

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ CAMPUS DE CASCAVEL  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA  
SISTEMAS BIOLÓGICOS E AGROINDUSTRIAIS**

**INFLUÊNCIA DO UNICONAZOLE NO CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO DA  
PLANTA E NA COMPOSIÇÃO QUÍMICA DE GRÃOS DE MILHO**

**DIOGO DEMBOCURSKI**

**CASCAVEL**

**2023**

**DIOGO DEMBOCURSKI**

**INFLUÊNCIA DO UNICONAZOLE NO CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO DA  
PLANTA E NA COMPOSIÇÃO QUÍMICA DE GRÃOS DE MILHO**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, área de concentração: Sistemas Biológicos e Agroindustriais - Nível Mestrado, para obtenção do título de Mestrado.

**Orientador:** Dr. Adilson Ricken Schuelter

**Coorientadora:** Dra. Silvia R. M. Coelho

**CASCADEL**

**2023**

## Ficha Catalográfica<sup>1</sup>

Ficha de identificação da obra elaborada através do Formulário de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da Unioeste.

Dembocurski, Diogo  
Influência do uniconazole no crescimento e desenvolvimento da planta e na composição química de grãos de milho / Diogo Dembocurski; orientador Adilson Ricken Schuelter; coorientadora Silvia Renata Machado Coelho. -- Cascavel, 2023.  
88 p.

Dissertação (Mestrado Acadêmico Campus de Cascavel) -- Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, 2023.

1. Zea mays. 2. Uniconazole. 3. Raiz. I. Ricken Schuelter, Adilson, orient. II. Renata Machado Coelho, Silvia, coorient. III. Título.

---

<sup>1</sup> Revisão de Língua Portuguesa, Língua Inglesa e normas do programa por Silvana de Araújo Vaillões, em 22 de maio de 2023.

Diogo Dembocurski

**INFLUÊNCIA DO UNICONAZOLE NO CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO DA  
PLANTA E NA COMPOSIÇÃO QUÍMICA DE GRÃOS DE MILHO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós- Graduação *Scripto Sensu* em Engenharia Agrícola em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de mestre em Engenharia Agrícola, área de concentração Tecnologias de Produção Vegetal e Pós-colheita, aprovada pela seguinte Banca Examinadora:



Orientador: Dr. Adilson Ricken Schuelter

Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE/Cascavel



Membro 2 : Dra. Susana Cristine Siebeneichler

Fundação Universidade Federal do Tocantins – UFT/Gurupi



Membro 3 : Dr. Marcio Antônio Vilas Boas

Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE/Cascavel

**Cascavel, 28 de fevereiro de 2023**

## **BIOGRAFIA**

DIOGO DEMBOCURSKI, filho de Arnildo Dembocurski e Iracema Dembocurski, nasceu em Medianeira, Estado do Paraná, em 07 de agosto de 1997. Em dezembro de 2015, concluiu o ensino Médio na Escola CEEP-MMP- Centro Estadual de Educação Profissional Manoel Moreira Pena, Foz do Iguaçu-PR. Iniciou o curso de graduação em agronomia no Centro Universitário Dinâmica das Cataratas – UDC, em Medianeira-PR, graduando-se em dezembro de 2020. Durante a graduação, desenvolveu atividades de pesquisa, extensão e monitoria. Em março de 2021, ingressou no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, em nível de Mestrado, na área de Engenharia de Sistemas Biológicos e Agroindustriais, na linha de pesquisa da Pós-Colheita.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço ao nosso criador, pelas bênçãos de cada dia, por permitir que possamos buscar sempre os melhores resultados para nossa vida tanto pessoal quanto profissional, com a ajuda de pessoas especiais que nos forçam, por meio de cobranças, sempre a algo a mais, acreditando em nosso potencial. Assim, agradeço às pessoas mais especiais do mundo, minha família, meus pais, irmão e avós, todos os amigos que me incentivaram a sempre atingir outros limites e buscar com humildade e gentileza conquistar as vitórias, levando o amor que me passaram, com os devidos valores.

Aos meus pais, Arnildo Dembocurski e Iracema Dembocurski, irmão, William Diomar Dembocurski, Avós, David Lermen e Nelci C. T. Lermen, e amigos, que são muitos, agradeço de coração pela oportunidade divina de Deus que abençoou e irá abençoar a cada dia mais a nossa amizade e afeto. Que Deus ilumine todos nós e que possamos, assim como pessoas vitoriosas que conquistam a felicidade, também atingir nossas vitórias.

Agradeço aos queridos profissionais, professores, que estiveram à frente da minha carreira profissional, de modo especial, ao meu orientador, Dr. Adilson Ricken Schuelter, que é uma pessoa com imenso conhecimento científico e profissional, de caráter extraordinário, que se apresenta muito interessado em ensinar, sempre buscando o melhor nas pessoas, trabalhando com muita garra, dedicação e amor pelo que faz, ainda mais se tem parceiros que o apoiam e auxiliam.

Um agradecimento todo especial ao meu amigo, Mauro Dezanetti, por acompanhar minha caminhada por um bom tempo e estar sempre mostrando novas perspectivas, ensinamentos e novas ideias; ao longo dessa trajetória, tornamo-nos grandes amigos.

Agradeço à Unioeste pelo papel fundamental exercido na vida de cada pessoa que passa por ela, em especial, ao curso PGEAGRI e corpo docente. A alguns colegas, que acabaram me auxiliando nos experimentos aplicados, para chegar aos resultados da pesquisa, a saber: Juciley Lima Souza, Leandro Weissheimer, Ivã Luis Caon, Indyanara de Macedo.

Agradeço também ao Professor, Dr. Marcio Antônio Vilas Boas, pelos encaminhamentos em diversas áreas da vida, pela contribuição no trabalho por meio da irrigação implantada no experimento em estufa. Obrigado pelo apoio da Dr. Isabel Regina Prazeres de Souza, que incrementou algumas ideias ao trabalho e pela disponibilidade de auxiliar. Agradeço aos órgãos oficiais de apoio “CAPES”, que contribuíram com o trabalho, o que possibilitou a aplicação dos trabalhos em areia, sendo possível a abertura para novas parcerias, como a Embrapa e Fundetec.

Agradeço, por fim, a todos que contribuíram para a realização deste trabalho.

DEMBOCURSKI, Diogo. **Influência do Uniconazole no crescimento e desenvolvimento da planta na composição química de grãos de milho**. Orientador: Adilson Ricken Schuelter. 2023. 88 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2023.

## RESUMO

Este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de bioestimulantes, que inclui o Uniconazole (UCZ), a fim de verificar respostas de híbrido de milho em seus estádios de desenvolvimento. Primeiramente, realizou-se experimento preliminar para verificação da dose máxima (EXP1) de UCZ (0, 50, 100 e 150 mg kg<sup>-1</sup> de semente), sendo incluída dose de 200 mg Kg<sup>-1</sup> em experimento complementar (EXP2). Esses experimentos foram conduzidos em laboratório para testes de germinação por meio do tratamento de sementes do híbrido MSG1001 com UCZ, inseridos em rolos de papel germitest, incubadas em BOD a 25°C com fotoperíodo de 12h por uma semana. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com quatro repetições. Para verificação do vigor das sementes, realizou-se teste de envelhecimento acelerado (EXP3), no qual as sementes foram inicialmente tratadas com UCZ (0, 50, 100, 150 e 200 mg kg<sup>-1</sup> de semente); na sequência, distribuíram-se as sementes em telas de alumínio dispostas sobre caixas gerbox, as quais continham água destilada, realizando-se, na sequência, a incubação em câmara de germinação do tipo BOD (72h a 45°C). Após o período de incubação, realizou-se novo teste de germinação. Para avaliação do desenvolvimento inicial do híbrido até estágio V4 (EXP4), realizou-se a implantação e condução de experimento, em que as plantas, oriundas de sementes previamente tratadas com UCZ (0 a 200 mg kg<sup>-1</sup> de semente), foram cultivadas em vasos contendo areia média, tendo sido empregada irrigação localizada e solução nutritiva. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com oito repetições. Para o experimento em condições de campo (EXP5), sementes tratadas com doses de UCZ e *Azospirillum brasilense* (AZP) foram semeadas em solo previamente sulcado e adubado. No estágio V6, diferentes doses de selenato de sódio (SE) foram aplicados por meio de pulverização costal. O delineamento experimental foram blocos casualizados em esquema trifatorial com quatro repetições: Uniconazole (0, 50, 100 e 150 mg kg<sup>-1</sup> semente); *Azospirillum brasilense* (0 e 100 ml sc<sup>-1</sup> de semente); Selênio (0, 25 e 50 g ha<sup>-1</sup>). Pelos resultados obtidos no EXP1, constatou-se que o UCZ promoveu redução no comprimento médio de plântula e raiz, sem diminuir a porcentagem de germinação. Com a dose de acréscimo (EXP2), por meio de análise de regressão, constatou-se que houve redução no percentual de germinação aos 7 dias. Para avaliação do vigor de sementes (EXP3), não se detectou modificação na porcentagem de germinação, mas detectou-se regressão linear negativa no tamanho de plântula e biomassa da parte aérea conforme aumento das doses de UCZ. Plantas oriundas do cultivo em vasos com areia (EXP4) apresentaram redução no seu porte a partir da dose 50 mg UCZ, até os 8 dias após semeadura (DAP), e, aos 12 DAP, observou-se redução de 32% no tamanho na dose 200 mg UCZ, quando comparada ao controle, o que retardou seu crescimento inicial, não sendo detectada aos 20 DAP. Pela análise da morfologia de raízes por imagem, observou-se aumento do comprimento e da área radicular com redução do diâmetro conforme aumento da dose de UCZ. Pela análise do tecido foliar, constatou-se que UCZ promove incremento nos pigmentos fotossintéticos e aumento da capacidade de absorção de luz na região do visível. Além disso, constatou-se que a composição mineral das plantas é modificada conforme a dose de UCZ. Plantas conduzidas a campo com aplicação de Uniconazole, *Azospirillum brasilense* e selênio (EXP5) não tiveram efeitos sobre o crescimento das plantas e produtividade do híbrido, mas apresentaram modificações nos teores de fibra bruta e na massa de mil grãos. Concluiu-se que o UCZ promove retardo ao processo germinativo. Conforme aumento da dose, ocorre redução do crescimento em sua fase inicial, promove também modificação no sistema radicular, que pode resultar em aumento da capacidade de absorção de água e nutrientes. O UCZ influencia a capacidade

fotossintética da planta, melhorando sua absorção de luz na região do visível. Pela combinação de UCZ, AZP e SE, concluiu-se que houve aumento nos componentes de rendimento massa de mil grãos.

