mercado, produtores e pesquisadores têm buscado cultivares de cenoura e técnicas apropriadas para aumentar o estabelecimento desta cultura. Assim sendo, a obtenção de sementes com qualidade física, fisiológica, genética e sanitária é necessária para atender à crescente demanda por alimentos (TONIN et al., 2014). Aliado a isso, o tratamento de sementes pode beneficiar a germinação e o estabelecimento de plântulas no campo. Por isso, estudos que apontem as melhores dosagens no tratamento de sementes para as diferentes cultivares de cenoura são imprescindíveis.

Diante disso, objetivou-se avaliar a utilização de dosagens de bioestimulante na qualidade de germinação de sementes de diferentes cultivares de cenoura.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Local de cultivo, delineamento experimental e tratamento de sementes

A pesquisa foi desenvolvida no campus da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró, Rio Grande do Norte, Brasil (5°11'16,8"S; 37°20'38,4" W), altitude de 16 metros e temperatura média de 25 °C. As cultivares de cenoura foram as de verão (adaptadas ao clima mais quente) e um híbrido de clima outono-inverno*: Alvorada (C1), Brasília (C2), BRS Esplanada (C3), Tellus* (C4) e Tropical (C5).

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial 5 x 4, sendo cinco cultivares de cenoura e quatro dosagens do bioestimulante Stimulate® (0, 5, 10 e 15 mL L⁻¹ de água), produto comercial contendo 0,005% de ácido giberélico; 0,005% do ácido indolbutírico e 0,009% de cinetina (STOLLER, 2021).

A semeadura foi realizada em caixas de acrílico transparente (11,0 x 11,0 x 3,5 cm) contendo duas folhas de papel mata-borrão, umedecidas com solução do bioestimulante na proporção de 2,5 vezes a massa do papel seco, adaptada da metodologia de Aparecido et al. (2016) e Oliveira et al. (2013). Em seguida, as caixas foram dispostas em quatro repetições de 50 sementes e colocadas em câmara de germinação (Mangelsdorf), a 20 °C e fotoperíodo de 12 h, durante 14 dias (BRASIL, 2009). Após esse período, as plântulas foram submetidas às análises fisiológicas e bioquímicas.

Análises fisiológicas

a) Primeira contagem e germinação - as avaliações das plântulas normais foram realizadas aos sete e 14 dias, respectivamente, sendo os valores expressos em percentagem de plântulas normais (BRASIL, 2009).

b) Comprimento de plântulas - no final do teste de germinação, selecionaram-se dez plântulas normais ao acaso em cada repetição e determinou-se o comprimento da coifa ao ápice da plântula. Para isso, utilizou-se uma régua graduada em milímetros e os resultados foram expressos em centímetros;

c) Massa seca de plântula – depois de mensurados os comprimentos, as plântulas foram acondicionadas em sacos de papel Kraft e acondicionadas em estufa de circulação de ar forçada a 65 °C por 72 horas. Em seguida, pesou-se em balança analítica de precisão (0,0001) e os resultados foram expressos em mg plântula⁻¹ (NAKAGAWA, 1999).

Análises bioquímicas

Pesou-se 0,2 g de massa fresca de plântulas normais inteiras, que foram retiradas aleatoriamente ao final do teste de germinação, e que logo após foram postas em tubos hermeticamente fechados e adicionados 3 mL de álcool 60%. Os materiais foram macerados e em seguida centrifugados a 10000 RPM, a 4 °C por 8 minutos. Depois desse procedimento, foi obtido o sobrenadante para quantificação dos seguintes componentes:

a) Açúcares solúveis totais (AST) - determinado pelo método da antrona (YEMM; WILLIS, 1954) e tendo a glicose como substância padrão da curva. Os resultados foram expressos em μg de AST g^{-1} de massa fresca;

b) Aminoácidos totais (AT) - aplicou-se o método da ninhidrina ácida (YEMM; COCKING, 1955), tendo a glicina como substância padrão da curva e os resultados expressos em μmol AT g^{-1} de massa fresca;

c) Prolina (PRO) - para quantificação do teor de prolina livre, utilizou-se o método proposto por Bates et al. (1973) e os resultados foram expressos em μmol prolina g^{-1} de massa fresca.

Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise da normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk, análise de variância pelo teste F ($p \leq 0,05$) e, em caso de significância, submetidos ao teste de Tukey e análise de regressão, sendo utilizado o programa estatístico Sistema para Análise de Variância – Sisvar[®] (FERREIRA, 2019). Os dados foram submetidos à análise multivariada dos componentes principais, por meio do programa Past 4 (HAMMER, 2001).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

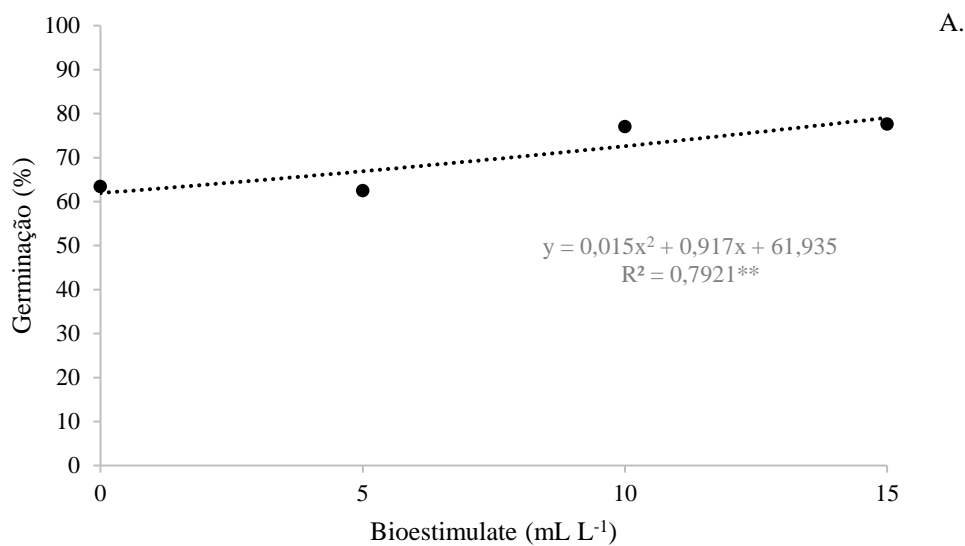
Para todas as variáveis analisadas, houve interação significativa no fatorial duplo ou isolado ($p \leq 0,05$), exceto para a massa seca de plântula e prolina, que não tiveram os resultados apresentados (Tabela 2).

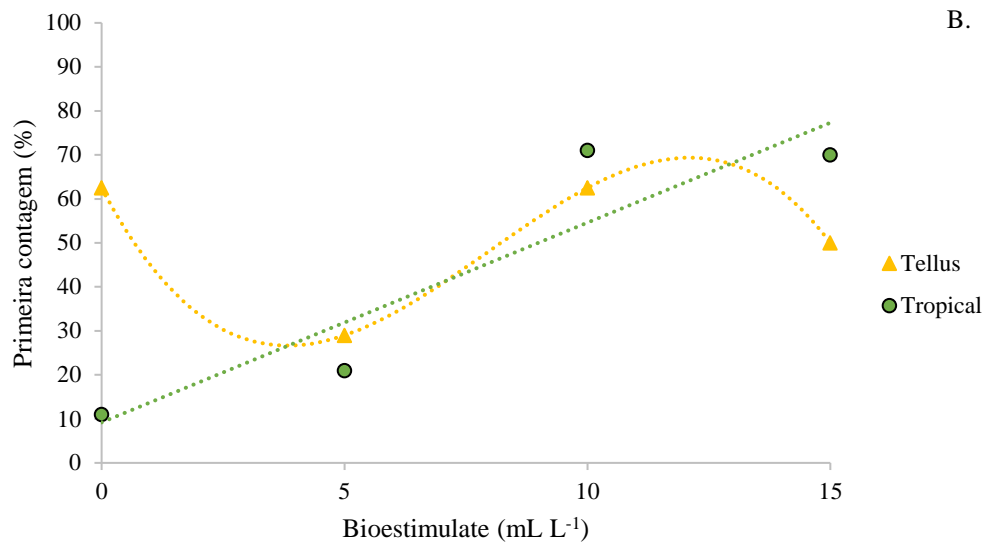
Tabela 2. Resumo da análise de variância para as variáveis primeira contagem (PC), porcentagem de germinação (G), comprimento de plântulas (CP) e massa seca de plântulas (MSP), açúcares solúveis totais (AST), aminoácidos totais (AT) e prolina (PRO) de cenoura submetidas ao tratamento de sementes com bioestimulante.

	PC	G	CP	MSP	AST	AT	PRO
Cultivar (C)	1742,8**	345,4 ^{ns}	40,46**	2,09**	4,22**	842,5**	0,004 ^{ns}
Nível (N)	802,2**	1376,7**	12,00**	0,11 ^{ns}	1,52*	406,6*	0,016*
C x N	1172,4**	469,84 ^{ns}	5,43*	0,179 ^{ns}	2,79**	607,5**	0,006 ^{ns}
CV%	31%	23,4%	17,60%	43,7%	27,60%	30%	27,7%

** significativo a 1%; * significativo a 5%; ^{ns} não significativo.

Na germinação, não foi verificada interação entre os fatores. Entretanto, pôde-se constatar que as sementes tratadas com as dosagens de 10 e 15 mL L⁻¹ de água responderam positivamente, tendo apresentado germinação com percentuais superiores a 77%, independentemente da cultivar (Figura 4 A). Esse valor de germinação que está acima do mínimo necessário (70%) para comercialização de sementes desta espécie (BRASIL, 2019). Constatou-se ainda que nessas dosagens de bioestimulantes a germinação das cultivares foi 14% maior do que nas sementes não tratadas (0 mL de Stimulate L⁻¹ de água).





$$\text{Tellus} \rightarrow y_4 = -0,1507x^3 + 3,6x^2 - 20,933x + 62,5; R^2 = 0,997^{**}$$

$$\text{Tropical} \rightarrow y_5 = 4,54x + 9,2; R^2 = 0,8529^{**}$$

Figura 4. Características do desenvolvimento inicial (A. Germinação; B. Primeira contagem) de plântulas de cinco cultivares de cenoura (Alvorada, Brasília, BRS Esplanada, Tellus e Tropical), tratadas com bioestimulante nas doses de 0, 5, 10 e 15 mL L⁻¹.

Para a variável primeira contagem, verificou-se que as cultivares Tellus e Tropical apresentaram menor porcentagem de plântulas normais na concentração de 5 mL L⁻¹ em comparação às demais cultivares. Entretanto, no tratamento controle, não houve diferença significativa entre as cultivares, exceto na cultivar Tropical, na qual se verificou valor de 11% de plântulas normais na primeira contagem. Observou-se que após a elevação das dosagens de bioestimulante (10 e 15 mL L⁻¹), a cultivar Tropical apresentou melhor resultado do que as demais cultivares (Figura 4 B). Na cultivar Tellus, a aplicação de 5 mL do bioestimulante ocasionou redução dos percentuais de germinação. Entretanto, conforme se elevou a dose para 10 mL as sementes germinaram mais, seguindo com decréscimo quando se aumentou o tratamento para 15 mL.

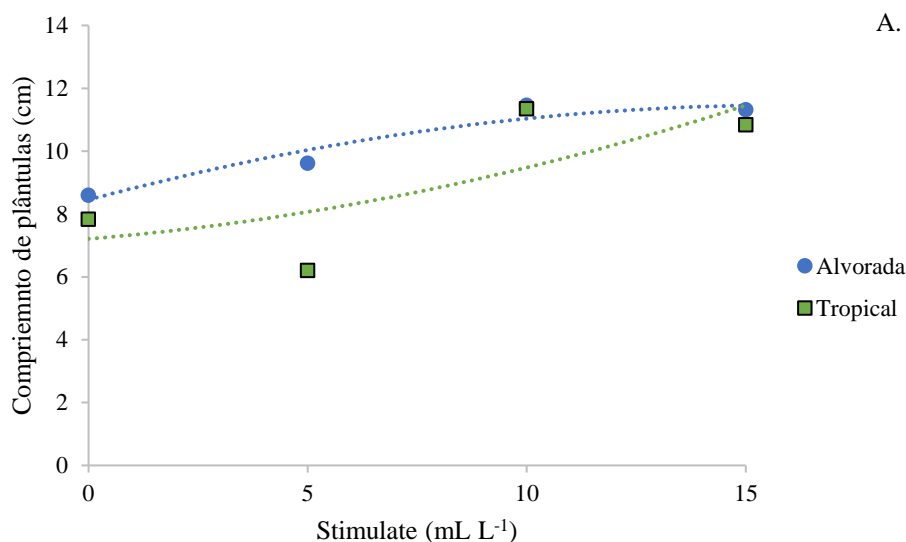
Os resultados de germinação evidenciam a ação dos reguladores vegetais, principalmente as giberelinas, assim como o equilíbrio entre os demais reguladores durante o processo germinativo. O efeito benéfico do bioestimulante também foi verificado em alface, em que dosagens de 0,4 e 0,6 mL de bioestimulante por 1000 sementes apresentaram 97% de germinação (DEUNER et al., 2014). Contudo, em sementes de milho, esse mesmo bioestimulante não acarretou incremento na qualidade de sementes (SILVA et al., 2008). Da mesma forma, em sementes de soja, 0,75 mL deste

regulador para kg semente^{-1} não foram suficientes para aumentar a germinação (SANTOS et al., 2020).

De maneira geral, percebe-se que as espécies olerícolas são responsivas aos tratamentos, gerando incremento na germinação, em detrimento de outras espécies, como as graníferas (SANTOS et al., 2020). Todavia, as sementes de cenoura não apresentaram resultados tão expressivos quanto a alface (DEUNER et al., 2014). Esses resultados demonstram que a concentração do produto e o método de tratamento influenciam no desempenho de germinação e desenvolvimento inicial.

Apesar do bioestimulante conter giberelina – e a função desse regulador estar relacionada ao crescimento e desenvolvimento vegetal – quando em pequenas dosagens, pode não acrescentar GA_3 suficiente para atuar no metabolismo das sementes (HAMMOUDA; SLEIMI, 2017). Outra possibilidade seria o tempo de exposição das sementes desta espécie ao regulador, que poderia ser absorvido, porém sem participação efetiva no processo germinativo. Então, haveria especificidade de resposta a determinadas doses, como observado na cultivar Tellus (Figura 4 B), ou compartimentalização do produto, com atuação efetiva somente em estádios posteriores do desenvolvimento vegetal, conforme estudos em melão (CAETANO, 2020), milho (OHSE et al., 2021) e mudas de milho, que apresentaram alterações fisiológicas após o tratamento das sementes (AFIFI et al., 2014).

O comprimento de plântula das cultivares Alvorada, Brasília e BRS Esplanada, em água (0 mL L^{-1}), foi maior em relação às demais (Figura 5). Contudo, ao utilizar as dosagens de 10 e 15 mL L^{-1} do bioestimulante, os resultados da cultivar Tropical não diferiram dos resultados observados nas cultivares Alvorada e BRS Esplanada, que alcançaram valores superiores a 10 cm (40% superiores ao controle). Dentre as cultivares, a Tellus teve menores comprimentos de plântulas em todas as dosagens, sendo que em zero e cinco se mantiveram neste grupo, ao passo que para a cultivar Tropical na dosagem de 15 mL constatou-se que foi agrupada com as da cultivar Brasília. Pode-se notar que as cultivares responderam de maneira diferenciada ao tratamento com o bioestimulante, realçando que a expressão do vigor em algumas cultivares pode melhorar conforme se eleva a concentração deste produto. Além disso, esses resultados demonstram a diferença de resposta ao uso de bioestimulantes a partir de materiais genéticos distintos.



Alvorada → $y_1 = -0,0117x^2 + 0,3757x + 8,4485$; $R^2 = 0,9304^*$

Tropical → $y_5 = 0,0112x^2 + 0,1148x + 7,209$; $R^2 = 0,5721^{**}$

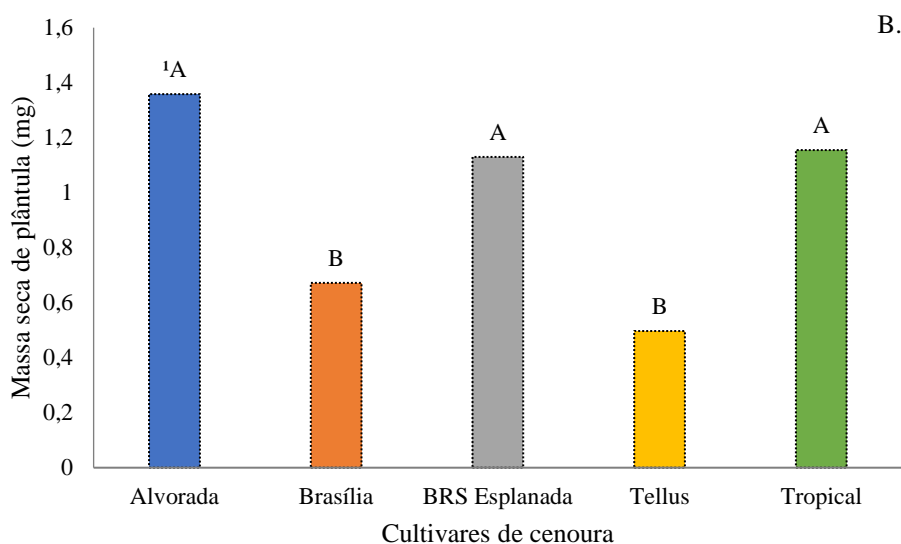


Figura 5. Comprimento de plântulas (A) e massa seca de plântulas (B) de cinco cultivares de cenoura (Alvorada, Brasília, BRS Esplanada, Tellus e Tropical), tratadas com Stimulate® nas dosagens de 0, 5, 10 e 15 mL. ¹Médias seguidas por letras iguais (A, B, C) não diferem para o desdobramento do fator cultivar dentro do regulador vegetal pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Resultados de massa seca, as cultivares Alvorada, BRS Esplanada e Tropical apresentaram massa média de 1,2 mg, sendo no mínimo 58% superiores à cultivar Brasília e 42% mais acúmulo de massa que a cultivar Tellus (Figura 5 B). Ao observar a ação deste bioestimulante em outras culturas, constata-se que os efeitos são diferentes para esta variável e não há critério muito claro quanto à dosagem adequada. Em maxixe, Oliveira et al. (2017) utilizaram a dosagem de 10 mL kg⁻¹ de sementes visando à produção de

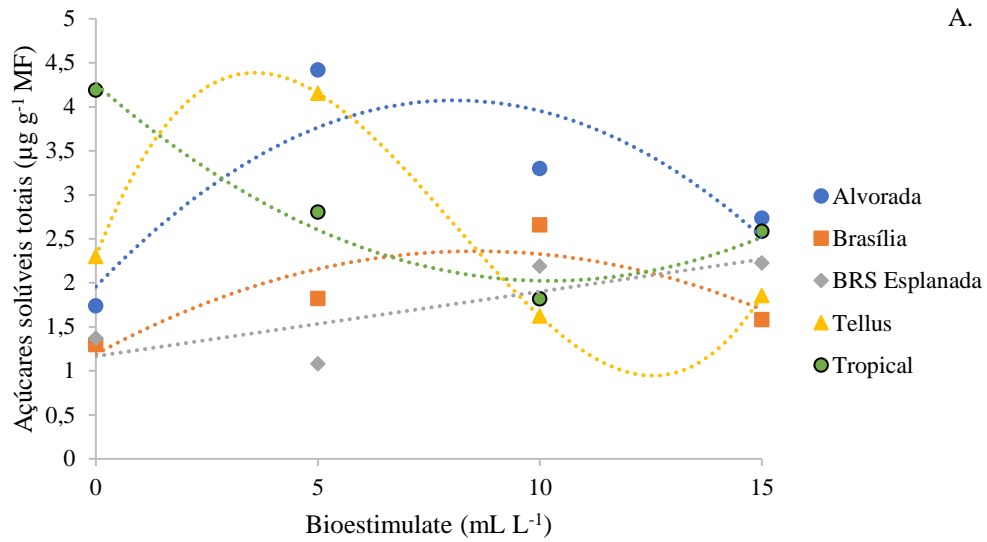
mudas, sem verificar, porém, benefício para o comprimento de plântulas. Possivelmente, a concentração utilizada foi insuficiente para estimular o desenvolvimento inicial daquela cultura. De forma semelhante, o tratamento de sementes de jatobá com 70 mL kg⁻¹ de sementes, dosagem sete vezes maior que a utilizada no estudo em mudas de maxixe, resultou em menor porcentagem de emergência e comprimento de plântulas (PIEREZAN et al., 2012).