**Palavras-chave:** *Zea mays*. Uniconazole. *Azospirillum brasilense*. Selenato de sódio. Raiz.

DEMBOCURSKI, Diogo. **Influence of Uniconazole on growth and plant development in the chemical composition of corn grains**. Advisor: Adilson Ricken Schuelter. 2023. 88 p. Dissertation (Master's degree in Agricultural Engineering) – Western Paraná State University, Cascavel, 2023.

## ABSTRACT

This work aimed to evaluate the effect of biostimulants, including Uniconazole (UCZ), to verify corn hybrids' responses in their development stages. First, a preliminary experiment was performed to verify the maximum dose (EXP1) of UCZ (0, 50, 100, and 150 mg kg<sup>-1</sup> of seed), and a dose of 200 mg Kg<sup>-1</sup> was included in a complementary experiment (EXP2). These experiments were conducted in the laboratory for germination tests by treating seeds of hybrid MSG1001 with UCZ, inserted in germination paper, and incubated in BOD at 25°C with 12h photoperiod for one week. The experimental design was entirely randomized with four repetitions. An accelerated aging test (EXP3) was performed to check seed vigor, in which the seeds were initially treated with UCZ (0, 50, 100, 150, and 200 mg kg<sup>-1</sup> seed). Afterward, the seeds were distributed in aluminum screens placed on germination boxes containing distilled water and then incubated in a BOD-type germination chamber (72h at 45°C). After the incubation period, a new germination test was performed. An experiment was implemented and conducted to evaluate the initial development of the hybrid up to the V4 stage (EXP4), in which the plants from seeds previously treated with UCZ (0 to 200 mg kg<sup>-1</sup> seed) were grown in pots containing medium sand using localized irrigation and nutrient solution. The experimental design was entirely randomized with eight repetitions. For the experiment under field conditions (EXP5), seeds treated with UCZ and *Azospirillum brasilense* (AZP) were sown in previously furrowed and fertilized soil. At the V6 stage, different doses of sodium selenate (SS) were applied by knapsack spraying. The experimental design was randomized blocks in a trifactor scheme with four repetitions: Uniconazole (0, 50, 100, and 150 mg kg<sup>-1</sup> seed); *Azospirillum brasilense* (0 and 100 ml sc<sup>-1</sup> seed); Selenium (0, 25, and 50 g ha<sup>-1</sup>). The results obtained in EXP1 showed that UCZ promoted a reduction in average seedling and root length without decreasing the germination percentage. With the addition dose (EXP2), by regression analysis, it was found that there was a reduction in the germination percentage at seven days. No change in germination percentage was detected to evaluate seed vigor (EXP3), but a negative linear regression was detected in seedling size and aboveground biomass as the dose of UCZ increased. Plants grown in pots with sand (EXP4) showed a reduction in size starting at 50 mg UCZ until eight days after planting (DAP), and, at 12 DAP, a 32% reduction in size was observed at 200 mg UCZ, when compared to the control, which delayed their initial growth, not being detected at 20 DAP. The analysis of root morphology by imaging showed an increase in length and root area with a reduction in diameter as the dose of UCZ increased. Leaf tissue analysis found that UCZ promotes an increase in photosynthetic pigments and an increase in light absorption capacity in the visible region. Moreover, it was found that the mineral composition of the plants is modified according to the dose of UCZ. Plants grown in the field with the application of Uniconazole, *Azospirillum brasilense*, and selenium (EXP5) had no effects on plant growth and yield of the hybrid but showed modifications in crude fiber contents and mass of one thousand grains. It was concluded that UCZ promotes retardation of the germination process. As the dose increases, there is a reduction of growth in its initial phase; it also promotes modification in the root system, which may increase the capacity to absorb water and nutrients. UCZ influences the plant's photosynthetic capacity, improving its light absorption in the visible region. By combining UCZ, AZP, and SS, it was concluded that there was an increase in the yield components mass of one thousand grains.

**Keywords:** *Zea mays*. Uniconazole. *Azospirillum brasilense*. Sodium selenate. Root.

## SUMÁRIO

<b>RESUMO</b> .....	<b>VII</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	<b>VII</b>
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	<b>VIII</b>
<b>LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS</b> .....	<b>X</b>
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>17</b>
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	<b>19</b>
2.1 Objetivo geral.....	19
2.2 Objetivos específicos .....	19
<b>3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>20</b>
3.1 Origem e Produção de Milho no Brasil.....	20
3.2 Crescimento e Desenvolvimento de Plantas de Milho.....	22
3.3 Senescência foliar e desenvolvimento de plantas de milho.....	24
3.4 Reguladores do Crescimento na Agricultura .....	26
3.4.1 Auxinas.....	28
3.4.2 Giberelinas.....	29
3.4.3 Citocininas .....	30
3.4.4 Etileno.....	31
3.4.5. Ácido abscísico .....	32
3.5 Retardantes do crescimento: Uniconazole .....	33
3.6 Fixação biológica de nitrogênio.....	35
3.7 Selênio.....	36
<b>4 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>39</b>
4.1 Caracterização da área de estudo .....	39
4.2 Descrição da Experimentação: planejamento, condução e avaliação .....	40
4.2.1 Verificação do efeito da dose máxima e dose de acréscimo de uniconazole sobre germinação e crescimento de plântulas de milho conduzidas em BOD .....	40
4.2.2 Avaliação do efeito da dose de Uniconazole em sementes de milho pós-envelhecimento acelerado sobre germinação e crescimento plântulas de milho conduzidas em BOD .....	41
4.2.3 Germinação e crescimento de plantas de milho em função das doses de UCZ, cultivados em areia com sistema de irrigação por gotejamento, em casa de vegetação .....	42
4.2.4 Avaliação dos efeitos do tratamento de sementes de milho com Uniconazole e/ou <i>Azospirillum brasilense</i> , combinado com a aplicação de doses de selenato de sódio no crescimento vegetativo, na produção e na composição química dos grãos .....	45
4.3 Análise estatística .....	47

<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>48</b>
5.1 Avaliação do efeito da dose de uniconazole sobre a germinação e crescimento de plântulas de milho conduzidas em BOD.....	48
5.2 Avaliação de germinação e crescimento de plantas de milho em função das doses de UCZ, cultivados em areia com sistema de irrigação por gotejamento, em casa de vegetação .....	54
5.3 Avaliação dos efeitos do tratamento de sementes de milho com Uniconazole e/ou <i>Azospirillum brasilense</i> , combinado com a aplicação de diferentes doses de selenato de sódio sobre crescimento vegetativo, produção e composição química dos grãos .....	67
<b>6 CONCLUSÕES</b> .....	<b>72</b>
<b>7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>73</b>

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Índice pluviométrico (Precipitação – Prec) e temperaturas mínimas (Tmin), máximas (Tmáx) e médias (Tmed) durante o período do experimento que ocorreu no período de 18 de fevereiro de 2022 a 11 de julho de 2022.....	39
Tabela 2 Parâmetros físicos e químicos obtidos pela análise do solo da área do experimento, classificação conforme Manual de Adubação para o estado de PR.....	45
Tabela 3 Resumo das análises de variância e de testes de médias (Tukey a 5% de probabilidade) do EXP1 para a percentagem de germinação aos 4 (%G4) e 7 (%G7) dias, tamanho da plântula (TP), comprimento de raiz (CR), massa seca da parte aérea (MSA), massa seca da raiz (MSR) e massa seca total (MST).....	48
Tabela 4 Resumo das análises de variância e de testes de médias (Tukey a 5% de probabilidade) do EXP4 para tamanho de planta aos 8, 12, 20 dias após o plantio (DAP), comprimento de raiz (CR), massa seca da parte aérea (MSA), massa seca de raiz (MSR). 54	
Tabela 5 Resumo das análises de variância e de testes de médias (Tukey a 5% de probabilidade) do EXP4 para as variáveis clorofila “A” (Cl “A”) clorofila “B” (Cl “B”) e carotenóides (Carot) coletadas das folhas V2, V3 e V4.....	60
Tabela 6 Teores de elementos químicos e estimativa de correlações de Pearson advindo de dados determinados a partir de plantas jovens de milho.....	66
Tabela 7 Estimativas das variâncias (autovalores) associadas às quatro primeiras componentes principais e respectivos coeficientes de ponderação (autovetores) para os teores de elementos químicos determinados a partir de plantas jovens de milho submetidas ao tratamento de sementes com diferentes doses de UCZ e cultivados em sistema de gotejamento em areia com suplementação mineral. ....	66
Tabela 8 Resumo da análise estatística empregando modelos lineares generalizados (GLMM) para a variável altura mensurada semanalmente.....	68
Tabela 9 Médias estimadas da altura de plantas de MSG1001 levando em considerando os fatores principais do modelo no intervalo de confiança de 95%, para altura final.....	69
Tabela 10 Resumo da análise de variância e de testes de médias (Tukey a 5% de probabilidade) para a variável diâmetro de espiga (DS) avaliada no momento da colheita, e de fibra bruta (FB) analisada a partir da trituração da semente.....	69
Tabela 11 Resumo da análise de modelos lineares mistos (LMM) a 5%, para umidade de colheita (UM), comprimento de espiga (CE), produtividade (PROD), extrato estéril (EE), material mineral (MM), proteína bruta (PB) e peso de mil sementes (PMS).....	70

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Concentração de hormônios durante seu ciclo .....	28
Figura 2 Fluxograma da sequência dos experimentos .....	40
Figura 3 Germinação aos 4 dias (A), Germinação aos 7 dias (B), Massa seca aerea (C), Massa seca de Raiz (D), Tamanho de plântula (E) e do Comprimento de Raiz (F) do híbrido MSG1001 em função de doses crescentes de Uniconazole aplicadas em sementes e submetidas ao teste de germinação em BOD (EXP2) .....	51
Figura 4 Germinação aos 4 dias (A), Germinação aos 7 dias (B), Massa seca aerea (C), Massa seca de Raiz (D), Tamanho de plântula (E), Comprimento de Raiz (F) do híbrido MSG1001 em função de doses crescentes de Uniconazole aplicadas em sementes e submetidas ao teste de envelhecimento acelerado (EXP3) .....	52
Figura 5 Efeito do Uniconazole sobre a germinação de plântulas de milho após 7 dias de incubação em BOD (EXP2) .....	53
Figura 6 Efeito do Uniconazole sobre a germinação de plântulas de milho após 7 dias de incubação em BOD sofrendo envelhecimento acelerado (EXP3) .....	53
Figura 7 Plantas de milho com 20 DAP, oriundas de sementes tratadas com UCZ ( 0 a 200 mg kg semente) cultivadas em vasos contendo areia em condições de casa-de-vegetação (EXP4) .....	55
Figura 8 Tamanho de plântulas aos 8 DAP (A), aos 12 dias DAP (B) e aos 20 dias DAP (C), comprimento de raiz (D), massa seca da parte aérea (E) e massa seca da raiz (F) (EXP4) .....	56
Figura 9 Comprimento Radicular total (CT, A) (cm), área radicular total projetada (cm <sup>2</sup> ) (ARP, B), área Superficial radicular total (cm <sup>2</sup> ) (AST, C), comprimento de Raiz (cm) (CM, D), área projetada da Raiz (cm <sup>2</sup> ) (ARP, E), área superficial radicular (ASR, F) (cm <sup>2</sup> ), diâmetro (DM, G) (mm) e volume de raiz (VR, H) (cm <sup>3</sup> ) (EXP4) .....	57
Figura 10 Teores de Clorofila "A", Clorofila "B" e carotenóides para estágio V2 (A, B, C), V3 (D, E, F), e V4 (G, H, I) respectivamente para plantas de milho sobre efeito de doses de uniconazole (EXP4) .....	61
Figura 11 Fator de reflectância médio na segunda folha verdadeira de plantas de milho oriundas de sementes tratadas com Uniconazole (0 a 200 mg.kg semente).....	62
Figura 12 Fator de reflectância médio na terceira folha verdadeira de plantas de milho oriundas de sementes tratadas com Uniconazole (0 a 200 mg.kg semente) .....	63
Figura 13 Fator de reflectância médio na quarta folha verdadeira de plantas de milho oriundas de sementes tratadas com Uniconazole (0 a 200 mg.kg semente) .....	63
Figura 14 Índices de vegetação: NDVI, Borda do Vermelho 705 nm e Borda do vermelho 740 nm em tecido da segunda (V2) (A, B e C), terceira (V3) (D, E e F) e quarta folha verdadeira (V4) (G, H e I) de plantas de milho sobre efeito de doses de Uniconazole (EXP4) .....	64

Figura 15 Dispersão gráfica biplot dos tratamentos com base nos escores e cargas fatoriais para as variáveis estudadas, utilizando-se a análise de componentes principais.....	67
Figura 16 Mensuração semanal do crescimento de plantas de milho oriundas de diferentes tratamentos com UCZ (mg kg <sup>-1</sup> semente); AZP (ml saco-1 de semente); e SE (g ha <sup>-1</sup> ) ....	68
Figura 17 Efeito da interação entre concentrações de Azospirillum brasilense (AZP) em ml saco-1 de semente e selênio (SE) em g ha <sup>-1</sup> , sobre o teor de fibra bruta.....	70
Figura 18 Efeito da interação entre concentrações de Azospirillum brasilense (AZP) em ml saco-1 de semente e selênio (SE) em ha <sup>-1</sup> para peso de mil sementes (g).....	71

## LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

ABA	Ácido abscísico
AIA	Ácido idol-3-acético
AZP	<i>Azospirillum brasilense</i>
Carot	Carotenoide
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
Cl	Clorofila
CFA	Clima subtropical úmido: verão úmido, dado massas tropicais instáveis
Cm	Centímetros
CK	Citocininas
CR	Comprimento de raiz
CV	Coeficiente de variação
DAP	Dias após a semeadura
DAF	Dias após o florescimento
Dicamba	Ácido 2-metóxi-3,6-diclorobenzoico
DS	Diâmetro de espiga
EE	Extrato estéril
EXP	Experimento
FB	Fibra bruta
FV	Fator de Variação
GA	Giberelinas
G	Gramas
g ha <sup>-1</sup>	Gramas por hectare
GLMM	Modelos lineares generalizados mistos
GB	Germinação botânica
IVG	Índice de velocidade de germinação
K	Potássio
Kg	Quilogramas
MAS	Massa seca da parte aérea
mg kg <sup>-1</sup>	Miligramas por quilo
mg kg <sup>-1</sup> S	Miligramas por quilo de semente
ml sc <sup>-1</sup>	Mililitros por sacas de 60 kg de semente
MM	Material mineral
MSR	Massa seca da raiz
MCP	Morte celular programada
µg cm <sup>2</sup>	Micrograma por centímetro quadrado

mg	Miligramas
mm	Milímetros
N	Nitrogênio
NR	Número de raízes
P	Fósforo
PROD	Produtividade
PB	Proteína bruta
PMS	Peso de mil sementes
SE	Selênio
TP	Tamanho da plântula
R	Reprodutivo
RAS	Regras de análise de sementes
SO	Senescência de órgãos
T1	0 mg kg <sup>-1</sup> S: Miligramas por quilo de semente (controle)
T2	50 mg kg <sup>-1</sup> S: Miligramas por quilo de semente
T3	100 mg kg <sup>-1</sup> S: Miligramas por quilo de semente
T4	150 mg kg <sup>-1</sup> S: Miligramas por quilo de semente
T5	200 mg kg <sup>-1</sup> S: Miligramas por quilo de semente
U1	0 mg kg <sup>-1</sup> de Uniconazole
U2	50 mg kg <sup>-1</sup> de Uniconazole
U3	100 mg kg <sup>-1</sup> de Uniconazole
U4	150 mg kg <sup>-1</sup> de Uniconazole
A1	0 ml.sc-1 <i>Azospirillum brasilense</i>
A2	100 ml.sc-1 <i>Azospirillum brasilense</i>
S1	0 g kg <sup>-1</sup> Selenato de sódio
S2	25 g kg <sup>-1</sup> Selenato de sódio
S3	50 g kg <sup>-1</sup> Selenato de sódio
UCZ	Uniconazole
V	Vegetativo
Ve	Emergência
VT	Pendoamento
%G	percentagem de Germinação

## 1 INTRODUÇÃO

O cultivo de milho (*Zea mays* L.) no Brasil, concentrado predominantemente na Segunda Safra e com produção de grãos que supera 75% do total colhido anualmente, encontra-se intimamente relacionado às áreas com soja cultivadas no verão. Entretanto, devido à janela de plantio desse cereal ser regularmente estreita e concentrada entre os meses de janeiro e fevereiro, além da ocorrência de frequentes retardos da colheita da soja, tem causado redução da produtividade em relação ao potencial das cultivares híbridas.

As áreas de cultivo de milho na Segunda Safra no Paraná, em especial no Oeste Paranaense, apresentam fatores climáticos, como temperatura, radiação e disponibilidade hídrica, com variação considerável nessa estação de cultivo, causando redução do rendimento da cultura, que pode ser agravado com o retardamento do plantio, conforme a ocorrência de geadas na safra de 2021 (CONAB, 2021). Dessa forma, é de fundamental importância encontrar alternativas que venham a mitigar os efeitos promovidos por fatores abióticos sobre o rendimento na cultura do milho, como o desenvolvimento de cultivares híbridas adaptadas às condições desfavoráveis ao crescimento e desenvolvimento das plantas e/ou utilização de bioestimulantes.

De acordo com Du Jardim (2015), bioestimulante vegetal é qualquer substância ou microrganismo aplicado às plantas com o objetivo de aumentar a eficiência nutricional, tolerância ao estresse abiótico e/ou características de qualidade da cultura, independentemente do seu teor de nutrientes. Nesse contexto, resultados de pesquisa têm revelado o potencial de microrganismos, como o *Azospirillum brasilense*, a utilização de produtos orgânicos naturais (hidrolisados de proteína e aminoácidos, ácidos húmicos e fúlvicos, além de extratos de algas) e sintéticos (compostos triazólicos, tais como paclobutrazol e uniconazole), além de substâncias inorgânicas, na mitigação de efeitos de estresses de diferentes naturezas, que resultam na melhoria da qualidade ambiental para o crescimento e desenvolvimento vegetal.

Independentemente da forma de cultivo e das condições edafoclimáticas, a atividade celular das plantas é regulada por mensageiros químicos, denominados de fito-hormônios, que, de acordo com Simura *et al.* (2018), são pequenas moléculas que desempenham papéis essenciais em intrincadas redes de sinalização, ocorrendo conseqüentemente modificações expressivas no crescimento e desenvolvimento vegetal. De maneira exógena, a aplicação de fitohormônios e/ou substâncias sintéticas com ação hormonal, como os compostos triazólicos, promovem modificações no metabolismo celular que ocasionam alterações no crescimento e desenvolvimento das plantas. O uniconazole (UCZ), pertencente ao grupo dos triazóis, é um regulador de crescimento que atua no bloqueio da rota de biossíntese do ácido giberélico (GA), resultando no incremento dos teores de clorofila e dos fitohormônios citocininas (CK) e

ácido abscísico (ABA), que produzem a redução do crescimento das plantas e retardamento de senescência foliar. Em termos de importância para a cultura do milho, a utilização de UCZ tem sido associada à mitigação dos efeitos provocados pelo estresse hídrico (AHMAD *et al.*, 2018), além de promover o aumento dos teores de amido (DEMBOCURSKI *et al.*, 2022).

A exposição das plantas ao déficit hídrico e temperaturas extremas, como ocorre frequentemente em cultivos de milho da segunda safra, pode levar ao estresse oxidativo devido à geração de espécies reativas de oxigênio (ROS), já que, de acordo com Reis *et al.*, (2017) e Lanza *et al.*, (2021), o excesso ROS promove danos aos componentes celulares, como ácidos nucleicos, lipídeos, proteínas e, por consequência, acabam afetando processos vitais, como respiração e fotossíntese, podendo ocasionar a morte celular. Dessa forma, pesquisas têm sido realizadas com o intuito de reduzir o estresse oxidativo de plantas por meio do uso de substâncias antioxidantes, sendo que o selênio é um elemento promissor. O selênio possui um papel muito importante na inibição de stress oxidativo, estimulando as enzimas na produção de antioxidantes, fazendo com que a planta perca menos água, o que a torna mais tolerante ao estresse hídrico (HU *et al.*, 2003; FENG *et al.*, 2013; YU *et al.*, 2019; CHAUHAN *et al.*, 2020; NIU *et al.*, 2020).