De maneira geral, quando se aplica o bioestimulante por massa de semente, os efeitos são menores ou insignificantes, ao passo que em tratamentos com dosagens do bioestimulante por litro de água utilizada na germinação dosagens menores apresentam resultados mais satisfatórios (VENDRUSCOLO et al., 2018). Logo, verifica-se que o modo e tempo de exposição das sementes ao bioestimulante influenciam no desenvolvimento inicial da cultura. Assim sendo, aplicação deste tipo de bioestimulante, quando bem homogêneo e com mais tempo de exposição, poderá apresentar recobrimento mais uniforme das sementes, resultando em absorção mais eficiente.

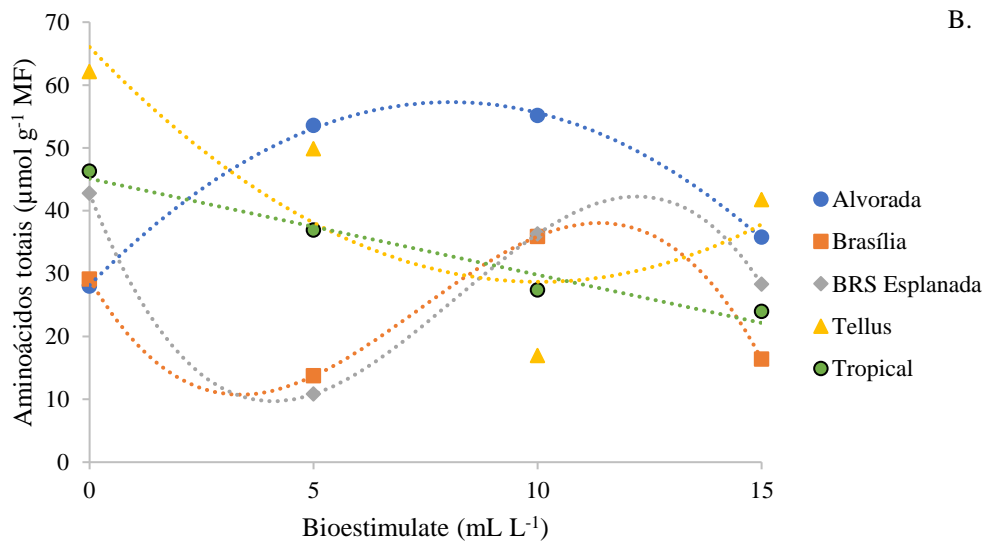
Em situação semelhante aos estudos de Deuner et al (2014) e Oliveira et al. (2017), após o tratamento durante a embebição de sementes de duas cultivares de alface com várias dosagens de bioestimulante, Soares et al. (2012) constataram que as dosagens de 10 e 15 mL L⁻¹ de água foram importantes para o crescimento de plântula, apresentando resultados superiores ao controle. Assim como no estudo com sementes de alface, os dados das cultivares de cenoura são consistentes para se afirmar que estas são responsivas ao bioestimulante, ocorrendo, todavia, a necessidade de adequação da dose em função da cultivar avaliada.

A aplicação das dosagens de bioestimulante nas cultivares proporcionou diferentes respostas quanto ao acúmulo de açúcares totais. No tratamento controle, a cultivar Tropical apresentou o maior teor, mesmo em comparação às que utilizaram bioestimulante. Na dosagem de 5 mL L⁻¹ de água, as cultivares Alvorada e Tellus apresentaram teores deste soluto 48 e 49% em relação ao controle, respectivamente, com decréscimo mais acentuado para a cultivar Tellus (Figura 6 A).

A.



B.



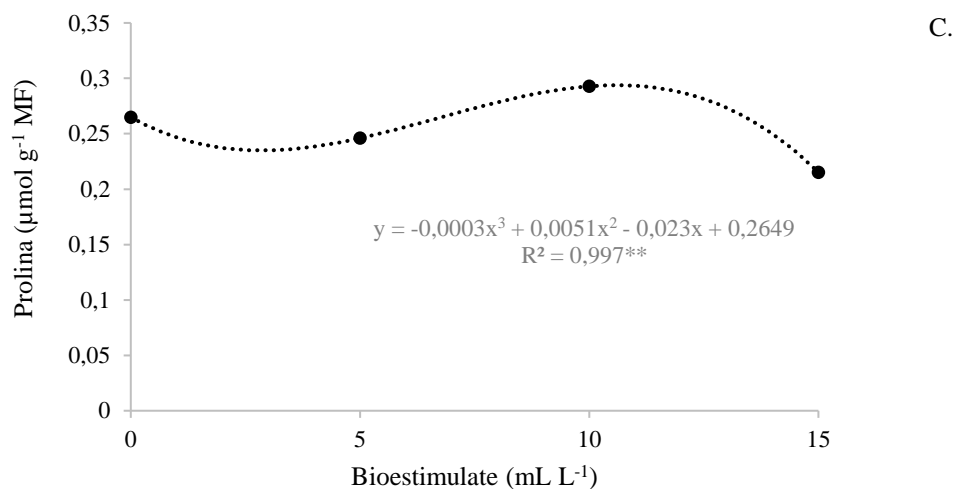


Figura 6. Características bioquímicas (A. Açúcares totais; B. Aminoácidos totais; e C. Prolina) de plântulas de cinco cultivares de cenoura (Alvorada, Brasília, BRS Esplanada, Tellus e Tropical), tratadas com bioestimulante nas doses de 0, 5, 10 e 15 mL L⁻¹.

O aumento dos teores de açúcares totais está relacionado principalmente ao modo de ação da giberelina e à produção de enzimas como alfa e beta amilase, responsáveis pela quebra das reservas armazenadas no endosperma. A degradação dessas reservas resulta no acúmulo de açúcares, aminoácidos e ácidos nucleicos que são translocados para as regiões meristemáticas. O incremento desses metabólitos permite que as plântulas realizem ajuste osmótico, quando em situações de estresse, e/ou direcione seu metabolismo para crescimento vegetal (TAIZ et al., 2017).

Ao considerar os teores de metabólitos gerais em plântulas de cenoura, comportamento diferente foi verificado na cultivar Tellus, híbrido que não é recomendado para regiões quentes. Todavia, neste estudo, mesmo sob condições controladas de temperatura (20 °C), este apresentou baixas respostas em relação ao seu vigor em comparação às demais cultivares adaptadas ao clima mais quente. Constatou-se que houve acúmulo de aminoácidos no tratamento de 10 mL L⁻¹ de água nas cultivares Alvorada, Brasília e BRS Esplanada com teores de 55,6; 35,9 e 36,3 µmol g⁻¹ MF, respectivamente. Metabólitos estes que podem ser utilizados posteriormente na síntese de proteínas e, conseqüentemente, no desenvolvimento das plântulas. Nesta situação, o incremento de metabólitos não foi correlato ao vigor da cultivar Tropical. Entretanto, o comportamento pode ser diferente em outras cultivares que, mesmo tendo uma

germinação elevada e algum critério de vigor destacados, pode não realizar bons acúmulos de reserva, a exemplo da cultivar Brasília.

Para os teores de prolina não houve diferença entre as cultivares, entretanto ocorreu interação significativa para fator isolado de bioestimulante, com tendência cúbica, tendo sido a dose de 5 mL um ponto mais baixo da equação, ao passo que a dose de 10 mL proporcionou maiores acúmulos desse metabólito $0,25 \mu\text{mol g}^{-1}$ MF (Figura 6C).

Apesar das condições de estudo serem controladas, as cultivares abertas apresentaram comportamento em relação à germinação e vigor melhor do que o híbrido (Tellus), quando submetidas ao tratamento com bioestimulante. Disso, pode-se reforçar ao produtor que opte por cultivares adaptadas às regiões de plantio, pois, no caso de híbridos, estes necessitam de condições ainda mais específicas, segundo as características da região para a qual foram desenvolvidos.

As plântulas de algumas cultivares apresentaram melhores características de vigor (cultivares Alvorada e Tropical), porém esta última apresentou menor teor de aminoácidos totais (Figura 6 B). A cultivar Tropical, apesar do vigor menor que as demais, este comprimento (8 cm) é em média 25% menor do que as plântulas tratadas com 10 e 15 mL do bioestimulante. Logo, o estimulante é uma opção que o produtor poderá utilizar associada às sementes de um material genético de menor vigor.

Além disso, devem-se considerar os efeitos favoráveis dos tratamentos de sementes (CAMPEOL et al., 2020), mesmo naquelas com menor qualidade fisiológica (PEREIRA et al., 2008). A aplicação de reguladores de crescimento, micronutrientes e aminoácidos em plantas permite que estas expressem seu potencial de produção de forma mais pronunciada devido ao papel de ativador metabólico desses produtos (LANA et al., 2006; PEREIRA et al., 2020).

Assim, a utilização de dosagens de bioestimulante na germinação de sementes de cenoura pode estimular a expressão do vigor, como verificado nos resultados obtidos nesse estudo. Contudo, cada material genético (cultivar) apresenta sua especificidade quanto à dose do bioestimulante que terá maior benefício à germinação e ao desenvolvimento inicial (GUIRRA et al., 2020).

Essa relação entre a dosagem e os efeitos para cada cultivar pode estar associada ao equilíbrio hormonal durante os processos metabólicos envolvidos na fase germinativa.

As variáveis fisiológicas de germinação e primeira contagem foram agrupadas na mesma região, demonstrando que o vigor terá implicações na germinação da espécie, por isso são complementares (Figura 7).

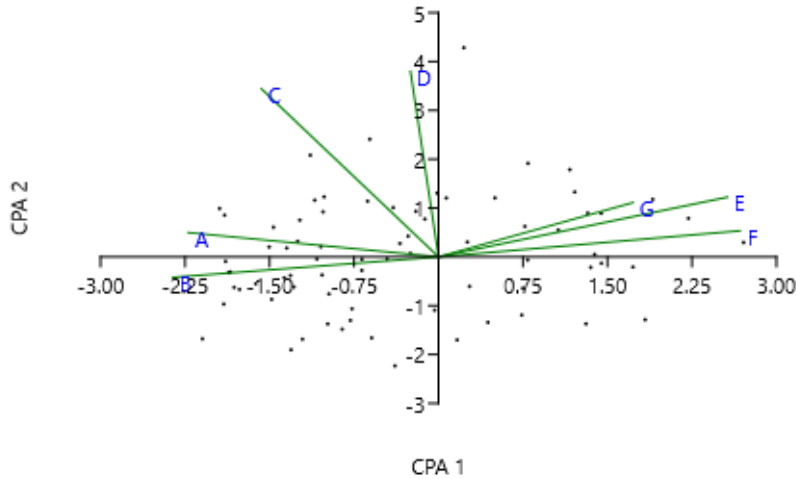


Figura 7. Análise de componentes principais de cultivares de cenoura (A. Germinação, B. Primeira contagem, C. Comprimento de plântulas, D. Massa seca de plântulas, E. Açúcares solúveis totais, F. Aminoácidos totais e G. Prolina).

A variável de massa seca de plântula relaciona-se igualmente com o desenvolvimento inicial e com a variável comprimento de plântula. Quanto às variáveis bioquímicas, a análise dos componentes principais aponta como os metabólitos estão correlacionados. Disso, pode-se entender que, pelo fato de as sementes já possuírem reservas nutritivas para seu desenvolvimento, é muito provável que somente aquelas menos vigorosas dependam de tais estímulos exógenos para realizarem crescimento e desenvolvimento vegetal.

4 CONCLUSÃO

A aplicação do bioestimulante (10 e 15 mL) influenciou positivamente a germinação das cultivares de cenoura.

As plântulas de cenoura, cultivar Tropical, tiveram aumento de 40% no comprimento quando utilizada a dosagem de 10 e 15 mL L⁻¹ de água.

As plântulas das cultivares Alvorada tiveram incremento de metabólitos para a dosagem de 5 mL L⁻¹ de água.

5 AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001 pelo apoio financeiro na realização do trabalho. À empresa Isla Sementes Ltda. pela doação das sementes de cenoura.

REFERÊNCIAS

AFIFI, M.; LEE, E.; LUKENS, L.; SWANTON, C. Thiamethoxam as a seed treatment alters the physiological response of maize (*Zea mays*) seedlings to neighbouring weeds. **Pest Management Science**, v. 71, n. 4, p. 505-514, 2015. doi.org/10.1002/ps.3789.

ALMEIDA, A. S.; LAUXEN, L. R.; CALAZANS, A. F. S.; HARTER, L. H.; CEOLIN, B. C.; ROSA, G. F.; TUNES, L. V. M.; VILLELA, F. A. Relação da leitura do clorofilômetro com os teores de clorofila de plântulas originadas de sementes tratadas com Tiametoxam. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 6, p. 40804-40812, 2020. doi.org/10.34117/bjdv6n6-572.

APARECIDO, L. E. O.; MORAES, A. F.; OLIVEIRA, V. S.; MARCONDES, R. H.; SOUZA, I. T. Métodos alternativos de maximização da emergência de sementes de Beterraba. **Revista Agrogeoambiental**, Pouso Alegre, v. 8, n. 3, p. 61-67, 2016. dx.doi.org/10.18406/2316-1817v8n32016816.

BATES, L. S.; WALDREN, R. P.; TEARE, I. D. Rapid determination of free proline for water-stress studies. **Plant and Soil**, v. 39, p. 205-207, 1973.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). **Instrução normativa Nº 42**, de 17 de setembro de 2019.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília: MAPA, 2009.

BRAUN, H.; LOPES, J. C.; SOUZA, L. T.; SCHMILDT, E. R.; CAVATTE, R. P. Q.; CAVATTE, P. C. Germinação in vitro de sementes de beterraba tratadas com ácido giberélico em diferentes concentrações de sacarose no meio de cultura. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 31, n. 3, p. 539-545, 2010.

CAETANO, E. J. M. **Alocação de fitomassa em meloeiro sob a aplicação de bioestimulante e número de frutas** / Edmilson Júnio Medeiros Caetano – Pombal, 2020.

CAMPEOL, D.; PRIMIERI, C.; WEBER, T. Qualidade fisiológica de sementes de soja tratadas com nutrientes e bioestimulante. **Revista Cultivando o Saber**, v. 13, n. 4, p. 85-91, 2020.

CARMO, M. A. P.; CARVALHO, M. L. M.; SANTOS, H. O.; ROCHA, D. K.; OLIVEIRA, J. A.; SOUZA, V. F.; GUARALDO, M. M. S.; MESQUITA, C. A. M. Bioestimulantes aplicados em sementes e plantas de milho doces sob condições de estresse abiótico. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 3, p. 31727-31741, 2021.

DEUNER, C.; ALMEIDA, A.; BORGES, C.; MENEGHELLO, G. E; VILLELA, F. Desempenho fisiológico de sementes de alface tratadas com tiametoxam. **Enciclopédia Biosfera**, v. 10, n. 18, p. 1173-1182, 2014.

FAO. **Dia Mundial da Alimentação: nossas ações são o nosso futuro**. José Graziano da Silva/ Diretor Geral da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO), 2018. Disponível em: <http://www.fao.org/brasil/noticias/detail-events/pt/c/1157873/> Acesso em: 24 jul. 2021.

FERREIRA, D. F. SISVAR: A computer analysis system to fixed effects split plot type designs. **Revista Brasileira de Biometria**, v. 37, n. 4, p. 529-535, 2019.

GUIRRA, K. S.; TORRES, S. B.; LEITE, M. S.; GUIRRA, B. S.; NOGUEIRA NETO, F. A.; RÊGO, A. L. B. Phytohormones on the germination and initial growth of pumpkin seedlings under different types of water. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 24, n. 12, p. 827-833, 2020. doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v24n12p827-833.

HAMMER, O.; HARPER, D. A. T.; RYAN, P. D. PAST: Pacote de software de estatística paleontológica para educação e análise de dados. **Paleontologia Eletrônica**, v. 4, n. 1, 9pp. 2001. Disponível em: http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm. Acesso em: 10 nov. 2021.

HAMMOUDA, I. B. I. B.; SLEIMI, N. Effect of Priming on Seed Germination of Cucurbita Pepo under Copper Stress. **American Journal of Life Science Researches**, v. 5, n. 3, p. 118-125, 2017.

KIST, B. B.; CARVALHO, C.; BELING, R. R. **Anuário brasileiro de hort&fruti 2021**. In: BELING, R. R. (Ed.). Santa Cruz do Sul, RS: Gazeta Santa Cruz. Cenoura, 2021. p. 23-24.

LANA, R. M. Q.; FARIA, M. V.; LANA, A. M. Q.; MENDES, E.; BONOTTO, I. **Regulador de crescimento sobre a produtividade do milho em sistema de plantio direto.** In: Simpósio Científico de Instituto de Ciências Agrárias da UFU, II, 2006.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas. In: KRZYZANOSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. (org.). **Vigor de sementes: conceitos e testes.** Londrina: Abrates, 1999. p.2.1-2.24.