O uso de microrganismos na agricultura tem resultado em incremento da produtividade das culturas, em especial, na cultura do milho com o emprego de *Azospirillum brasilense*. Essa bactéria, além de aumentar o suprimento de nitrogênio às plantas pela fixação biológica de N (FUKAMI *et al.*, 2016), promove crescimento em gramíneas pela liberação de hormônios vegetais (HUNGRIA *et al.*, 2016; SOUZA, 2019) e solubilização de fosfato na rizosfera, também ocasionando o aumento do suprimento do nutriente à planta (KAZI *et al.*, 2016). Dessa forma, a utilização de *A. brasilense* em cultivos de milho pode levar ao crescimento de plantas nutricionalmente mais equilibradas, que, de forma direta ou indireta, conforme o processo celular, pode resultar no incremento da resiliência às condições adversas (MARQUES *et al.*, 2020).

Levando em consideração os resultados de pesquisa que apontam sobre o potencial de uso da bactéria *Azospirillum brasilense*, do regulador de crescimento Uniconazole e do elemento Selênio para mitigar efeitos de estresse hídrico, é de fundamental importância verificar o efeito combinado desses fatores sobre o crescimento e desenvolvimento de plantas de milho.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo geral

Avaliar a aplicação de regulador de crescimento, em cultivar híbrida de milho em seus diferentes estádios de desenvolvimento.

### 2.2 Objetivos específicos

- Avaliar o efeito do tratamento de sementes com doses de uniconazole sobre a germinação, crescimento e acúmulo de biomassa de plântulas de milho;
- Verificar o vigor de sementes de milho tratadas com doses de uniconazole e submetidas ao teste de envelhecimento acelerado;
- Analisar o crescimento inicial e acúmulo de biomassa da parte aérea e do sistema radicular de plantas cultivadas em areia, oriundas de sementes tratadas com doses de uniconazole.
- Verificar o efeito do tratamento de sementes, com doses de uniconazole e *Azospirillum brasilense*, e aplicação foliar com selenato de sódio, sobre o crescimento vegetativo e florescimento de plantas cultivadas em condições de campo.
- Verificar se o tratamento de sementes com diferentes doses de uniconazole e/ou *Azospirillum brasilense*, combinado com diferentes doses de selenato de sódio, apresenta efeito benéfico sobre a produção de grãos e sua composição química.

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 Origem e Produção de Milho no Brasil

O milho (*Zea mays* L.) é uma espécie diploide ( $2n = 20$  cromossomos), alógama, de caráter monoico, pertencente à família Poaceae (MAGALHÃES, *et al.*, 2020), tendo como centro de origem as terras altas no sul do México e Guatemala (HALLAUER *et al.*, 2010; PATERNIANI, 1993). Com a seleção praticada durante a domesticação desse cereal, obteve-se uma planta ereta, robusta, de ciclo anual, com estatura de um a quatro metros, que pode ser utilizada para produção de grãos, biomassa para silagem, obtenção de bioenergia, além de poder servir como condicionador de solo para plantio (MAGALHÃES, *et al.*, 2020).

O desenvolvimento de cultivares híbridas de milho foi feito inicialmente com Beal (1870), por híbridos Intervarietais East (1908) e Shull (1908; 1909), que estabeleceram o sistema endogamia-hibridação. Jones (1918) sugeriu a utilização de híbridos duplos. Com o passar dos anos, híbridos duplos foram sendo substituídos pelos triplos, sendo que, na atualidade, há predominância de híbridos simples e simples modificados nas regiões de maior investimento, que apresentam maior potencial produtivo (SAWAZAKI; PATERNIANI, 2004). Além disso, com o estabelecimento da Lei de Biossegurança no 11.105 (2005) e liberação comercial de plantas transgênicas no Brasil, deu-se início ao lançamento de híbridos transgênicos de milho que conferem tolerância a herbicidas e resistência a insetos (MAGALHÃES, 2020; PEREIRA; BORGHI, 2020), sendo que, na atualidade, 97% de híbridos cultivados são transgênicos (CONAB, 2021). De acordo com Conab (2020), o cultivo de milho no Brasil é realizado em três safras de cultivo, sendo que a Primeira Safra (verão), com período de plantio de setembro a dezembro, é implantada nas regiões norte e nordeste, segundo o Conab (2021), com produção de 23,8% do total e, no centro-sul, representando 76,2% da produção da safra verão. Essa safra perdeu forças ao longo do tempo pela oferta brasileira ao competir com a soja e pelo avanço da Segunda Safra (Outono/inverno), que, a partir de 2011/12, tomou posto de protagonista assumindo como sendo a principal safra de milho no país (CONAB, 2020). O plantio da Segunda Safra estende-se de janeiro a abril, implantada mais no centro-oeste, sul e sudeste, onde há maior investimento no cultivo desse cereal, que apresenta maiores produtividades médias (SILVA; FRANCISCHINI, 2013), sendo responsável por 77,07% da produção (CONAB, 2021b). Já a Terceira Safra, é cultivada em algumas regiões no nordeste do Brasil com aproximadamente 1,73% da produção brasileira (CONAB, 2021).

Segundo Conab (2023), no Paraná, que é segundo maior produtor desse cereal no Brasil, atrás apenas do Mato Grosso, a produção alcançada na safra 2021/22 foi de aproximadamente 16,4 milhões de toneladas, sendo que a segunda safra é responsável por

13,4 milhões de toneladas. Mesmo o Paraná atingindo uma produtividade acima do esperado, houve registros de ataque de cigarrinhas nas lavouras, praga que também afetou a produtividade de outros estados, Goiás, São Paulo e Minas Gerais; além disso, sofreram com a estiagem (CONAB, 2022).

O desenvolvimento de híbridos que apresentam tolerância às condições adversas tem sido um dos grandes desafios de programas de melhoramento genético de milho (YOUNIS *et al.*, 2014). O estresse hídrico aumenta o acúmulo de ácido abscísico, causando um sinal hiperosmótico na planta, que provoca respostas adaptativas (ZHU, 2016). Nesse contexto, a obtenção de culturas geneticamente modificadas (GM) é frequentemente perseguida para melhorar ou introgridir características agrônômicas que não são naturalmente encontradas numa determinada espécie (KUMAR *et al.*, 2020). A utilização de marcadores moleculares é considerada para facilitar a seleção de novos genótipos, que podem ser utilizados como genitores de novas cultivares, avaliando a diversidade genética entre linhagens por meio da construção de impressões digitais, mapas genéticos e seleção assistida (MOULIN *et al.*, 2015; BRILHANTE *et al.*, 2021).

Uma das características principais, em que alguns autores têm como foco de tolerância a seca, refere-se à manifestação fenotípica dessa característica (KASSIE *et al.*, 2017). Sistemas de introdução de transgenes que conferem tolerância às condições adversas em milho, como a seca (ISAAA BRIEF, 2019), favorecem aos agricultores uma proteção a mais contra períodos de estiagem (ALMEIDA *et al.*, 2019; BERILLI *et al.*, 2020). A nova soja transgênica HB4, tolerante à seca, tem previsão de lançamento no Brasil para a safra 2022/23, tecnologia desenvolvida pela empresa norte americana Verdeca (Arcadia Biosciences e Bioceres Crop Solution). A tecnologia foi desenvolvida a partir do gene nativo do girassol, sendo também transferido via transformação genética para milho e trigo, sem previsão de lançamento no Brasil (HENNING; NEPOMUCENO, 2021).

A produtividade de uma cultivar está diretamente atrelada às condições edafoclimáticas, em que as plantas são submetidas durante o ciclo. Com isso, é realizada a distribuição das cultivares em determinada localidade influenciada pelas condições edafoclimáticas da região (ALLIPRANDINI *et al.*, 2009). Cerca de 80% da produção nacional de soja e milho estão direcionadas para as regiões centro-oeste e sul, tendo em vista que a busca pelo milho segunda safra depende da dinâmica da cultura da soja (MAGALHÃES *et al.*, 2020).

O zoneamento agrícola é uma regulamentação que define o período mais propício para o desenvolvimento de uma cultura, ordenada pelo Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA) para cada região e estado (BASTOS FILHO, 2021). A portaria nº 467, de 8 de outubro de 2021, em nota técnica apresentada por Bastos filho (2021), visa aos vários fatores que contribuem para maiores produtividades, época de plantio, distribuição de chuvas

nessas regiões e quantidade de água disponível no solo. Esses fatores combinados diminuem os riscos climáticos que podem interferir em períodos críticos das culturas. Para a cultura do milho, é necessária uma distribuição de 500 – 800 mm de água durante o seu ciclo, temperatura média diária superior a 15°C, obtendo boa amplitude térmica, temperatura média noturna acima 12,8°C e abaixo de 25°C, boas condições para o florescimento (15°C - 30°C).

De acordo com Bastos Filho (2021), o cultivo de milho segunda safra no Paraná é dividido em níveis de risco de 20, 30 e 40%, baseando-se no modelo de balanço hídrico, levando em consideração as exigências hídricas e térmicas da cultura, duração de todo o ciclo, fase fenológica e reserva de água no solo. Segundo esse autor, com a coleta de dados pluviométricos e Evapotranspiração dos últimos 15 anos, permite-se indicar as cultivares mais recorrentes para determinada região, períodos de semeadura e os riscos do plantio na época indicada. Verifica-se que, para o município de Cascavel atingir risco de 20% de perdas estimadas para o milho, o plantio acontece a partir do dia 21 de dezembro a 10 de fevereiro, 30% dos dias 11 a 21 de fevereiro e 40% de 22 de fevereiro a 3 de março. Os municípios de Medianeira e Serranópolis, por estarem na mesma região climática, são caracterizados com riscos de 20% no período de 1 a 10 de fevereiro, 30% para 1 a 31 de janeiro e 11 a 20 de fevereiro, e 40% no mesmo período que Cascavel.