OLIVEIRA, F. D. A. D.; MEDEIROS, J. F. D.; OLIVEIRA, M. K.; SOUZA, A. A.; FERREIRA, J. A.; SOUZA, M. S. Interação entre salinidade e bioestimulante na cultura do feijão caupi. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, p. 465-471, 2013.

OLIVEIRA, F. A.; OLIVEIRA, J. M.; SOUZA NETA, M. L.; OLIVEIRA, M. K. T.; ALVES, R. C. Substrato e bioestimulante na produção de mudas de maxixeiro. **Horticultura Brasileira**, v. 35, n. 1, p. 141-146, 2017. doi.org/10.1590/S0102-053620170122.

ORAFÁ, N. P.; SAMUEL, O. B.; DAAGEMA, A. A. Avaliação da Qualidade de Misturas de Farinhas de Inhame (*Dioscorea rotundata*) e Cenoura (*Daucus carota* L.) para Produção de Massa Rija e Biscoitos. **Asian Food Science Journal**, v. 20, n. 3, p. 18-29, 2021.

OHSE, S., MELLO, W. M.; SANTOS, J. O. Vigor de sementes de milho tratadas com bioestimulantes. **Visão Acadêmica**, v. 22, n. 1, p. 4-19, 2021.

PEREIRA, I. S. **Respostas fisiológicas em plantas de soja a atenuadores de estresse.** Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, University of São Paulo, Piracicaba, 2020. Acesso em: 08 de mar. de 2021.

PEREIRA, M. D.; DIAS, D. C. F. D. S.; DIAS, L. A. D. S.; ARAÚJO, E. F. Germinação e vigor de sementes de cenoura osmocondicionadas em papel umedecido e solução aerada. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 30, n. 2, p. 137-145, 2008.

PEREIRA, R. C.; PEREIRA, L. C.; BRACCINI, A. L.; SILVA, B. G.; PELLOSO, M. F.; CORREIA, L. V.; GONZAGA, D. E. R.; CRUZ, R. M. SETE; COPPO, C.; RIZZO, N. M.; BORGES, Y. M. Potencial fisiológico de sementes de soja submetidas ao tratamento industrial com bioestimulante antes e após armazenamento. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 4, p. 40078-40093, 2021.

- PESSOA, H. B. S. V. **Plantio: cenoura (*Daucus carota* L.)**. Embrapa Hortaliças. Sistemas de Produção, v. 5, 2008.
- PIEREZAN, L.; SCALON, S. DE P. Q.; PEREIRA, Z. V. Emergência de plântulas e crescimento de mudas de jatobá com uso de bioestimulante e sombreamento. **Cerne**, v. 18, n. 1, p. 127-133, 2012. doi.org/10.1590/S0104-77602012000100015.
- ROMAGNA, I. S.; JUNGES, E.; KARSBURG, P.; PINTO, S. D. Q. Bioestimulantes em sementes de olerícolas submetidos a testes de germinação e vigor. **Scientia Plena**, v. 15, n. 10, 2019.
- SOARES, M. B. B. Efeito da pré-embebição de sementes de alface em solução bioestimulante. **Biotemas**, v. 25, n. 2, p. 17-23, 2012.
- STOLLER. **STIMULATE®**. Regulador de crescimento vegetal, cujos ingredientes ativos ocorrem naturalmente na planta: cinetina, ácido giberélico e ácido 4-indol-3-ilbutírico. Disponível em: <https://www.stoller.com.br/solucoes/fisiologicos/stimulate/bula-stimulate/> Acesso em: 15 nov. 2021.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. Artmed Editora, 2017.
- TONIN, R. F. B.; LUCCA FILHO, O. A.; BAUDET LABBE, L. M.; ROSSETTO, M. Potencial fisiológico de sementes de milho híbrido tratadas com inseticidas e armazenadas em duas condições de ambiente. **Scientia Agropecuária**, v. 5, n. 1, p. 7-16, 2014.
- VENDRUSCOLO, E.; SOUZA, E.; LIMA, S.; SANTOS, O. Resposta do algodoeiro a diferentes doses de bioestimulante aplicado via semente. **Agrarian**, v. 11, n. 39, p. 32-41, 2018. Acesso em: 1º abr. 2020.
- VIEIRA, L. C.; LUCAS, D. C., SILVA, B. P. M.; BEDIN, F.; SILVA, V. N. Vigor de sementes de cenoura recobertas com bioestimulante de *Solieria filiformis*. In: **Colloquium Agrariae**, v. 17, n. 1, p. 93-103, 2021.
- YEMM, E. W.; COCKING, E. C. **The determination of amino-acids with ninhydrin**. Analyst, v. 80, n. 948, p. 209-214, 1955.
- YEMM, E. W.; WILLIS, A. J. The estimation of carbohydrates in plant extracts by anthrone. **Biochemical Journal**, v. 57, n. 3, p. 508-514, 1954.

CAPÍTULO III

TRATAMENTOS PRÉ-GERMINATIVOS EM SEMENTES DE CENOURA COM BIOATIVADOR

RESUMO – A cenoura é uma hortaliça com papel socioeconômico importante, tanto pelo elevado emprego de mão de obra quanto por sua alta comercialização. Para otimizar o estabelecimento dessa cultura em campo, se tornam imprescindíveis sementes com germinação rápida e uniforme. Por isso, tem sido utilizado o tratamento de sementes como técnica para viabilizar melhor o desempenho do potencial germinativo e a expressão de vigor. Desse modo, objetivou-se avaliar os efeitos do tiametoxam no desempenho fisiológico de sementes de cenoura durante a germinação e desenvolvimento inicial de plântulas. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial 5 x 4, sendo cinco cultivares de cenoura (Alvorada, Brasília, BRS Esplanada, Tellus e Tropical) e quatro dosagens de tiametoxam (0; 0,4; 0,8 e 1,2 mL). Avaliaram-se a germinação, primeira contagem de germinação, comprimento e massa seca de plântula, além de análises bioquímicas do conteúdo de açúcares totais, aminoácidos totais e prolina. Os dados coletados foram submetidos à análise de variância ($p \leq 0,05$) seguido do teste de Tukey e análise de regressão. O tratamento de sementes de cenoura com tiametoxam, no geral, influenciou positivamente a germinação das sementes das cultivares estudadas. No entanto, as dosagens de 0,4 e 0,8 mL de tiametoxam para cultivar Tropical não influenciaram positivamente o desenvolvimento de plântulas. A dose de 1,2 mL do bioativador, para a cultivar Alvorada, foi benéfica ao desenvolvimento de plântulas e acúmulo de metabólitos.

Palavras-chave: *Daucus carota* L.; tiametoxam; germinação; hortaliças.

PRE-GERMINATIVE TREATMENTS IN CARROT SEEDS WITH BIOACTIVATOR

ABSTRACT – The carrot is a vegetable with an important socioeconomic role, both due to the high employment of labor and its high commercialization. To optimize the establishment of this crop in the field, seeds with rapid and uniform germination are essential. Therefore, seed treatment has been used as a technique to improve the performance of germination potential and vigor expression. Thus, the objective of this work was to evaluate the effects of thiamethoxam on the physiological performance of carrot seeds during germination and initial development of seedlings. The experimental design was completely randomized, in a 5 x 4 factorial scheme, with five carrot cultivars (Alvorada, Brasília, BRS Esplanada, Tellus and Tropical) and four doses of thiamethoxam (0; 0.4; 0.8 and 1, 2 mL). Germination, first germination count, seedling length and dry mass were evaluated, as well as biochemical analyzes of total sugar, total amino acid and proline content. The collected data were submitted to analysis of variance ($p \leq 0.05$) followed by Tukey's test and regression analysis. The treatment of carrot seeds with thiamethoxam, in general, had a positive influence on the germination of the studied cultivars' seeds. However, the dosages of 0.4 and 0.8 mL of thiamethoxam for cultivar Tropical did not have a positive influence on seedling development. The dose of 1.2 mL of the bioactivator, for the cultivar Alvorada, was beneficial to the development of seedlings and accumulation of metabolites.

Keywords: *Daucus carota* L.; thiamethoxam; germination; vegetables.

1 INTRODUÇÃO

As sementes de cenoura normalmente apresentam desuniformidade na germinação, constituindo fator limitante ao seu cultivo (KIST et al., 2021). Um dos motivos de baixa qualidade de sementes dessa espécie pode ser atribuído à diferença no período de maturação entre as umbelas primárias e secundárias na mesma planta (PANNGOM et al., 2018). Assim, lotes de sementes comerciais podem apresentar diferentes estádios de maturação, o que afetará o desempenho e, conseqüentemente, o estabelecimento do estande em campo e a rentabilidade da cultura por área (SILVA et al., 2016). Devido a isso, a produção de cenoura exige grandes quantidades de sementes durante a semeadura e posterior desbaste, tornando o processo mais dispendioso, pois a aquisição deste insumo corresponde a 4% dos custos de produção (ALMEIDA et al., 2020; KIST et al., 2021).

Algumas técnicas podem contribuir para elevar a germinação e o estabelecimento de plântulas de cenoura em campo. Uma dessas pode ser o emprego de inseticidas, com função bioativadora, cujos resultados têm sido positivos na germinação, emergência e desenvolvimento inicial de plântulas (NISHA et al., 2012). Sendo assim, o tiametoxam, inseticida com atividade de amplo espectro e utilizado no tratamento de sementes como bioativador em arroz e trigo (ANNAMALAI et al., 2018; TSAGANOU; VASSILAKOS; ATHANASSIOU, 2021), pode contribuir para o melhor desempenho das sementes em campo.

Os efeitos do bioativador na fisiologia das sementes envolve maior velocidade da germinação e indução do desenvolvimento do eixo embrionário em determinadas dosagens (LANKA et al., 2014). Em sorgo, o tiametoxam incrementou a germinação (PERALES-ROSAS et al., 2019); o seu uso em sementes de alface acarretou estímulo fisiológico durante a germinação (DEUNER et al., 2014), feijão (BORGES et al., 2015), feijão-caupi (COSTA et al., 2017) e em sementes de soja, após armazenamento (CAMILO; LAZARETTI, 2020). Por outro lado, em sementes de trigo esse produto resultou em efeito negativo no desenvolvimento inicial de plântulas (SOLARSKI et al., 2021).

Com isso, verifica-se que o tiametoxam possui características de potencializador da germinação, a depender da dose aplicada e espécies empregadas. Portanto, aliado ao uso de sementes de alta qualidade genética e fisiológica, esse produto pode melhorar o desenvolvimento inicial das plantas (SERAGUZI et al., 2018). Assim, objetivou-se

avaliar os efeitos do tiametoxam no desempenho fisiológico de sementes de cenoura durante a germinação e desenvolvimento inicial de plântulas.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Local e delineamento experimental

A pesquisa foi desenvolvida na Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró, Rio Grande do Norte, Brasil. Para isso, utilizou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado, em esquema fatorial 5 x 4, sendo cinco cultivares de cenoura e quatro doses de tiametoxam (0; 0,4; 0,8 e 1,2 mL), por quilo de semente, que foram preparadas a partir do produto Cruiser 350[®] (SYNGENTA, 2020) mais a adição de 8 mL de água destilada. Com essa calda, utilizou-se 1 mL para tratamento de 1000 sementes.

As cultivares de cenoura foram as de primavera-verão (adaptadas ao clima mais quente) e um híbrido de clima outono-inverno: Alvorada (C1), Brasília (C2), BRS Esplanada (C3), Tellus* (C4) e Tropical (C5), cujas sementes foram dispostas em caixas de acrílico transparentes (11,0 x 11,0 x 3,5 cm), com quatro repetições de 50 sementes.

Para o tratamento das sementes de cenoura, aplicou-se o tiametoxam em solução, formando uma calda que foi colocada sobre as sementes em placas de petri, de forma a proporcionar o maior contato do produto com a superfície destas. Após esse processo, as placas foram dispostas sobre a bancada e secadas em ambiente natural, por 10 minutos.

Após o tratamento das sementes, instalou-se o teste de germinação para as avaliações fisiológicas e bioquímicas:

Análises fisiológicas

a) Germinação - foram semeadas quatro repetições de 50 sementes sobre papel mata-borrão umedecido com água destilada na proporção de 2,5 vezes o peso seco do substrato. As caixas de acrílico transparentes foram acondicionadas em câmara de germinação (Mangelsdorf), a 20 °C, com fotoperíodo de 12 h, sendo quantificadas as plântulas normais aos sete (primeira contagem) e quatorze dias após a instalação do ensaio, cujos valores foram expressos em porcentagem (BRASIL, 2009);

b) Comprimento de plântula - no final do teste de germinação, retirou-se dez plântulas normais ao acaso em cada repetição e determinou-se o comprimento,

mensurando-se desde a coifa até o ápice da plântula. Para isso, utilizou-se uma régua graduada em milímetros e os resultados foram expressos em centímetros;

c) Massa seca de plântula – depois de mensurados os comprimentos, as plântulas foram acondicionadas em sacos de papel Kraft e colocadas em estufa de circulação de ar forçada a 65 °C por 72 horas. Em seguida, pesou-se em balança analítica de precisão (0,0001) e os resultados foram expressos em mg plântula⁻¹ (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012).

Análises bioquímicas

Pesou-se 0,2 g de massa fresca de plântulas normais (provenientes do teste de germinação), acondicionando-as em tubos hermeticamente fechados, com posterior adição de 3 mL de álcool 60%. O material foi macerado e centrifugado a 10000 RPM, a 4° C, por oito minutos. Em seguida, foi obtido o sobrenadante para quantificação dos seguintes componentes:

a) Açúcares solúveis totais (AST) - determinados pelo método da antrona (YEMM; WILLIS, 1954) e tendo a glicose como substância padrão da curva. Os resultados foram expressos em µg de AST g⁻¹ de massa fresca;

b) Aminoácidos totais (AT) - aplicou-se o método da ninhidrina ácida (YEMM; COCKING, 1955), tendo a glicina como substância padrão da curva e os resultados expressos em µmol AT g⁻¹ de massa fresca;

c) Prolina (PRO) - utilizou-se o método proposto por Bates et al. (1973) e os resultados foram expressos em µmol prolina g⁻¹ de massa fresca.

Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise da normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk, análise de variância pelo teste F ($p \leq 0,05$) e, em caso de significância, submetidos ao teste de Tukey e análise de regressão, sendo utilizado o programa estatístico Sistema para Análise de Variância – Sisvar[®] (FERREIRA, 2019). Os dados também foram submetidos à análise multivariada dos componentes principais, por meio do programa Past 4 (HAMMER, 2001).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Todas as variáveis analisadas tiveram interação significativa entre cultivares e doses (Tabela 3). A dosagem de 0,8 mL do bioativador nas cultivares Brasília e Tellus não resultaram em material vegetal para as análises bioquímicas, somente para as avaliações fisiológicas.

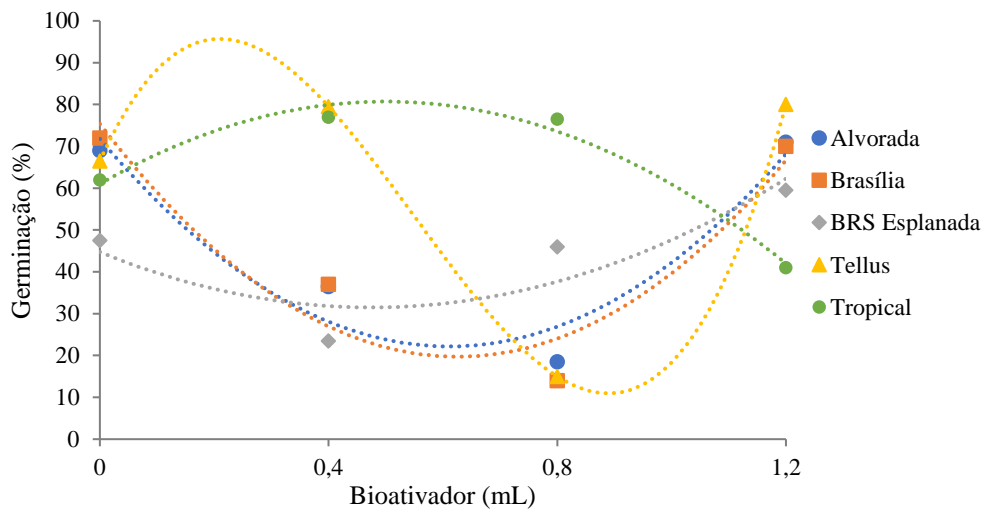
Tabela 3. Resumo da análise de variância para as variáveis de germinação (G), primeira contagem (PC), comprimento de plântulas (CP) e massa seca de plântulas (MSP), açúcares solúveis totais (AST), aminoácidos totais (AT) e prolina (PRO) de cultivares de cenoura submetidas ao tratamento de sementes com bioativador.

	PC	G	CP	MSP	AST	AT	PRO
Cultivar (C)	1989,9**	1182,7**	40,16**	2,71**	3,78**	411,8*	0,025**
Nível (N)	2871,0**	4014,0**	31,58**	0,253 ^{ns}	4,85**	1284,6**	0,070**
C x N	2185,6**	1892,8**	13,54**	0,264*	3,19**	806,0**	0,020**
CV%	55%	32%	23,9%	37,7%	29,80%	31,90%	21,70%

**significativo a 1%; *significativo a 5%; ^{ns} não significativo.

Na germinação (Figura 8A), as dosagens do tiametoxam tiveram efeitos diferentes entre as cultivares. Nas cultivares Alvorada e Brasília, a dosagem do controle (0 mL) e 1,2 mL foram superiores as de 0,4 e 0,8 mL com valores de germinação próximos a 70%, conforme estabelece a legislação para a comercialização de sementes dessa espécie (BRASIL, 2019). Por outro lado, na cultivar Tropical, as doses 0,4 e 0,8 mL apresentaram maiores valores na curva de tendência, com valores de germinação de 77% aproximadamente. Na cultivar Tellus, o ajuste dos valores apresentou-se com equações cúbicas, cuja doses 0,4 e 1,2 mL resultaram em germinação de 80%, seguindo com decréscimo na dose de 0,8 mL e retomada de maiores valores de germinação quando as sementes foram tratadas com 1,2 mL. Na cultivar BRS Esplanada, a germinação manteve-se abaixo de 60% nas doses 0,4 e 0,8 mL de tiametoxam; o mesmo aconteceu com as demais cultivares submetidas a dosagem de 0,8 mL, tendo como exceção a cultivar Tropical para esta dose.

A.



Alvorada → $y_1 = 132,81x^2 - 162,38x + 71,8$; $R^2 = 0,9204^{**}$

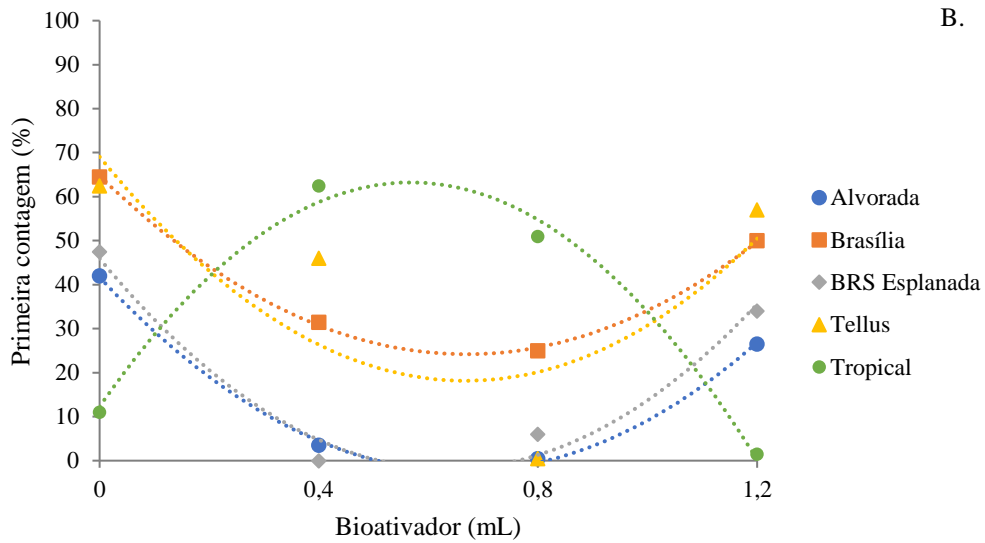
Brasília → $y_2 = 142,19x^2 - 177,88x + 75,35$; $R^2 = 0,9039^{**}$

BRS Esplanada → $y_3 = 58,594x^2 - 55,688x + 44,725$; $R^2 = 0,7724^*$

Tellus → $y_4 = 539,06x^3 - 889,06x^2 + 301,87x + 66,5$; $R^2 = 0,997^{**}$

Tropical → $y_5 = -78,906x^2 + 78,813x + 61,025$; $R^2 = 0,9778^{**}$

B.



Alvorada → $y_1 = 100,78x^2 - 133,31x + 41,675$; $R^2 = 0,9982^{**}$

Brasília → $y_2 = 90,625x^2 - 121,25x + 64,75$; $R^2 = 0,9987^{**}$

BRS Esplanada → $y_3 = 117,97x^2 - 150,19x + 45,925$; $R^2 = 0,9677^{**}$

Tellus → $y_4 = 114,06x^2 - 152,38x + 69,05$; $R^2 = 0,6399^{**}$

Tropical → $y_5 = -157,81x^2 + 179,38x + 12,25$; $R^2 = 0,9883^{**}$

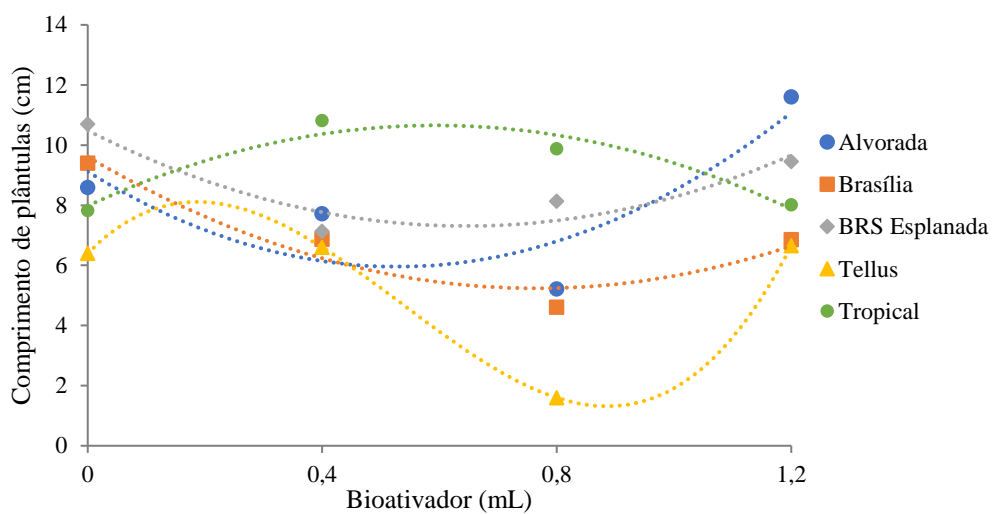
Figura 8. Características do desenvolvimento inicial (A. Germinação; B. Primeira contagem) de plântulas de cinco cultivares de cenoura (Alvorada, Brasília, BRS Esplanada, Tellus e Tropical), tratadas com bioativador nas doses de 0; 0,4; 0,8; 1,2 mL.

Os resultados proporcionados pelos tratamentos na primeira contagem se ajustaram a equações quadráticas (Figura 8B). Nas cultivares Alvorada, Brasília e BRS Esplanada, os maiores pontos apresentados foram na dose de 0 e 1,2 mL, com tendência crescente. Em contrapartida, as doses 0,4 e 0,8 mL alcançaram as maiores médias na cultivar Tropical, 63 e 51%, respectivamente. Resultados semelhantes foram encontrados na germinação de sementes de arroz, em que efeitos benéficos do tiametoxam foram evidenciados nos lotes de sementes de menor vigor (CASTRO et al., 2007). Os efeitos benéficos do tiametoxam podem estar relacionados à relação hídrica das sementes, em relação à absorção de água, e à ativação de proteínas envolvidas no mecanismo de defesa (ALMEIDA et al., 2014).

O uso do tiametoxam (0,4 e 0,6 mL Kg sementes⁻¹) em abóbora promoveu maior germinação mesmo em lotes menos vigorosos (LEMES et al., 2015). Em sementes de sorgo, o tratamento com 7 mL de Cruiser[®] proporcionou excelente germinação, com 99% de emergência de mudas (PERALES-ROSAS et al., 2019). O mesmo neonicotinoide é considerado crucial no tratamento de girassol, em concentração 350g L⁻¹ do produto devido aos benefícios no desenvolvimento inicial (GVOZDENAC et al., 2019).

Em relação ao comprimento de plântula, a cultivar Tropical demonstrou comportamento de crescimento semelhante a cultivar Tellus até a dose de 0,4 mL de tiametoxam, porém, com o aumento das doses esta última sofreu influência negativa na dose de 0,8 mL (Figura 9A). A dose de 1,2 mL de tiametoxam promoveu maiores crescimentos de plântula do que as demais doses na cultivar Alvorada, sendo 55% maior que o controle. Na cultivar Brasília, as dosagens do inseticida provocaram reduções de 27% (0,4 e 1,2 mL) e 51% (0,8 mL) em relação ao controle. Na cultivar BRS Esplanada, as doses 0,0 e 1,2 mL resultaram nas maiores médias, 10,7 e 9,45 cm, respectivamente. De outro modo, as dosagens intermediárias de 0,4 e 0,8 mL resultaram em efeitos positivos para a cultivar Tropical com médias de 10,82 e 9,88 cm, respectivamente, e superiores às demais dosagens, com comprimento seis vezes superior ao controle. Na cultivar Tellus, as dosagens 0; 0,4 e 1,2 mL proporcionaram os maiores valores – 6,39; 6,59 e 6,64 cm, respectivamente.

A.



Alvorada → $y_1 = 11,344x^2 - 11,973x + 9,116$; $R^2 = 0,7348^{**}$

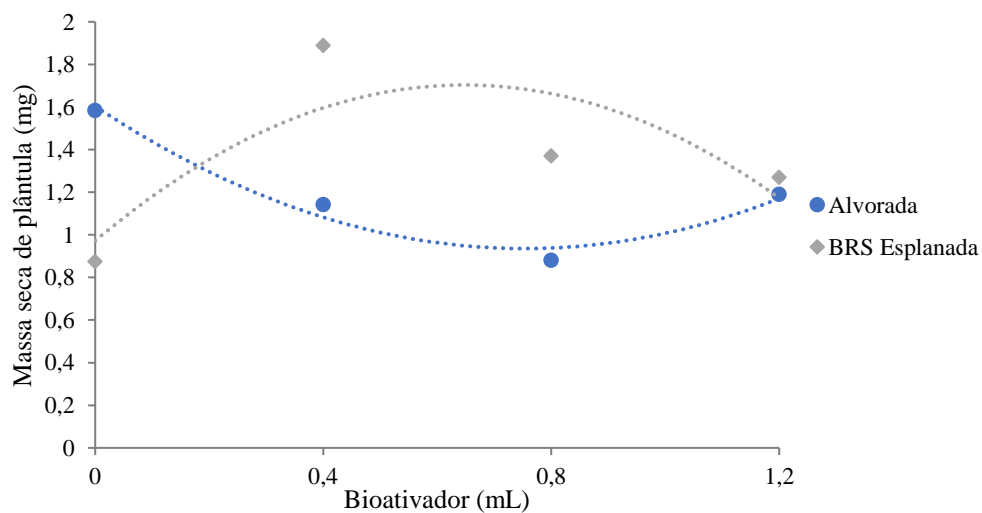
Brasília → $y_2 = 7,4688x^2 - 11,433x + 9,612$; $R^2 = 0,9218^*$

BRS Esplanada → $y_3 = 7,6406x^2 - 9,8562x + 10,488$; $R^2 = 0,8756^*$

Tellus → $y_4 = 39,714x^3 - 63,906x^2 + 19,708x + 6,4$; $R^2 = 0,997^{**}$

Tropical → $y_5 = -7,5781x^2 + 9,0013x + 7,9805$; $R^2 = 0,9286^*$

B.



Alvorada → $y_1 = 1,1766x^2 - 1,7726x + 1,6035$; $R^2 = 0,9701^{**}$

BRS Esplanada → $y_3 = -1,7422x^2 + 2,2579x + 0,9716$; $R^2 = 0,636^{**}$

Figura 9. Comprimento de plântulas (A) e massa seca de plântulas (B) de cinco cultivares de cenoura (Alvorada, Brasília, BRS Esplanada, Tellus e Tropical), tratadas com bioativador nas doses de 0; 0,4; 0,8; 1,2 mL.

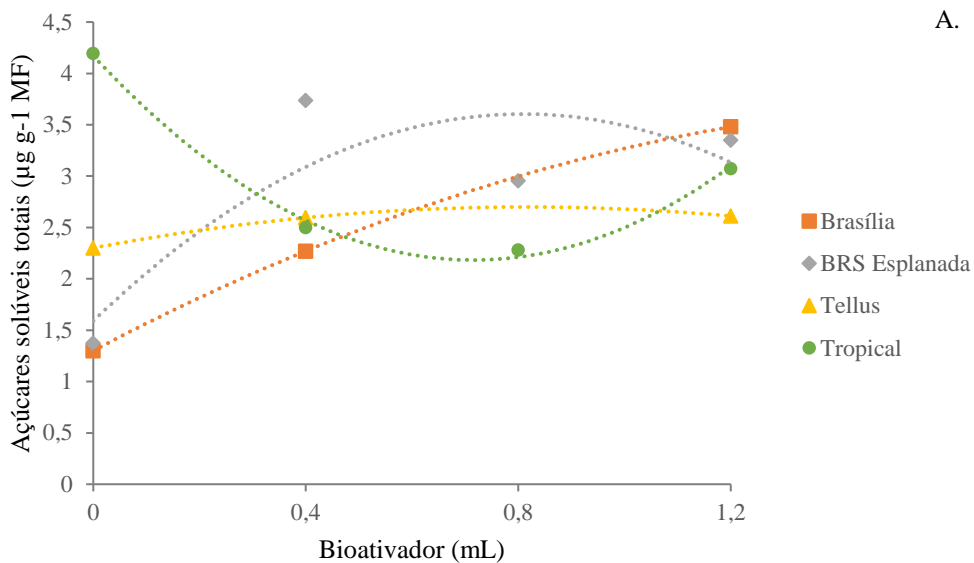
Com a utilização de 3,5 mL kg de semente⁻¹, o tiametoxam não proporcionou efeito negativo para o desenvolvimento inicial das plantas de trigo (SOLARSKI et al., 2021). No entanto, a utilização da 0,21 g i.a. L⁻¹ de tiametoxam no tratamento de sementes de feijão-caupi permitiu melhor desempenho inicial do estabelecimento das plântulas (COSTA et al., 2017).

As doses de 0,4 e 0,8 mL promoveram comportamentos significativos nas cultivares Alvorada e BRS Esplanada, no entanto, com os pontos mínimos de acúmulo de massa seca de plântula para a primeira cultivar (Figura 9B). Na cultivar Alvorada, o tratamento controle resultou em plântulas com massa seca de 1,58 mg, superior às dosagens com o regulador em 44% se considerarmos a dose de 0,8 mL. Por sua vez, para a cultivar BRS Esplanada, verificou-se máxima produção de massa seca na dose 0,4 mL, com 1,89 mg, duas vezes mais que o controle.

Os efeitos das dosagens utilizadas variaram entre as cultivares de soja tratadas com tiametoxam, as quais apresentaram redução da massa seca, entretanto, mantiveram vigor acima de 80% em até 45 dias de armazenamento (DAN et al., 2010). No entanto, o tiametoxam estimulou o desempenho fisiológico de sementes de feijão-caupi, ocorrendo efeitos positivos no crescimento e assimilação de matéria seca pelas raízes (COSTA et al., 2017).

Em relação aos teores de açúcares solúveis totais, as dosagens não apresentaram diferença significativa dentro da cultivar Alvorada (Figura 10A). Na cultivar Brasília ocorreu uma tendência linear conforme se aumentou a dose de tiametoxam. Para essa mesma cultivar a dose 1,2 mL proporcionou aumento de 63% em relação ao controle. No entanto, para o controle a cultivar Tropical teve até 46% mais acúmulo de açúcares que as demais. Por fim, a dose de 1,2 mL promoveu teor de 3,35 µg g⁻¹ MF, com ajuste quadrático.

A.



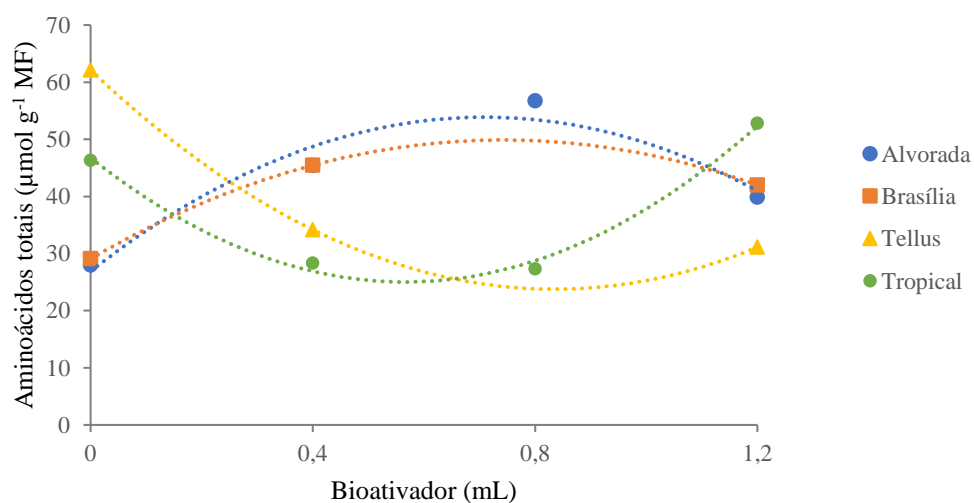
Brasília → $y_2 = -0,7604x^2 + 2,7292x + 1,3$; $R^2 = 0,9997^{**}$

BRS Esplanada → $y_3 = -3,0797x^2 + 4,9824x + 1,5889$; $R^2 = 0,7111^{**}$

Tellus → $y_4 = -0,5979x^2 + 0,9767x + 2,3$; $R^2 = 0,997^{**}$

Tropical → $y_5 = 3,8891x^2 - 5,5621x + 4,1717$; $R^2 = 0,995^{**}$

B.



Alvorada → $y_1 = -53,578x^2 + 76,006x + 26,907$; $R^2 = 0,9432^*$

Brasília → $y_2 = -37,688x^2 + 55,975x + 29,09$; $R^2 = 0,997^{**}$

Tellus → $y_4 = 55,031x^2 - 91,888x + 62,12$; $R^2 = 0,995^{**}$

Tropical → $y_5 = 67,852x^2 - 76,797x + 46,76$; $R^2 = 0,993^{**}$

C.

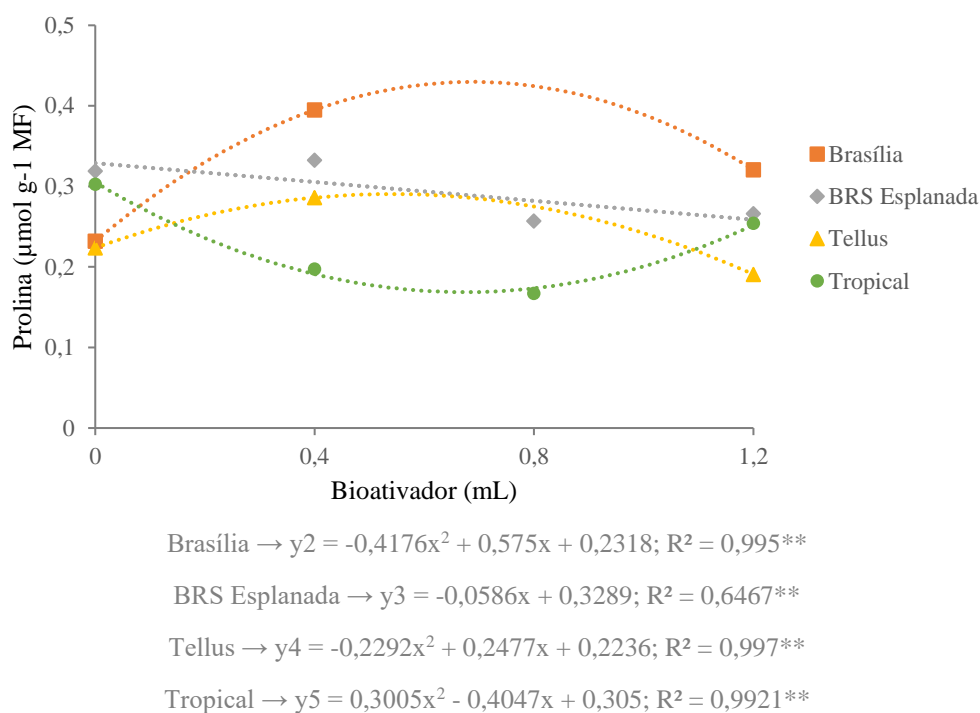


Figura 10. Características bioquímicas (A. Açúcares totais; B. Aminoácidos totais; e C. Prolina) de plântulas de cinco cultivares de cenoura (Alvorada, Brasília, BRS Esplanada, Tellus e Tropical), tratadas com bioativador nas doses de 0; 0,4; 0,8; 1,2 mL.