### 3.2 Crescimento e Desenvolvimento de Plantas de Milho

O crescimento de uma planta representa o aumento irreversível do tamanho ou volume, geralmente acompanhado do incremento da massa seca. Já o desenvolvimento, refere-se à sequência de eventos, que incluem o crescimento e diferenciação celular, que devem ocorrer de forma precisa e ordenada a fim de que possibilite, de maneira qualitativa, o reconhecimento de estádios fenológicos (TAIZ *et al.*, 2017). Nesse contexto, o crescimento e desenvolvimento de uma planta pode ser definido tanto por fatores internos (genética e hormônios vegetais), quanto pelos fatores externos, que podem incluir organismos benéficos ou maléficos à produção, ou abióticos, como temperatura, luz, nutrientes e disponibilidade hídrica (MAGALHÃES *et al.*, 2020).

O primeiro estágio de desenvolvimento de uma planta de milho inicia-se no momento da germinação, que ocorre de 4 a 5 dias após a semeadura, se a temperatura e umidade do solo estiverem entre 20 e 35°C (SILVA *et al.*, 2021) e 60% de umidade no solo, respectivamente (PEIXOTO, 2020). Nesse contexto, o processo de germinação será induzido após a embebição, em que a semente terá absorvido aproximadamente 30% do seu peso (CIAMPITTI; ELMORE; LAUER, 2016), ocorrendo, como consequência, a retomada do metabolismo celular, por meio da respiração e digestão das reservas, que culmina com início do processo de diferenciação celular. A radícula e o coleóptilo são os primeiros a se alongar,

juntamente com a plúmula (MAGALHÃES; DURÃES, 2006). Em termos agronômicos, de acordo com a Brasil (2009), a germinação é a emergência e desenvolvimento das partes essenciais do embrião, indicando a aptidão para produzir uma planta normal em ambiente favorável em condições de campo.

Após a germinação, ocorre a emergência, que é caracterizada pela emissão da primeira folha que emerge na superfície do solo chamada de coleóptilo, onde há uma estrutura chamada de mesocótilo que sofre alongação para que ocorra esse processo (CIAMPITTI; ELMORE; LAUER, 2016). A emergência pode ser limitada devido à ocorrência de estiagens prolongadas, o que prejudica diretamente o estande final (EMBRAPA, 2017).

A abertura da primeira folha com colar visível, que é caracterizada pela base da folha, indica o início do período vegetativo. A primeira folha é indicada pelo V1; a partir desse estágio, cada folha será contada como estágio vegetativo, até o período de florescimento. Em milho, a constituição genética e as condições de ambiente, como a temperatura, são fatores que têm influência direta sobre a diferenciação do meristema apical de vegetativo para reprodutivo, que determinam o número total de folhas nas plantas (EMBRAPA, 2017).

O meristema apical, também denominado de ponto de crescimento, atinge apenas a superfície do solo no estágio V5. A deficiência hídrica nesses estádios iniciais acarreta a redução do número de folhas e atraso no pendoamento, sendo que o excesso hídrico pode levar à morte em poucos dias, quando o ponto de crescimento estiver abaixo do solo (CIAMPITTI; ELMORE; LAUER, 2016). No estágio V6, período em que inicia o rápido alongamento do colmo, a ocorrência de estiagem pode acarretar redução no porte; no estágio V8, há uma boa tolerância ao excesso de chuvas, mas o estresse inibe o alongamento das células, reduzindo os internódios, o que resulta em colmo fino, menor capacidade de armazenamento, porte e área foliar (CIAMPITTI; ELMORE; LAUER, 2016).

No intervalo que compreende os estádios de V3 a V6, recomenda-se a adubação nitrogenada (NEPAR, 2019); ocorre a definição do número de folhas, de espigas e do número de fileiras de grãos por espiga (MAGALHÃES; DURÃES, 2006). Trabalhos com doses de nitrogênio aplicadas em milho não apresentaram diferença significativa no número de fileiras de grãos por espiga e número médio de espigas por hectare (FREIRE *et al.*, 2010; SILVA, 2013; VALDERRAMA *et al.*, 2011), bem como no número de folhas (SANGOI *et al.*, 2015).

No estágio V9, ocorre alta taxa de desenvolvimento de órgãos florais, próximo ao estágio V10; o milho começa um rápido e contínuo crescimento, acumulando nutrientes e matéria seca. Em V12, a planta atinge aproximadamente 90% de sua área foliar, ocorrendo, nesse estágio, a definição do número de fileiras de grãos na espiga. Em torno do estágio V17, as extremidades das espigas já podem ser observadas, de forma que o pendão também já aparece, sendo que a ocorrência de estresse hídrico duas semanas antes e duas semanas

depois ao florescimento pode acarretar redução de produção, tornando o período mais importante para irrigação (CIAMPITTI; ELMORE; LAUER, 2016).

O pendramento (VT) é o período que se inicia quando o último ramo do pendão se encontra totalmente visível, sendo que as espigas devem apresentar seus estilo-estigmas expostos para receber o pólen, momento sensível a altas temperaturas (acima de 35°C), ao estresse hídrico, em que a ausência de sincronismo pode levar a grandes perdas. Após a liberação do pólen, cada cabelo será polinizado resultando em um grão (CIAMPITTI; ELMORE; LAUER, 2016, MAGALHÃES; DURÃES, 2006). No período de florescimento, ocorre a fase de fertilização, seguida do enchimento de grãos, período crítico ao estresse hídrico e ao excesso de chuvas, podendo ocorrer desidratação ou a lavagem dos grãos de pólen dos estiletos-estigma, o que faz com que a fecundação ocorra de modo reduzido (PEIXOTO, 2020).

O estágio R1 é caracterizado por iniciar o período reprodutivo, o embonecamento e a polinização, momentos em que ocorre a captura do pólen pelo estilo-estigmas, o qual é responsável pelo transporte do pólen até o óvulo para que ocorra a fecundação. A ocorrência de estiagem nesse estágio resulta em baixa polinização. Em R2, inicia-se o processo de rápida acumulação de amido, matéria seca, até próximo ao estágio R6. O grão leitoso é representado pelo estágio R3 com aproximadamente 80% de umidade, R4 grão pastoso com aproximadamente 70% de umidade e R5 a formação dos dentes, caracterizado pelo aparecimento de concavidades; essas fases não são muito críticas em relação ao estresse, de maneira que ocorre a transição do grão pastoso para farináceo. E, finalmente, R6, estágio em que o grão atinge a maturidade fisiológica, ou seja, o desligamento em relação à planta mãe, apresentando umidade em torno de 18 a 25%, podendo ser realizada a colheita (CIAMPITTI; ELMORE; LAUER, 2016).

### 3.3 Senescência foliar e desenvolvimento de plantas de milho

A senescência foliar compõe o último estágio de desenvolvimento de uma folha, processo biológico por meio de reações bioquímicas, como a degradação de macromoléculas (ZHANG *et al.*, 2021), a saber, proteínas, lipídios e ácidos nucleicos, além da degradação de clorofila e dos cloroplastos (HAN *et al.*, 2020; HU *et al.*, 2020). Assim, ocorre, como consequência, a realocação de nutrientes para as folhas mais novas, colaborando com o crescimento e reprodução (HORTENSTEINER; FELLER, 2002; GREGERSEN; HOLM; KRUPINSK, 2008; WEI *et al.*, 2015).

De acordo com Vergutz *et al.* (2012), a senescência foliar garante a ciclagem de nutrientes, o que possibilita uma melhor adaptação ao meio ambiente. Estudos utilizando a cultura do trigo e o arroz indicaram que as alterações nos processos de senescência foliar

afetam diretamente o rendimento e qualidade de grão (HAN *et al.*, 2020; HU *et al.*, 2020), sendo que o retardo da senescência foliar promoveu aumento da produção e teor de açúcares em tomate (LIRA *et al.*, 2017; MA *et al.*, 2018), incremento da produtividade em milho (AHMAD *et al.*, 2018) e em soja (YAN, *et al.*, 2015), além de maior resistência à seca em tabaco (ZHANG *et al.*, 2010).

Com o envelhecimento das plantas, a atividade fotossintética diminui e macromoléculas, como lipídios e proteínas, são quebradas e redistribuídas para órgãos mais jovens (SCHIPPERS *et al.*, 2015; KIM *et al.*, 2018; WOO *et al.*, 2019). A melhor explicação está relacionada a sintomas, como a degradação da clorofila, induzida pelos genes catabólicos da clorofila, a saber, *stay green*, *non-yellow coloring*, *nyc1-like*, *pheoforbide* a oxigenase durante a senescência (KUSABA *et al.*, 2007; REN *et al.*, 2007; SATO *et al.*, 2010; SAKURABA *et al.*, 2012). Ocorre nas plantas um processo de autodigestão ao final de seu desenvolvimento em todos os órgãos vegetais, incluindo caules, folhas, flores e frutos (DANGL *et al.*, 2000). Esse processo é dividido em três partes estruturais: senescência da planta inteira (SPI), morte celular programada (MCP) e senescência de órgãos (SO). A SPI envolve a morte total da planta, tendo a duração de vida conforme sua classificação (perenes, anuais e bianuais) (TAIZ *et al.*, 2017).

Os organismos eucariontes, tais como os fungos, animais e plantas, desenvolvem mecanismos de autodefesa para que haja a remoção programada das células indesejadas, a MCP, sendo causadas por patógenos, estresses abióticos ou bióticos. Além dessa forma de defesa, a SO promove abscisão de órgãos; para que a planta possa completar seu ciclo, ela pode ocorrer no seu desenvolvimento vegetativo ou reprodutivo, sendo afetadas principalmente pelo fotoperíodo e temperatura (TAIZ *et al.*, 2017).

A MCP está ligada à senescência foliar das plantas, o que permite o controle e a realocação dos nutrientes, por meio do floema, possibilitando a continuação do crescimento de estruturas em desenvolvimento ou até o enchimento de grãos. As folhas sofrem mudanças geneticamente programadas no metabolismo e estrutura celular (TAIZ *et al.*, 2017). Um sinal de senescência observado é a clorose foliar (amarelecimento), devido à degradação do cloroplasto (BUCHANAN-WOLLASTON, 1997). Nesse contexto, os fitohormônios auxina e o ácido giberélico inibem a senescência foliar, enquanto o etileno e ácido abscísico são promotores (GAN, AMASINO, 1996).

A senescência é constantemente utilizada pelos melhoristas, como indicador de estado fenológico/fisiológico de uma planta após o florescimento, uma vez que está relacionada à maturidade fisiológica dos grãos (TRACHSEL *et al.*, 2016). Em milho, a senescência foliar acontece no período de enchimento de grãos, onde há a realocação do material armazenado para os grãos (VALENTINUZ; TOLLENAAR, 2004), sendo o momento mais crítico e que influencia diretamente o rendimento final (YANG; ZHANG 2006).

Em milho, a senescência é uma peça fundamental na melhoria do seu rendimento (MUELLER; VYN, 2016), porque ela é capaz de potencializar a incorporação de carbono e nitrogênio por um período maior (SWANCKAER *et al.*, 2017; BENDER *et al.*, 2013), afetando positivamente o rendimento de grãos, no rendimento e qualidade de silagem, além de promover a resistência a estresse (THOMAS; HOWARTH, 2000; POMME *et al.*, 2006; LUCHE, *et al.*, 2015; REGUERA *et al.*, 2013). Senescência tardia das folhas pode ser favorável para a produção de grãos (MUNAIZ *et al.*, 2020).

### 3.4 Reguladores do Crescimento na Agricultura

Os fito-hormônios representam uma classe de pequenas moléculas orgânicas que desempenham papel vital como mensageiros químicos, coordenando as atividades vitais das células (SIMURA *et al.*, 2018), que foram originalmente descobertas nas plantas superiores e empregadas para aumentar a eficiência dos sistemas produtivos (TAIZ; ZEIGER, 2013). Essas pequenas moléculas, quando em baixas concentrações em relação às macromoléculas, desempenham papel fisiológico importante para o crescimento e desenvolvimento das plantas (CASTRO; VIEIRA, 2001; MONTANS, 2007; GUO *et al.*, 2020; JIANG; ASAMI, 2018; XU *et al.*, 2017), as quais apresentam ampla diversidade de classes estruturais e propriedades físico-químicas. Nesse grupo de pequenas moléculas, podem ser incluídos, além dos fito-hormônios clássicos - auxinas, giberelinas (GAs), citocininas (CKs), etileno (ETH) e ácido abscísico (ABA), compostos orgânicos, como os brassinosteroides (BRs), jasmonatos (JA), ácido salicílico (SA), estrigolactonas (SLs) e peptídeos (DAVIES, 2010; OHRI, *et al.*, 2015; ZWANENBURG *et al.*, 2016).

Com a descoberta dos fito-hormônios, compostos orgânicos sintéticos foram também testados em plantas, verificando-se a ocorrência de estímulos fisiológicos específicos e similares em relação aos compostos orgânicos naturais, passando, dessa forma, a denominar reguladores do crescimento, como o conjunto de substâncias naturais e sintéticas com ação hormonal (TAIZ; ZEIGER, 2013). No mercado, existem diferentes reguladores de crescimento, com finalidades diferentes, sendo um estímulo ou inibidor de crescimento e desenvolvimento vegetal; esses hormônios também podem se combinar, potencializando ainda mais os resultados (PELISSARI *et al.*, 2012), melhorando a resistência contra pragas e doenças, com contribuição para recuperação das plantas acometidas pelo estresse (DANTAS *et al.*, 2012). Esses produtos podem ser aplicados ao tratamento de semente, via sulco e foliar (DANTAS *et al.*, 2012; FETTER, 2018).

Os fito-hormônios agem de forma integrada de maneira a coordenar os processos metabólicos endógenos que direcionam o desenvolvimento das plantas (Figura 1). Nesse contexto, na germinação das sementes, há aumento da biossíntese das GAs em relação aos

efeitos inibitórios do ABA, superando as restrições das estruturas protetoras que envolvem a semente (KUCERA *et al.*, 2005). As citocininas são, então, sintetizadas, promovendo a divisão celular, o que culmina com o crescimento do embrião e germinação da semente (MIRANSARI; SMITH, 2014). No momento da germinação e emergência, o crescimento radicular e emissão da parte aérea são causados pela citocinina, que é sintetizada, na sua grande maioria, na ponta das raízes, sendo que, após a sua síntese, ocorre translocação para a parte aérea para estimulação do seu crescimento. Isso porque o crescimento da parte aérea é influenciado diretamente pelas auxinas e pelas giberelinas. Contudo, a redução do balanço entre auxinas e citocininas determinará a formação de ramificação na planta (TAIZ *et al.*, 2017). As giberelinas, além de influenciar o controle da altura da planta, promovem o desenvolvimento do caule e das folhas, bem como influenciam o florescimento e frutificação (PETRI *et al.*, 2016).

A maturação dos frutos e senescência das flores são controladas pelo etileno (Figura 1), que, além dessa função na planta, está atrelado em todo o desenvolvimento (germinação, crescimento vegetativo, indução do florescimento), bem como participa no controle da abscisão foliar (PEIXOTO, *et al.*, 2020). O balanço hormonal envolvendo etileno e outros fitohormônios pode acelerar ou retardar o processo de senescência, o qual é também regulado pela idade da planta (BUCHANAN-WOLLASTON *et al.*, 2003; LIM *et al.*, 2007).

Após o amadurecimento ou enchimento dos respectivos frutos e grãos (Figura 1), há incremento substancial de ácido abscísico, ocorrendo indução da senescência e abscisão das folhas, auxiliado pelo etileno (PEIXOTO *et al.*, 2020).

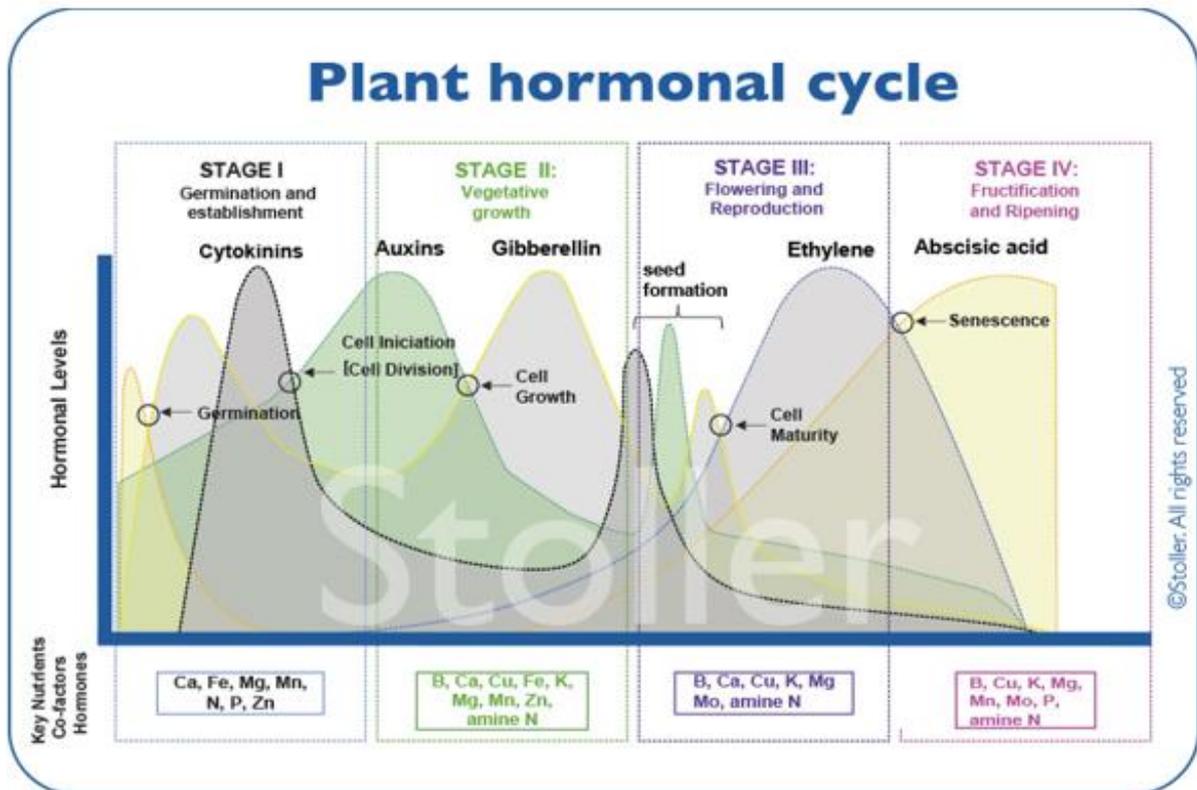


Figura 1 Concentração de hormônios durante seu ciclo

Fonte: (<https://plantphysiologyblog.com/2018/03/27/maximize-the-genetic-potential-of-plants-2/>)

### 3.4.1 Auxinas

O ácido indol-3-acético (AIA), derivado do aminoácido triptofano, foi o primeiro fitohormônio descoberto em plantas, sendo que, com essa molécula sinalizadora, estabeleceu-se o envolvimento das auxinas no processo de expansão celular (KERBAUY, 2012), que é sintetizado em tecidos meristemáticos dos órgãos aéreos, a saber: flores, folhas jovens, gemas em brotação, inflorescências (TAIZ; ZEIGER, 2009). Além do AIA, que é a auxina mais abundante em plantas, existem outras auxinas naturais, como os ácidos indolbutírico e ácido fenilacético, que são sintetizadas predominantemente em células meristemáticas. Por outro lado, os ácidos 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D), 1-naftaleno-acético (ANA) e 2-metoxi-3,6-diclorobenzoico (dicamba), que são moléculas sintéticas, apresentam ação equivalente a uma auxina, que tem sido empregada também para fins agrícolas (TAIZ *et al.*, 2017).