Os teores de açúcares quando as sementes foram submetidas ao tratamento intermediário (0,4 e 0,8 mL) de tiametoxam apresentaram comportamento semelhante ao constatado para as variáveis fisiológicas. Verificou-se que a dose de 0,8 mL proporcionou maior atuação do bioativador nas plântulas de menor porte, seguida de menores acréscimos de massa seca de plântula e demais metabólitos, promotores de crescimento e desenvolvimento vegetal (açúcares, aminoácidos, prolina). Sob condições de estresse e baixo teor de açúcar, genes SnRK1 são ativados, desencadeando processo de redução do gasto energético e, conseqüentemente, redução dos processos metabólitos associados ao crescimento vegetal (OLIVEIRA et al., 2021).

As doses de tiametoxam promoveram diferenças significativas na produção de aminoácidos totais nas cultivares Alvorada, Brasília, Tellus e Tropical (Figura 10B). As cultivares Alvorada e Brasília acumularam mais aminoácidos totais quando tratadas com doses intermediária de 0,4 e 0,8 mL. Todavia, as cultivares Tellus e Tropical, para essas mesmas doses, resultaram em menores valores de acúmulo. Na cultivar Alvorada, observaram-se teores de AT entre 28,01 (0 mL) e 56,74 $\mu\text{mol g}^{-1}$ MF (0,8 mL). Para os

resultados da cultivar Brasília, constatou-se média de 45,45 $\mu\text{mol g}^{-1}$ MF (0,4 mL). Para a BRS Esplanada, os valores de AT mantiveram-se entre 29,92 (0,8 mL) e 55,73 $\mu\text{mol g}^{-1}$ MF (0,4 mL), não havendo diferença significativa. Quando essa cultivar foi tratada com 0,4 e 1,2 mL de tiametoxam, apresentou acúmulo de açúcares, de massa seca, porém com menor crescimento, menor expressão de vigor e germinação, demonstrando maior influência deste produto para algumas variáveis de acúmulo de reservas.

De modo geral, as dosagens 0,4 e 1,2 mL reduziram os teores de AT em 45 e 50% em relação ao controle (62,12 $\mu\text{mol g}^{-1}$ MF) para a cultivar Tellus. Na Tropical, constatou-se que as dosagens 0 e 1,2 mL foram superiores aos outros tratamentos com médias iguais a 46,29 e 52,78 $\mu\text{mol g}^{-1}$ MF, respectivamente. Tais resultados explicam o fato dessas cultivares terem resultado em menor vigor e germinação com esse tratamento, pois provavelmente o tiametoxam interferiu no acúmulo de aminoácidos, que tem sua função relacionada a várias vias de biossíntese e ao metabolismo secundário das plântulas (DINKELLOO et al., 2018).

O teor de prolina sofreu efeito significativo das dosagens do tiametoxam, com exceção da cultivar Alvorada (Figura 10C). A Brasília apresentou comportamento quadrático com maiores acúmulos entre as doses de 0,4 e 0,8 de TMT, seguida da BRS Esplanada, que apresentou tendência linear decrescente conforme aumento da dose do bioativador. A produção de prolina se manteve entre 0,23 e 0,32 $\mu\text{mol g}^{-1}$ MF para a Alvorada, entre 0,26 e 0,33 $\mu\text{mol g}^{-1}$ MF para BRS Esplanada e entre 0,19 e 0,28 $\mu\text{mol g}^{-1}$ MF, para a Tellus. Na cultivar Brasília, as dosagens 0,4 e 1,2 mL promoveram aumento de 69 e 39% em relação à dose 0 mL (0,23 $\mu\text{mol g}^{-1}$ MF). Na Tropical, os maiores teores de prolina foram encontrados nas dosagens 0 e 1,2 mL com médias iguais a 0,3 e 0,25 $\mu\text{mol g}^{-1}$ MF, respectivamente. Ao se aplicar o tiametoxam, aumenta-se a expressão do vigor de plântulas, conforme descrito por Almeida et al. (2020) com sementes de algodão e Carvalho et al. (2011) com trigo. Esses autores verificaram que a síntese de aminoácidos é precursora de novas proteínas com a aplicação desse inseticida.

Os resultados do teor de prolina na cultivar Tropical quando as sementes foram submetidas a 1,2 mL de tiametoxam não se refletiram em maior comprimento de plântulas, similarmente ao ocorrido com a Brasília, empregando 0,4 mL do bioativador. A prolina atua no ajuste osmótico, na proteção de membranas e estabiliza proteínas (IQBAL et al., 2014; NELSON; COX, 2019). Essa é uma molécula sinalizadora, podendo induzir o aumento da atividade antioxidante em resposta a diferentes estresses (REJEB et al., 2014).

A prolina é descrita na literatura como um dos principais aminoácidos que atuam contra os efeitos negativos de vários estresses. A síntese elevada desse aminoácido pode indicar fitotoxidez, pois este faz parte da rota metabólica do glutamato, assim como a arginina, que possui relação com o metabolismo do nitrogênio. Em situações de estresse, a planta prioriza esse nitrogênio para formação de prolina que realiza ajuste osmótico, promovendo desbalanço desse nutriente na planta que tem seu desenvolvimento prejudicado (FERREIRA et al., 2002; HUSSAIN; YASMEEN; YOUSAF, 2022).

No presente estudo, os materiais genéticos responderam de maneira diferente às mesmas concentrações de tiametoxam. Geralmente, muitas espécies realizam ajuste osmótico com elevação dos teores de prolina, açúcares e aminoácidos quando em condições de estresse vegetal. A cultivar Tropical, por exemplo, reduziu o comprimento das plântulas (1,2 mL de tiametoxam), apesar de ter acumulado aminoácidos. Pode-se entender que o bioativador interferiu no metabolismo de biomoléculas, afetando de maneira distinta o desenvolvimento de plântulas e germinação, a depender da cultivar.

Quanto à cultivar Tropical, o que pode ter ocorrido foi um estresse iônico nas sementes, que apresentaram menor desempenho germinativo e expressão de vigor. O metabolismo foi direcionado para superação do estresse abiótico promovido pelo tratamento com o bioativador, resultando em maior gasto energético. Alguns estudos indicam que o bioativador também está relacionado ao retardo do ciclo celular, sendo ainda descrito como citotóxico e com efeitos genotóxicos nos cromossomos das células da raiz do girassol, causando várias anormalidades em dosagens mais elevadas de 4 g L⁻¹ do produto (GEORGIEVA et al., 2021).

A partir da análise dos resultados, evidencia-se que, de acordo com o material genético estudado (cultivares), o tiametoxam pode promover incremento na germinação e desenvolvimento de plântulas, pois conforme análise das componentes principais as variáveis fisiológicas (germinação e crescimento de plântula) apresentam agrupamento semelhante desses componentes, ou seja, positivos à direita (Figura 11). As características bioquímicas avaliadas e o acúmulo de massa seca de plântula também demonstraram proximidade de seus componentes. De forma geral, todas as doses utilizadas de tiametoxam ou inibiram a geminação das cultivares de cenoura ou não diferiram do controle, mas seu modo de ação relacionado a rotas de produção de proteínas pode ter sido o que influenciou no desenvolvimento de plântula das cultivares de cenoura.

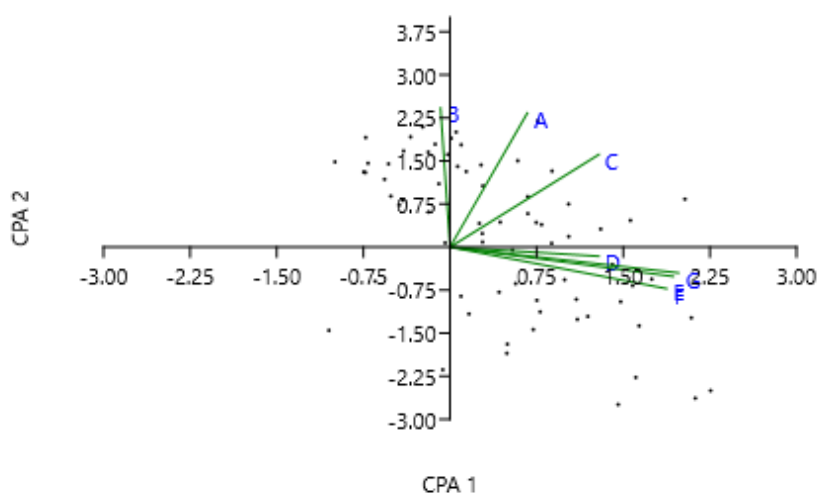


Figura 11. Análise de componentes principais de cultivares de cenoura (A. Germinação, B. Primeira contagem, C. Comprimento de plântulas, D. Massa seca de plântulas, E Açúcares solúveis totais, F. Aminoácidos totais e G. Prolina).

Portanto, verificou-se o potencial do tiametoxam no desenvolvimento de plântulas. Sendo assim, são necessários mais estudos sobre as doses adequadas desse bioativador em função da cultivar, modo de aplicação e tempo de exposição ao produto. Para isso, deve-se respeitar os devidos cuidados quanto às dosagens seguras no tratamento das sementes, evitando, dessa forma, efeitos residuais associados à fitotoxicidade e outros riscos posteriores de contaminação.

4 CONCLUSÃO

O tratamento de sementes de cenoura com tiametoxam a 1,2 mL influencia positivamente a germinação das cultivares de cenoura, exceto para a Tropical, para a qual as doses intermediárias de 0,4 e 0,8 mL proporcionam melhor desenvolvimento inicial.

As cultivares de cenoura apresentam comportamentos de acúmulo de biomoléculas distintos a depender da dose do bioativador.

5 AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001 pelo apoio financeiro na realização do trabalho.
 À empresa Isla Sementes Ltda. pela doação das sementes de cenoura.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, A. S.; LAUXEN, L. R.; CALAZANS, A. F. S.; HARTER, L. H.; CEOLIN, B. C.; ROSA, G. F.; TUNES, LILIAN V. M.; VILLELA, F. A. Relação da leitura do clorofilômetro com os teores de clorofila de plântulas originadas de sementes tratadas com Tiametoxam. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 6, p. 40804-40812, 2020. doi.org/10.34117/bjdv6n6-572.
- ALMEIDA, A. D. S.; DEUNER, C.; BORGES, C. T.; MENEGHELLO, G. E.; JAUER, A.; VILLELA, F. A. Treatment of rice seeds with thiamethoxam: reflections on physiological performance. **Journal of Seed Science**, v. 36, p. 392-398, 2014. doi.org/10.1590/2317-1545v36n4980.
- ANNAMALAI, M.; VASANTHA-SRINIVASAN, P.; THANIGAIVEL, A.; MUTHIAH, C.; KARTHI, S.; JENA, M.; PANDI, G. G. P.; ADAK T.; MURUGESAN, A. G.; SENTHIL-NATHAN, S. Effect of thiamethoxam on growth, biomass of rice varieties and its specialized herbivore, *Scirpophaga incertulas* Walker. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, v. 101, p. 146-155, 2018. doi.org/10.1016/j.pmpp.2017.10.009.
- BATES, L. S.; WALDREN, R. P.; TEARE, I. D. Rapid determination of free proline for water-stress studies. **Plant and Soil**, v. 39, n. 1, p. 205-207, 1973.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília: MAPA, 2009.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). **Instrução normativa N° 42**, de 17 de setembro de 2019.
- BORGES, C.; ALMEIDA, A.; DEUNER, C.; JAUER, A.; MENEGHELLO, G. E. Efeito do tiametoxam no tratamento de sementes de feijão. **Enciclopédia Biosfera**, v. 11, n. 21, p. 1-10, 2015.
- CAMILO, M. G.; LAZARETTI, N. S. Qualidade fisiológica de sementes de soja em função dos tratamentos e tempo de armazenamento. **Revista Cultivando o Saber**, edição especial, p. 1-10, 2020.
- CARVALHO, N. L.; PERLIN, R. S.; COSTA, E. C. Thiametoxam em tratamento de sementes. **Revista Monografias Ambientais**, v. 2, n. 2, p. 158-175, 2011.

- CASTRO, P. R.; PITELLI, A. M. C. M.; PERES, L. E. P.; ARAMAKI, P. H. Análise da atividade reguladora de crescimento vegetal de tiametoxam através de biotestes. **Publicatio UEPG: Ciências Exatas e da Terra, Agrárias e Engenharias**, v. 13, n. 3, p. 25-29, 2007. doi.org/10.5212/publicatio.v13i03.892.
- COSTA, R. D. Q.; SANTOS, J. L.; PORTO, J. S.; VASCONCELOS, R. C.; CANGUSSU, A. C.; MORAIS, O. M. Ação do insecticida tiametoxame aplicado às sementes na emergência e vigor de plântulas de *Vigna unguiculata* (L.) Walp. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 40, n. 3, p. 608-615, 2017. doi.org/10.19084/RCA16151.
- DEUNER, C.; ALMEIDA, A.; BORGES, C.; MENEGHELLO, G. E; VILLELA, F. Desempenho fisiológico de sementes de alface tratadas com tiametoxam. **Enciclopédia Biosfera**, v. 10, n. 18, p. 1173-1182, 2014.
- DINKELOO, K.; BOYD, S.; PILOT, G. Update on amino acid transporter functions and on possible amino acid sensing mechanisms in plants. **Seminars in Cell & Developmental Biology**, v. 74, n. 1, p. 105-113, 2018.
- FERREIRA, D. F. SISVAR: A computer analysis system to fixed effects split plot type designs. **Revista Brasileira de Biometria**, v. 37, n. 4, p. 529-535, 2019.
- FERREIRA, V. M.; MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M.; OLIVEIRA, L. E. M. D.; PURCINO, A. Á. C. Metabolismo do nitrogênio associado à deficiência hídrica e sua recuperação em genótipos de milho. **Ciência Rural**, v. 32, n. 1, p. 13-17, 2002.
- GEORGIEVA, M.; VASSILEVSKA-IVANOVA, R. Effect of thiamethoxam–induced toxicity on root meristematic cells of *Helianthus annuus* L. **Comptes Rendus de l'Acad'Emie Bulgare des Sciences**, v. 74, n. 3, 2021. doi.org/10.7546/CRABS.2021.03.10.
- GVOZDENAC, S.; OVUKA, J.; MIKLIČ, V.; CVEJÍČ, S.; TANASKOVIĆ, S.; BURSÍČ, V.; SEDLAR, A. The effect of seed treatments on wireworm (Elateridae) performance, damages and yield traits of sunflower (*Helianthus annuus* L.). **Journal of Central European Agriculture**, v. 20, n. 4, p. 1188-1200, 2019. doi.org/10.5513/JCEA01/20.4.2133.
- HAMMER, O.; HARPER, D. A. T.; RYAN, P. D. PAST: Pacote de software de estatística paleontológica para educação e análise de dados. **Paleontologia Eletrônica**, v. 4, n. 1, 9p. 2001. Disponível em: http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm.

- HOLBIG, L. S.; BAUDET, L.; VILLELA, F. A.; CAVALHEIRO, V. Recobrimento de sementes de cenoura osmocondicionadas. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, n. 4, p. 22-28, 2010.
- HUSSAIN, N.; YASMEEN, A.; YOUSAF, M. M. Antioxidant status and their enhancements strategies for water stress tolerance in chickpea. **Brazilian Journal of Biology**, v. 82, 2021.
- IQBAL, N.; UMAR, S.; NAZAR, R. Manipulating osmolytes for breeding salinity-tolerant plants. In: **Emerging technologies and management of crop stress tolerance**. Academic Press, p. 385-404, 2014. doi.org/10.1016/B978-0-12-800875-1.00016-8.
- KIST, B. B.; CARVALHO, C.; BELING, R. R. **Anuário brasileiro de hort&fruti 2021**. In BELING, R. R. (org.). Santa Cruz do Sul, RS: Gazeta Santa Cruz. Cenoura, 2021. p. 23-24
- KOLEY, T. K.; NISHAD, J.; KAUR, C.; SU, Y.; SETHI, S.; SAHA, S.; SEN, S.; BHATT, B. P. Effect of high-pressure microfluidization on nutritional quality of carrot (*Daucus carota* L.) juice. **Journal of Food Science and Technology**, v. 1, n. 1, p. 1-10, 2020. doi.org/10.1007/s13197-020-04251-6.
- LANA, R. M. Q.; FARIA, M. V.; LANA, A. M. Q.; MENDES, E.; BONOTTO, I. **Regulador de crescimento sobre a produtividade do milho em sistema de plantio direto**. In: Simpósio Científico de Instituto de Ciências Agrárias da UFU, II, 2006.
- LANKA, S. K.; STOUT, M. J.; BEUZELIN, J. M.; OTTEA, J. A. Activity of chlorantraniliprole and thiamethoxam seed treatments on life stages of the rice water weevil as affected by the distribution of insecticides in rice plants. **Pest Management Science**, v. 70, n. 2, p. 338-344, 2014.
- CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes, ciência e produção**. Jaboticabal: Funep, 2012.
- NISHA, S.; REVATHI, K.; CHANDRASEKARAN, R.; KIRUBAKARAN, A. S.; SATHISH-NARAYANAN, S.; STOUT, M. J.; SENTHIL-NATHAN, S. Effect of plant compounds on induced activities of defense-related enzymes and pathogenesis related protein in bacterial blight disease susceptible rice plant. **Physiological and molecular plant pathology**, v. 80, p. 1-9, 2012. doi.org/10.1016/j.pmpp.2012.07.001.

OLIVEIRA, F. A.; OLIVEIRA, J. M.; SOUZA NETA, M. L.; OLIVEIRA, M. K. T.; ALVES, R. C. Substrato e bioestimulante na produção de mudas de maxixeiro. **Horticultura Brasileira**, v. 35, n. 1, p. 141-146, 2017. doi.org/10.1590/S0102-053620170122.

OLIVEIRA, J. P.; PEREIRA, J. P. DE J.; NAVARRO, B. V.; SOLDI, M. C. M. M. Sweet sensations: mecanismo de percepção e controle de açúcares em plantas. In **Botânica no inverno 2021**. São Paulo: Instituto de Biociências, p. 112, 2021.

PANNOM, K.; CHUESAARD, T.; TAMCHAN, N.; JIWCHAN, T.; SRIKONGSRITONG, K.; PARK, G. Comparative assessment for the effects of reactive species on seed germination, growth and metabolisms of vegetables. **Scientia Horticulturae**, v. 227, p. 85-91, 2018. doi.org/10.1016/j.scienta.2017.09.026.

PERALES-ROSAS, D.; HERNÁNDEZ-PÉREZ, R.; GUILLÉN-SÁNCHEZ, D.; LÓPEZ-MARTÍNEZ, V.; ALIATEJACAL, I.; JUÁREZ-LÓPEZ, P. Tratamiento con insecticidas a semillas de *Sorghum bicolor* para el control de *Melanaphis sacchari/sorghum* en Morelos, México. **Centro Agrícola**, v. 46, n. 4, p. 5-12, 2019.

PEREIRA, M. D.; DIAS, D. C. F. D. S.; DIAS, L. A. D. S.; ARAÚJO, E. F. Germinação e vigor de sementes de cenoura osmocondicionadas em papel umedecido e solução aerada. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 30, n. 2, p. 137-145, 2008.

PIEREZAN, L.; SCALON, S. P. Q.; PEREIRA, Z. V. Emergência de plântulas e crescimento de mudas de jatobá com uso de bioestimulante e sombreamento. **Cerne**, v. 18, n. 1, p. 127-133, 2012. doi.org/10.1590/S0104-77602012000100015.

REJEB, K. B.; ABDELLY, C.; SAVOURÉ, A. How reactive oxygen species and proline face stress together. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 80, p. 278-284, 2014. doi.org/10.1016/j.plaphy.2014.04.007.

SERAGUZI, E. F.; REGO, C. H.; CARDOSO, F.; CÂNDIDO, A.; ALVES, C. Qualidade fisiológica de sementes de *Brachiaria brizantha* tratadas com fungicida e inseticida. **Revista Caatinga**, v. 31, n. 3, p. 651-656, 2018. doi.org/10.1590/1983-21252018v31n313rc.

SYNGENTA. **CRUISER® 350 FS**. Produto formulado pela Syngenta Proteção de Cultivos Ltda. Bula, 2020. Disponível em:

https://www.syngenta.com.br/sites/g/files/zhg256/f/cruiser_350_fs_2.pdf?token=1601379048. Acesso em: 13 out. 2021.

SILVA, P. P.; SEKITA, M. C.; DIAS, D. C. F. D. S.; NASCIMENTO, W. M. Biochemical and physiological analysis in carrot seeds from different orders of umbels. **Revista Ciência Agronômica**, v. 47, n. 2, p. 407-413, 2016. doi.org/10.5935/1806-6690.20160049.

SOLARSKI, T.; LACONSKI, J. M. O.; NOGUEIRA, P. H. S.; BELCAMINO, L.; REAL, V.; MELO, A. R.; SANTOS, V. F.; GRANDE, L. F.; LATZUK, G.; MAZUR, L.; BAUMANN, H. R.; SECCO, D. V. Avaliação de diferentes doses de inseticida e fungicida no tratamento de sementes de trigo sob a influência no desenvolvimento da cultura nas fases iniciais. **Revista Agraria Acadêmica**, v. 4, n. 2, p. 13-20, 2021. dx.doi.org/10.32406/v4n2/2021/13-20/agrariacad.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. Artmed Editora, 2017.

TSAGANOU, F. K.; VASSILAKOS, T. N.; ATHANASSIOU, C. G. Influence of temperature and relative humidity on the efficacy of thiamethoxam for the control of three stored product beetle species. **Journal of Stored Products Research**, v. 92, p. 101784, 2021. doi.org/10.1016/j.jspr.2021.101784.

VIEIRA, P. B. L.; VIANA, K. S.; LIMA, S. K. R. Análise sensorial e intenção de compra de iogurte de cenoura (*Daucus carota* L.) com coco (*Cocos nucifera* L.). **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 12, p. 100167-100173, 2020. doi.org/10.34117/bjdv6n12-492.

YEMM, E. W.; COCKING, E. C. **The determination of amino-acids with ninhydrin**. Analyst, v. 80, n. 1, p. 209-213, 1955.

YEMM, E. W.; WILLIS, A. J. The estimation of carbohydrates in plant extracts by anthrone. **Biochemical Journal**, v. 57, p. 508, 1954. doi.org/10.19084/RCA16151.

CAPÍTULO IV

MITIGAÇÃO DO ESTRESSE TÉRMICO NA GERMINAÇÃO E DESENVOLVIMENTO INICIAL DE PLÂNTULAS DE CENOURA POR MEIO DE FITORREGULADORES

RESUMO – A agricultura moderna deve acompanhar as demandas alimentares dos consumidores em relação aos teores nutricionais de hortaliças, além de enfrentar problemas associados às mudanças climáticas. Por essa razão, a adoção de tecnologias que permitam a atenuação de estresses ambientais, como uso de fitorreguladores no tratamento de sementes, é uma alternativa para cultivos em regiões com temperaturas elevadas. Assim, objetivou-se avaliar a mitigação do estresse térmico na germinação e desenvolvimento inicial de plântulas de cenoura por meio de fitorreguladores. O estudo foi dividido em três ensaios, nas temperaturas de 25, 30 e 35 °C. Empregou-se esquema fatorial 5 x 3; cinco cultivares de cenoura (Alvorada, Brasília, BRS Esplanada, Tellus e Tropical) e dois fitorreguladores (Stimulate[®] e tiametoxam), além do controle (sementes não tratadas). Avaliou-se as variáveis: germinação, primeira contagem de germinação, comprimento e massa seca de plântula. Os dados coletados foram submetidos à análise de variância ($p \leq 0,05$) e teste de Scott-Knott. Quando as cultivares de cenoura tiveram as sementes tratadas com os fitorreguladores, em 25 °C, a cultivar Tellus apresentou germinação 28% superior ao controle, ao passo que a 30 °C as cultivares BRS Esplanada e Tellus apresentaram germinação duas vezes superior ao controle e expressaram melhor vigor em detrimento das cultivares Alvorada, Brasília e Tropical. De modo geral, o tiametoxam promoveu incrementos no desenvolvimento inicial de plântulas de cenoura aos 25 e 30 °C. A temperatura de 35 °C foi drástica para a germinação das cultivares de cenoura.

Palavras-chave: *Daucus carota* L.; reguladores vegetais; bioestimulante; tiametoxam; temperatura.

MITIGATION OF HEAT STRESS IN GERMINATION AND INITIAL DEVELOPMENT OF CARROT SEEDLINGS THROUGH PHYTOREGULATORS

ABSTRACT – Modern agriculture must keep up with the food demands of consumers in relation to the nutritional contents of vegetables, in addition to facing problems associated with climate change. Therefore, the adoption of technologies that allow the attenuation of environmental stresses, such as the use of phytohormones in seed treatment, is an alternative for crops in regions with high temperatures. Thus, the objective was to evaluate the mitigation of heat stress in the germination and initial development of carrot seedlings through phytohormones. The study was divided into three tests, at temperatures of 25, 30 and 35 °C. A 5 x 3 factorial scheme was used; five carrot cultivars (Alvorada, Brasília, BRS Esplanada, Tellus and Tropical) and two plant growth regulators (Stimulate[®] and thiamethoxam), in addition to the control (untreated seeds). The following variables were evaluated: germination, first germination count, seedling length and dry mass. The collected data were submitted to analysis of variance ($p \leq 0.05$) and Scott-Knott test. When the carrot cultivars had the seeds treated with plant growth regulators at 25 °C, the Tellus cultivar showed 28% higher germination than the control, while at 30 °C cultivars BRS Esplanada and Tellus presented germination twice as much as the control and expressed better vigor to the detriment of cultivars Alvorada, Brasília and Tropical. In general, thiamethoxam promoted increments in the initial development of carrot seedlings at 25 and 30 °C. The temperature of 35 °C was drastic for the germination of carrot cultivars.

Keywords: *Daucus carota* L.; plant regulators; biostimulant; thiamethoxam; temperature.

1 INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas ocasionam transformações em diversos setores produtivos, geralmente resultando em implicações socioeconômicas severas. No setor agrícola, a Organização das Nações Unidas (ONU) recomenda aos países que adotem medidas para atenuar as consequências das alterações do clima, seguindo a perspectiva de respeito à sustentabilidade dos sistemas de produção (SANTOS et al., 2020a). Essa problemática necessita de resposta interdisciplinar com o envolvimento de diversas áreas do conhecimento (GAERTNER, 2020).

As temperaturas elevadas e restrições ou excesso de água, potencializadas pelas alterações do clima, são fatores de estresse abiótico que afetam negativamente o crescimento e desenvolvimento das plantas, colocando em risco a produção de alimentos (KUL et al., 2020). Com isso, alternativas que viabilizem práticas culturais mais eficientes e sustentáveis na agricultura são essenciais para atender aos objetivos propostos na Agenda 2030 (DIAS, 2020).

A cenoura é uma hortaliça de grande importância nutricional, além dos aspectos sociais e econômicos que possibilitam elevada geração de emprego e renda. No ano de 2014, o cultivo dessa espécie promoveu a geração de 150 mil empregos no agronegócio brasileiro, alcançando em 2019 a produção de 760 mil t ano⁻¹ (KIST et al., 2020). Entretanto, no ano de 2020 houve queda no rendimento (-5,5%) nas safras de verão e inverno, principalmente devido às variações climáticas (KIST et al., 2020), situação que se agravou ainda mais com o advento da pandemia da Covid-19, levando a uma retração do cultivo na maioria das regiões produtoras do Brasil (KIST et al., 2021). Essa oscilação torna o sistema produtivo de cenoura incerto para os agricultores, que deixam de investir na incrementação de novas áreas, resultando em descontinuidade de oferta.

Além disso, para o cultivo de cenoura, necessita-se de sementes vigorosas que germinem rápida e uniformemente. Porém, o custo desse insumo é elevado, e a germinação, na maioria das vezes, é desuniforme. O tratamento de sementes é uma das tecnologias que podem mitigar ou solucionar essa questão. Nesse sentido, o emprego de reguladores vegetais tem sido utilizado em sementes de beterraba (BRAUN, 2010), arroz (GROHZ et al., 2016) e trigo (GONZÁLEZ-GUZMÁN et al., 2021), visando a uma germinação mais eficiente e obtenção de plântulas mais vigorosas. Outros produtos como inseticidas sistêmicos também são amplamente utilizados porque promovem aumentos na germinação, no estande e no vigor (MORZELLE et al., 2017; SOLARSKI et al., 2021;

FERREIRA et al., 2022).

Apesar dos trabalhos demonstrarem a eficiência desses produtos em sementes, alguns resultados deles apresentam-se contraditórios. Por isso, informações no sentido de verificar adequações de metodologias por espécie, cultivar e, até mesmo, fase de aplicação destes produtos precisam de elucidação. Por essa razão é muito importante o tratamento de sementes a fim de assegurar a germinação e a qualidade de plântulas expostas a condições adversas, como ocorre em regiões áridas e semiáridas, cujas temperaturas podem chegar a 41 °C. Diante do exposto, objetivou-se avaliar a mitigação do estresse térmico na germinação e desenvolvimento inicial de plântulas de cenoura por meio de fitorreguladores.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Pesquisa foi desenvolvida no Laboratório de Análise de Sementes da Universidade Estadual do Piauí (UESPI), Campus Jesualdo Cavalcanti, Corrente, Piauí, no período de fevereiro a março de 2020.

Delineamento experimental

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 5 x 3, com quatro repetições de 50 sementes. Os tratamentos foram constituídos pela combinação de cinco cultivares de cenoura (Alvorada, Brasília, BRS Esplanada, Tellus e Tropical) e dois fitorreguladores (Stimulate[®] e tiametoxam), além do controle (sementes não tratadas).

Tratamentos das sementes

As concentrações dos dois fitorreguladores utilizados nos ensaios foram determinadas a partir de testes preliminares.

Solução do bioestimulante

O bioestimulante utilizado foi Stimulate[®], que possui em sua composição 0,005% de ácido giberélico, 0,005% do ácido indolbutírico e 0,009% de cinetina (STOLLER, 2021). Para esse, utilizou-se a concentração de 10 mL de produto L⁻¹ de água. As sementes de cenouras foram postas sobre papel mata borrão umedecido com a solução na proporção

de 2,5 vezes o peso seco do substrato. Em seguida, foram colocadas nas caixas acrílicas transparentes (11,0 x 11,0 x 3,5 cm) para montagem do teste de germinação, que passou por um reumedecimento durante o período de avaliação.

Solução do bioativador

Para a solução de bioativador, foi utilizado o tiametoxam na concentração de 1,2 mL a partir do produto comercial Cruiser 350[®] (SYNGENTA, 2020), sendo adicionados 8 mL de água destilada para formação de uma calda. Dessa calda, retirou-se 1 mL para tratamento de 1000 sementes dispostas em placas de petri de forma a proporcionar maior contato do produto com sua superfície. Após esse processo, as placas com as sementes foram colocadas sobre a bancada do laboratório por 10 minutos para secar em ambiente natural (26 °C), melhorar a homogeneização e fixação do produto. Em seguida, as sementes foram semeadas nas caixas de acrílico, tendo como substrato o papel mata borrão umedecido com água destilada na proporção de 2,5 vezes o peso do papel.

Após os tratamentos das sementes com o bioestimulante e o bioativador, os ensaios foram conduzidos sob as temperaturas de 25, 30 e 35 °C. As caixas foram acondicionadas em câmara de germinação do tipo Biochemical Oxygen Demand (B.O.D.), com fotoperíodo de 12 h, por 14 dias (BRASIL, 2009) até serem submetidas às análises fisiológicas descritas a seguir:

a) Germinação - as avaliações das plântulas normais foram realizadas aos sete (primeira contagem) e 14 dias, sendo os valores expressos em percentagem de plântulas normais (BRASIL, 2009);

b) Comprimento de plântula - no final do teste de germinação, selecionou-se ao acaso dez plântulas normais em cada repetição e determinou-se o comprimento da coifa até o ápice da plântula. Para isso, utilizou-se uma régua graduada em milímetros e os resultados foram expressos em centímetros;

c) Massa seca de plântula – depois de mensurados os comprimentos, as plântulas foram acondicionadas em sacos de papel Kraft e acondicionadas em estufa de circulação de ar forçada a 65 °C por 72 horas. Em seguida, pesou-se em balança analítica de precisão (0,0001) e os resultados foram expressos em mg plântula⁻¹.

Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise da normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk, análise de variância pelo teste F ($p \leq 0,05$) e, em caso de significância, submetidos ao teste de Scott-Knott, sendo utilizado o programa estatístico Sistema para Análise de Variância – Sisvar® (FERREIRA, 2019). Para melhor compreensão dos resultados, os dados também foram submetidos à análise multivariada dos componentes principais por meio do programa Past 4 (HAMMER, 2001).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Todas as variáveis tiveram interação significativa entre cultivares e fitorreguladores quando expostas às temperaturas de 25 e 30°C (Tabela 4). Sob a temperatura de 35 °C, não houve germinação de sementes de cenoura em nenhum tratamento.

Tabela 4. Resumo da análise de variância para as variáveis germinação (G), primeira contagem (PC), comprimento de plântulas (CP) e massa seca de plântulas (MSP) de cenoura submetidas ao tratamento de sementes com bioestimulante e bioativador sob as temperaturas de 25 °C e 30 °C.

25 °C					
Fonte de variação	Graus de liberdade	Pr>Fc			
		G	PC	CP	MSP
Cultivar (C)	4	161,44**	87,89**	17,45**	8,09 e-7**
Produtos (P)	2	33,65 ^{ns}	91,81**	9,86**	2,91 e-7 ^{ns}
C x P	8	90,12**	18212**	2,21*	1,31 e-7**
CV%		11,79	8,52	13,24	61,6

30 °C					
Fontes de variação	Graus de liberdade	Pr>Fc			
		G	PC	CP	MSP
Cultivar (C)	4	241**	179**	2,85**	8 e-6 ^{ns}
Produtos (P)	2	82,8*	230**	0,63 ^{ns}	4 e-6 ^{ns}
C x P	8	266**	21,1 ^{ns}	2,01**	8 e-6 ^{ns}
CV%		21,6	11,61	18,4	73,4

** significativo a 1%; * significativo a 5%; ^{ns} não significativo.

As sementes de cenoura submetidas ao bioestimulante tiveram a germinação reduzida em 23 e 15% para as cultivares Alvorada e Tropical, respectivamente, em comparação às não tratadas. A temperatura de 25 °C proporcionou melhor germinação para a cultivar Alvorada (Figura 12A), mas sem utilização dos produtos (bioestimulante

e bioativador). As cultivares Tellus e Tropical submetidas ao tratamento com bioativador tiveram germinação superior quando comparadas aos resultados com bioestimulante, apesar da Tropical, nesse tratamento, não ter diferido do controle. As sementes da cultivar Tellus, tratadas com bioativador, resultaram em 28% de germinação superior ao controle (não tratada) e 22% superior ao bioestimulante. Por outro lado, as sementes da cultivar Tropical, tratadas com bioestimulante, obtiveram germinação de 21% inferior ao obtido no tratamento controle, sob a mesma temperatura.