Essa classe de mensageiros químicos encontra-se envolvida em vários processos fisiológicos, que incluem, de acordo com Taiz e Zeiger (2009) e Almeida e Rodrigues (2016), a estimulação do crescimento dos tecidos por meio da elongação celular, a ocorrência de nastismos e tropismos, a promoção da formação e crescimento radicular, a estimulação do pegamento e promoção do crescimento dos frutos. No retardo da senescência foliar nos estágios iniciais de desenvolvimento e como promotor nos estágios finais (AHMAD *et al.*, 2018), em milho, diminui os sintomas de senescência (KELLEY; RIECHERS, 2007). Além

disso, as auxinas participam da regulação da dominância apical, expansão e alongamento celular, diferenciação de gemas florais, formação de raízes laterais e adventícias, redução do início da abscisão foliar (TAIZ; ZEIGER, 2009; 2013; VIEIRA *et al.*, 2010), metabolismo de nutrientes e regulação da expressão de genes (SALISBURY; ROSS, 2012). Entretanto, os efeitos promovidos nas plantas são dependentes do estágio de desenvolvimento do tecido ou órgão, tipo, da concentração e, principalmente, da interação com outros hormônios vegetais (TAIZ; ZEIGER, 2006).

Os fito-hormônios giberelinas e auxinas atuam como inibidores mútuos, sendo dependentes da concentração celular de ambos na planta (BOURSCHEIDT, 2011). A relação entre os hormônios auxina e citocinina, estrigolactona atuam na regulação da formação de gemas axilares, promovendo crescimento dos ramos conforme as respostas ambientais. As auxinas são sintetizadas no ápice do caule e em folhas jovens; seu transporte é feito via proteínas ABCB e por meio do floema (TAIZ *et al.*, 2017). Auxina e giberelina agem inversamente no controle de inicialização dos ramos, feita pela citocinina (SALISBURY; ROSS, 2012).

A auxina participa da diferenciação dos tecidos vasculares; por outro lado, a citocinina participa da produção de células estaminais, que tem função de regenerar a parte do tecido lesionado (SU; ZHANG, 2014), processo mais conhecido como crescimento secundário (MATSUMOTO *et al.*, 2008; LEYSER, 2011); apresentam atividades mais localizadas, atuando no desenvolvimento do protofloema/floema e suas células vizinhas (SCHLERETH *et al.*, 2010). A auxina é gerada na parte superior da planta movendo-se pelo movimento das células estaminais em direção às raízes (LEYSER, 2011). As auxinas são transportadas pelo protoxilema/xilema regulando a expressão gênica devido à sua concentração hormonal, de maneira que possui responsividade a alguns desses genes pela ação de proteínas; uma delas é a proteína MONOPTEROS (MP), que é responsável pela formação dos tecidos vasculares principalmente da raiz (SCHLERETH *et al.*, 2010). Assim, apresentou-se em um papel fundamental na regeneração e desenvolvimento vascular em enxertia em *Arabidopsis* (MELNYK *et al.*, 2018).

#### 3.4.2 Giberelinas

As giberelinas são diterpenos cíclicos, isoladas inicialmente no fungo *Gibberella fujikuroi*, que possuem dois tipos de estruturas com 19 ou 20 átomos de carbono (SPONSEL, 1995). Em plantas, as giberelinas são sintetizadas a partir do ácido mevalônico nos tecidos jovens dos brotos e no sistema radicular (MELO, 2002), bem como em sementes em desenvolvimento, pela ação gênica; a síntese de enzimas da lise promovem a quebra e a mobilização de substâncias de reserva no endosperma das sementes, sendo encontradas em

elevados teores em órgãos em crescimento, como sementes, raízes, folhas e frutos (TAIZ; ZEIGER, 2009). Algumas das giberelinas que representam uma pequena fração das atividades biológicas são as GA<sub>1</sub>, GA<sub>3</sub>, GA<sub>4</sub> e GA<sub>7</sub> (LOPES; SOUZA, 2008).

As giberelinas desempenham diferentes papéis fisiológicos; dentre eles, destacam-se, de acordo com Melo (2002): estimulação do crescimento do caule, promoção da quebra de dormência de gemas, estimulação da germinação das sementes, crescimento de frutos e indução de masculinidade em flores dioicas.

Uma das giberelinas mais estudadas é a GA<sub>3</sub>, que possui uma função muito importante na germinação das sementes de milho, pelo seu envolvimento no processo de catalização da  $\alpha$ -amilase, enzima responsável pela hidrólise do amido, transformando-o em glicose, fornecendo energia para o processo de germinação. Nesse contexto, diferentes trabalhos de pesquisa revelaram que o GA<sub>3</sub> tem interferência positiva no índice de velocidade de germinação (IVG), o que garante melhor uniformidade de plântulas (BUCHANAN *et al.*, 2000; DAVIES, 2004; HUTH *et al.*, 2012). As giberelinas atuam também na regulação da floração em manga, tendo alta concentração, que estimula seu desenvolvimento vegetativo e inibe a indução floral. Já a redução dos níveis de giberelina diminui o desenvolvimento vegetativo, aumentando seu potencial de florescimento (OGAWA *et al.*, 2003).

#### 3.4.3 Citocininas

As citocininas (CK) são derivadas da base nitrogenada púrica adenina, descoberta nos anos 50 do século XX, empregando-se cultura de tecidos em tabaco (*Nicotiana tabacum*). A primeira citocinina isolada em plantas foi purificada por Letham a partir de sementes imaturas de milho (*Zea mays*) e identificada como 6-(4-hidroxi-3-metilbut-trans-2-enilamino) purina, mais comumente conhecida como zeatina (LETHAM, 1973).

Os fito-hormônios pertencentes a essa classe atuam em plantas por meio da divisão celular e diferenciação (TAIZ; ZEIGER, 2006). As citocininas estão associadas ao estímulo da abertura estomática, o que controla a entrada e saída de água, influenciando diretamente a fotossíntese e contribuindo para o aumento do número de cloroplastos nas células fotossintetizantes (MURPHY; VEIT, 2017), senescência foliar, dominância apical, desenvolvimento de meristemas apicais, floral, germinação de sementes e quebra da dormência de gemas (ALMEIDA; RODRIGUES, 2016), estrutura de cloroplastos e senescência. Alguns pesquisadores observaram que a citocinina induz o aumento de número de brotações e o retardamento da senescência foliar (MURPHY; VEIT, 2017),

Algumas combinações são utilizadas para antecipação da germinação. Picolotto Bianchi e Fachinello (2007) aplicaram tais elementos em sementes de pessegueiro (*Prunus persica* (L.) Batsch), observando aumento no índice de velocidade de germinação (IVG), além

de utilizar benzilaminopurina, que pertence ao grupo das citocininas e faz combinação com giberelina. Nesse contexto, pesquisa realizada por Leite, Rosolem e Rodrigues (2003), em soja, constatou que, com a aplicação separada de citocinina, observou-se alongamento das hastes, enquanto a aplicação conjunta com giberelina promoveu a redução de entrenós, reduzindo conseqüentemente o porte da planta (LEITE, ROSOLEM e RODRIGUES, 2003) e maiores teores de clorofila (CAMPOS *et al.*, 2008).

Em um trabalho com milho, visando aos hormônios, em que houve uma infecção do carvão do milho que promove o controle de alguns hormônios, como auxina, giberelina e citocinina, houve aumento significativo no conteúdo de clorofila “a” e clorofila “b”, redução no peso da parte aérea causado pela citocinina e efeito positivo nas atividades de enzimas antioxidantes: superóxido dismutase, peroxidase de guaiacol, peroxidase de ascorbato (SZOKE *et al.*, 2021). Na cultura do arroz, Xu *et al.* (2007), com aplicação de citocinina, verificaram que o estresse hídrico, ocasionado no período de enchimento de grãos, promoveu incremento de ácido abscísico, tendo, como consequência, o desequilíbrio hormonal em relação às auxinas e citocininas. Como consequência, os grãos não receberam quantidade adequada de fotoassimilados, reduzindo a qualidade do grão. A citocinina está ligada ao processo de transporte de solutos na planta, principalmente carboidratos (FRESCHI, 2019), e exerce importante papel nas interações com fatores bióticos e abióticos (ARGUESO *et al.*, 2012; KIEBER; SCHALLER, 2014), aliviando estresses causado por eles (PAVLU *et al.*, 2018)

A atuação da citocinina sobre a giberelina é o inverso, em que o alongamento celular é reduzido se tiver um aumento da citocinina, reduzindo o porte da planta. Um exemplo bom é a aplicação de químicos que possuem em sua composição a citocinina, o que retarda o crescimento vegetal, sendo muito utilizado nas culturas de trigo e algodão (RADEMACHER, 2000).

#### 3.4.4 Etileno

Embora tenha uma fórmula química simples  $C_2H_4$ , o etileno é um potente hormônio vegetal, que pode ser sintetizado em quase todas as partes dos vegetais, promove o crescimento e diferenciação celular (REID, 1995) e participa na regulação do processo de amadurecimento de frutos e senescência de flores e frutos (ALMEIDA; RODRIGUES, 2016). Em termos bioquímicos, há conversão da metionina ( $CH_3-S$ ) em etileno, tendo, como precursor imediato, o ácido 1-aminociclopropano-a-carboxílico (ACC). (TAIZ; ZEIGER, 2013).

Os níveis celulares de etileno são regulados por condições de ambiente, que variam com o tipo de tecido e o estágio de desenvolvimento da planta (TAIZ; ZEIGER, 2013). De acordo com Alazem e Lin (2015) e Zhang *et al.*, (2015), o papel fisiológico desse fito-hormônio em plantas encontra-se associado com: processos relacionados aos estresses bióticos e

abióticos, na quebra de dormência de gemas e de sementes, inibição do crescimento radicular, caulinar e foliar, promoção da abscisão foliar e de frutos, além de maturação de frutos climatéricos, que é acompanhado por um acentuado pico de respiração e ação autocatalítica de etileno (GONÇALVES, 2013). A presença do etileno em ambientes, como armazenamento e transporte, afeta a qualidade do produto, mas isso ocorre por haver aumento da respiração (VILAS BOAS, 2002; MARTINO *et al.*, 2006), estabelecendo-se principalmente em frutos climatéricos. Dessa forma, ela geralmente aumenta a maturação do fruto, injúrias, aumento da temperatura, doenças e estresse hídrico (KADER, 1992; PAULILO; VIANA; RANDI 2015).

Na armazenagem de frutas climatéricas, tem-se utilizado, juntamente com temperatura adequada, tratamentos que retardam o processo de senescência, com o uso de soluções que possuem inibidores da ação do etileno (SOCOOL, 2016). Esse processo ocorre pela redução da síntese de etileno, controlando as concentrações de CO<sub>2</sub> e O<sub>2</sub> no ambiente de armazenagem (ASODA *et al.*, 2009; JIN *et al.*, 2013; PUN *et al.*, 2014).