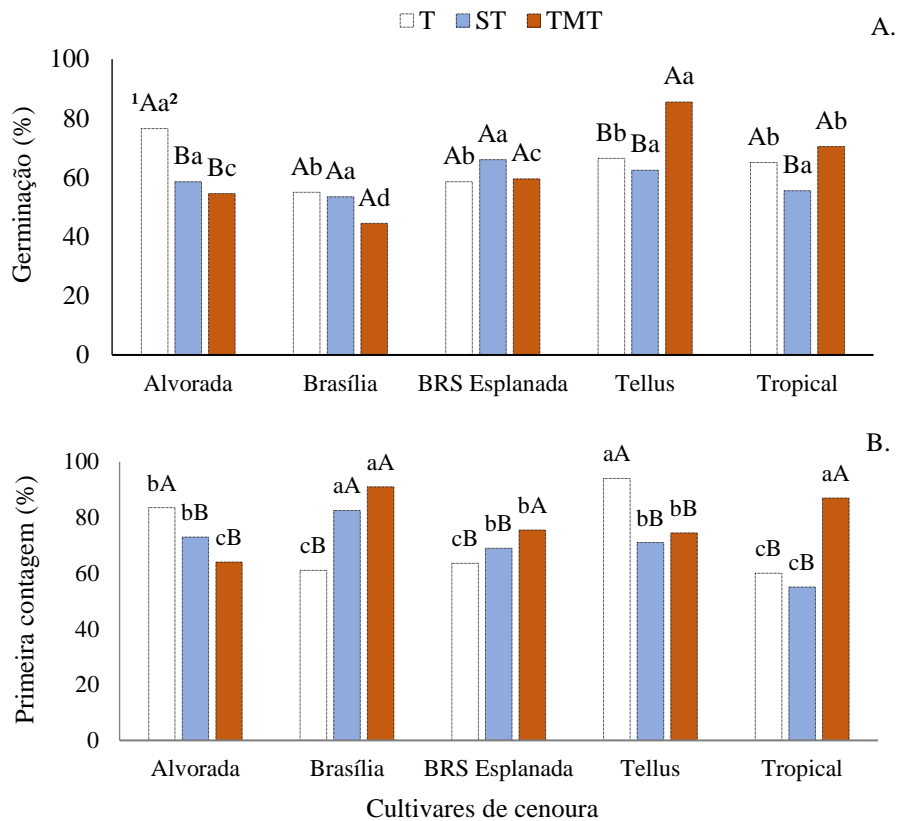


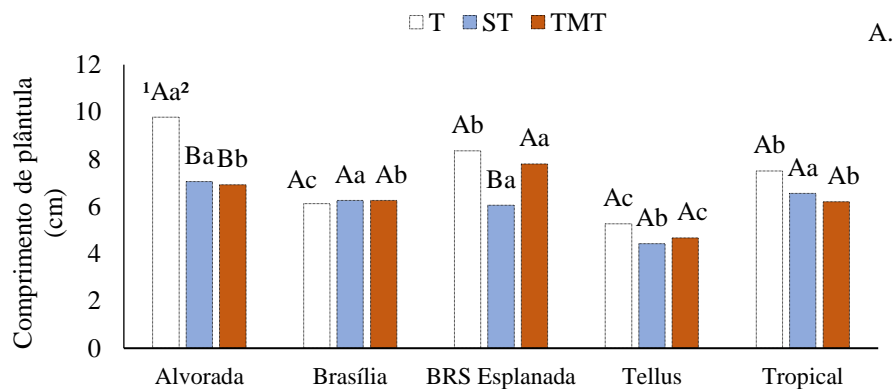
Figura 12. Germinação (A) e primeira contagem (B) de cinco cultivares de cenoura (Alvorada, Brasília, BRS Esplanada, Tellus e Tropical), tratadas com bioestimulante (Stimulate® - ST) e bioativador (tiametoxam - TMT), sob a temperatura de 25 °C. ¹ Médias seguidas pela mesma letra (a, b, c), não diferem para o desdobramento do fator cultivar dentro do regulador vegetal pelo teste Scott Knott ($p \leq 0,05$). ² Médias seguidas pela mesma letra maiúscula (A, B, C) não diferem para o desdobramento do fator dosagens do regulador vegetal dentro da mesma cultivar pelo teste Scott Knott ($p \leq 0,05$).

Os valores obtidos na primeira contagem de plântulas de cenoura foram diferentes entre as cultivares (Figura 12B). O tratamento das sementes com bioativador proporcionou aumento da germinação em 49% para a cultivar Brasília e 58% para a Tropical em relação ao controle, sob a temperatura de 25 °C. Com o bioestimulante, a

cultivar Brasília foi mais responsiva do que o controle em 35%. Nas demais cultivares, os fitorreguladores não proporcionaram efeito positivo.

No caso do bioestimulante, os resultados positivos em algumas cultivares na germinação (Tellus) e primeira contagem (Brasília) estão associados ao modo de ação dos reguladores constituintes deste produto, tais como a giberelina, que possui função direta no processo germinativo e alongamento celular. O ácido giberélico aumenta a produção de alfa-amilase ao nível da transcrição gênica. A alfa-amilase e a beta-amilase são enzimas responsáveis pela degradação inicial do amido (TAIZ et al., 2017). O uso de bioestimulante também proporcionou efeitos benéficos quanto à germinação de sementes de beterraba sob estresse hídrico (BRAUN, 2010), de arroz e milho sob estresse térmico (GROHS et al., 2016; CARMO et al., 2021).

A cultivar Alvorada tratada com os dois reguladores (bioestimulante e bioativador), sob a temperatura de 25 °C, teve redução de aproximadamente 28%, em comparação ao controle, no comprimento de plântula (Figura 13A). Para essa mesma temperatura, o comprimento de plântula foi bastante afetado com o uso dos produtos, exceto para a cultivar BRS Esplanada, tratada com bioativador. Essa cultivar, quando submetida ao tratamento com o bioativador, resultou em plântulas com 1,72 cm maiores do que aquelas provenientes de tratamentos com bioestimulante.



B.

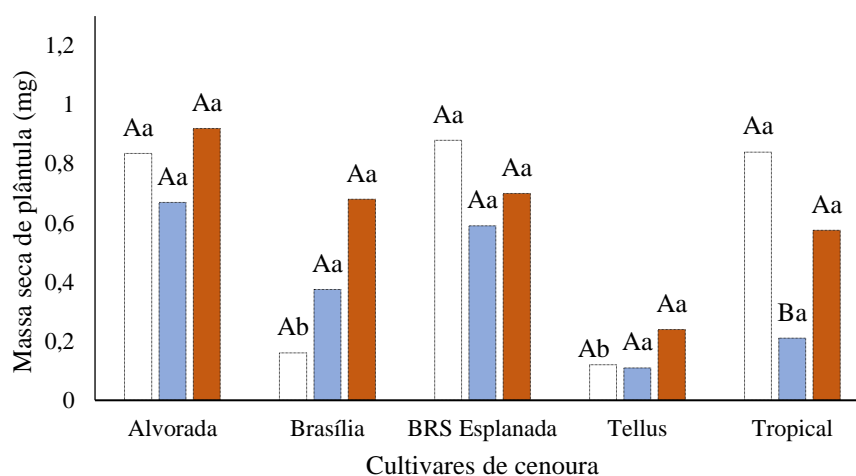


Figura 13. Comprimento de plântulas (A) e massa seca de plântulas (B) de cinco cultivares de cenoura (Alvorada, Brasília, BRS Esplanada, Tellus e Tropical), tratadas com bioestimulante (Stimulate® - ST) e bioativador (tiametoxam - TMT), sob a temperatura de 25 °C. ¹ Médias seguidas pela mesma letra (a, b, c), não diferem para o desdobramento do fator cultivar dentro do regulador vegetal pelo teste Scott Knott ($p \leq 0,05$). ² Médias seguidas pela mesma letra maiúscula (A, B, C) não diferem para o desdobramento do fator dosagens do regulador vegetal dentro da mesma cultivar pelo teste de Scott Knott ($p \leq 0,05$).

Em geral, os tratamentos das sementes de cenoura com bioestimulante e bioativador não propiciaram efeitos positivos sob a temperatura de 25 °C (Figura 13B). Entretanto, a cultivar Tropical submetida ao bioativador não diferiu do controle, mas resultou em acréscimos de 0,365 mg em relação à tratada com bioestimulante, significando que as plântulas provenientes desse tratamento (bioativador) tiveram superioridade de 174%.

Os reguladores vegetais presentes no bioestimulante não influenciaram na mitigação do estresse térmico para todas as cultivares de cenoura neste estudo. Por outro lado, o uso de bioestimulante foi benéfico em alface, incrementando os percentuais de germinação e primeira contagem (DEUNER et al., 2014). Também houve incremento na germinação de sementes de sorgo tratadas com tiametoxam (PERALES-ROSAS et al., 2019).

Resultados negativos são esperados quando se eleva a temperatura durante a germinação das espécies, pois é sabido que altas temperaturas aceleram a absorção de água pelas sementes, causando posterior necrose na radícula (HILGER et al., 2021). No entanto, a cultivar Brasília não apresentou diferença na germinação sob temperaturas de

20-32 °C (PEREIRA et al., 2008). Da mesma forma, prejuízos na germinação de sementes de cenoura foram observados no presente estudo. Nessas circunstâncias de temperatura elevada, pode-se constatar que nem sempre os acréscimos de massa seca estão associados aos componentes de germinação e vigor, além do que a variável de comprimento teve comportamento semelhante à massa seca de plântula (Figura 14), demonstrando que a temperatura interferiu no desenvolvimento da plântula inteira.

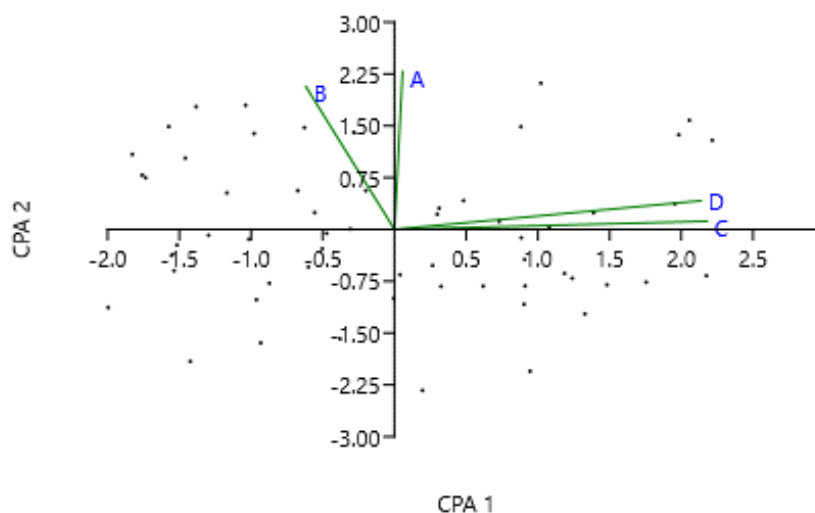


Figura 14. Análise de componentes principais de cultivares de cenoura (A. Germinação, B. Primeira contagem, C. Comprimento de plântulas, D. Massa seca de plântulas), tratadas com bioestimulante (Stimulate® - ST) e bioativador (tiametoxam - TMT), sob a temperatura de 25 °C.

A germinação das cultivares de cenoura BRS Esplanada e Tellus, a 30 °C, foi beneficiada pelo tratamento dos reguladores (Figura 15A). A cultivar Brasília obteve maior germinação sem uso dos produtos, sendo 33% e 62% superior ao bioestimulante e bioativador, respectivamente. A germinação das cultivares BRS Esplanada e Tellus não diferiu das demais quando tratadas somente com os produtos. No entanto, com o bioestimulante foram 2,7 e 2,0 vezes superiores às sementes sem tratamento, respectivamente. O efeito benéfico do bioativador também foi constatado na germinação de sementes das cultivares BRS Esplanada (50%) e Tellus (55%), cujos valores foram 2,8 e 2,6 vezes superiores ao controle, respectivamente.

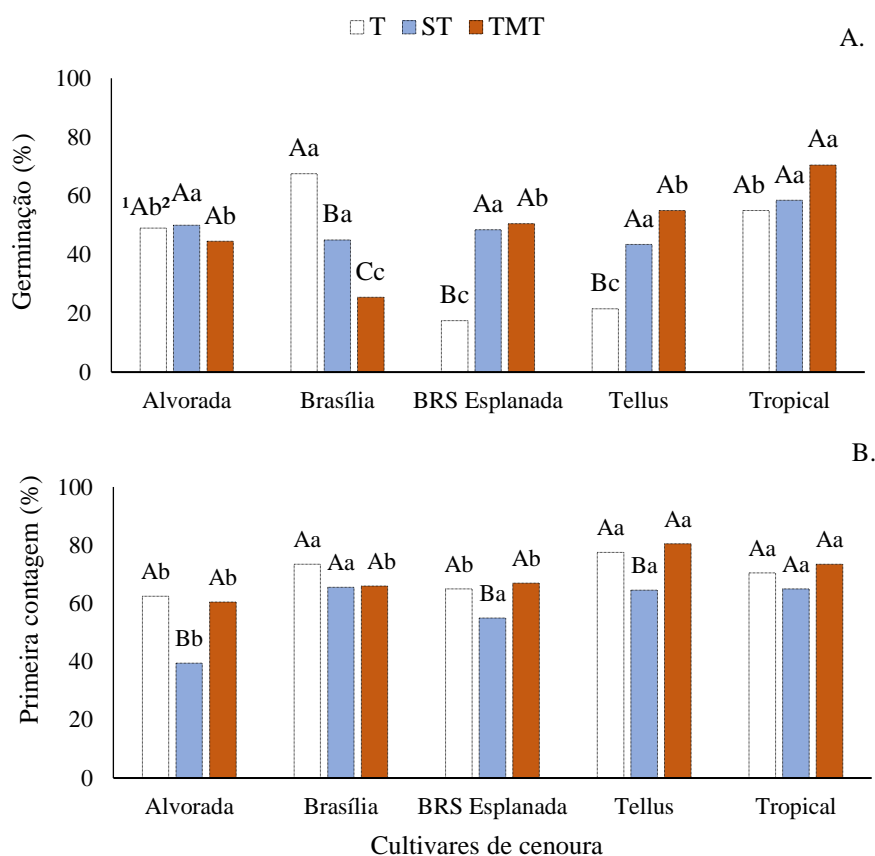


Figura 15. Germinação (A) e primeira contagem (B) de cinco cultivares de cenoura (Alvorada, Brasília, BRS Esplanada, Tellus e Tropical), tratadas com bioestimulante (Stimulate® - ST) e bioativador (tiametoxam - TMT), sob a temperatura de 30 °C. ¹ Médias seguidas pela mesma letra (a, b, c), não diferem para o desdobramento do fator cultivar dentro do regulador vegetal pelo teste Scott Knott ($p \leq 0,05$). ² Médias seguidas pela mesma letra maiúscula (A, B, C) não diferem para o desdobramento do fator dosagens do regulador vegetal dentro da mesma cultivar pelo teste Scott Knott ($p \leq 0,05$).

A utilização do bioestimulante reduziu em 36% a primeira contagem de plântulas de cenoura da cultivar Alvorada (Figura 15B). As cultivares respondem de forma diferenciada aos fitorreguladores, sendo que o tratamento com o bioativador demonstrou maior sensibilidade de atuação em condições de estresse na temperatura de 30 °C. Em outras palavras, nesta condição as cultivares Alvorada, BRS Esplanada e Tellus não diferiram estatisticamente do controle quando submetidas ao bioestimulante, todavia tiveram resultados inferiores de primeira contagem de germinação de 35%, 18% e 20%, respectivamente, quando comparados aos do bioativador.

Os efeitos negativos de temperaturas elevadas durante a germinação também foram verificados em cultivares de pimenta que apresentaram menor germinação quando submetidas a temperaturas acima da indicada para a espécie (DIEL et al., 2019). Em

sementes de melancia, a temperatura de 30 °C provocou redução de 80% na germinação (SILVA et al., 2018).

A primeira contagem é uma das variáveis utilizadas para indicar o vigor. No caso deste estudo, as sementes das cultivares tratadas com bioativador resultaram em estabelecimento mais rápido de plântulas, característica muito boa para superar as condições adversas do ambiente. Na avaliação da germinação ao final dos 14 dias, o comportamento se equipara ao do bioestimulante (Figura 15A). O bioativador atua na rota de defesa vegetal, direcionada para atenuar ou eliminar os efeitos do estresse térmico, atuando, dessa forma, como fitotônico (ALMEIDA et al., 2014).

O comprimento de plântula, a 30° C, das cultivares Alvorada (3,4 cm), Tellus (2,7 cm) e Tropical (3,5 cm) foi superior à cultivar Brasília, quando tratadas com o bioativador (Figura 16A). O tratamento com bioestimulante proporcionou nas cultivares Tellus e Tropical acréscimos médios de 1,2 cm (78%) e 1,4 cm (69%) em relação ao controle, respectivamente. A utilização do mesmo bioestimulante (Stimulate®) nas dosagens de 10 e 15 mL influenciou positivamente no crescimento de plântula de alface e de milho, sob temperaturas elevadas (SOARES et al., 2012; CARMO et al., 2021).

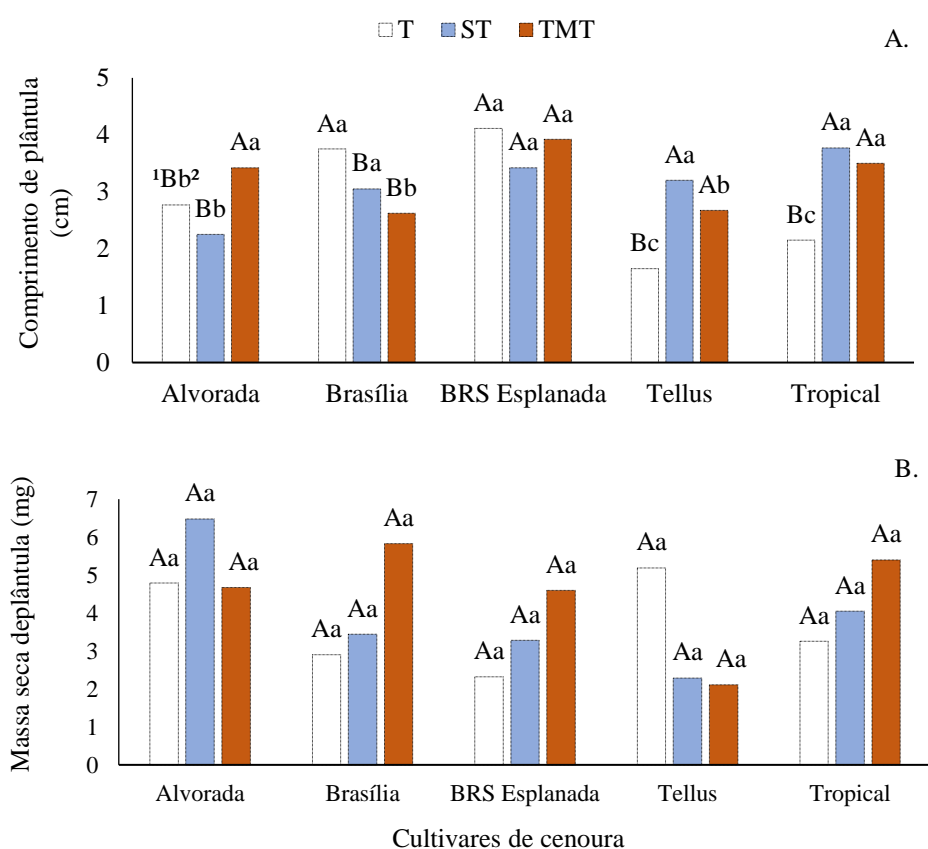


Figura 16. Comprimento de plântulas (A) e massa seca de plântulas (B) de cinco cultivares de cenoura (Alvorada, Brasília, BRS Esplanada, Tellus e Tropical), tratadas com bioestimulante (Stimulate® - ST) e

bioativador (tiametoxam - TMT), sob a temperatura de 30 °C. ¹ Médias seguidas pela mesma letra (a, b, c), não diferem para o desdobramento do fator cultivar dentro do regulador vegetal pelo teste Scott Knott ($p \leq 0,05$). ² Médias seguidas pela mesma letra maiúscula (A, B, C) não diferem para o desdobramento do fator dosagens do regulador vegetal dentro da mesma cultivar pelo teste de Scott Knott ($p \leq 0,05$).

Comportamento inverso foi verificado entre as cultivares de cenoura para as variáveis comprimento e massa seca de plântulas (Figura 16B). A 25 °C, o comprimento de plântula foi superior ao observado a 30 °C; para a massa seca de plântulas, a temperatura de 25 °C ocasionou resultado bem inferior. Possivelmente as plântulas sob estresse de temperatura realizam ajuste osmótico e concentram o metabolismo para o acúmulo de matéria nesta condição. O acúmulo desses metabólitos está associado ao modo de ação da giberelina, presente no bioestimulante, bem como à produção de enzimas como alfa e beta-amilase, responsáveis pela quebra das reservas armazenadas no endosperma (TAIZ et al., 2017).

Enquanto o tiametoxam, que é um inseticida sistêmico, pode ativar diversas reações fisiológicas, como a expressão de proteínas, tendo por isso capacidade de bioativador. Ele interage com os mecanismos de defesa do estresse da planta (seca, baixo pH, alta temperatura e elevada salinidade do solo) com efeito fitotônico (MORZELLE et al., 2017). Com isso, ocorre o desenvolvimento mais rápido da planta com melhor expressão do vigor, na atividade enzimática, aumento no nível de nutrientes e incrementos na agricultura (SERAGUZI et al., 2018). O bioativador também pode elevar a expressão de genes envolvidos na eliminação de H_2O_2 , que constitui importante estratégia da planta na recuperação metabólica, além de estimular a atuação antioxidante e parte da energia liberada é alocada para o crescimento e a manutenção dos tecidos vegetais (AFIFI et al., 2014).

Neste estudo foi verificado que o estresse térmico excedeu a capacidade de ajuste das cultivares de cenoura, tendo em vista que a germinação maior proximidade com a variável de crescimento, ao passo que o acúmulo de massa seca de plântula possui interação negativa à esquerda com o desenvolvimento inicial (Figura 17).

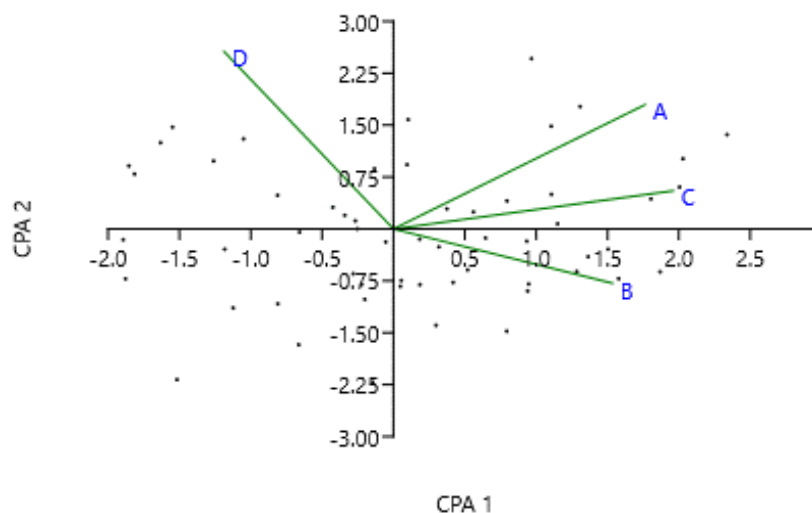


Figura 17. Análise de componentes principais de cultivares de cenoura (A. Germinação, B. Primeira contagem, C. Comprimento de plântulas, D. Massa seca de plântulas), tratadas com bioestimulante (Stimulate® - ST) e bioativador (tiametoxam - TMT), sob a temperatura de 30 °C.

Quando submetidas à temperatura de 35 °C, a germinação das sementes de cenoura para todas as cultivares foi inibida (Figura 18). Pesquisas demonstram que essa temperatura não é recomendada para a germinação de sementes dessa espécie (PEREIRA et al., 2008). Em casos de lotes heterogêneos e de baixo vigor inicial, são intensificados ainda mais os efeitos do estresse térmico. Esses resultados apontam que seria importante a coleta separada das umbelas de cenoura a fim de garantir que os lotes fossem mais homogêneos, ideia corroborada pelos estudos de Bukharov et al. (2021), que afirma que as sementes oriundas de umbelas primárias são mais tolerantes a estresse térmico.

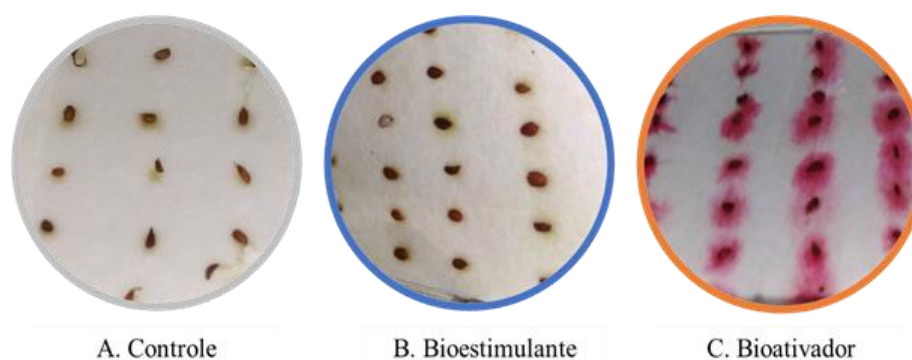


Figura 18. Sementes de cenoura submetidas a teste de germinação com (A) água (Controle), (B) bioestimulante (Stimulate®) e (C) bioativador (tiametoxam), sob temperatura de 35 °C.

Ao serem submetidas a temperaturas mais altas, algumas cultivares de cenoura até germinam sob temperatura de 35 °C, como Alvorada e Brasília (PEREIRA et al., 2008).

Porém, nesta pesquisa essas cultivares não germinaram, assim como as demais (BRS Esplanada, Tellus e Tropical). O efeito da alta temperatura na germinação é prejudicial devido à fluidez dos lipídios da membrana (SANTOS, 2020b). Esse fato causa modificações na composição e estrutura dessas membranas, podendo ainda resultar em diferentes arranjos e se tornar mais permeáveis (NELSON; COX, 2019).

De maneira geral, verifica-se que o uso do bioestimulante não influenciou positivamente na germinação nem no vigor das cultivares de cenoura a 25 °C. Por outro lado, a temperatura de 30 °C e a aplicação dos fitorreguladores (bioestimulante e bioativador) incrementaram a germinação e o vigor das cultivares BRS Esplanada e Tellus, sendo para estas tratamentos promissores.

4 CONCLUSÃO

O tratamento de sementes de cenoura com bioestimulante (Stimulate®) e bioativador (tiametoxam) não proporciona efeitos benéficos à germinação nem ao desenvolvimento inicial de plântulas sob a temperatura de 25 °C, exceto para a cultivar Tellus quando tratada com bioativador.

A utilização do fitorregulador acarreta incremento na germinação e no desenvolvimento inicial de plântulas de cenoura das cultivares BRS Esplanada e Tellus sob a temperatura de 30 °C.

A temperatura de 35 °C mostra-se drástica para a germinação de cenoura das cultivares Alvorada, Brasília, BRS Esplanada, Tellus e Tropical.

5 AGRADECIMENTOS

À empresa Isla Sementes LTDA pela doação de material vegetal utilizado na pesquisa. O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

REFERÊNCIAS

AFIFI, M.; LEE, E.; LUKENS, L.; SWANTON, C. Thiamethoxam as a seed treatment alters the physiological response of maize (*Zea mays*) seedlings to neighbouring weeds. **Pest Management Science**, v. 71, n. 4, p. 505-514, 2015. doi.org/10.1002/ps.3789.

ALMEIDA, A. D. S.; DEUNER, C.; BORGES, C. T.; MENEGHELLO, G. E.; JAUER, A.; VILLELA, F. A. Treatment of rice seeds with thiamethoxam: reflections on physiological performance. **Journal of Seed Science**, v. 36, p. 392-398, 2014. doi.org/10.1590/2317-1545v36n4980.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília: MAPA, 395p., 2009.

BRAUN, H.; LOPES, J. C.; SOUZA, L. T.; SCHMILDT, E. R.; CAVATTE, R. P. Q.; CAVATTE, P. C. Germinação in vitro de sementes de beterraba tratadas com ácido giberélico em diferentes concentrações de sacarose no meio de cultura. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 31, n. 3, p. 539-545, 2010.

CARMO, M. A. P.; CARVALHO, M. L. M.; SANTOS, H. O.; ROCHA, D. K.; OLIVEIRA, J. A.; SOUZA, V. F.; GUARALDO, M. M. S.; MESQUITA, C. A. M. Bioestimulantes aplicados em sementes e plantas de milho doces sob condições de estresse abiótico. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 3, p. 31727-31741, 2021.

COSTA, R. D. Q.; SANTOS, J. L.; PORTO, J. S.; VASCONCELOS, R. C.; CANGUSSU, A. C.; MORAIS, O. M. Ação do inseticida tiametoxame aplicado às sementes na emergência e vigor de plântulas de *Vigna unguiculata* (L.) Walp. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 40, n. 3, p. 608-615, 2017. doi.org/10.19084/RCA16151

DEUNER, C.; ALMEIDA, A.; BORGES, C.; MENEGHELLO, G. E.; VILLELA, F. Desempenho fisiológico de sementes de alface tratadas com tiametoxam. **Enciclopédia Biosfera**, v. 10, n. 18, p. 1173-1182, 2014.

DIAS, N. S. **Salinização dos solos**: uma ameaça à agricultura e a segurança alimentar. Disponível em: <https://nossaciencia.com.br/colunas/salinizacao-dos-solos-uma-ameaca-a-agricultura-e-a-seguranca-alimentar/>. Acesso em: 14 out. 2021.

DIEL, M. I.; VALERA, O. V. S.; PINHEIRO, M. V. M.; THIESEN, L. A.; MEIRA, D.; JESUS DE MELO, P.; JUNGES, D. L.; CARON, B. O.; SCHMIDT, D. Temperature and light quality influence seed germination of two biquinho pepper cultivars. **Bulgarian Journal of Agricultural Science**, v. 25, n. 5, p. 1007-1014, 2019.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer analysis system to fixed effects split plot type

designs. **Revista Brasileira de Biometria**, v. 37, n. 4, p. 529-535, 2019. doi.org/10.28951/rbb.v37i4.450.

FERREIRA, L. L.; CARVALHO, I.R.; LAUTENCHLEGER, F.; MARTINS, T. S.; CARVALHO, P. R. V.; AMARAL, G. C. L.; CAMPOS, J. N.; FERNANDES, M. S.; SILVA, J. G.; LORO, M. V. Soybean seedling performance in diferente seed treatments. **Agronomy Science and Biotechnology**, v. 8, n. 1, p. 1-11, 2022. doi.org/10.33158/ASB.r149.v8.2022.

GAERTNER, E. W. **Mapeamento da produção científica sobre a região metropolitana de Curitiba e o seu alinhamento com os objetivos do desenvolvimento sustentável**. 2020. Tese (Doutorado em Tecnologia e Sociedade) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2020.

GONZÁLEZ-GUZMÁN, A.; SÁNCHEZ-RODRÍGUEZ, A. R.; QUESADA-MORAGA, E.; CAMPILLO M. C.; YOUSEF-YOUSEF, M. Optimizing wheat seed treatment with entomopathogenic fungi for improving plant growth at early development stages. **Spanish Journal of Agricultural Research**, Volume 19, Issue 4, e1004, 2021. doi.org/10.5424/sjar/2021194-17120.

GROHS, M.; MARCHESAN, E.; ROSO, R.; MORAES, B. S. Attenuation of low-temperature stress in rice seedlings. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 46, n. 2, p. 197-205, 2016. doi.org/10.1590/1983-40632016v4640436.

GUIRRA, K. S.; TORRES, S. B.; LEITE, M. DE S.; GUIRRA, B. S.; NOGUEIRA NETO, F. A.; RÊGO, A. L. B. Phytohormones on the germination and initial growth of pumpkin seedlings under different types of water. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 24, n. 12, p. 827-833, 2020. doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v24n12p827-833.

HAMMER, O.; HARPER, D. A. T.; RYAN, P. D. PAST: Pacote de software de estatística paleontológica para educação e análise de dados. **Paleontologia Eletrônica**, v. 4, n. 1, 9p. 2001. Disponível em: http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm. Acesso em: 10 nov. 2021.

HILGERT, M. A.; SÁ, L. C.; JUNIOR, J. J. DE M.; LAZAROTTO, M.; SOUZA, P. V. D. Luminosidade e temperatura na germinação de sementes de noqueira-pecã. **Pesquisa**

- Agropecuária Gaúcha**, v. 27, n. 1, p. 74-89, 2021. doi.org/10.36812/pag.202127174-89.
- KIST, B. B.; CARVALHO, C.; BELING, R. R. **Anuário Hortifruti Brasil**. In: BELING, R. R. (org.). Santa Cruz do Sul, RS: Gazeta Santa Cruz. Cenoura, p. 38, 2020.
- KIST, B. B.; CARVALHO, C.; BELING, R. R. **Anuário Brasileiro de Hortifruti 2021**. In: BELING, R. R. (org.). Santa Cruz do Sul, RS: Gazeta Santa Cruz. Cenoura, v.1, n.1, p. 28-29, 2021.
- KUL, C.; ZHANG, L.; SOLANGI, Y. A. Assessing the renewable energy investment risk factors for sustainable development in Turkey. **Journal of Cleaner Production**, v. 276, n. 1, p. 124-164, 2020. doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124164.
- MORZELLE, M. C.; PETERS, L. P.; ANGELINI, B. G.; CASTRO, P. R. C.; MENDES, A. C. C. M. **Agroquímicos estimulantes, extratos vegetais e metabólitos microbianos na agricultura**. ESALQ - Divisão de Biblioteca, 2017.
- NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas. In: KRZYZANOSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. (org.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: Abrates, p. 2.1-2.24, 1999.
- NELSON, D. L.; COX, M. M. **Princípios de bioquímica de Lehninger**. Artmed, 2019.
- PERALES-ROSAS, D.; HERNÁNDEZ-PÉREZ, R.; GUILLÉN-SÁNCHEZ, D.; LÓPEZ-MARTÍNEZ, V.; ALIATEJACAL, I.; JUÁREZ-LÓPEZ, P. Tratamiento con insecticidas a semillas de *Sorghum bicolor* para el control de *Melanaphis sacchari/sorghii* en Morelos, México. **Centro Agrícola**, v. 46, n. 4, p. 5-12, 2019.
- PEREIRA, M. D.; DIAS, D. C. F. D. S.; DIAS, L. A. D. S.; ARAÚJO, E. F. Germinação e vigor de sementes de cenoura osmocondicionadas em papel umedecido e solução aerada. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 30, n. 2, p. 137-145, 2008.
- SANTOS, J. O.; ALVES, J. S. Mudanças climáticas, comércio intranacional e exportações agrícolas à luz do modelo gravitacional: estimativas para o nordeste brasileiro. **DRD - Desenvolvimento Regional em Debate**, v. 10, n. 1, p. 324-347, 2020a. doi.org/10.24302/drd.v10i0.2771.
- SANTOS, M. M.; BORGES, E. E. L.; ATAIDE, G. M.; PIRES, R. M. O.; ROCHA, D. K.

Enzymatic activity in the micropillar endosperm of seeds of *Melanoxylon brauna* during the germination under heat stress. **Journal of Seed Sciences**, v. 42, p. e202042009, 2020b.

SERAGUZI, E. F.; REGO, C. H.; CARDOSO, F.; CÂNDIDO, A.; ALVES, C. Qualidade fisiológica de sementes de *Brachiaria brizantha* tratadas com fungicida e inseticida. **Revista Caatinga**, v. 31, n. 3, p. 651-656, 2018. doi.org/10.1590/1983-21252018v31n313rc.

SILVA, P. P.; SEKITA, M. C.; DIAS, D. C. F. D. S.; NASCIMENTO, W. M. Biochemical and physiological analysis in carrot seeds from different orders of umbels. **Revista Ciência Agronômica**, v. 47, n. 2, p. 407-413, 2016. doi.org/10.5935/1806-6690.20160049.

SILVA, R. DE C. B.; ARAÚJO, M. D. N., ORNELLAS, F. L. S.; DANTAS, B. F. Thermal stress and physiological changes in watermelon seeds. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 48, n. 1, p. 66-74, 2018.

SOARES, M. B. B. Efeito da pré-embebição de sementes de alface em solução bioestimulante. **Biotemas**, v. 25, n. 2, p. 17-23, 2012.

SOLARSKI, T.; LACONSKI, J. M. O.; NOGUEIRA, P. H. S.; BELCAMINO, L.; REAL, V.; MELO, A. R.; ...; SECCO, D. V. Avaliação de diferentes doses de inseticida e fungicida no tratamento de sementes de trigo sob a influência no desenvolvimento da cultura nas fases iniciais. **Revista Agraria Acadêmica**, v. 4, n. 2, p. 13-20, 2021.

STOLLER. **STIMULATE**[®]. Regulador de crescimento vegetal, cujos ingredientes ativos ocorrem naturalmente na planta: cinetina, ácido giberélico e ácido 4-indol-3-ilbutírico. Disponível em: <https://www.stoller.com.br/solucoes/fisiologicos/stimulate/bula-stimulate/> Acesso em: 15 de nov. de 2021.

SYNGENTA. **CRUISER**[®] **350 FS**. Produto formulado pela Syngenta Proteção de Cultivos Ltda. Disponível em: https://www.syngenta.com.br/sites/g/files/zhg256/f/cruiser_350_fs_2.pdf?token=1601379048. Acesso em: 20 jul. 2021.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento**

vegetal. Artmed, 2017.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A semente de boa qualidade é um insumo importantíssimo para formação dos estandes uniformes. Para isso, a utilização de reguladores vegetais como os bioestimulantes e bioativadores na germinação e desenvolvimento inicial de cenoura pode estimular o desempenho da espécie e a expressão de vigor.

Os resultados apresentados nesta pesquisa apontam que as cultivares respondem de modo diferenciado (material genético distinto) quando se aplica uma mesma dose em seu tratamento. Além disso, o tempo de exposição aos produtos e modo de aplicação também indicam a sutileza da sua influência sobre as sementes.

A partir de tais constatações, é possível tomar decisões de tratamento de sementes com reguladores vegetais respeitando metodologias apropriadas a especificidades por cultivares dentro de cada espécie, visando à obtenção de respostas mais satisfatórias por ocasião do plantio.