A aplicação de etileno em um trabalho com o milho constatou que 7 e 11 dias após a infecção do carvão do milho houve a redução do teor de clorofila “a” e “b”, peso de parte aérea, aumento no diâmetro do caule e obteve um efeito negativo nas atividades de enzimas antioxidantes: superóxido dismutase, peroxidase de guaiacol, peroxidase de ascorbato (SZOKE *et al.*, 2021). O etileno desempenha um papel fundamental na regulação dos processos de senescência e abscisão de folhas, flores e frutos, fazendo a remobilização dos nutrientes pelo envelhecimento e queda de estruturas importantes para a redução de gasto energético da planta (BRESINSKY *et al.*, 2012).

Em plantas em pleno florescimento ou em estado de estresse excessivo, acontece a ocorrência do processo de senescência, também denominado de autólise ou autodigestão, no qual há remobilização dos nutrientes para os órgãos reprodutivos (grãos), como uma estratégia de sobrevivência evolutiva, sendo que cerca de 70% da proteína foliar presente nos cloroplastos, ácidos nucleicos carboidratos é degradada e exportada (TAIZ *et al.*, 2017). Ocorre também redução da concentração de auxinas em relação ao etileno, levando ao enfraquecimento da parede celular próxima ao pecíolo foliar, região conhecida como camada de abscisão, que causa a queda da folha (RAVEN *et al.*, (2014), promovida pela sensibilidade de baixas concentrações de etileno endógeno (TAIZ *et al.*, 2017).

#### 3.4.5. Ácido abscísico

O ácido abscísico (ABA) é um hormônio natural de fórmula C<sub>15</sub>H<sub>20</sub>O<sub>4</sub>, que são produzidos nos caules, folhas e raízes, também em frutos e sementes, sendo transportado pelo floema (LEUNG; GIRAUDAT, 1998; ROCK, 2000; ROHDE *et al.*, 2000; TARDIEU;

PARENT; SIMONNEAU, 2010; ZHU, 2002). O ácido abscísico atua na abertura a fechamento dos estômatos, na regulação do crescimento das raízes, parte aérea, florescimento, no controle da maturação de sementes, agindo como inibidor de crescimento associado ao começo da quebra de dormência; participação do controle da transição entre fases fenológicas da planta (embrião-germinação, vegetativo-reprodutivo); estimulação do processo de senescência e abscisão de folhas e frutos (RODRIGUES; GODOY; ONO, 2004; TAIZ *et al.*, 2017).

Ácido abscísico está envolvido na regulação de muitos aspectos de crescimento e desenvolvimento nas plantas, incluindo senescência foliar (SAH *et al.*, 2016; TON *et al.*, 2009). Algumas evidências encontradas demonstram que os níveis endógenos de ABA aumentam conforme ocorre o processo de envelhecimento (HE *et al.*, 2005; ZHAO *et al.*, 2010). ABA-induzível, receptor proteína quinase e receptor ABA pirabactina promove a senescência foliar em *Arabidopsis* (LEE *et al.*, 2011; ZHAO *et al.*, 2016).

O ABA age como inibidor da síntese de enzimas hidrolíticas, que é induzida pela GA, bloqueando a quebra de reservas armazenadas nas plântulas em crescimento. O ABA e a citocinina têm efeitos antagonistas na fotossíntese, transpiração e abertura estomática (TAIZ *et al.*, 2017).

Fatores abióticos afetam os níveis do fito-hormônio; um bom exemplo é a seca, que desencadeia um aumento do nível da planta ácido abscísico hormonal, que inicia uma sinalização cascata para o fechamento dos estômagos a fim de reduzir a perda de água (AHMAD *et al.*, 2018). A utilização de uniconazole (UCZ) em *Arabidopsis thaliana* promoveu aumento do conteúdo endógeno de ABA catabólico, elevando as atividades enzimáticas, de maneira que é possível dobrar a concentração de ABA; isso permitiu maior tolerância à seca (SAITO *et al.*, 2006). O UCZ apresenta redução significativa nos níveis de GA enquanto aumenta os conteúdos ABA e CK, o que melhora a ADP-glucose pirofosforilase (enzimas chave na biossíntese de amido) e no conteúdo de clorofila, possibilitando maiores acúmulos de amido na cultura bioenergética da lentilha-de-água. (LIU *et al.*, 2015; RAHIM *et al.*, 2011).

### 3.5 Retardantes do crescimento: Uniconazole

Os reguladores de crescimento do grupo dos triazóis são conhecidos como retardadores de metabolismo, uma vez que reduzem a síntese de giberelinas (FLETCHER *et al.*, 1999). Esses reguladores do crescimento são divididos em três grupos, sendo que, no primeiro, incluem-se os bloqueadores da síntese de ent-caureno, que é derivado de geranylgeranyl difosfato; são exemplos o amônio, cloreto chlormequat e mepiquat. No segundo grupo, encontram-se as acilciclohexadionas, como o “prohexadione-Ca e etil-trinexapac”, que atuam nos sítios de ligação das dioxigenases, bloqueando as reações no final do metabolismo

(ESPINDULA *et al.*, 2010). Já no terceiro grupo, estão os compostos, uniconazole, anicimidol e paclobutrazol, que inibem a conversão da ent-caureno para ácido ent-caurenoico, que é realizado regularmente pelas P450 mono-oxigenases, durante a segunda etapa da biossíntese de giberelinas, nas membranas dos plastídios e no retículo endoplasmático (RADEMACHER, 2000).

O uniconazole (S-3307D) é um retardante do crescimento vegetal, derivado do triazol, também denominado de ( E ) - ( RS ) -1- (4-clorofenil) -4,4-dimetil-2- (1 H -1,2,4-triazol-1-il) pent-1-en-3-ol, apresentando a fórmula empírica  $C_{15}H_{18}ClN_3O$  e peso molecular de 291,78 (LEWIS *et al.*, 2016).

O S-3307D age no metabolismo de giberelinas, bloqueando a oxidação de caureno a caurenol, caurenol a caurenal e caurenal a ácido caurenoico, que bloqueia a biossíntese do ácido giberélico. Portanto, a aplicação exógena de uniconazole verificou se a modificação do metabolismo da planta pode atingir diferentes respostas das plantas, que incluem a redução do alongamento dos ramos e diminuição de entrenós (SAITO *et al.*, 2006), aumento do acúmulo de clorofila (AHMAD, 2018; LIU *et al.*, 2015), retardamento da senescência foliar (AHMAD, 2018; WANG *et al.*, 2016), aumento de conteúdo endógeno de ABA e aumento da tolerância à seca (SAITO *et al.*, 2006), além de maior acúmulo de amido (RAHIM *et al.*, 2011).

Cui *et al.* (2016) obtiveram uma resposta positiva de S3307D em soja, em que esse foi capaz de reduzir a atividade enzimática e melhorar a capacidade de reparação dos danos na membrana, ajustamento osmótico, sistema enzimático protetor. Para Sun *et al.* (2016), o S3307D pode aumentar o transporte e o acúmulo de assimilados, diminuindo a atividade enzimática nas vagens, fazendo com que não ocorra sua abscisão; dessa forma, são obtidas maiores produtividades. Isso mostra que particularmente há uma melhora em seu metabolismo fotossintético de assimilação, aumentando a eficiência de absorção de nutrientes e água.

Com o objetivo de aumentar os teores de amido, resultados foram promissores com a aplicação do UCZ em sementes de soja (ZHANG *et al.*, 2012; YAN *et al.*, 2015), via foliar em lentilha-d'água (*Landoltia punctata*) (LIU *et al.*, 2015; HUANG, *et al.*, 2015) e em sementes e via foliar em milho (AHMAD, 2018). É importante ressaltar que esse regulador de crescimento apresenta efeito residual quando aplicado via foliar (LUO, *et al.*, 2019) e via solo (SILVA *et al.*, 2014), sem tempo determinado. O S3307D na cultura da manga é aplicado via solo, aumentando a indução floral e reduzindo o porte da planta (DAVENPORT; NUÑEZ-ELISEA, 1997), no entanto, aplicado em manga, possui efeitos negativos após dois ou três épocas de floração (DAVENPORT, 1994).

Vieira-Junior *et al.* (1999), testando os reguladores Chormequat e Uniconazole nas dosagens de 1000 e 1500 mg L<sup>-1</sup> e 800 e 1200 mg L<sup>-1</sup>, respectivamente, na germinação e no crescimento de plântulas de milho, verificaram que o Chormequat se mostrou eficiente em

inibir a germinação e o Uniconazole na inibição do crescimento. Na cultura da soja (*Glycine max* L.), Rodrigues *et al.* (1998), estudando a eficiência do Uniconazole na sua produção, com aplicações no início da floração, concluíram que, na dosagem de 10,0 g i.a ha<sup>-1</sup>, o produto foi eficiente em aumentar a produtividade da cultura.

A utilização de UCZ na embebição de sementes e aplicação foliar em milho acarretou maior produção de grãos em regiões do semiárido (AHMAD *et al.*, 2018). A aplicação do regulador de crescimento nas plantas em condições de seca melhora significativamente as taxas de enchimento de sementes e o rendimento de grãos (LIU *et al.*, 2015). As concentrações mais elevadas de UCZ têm efeito inibidor do crescimento sobre o trigo sarraceno comum (Wang *et al.* 2016), também encontrado no milho nas doses acima de 75 mg kg<sup>-1</sup> (AHMAD *et al.*, 2018) e 100 mg kg<sup>-1</sup> (DEMBOCURSKI *et al.*, 2020).

### 3.6 Fixação biológica de nitrogênio

Um dos fatores mais importantes para o incremento de produtividade é o balanço nutricional, sendo utilizados, na maioria das vezes, fertilizantes sintéticos. Dentre eles, está o nitrogênio (N), que, além de estar presente em diversas enzimas ligadas ao crescimento e desenvolvimento das plantas, moléculas de clorofila, aminoácidos e proteínas, atua nos processos vitais da planta, fotossíntese e respiração (MARSCHNER, 1995; MALAVOLTA, 2006).

O Nitrogênio é o elemento demandado em maior quantidade pelas plantas por participar da produção e acúmulo de biomassa (GUERRA *et al.*, 2020), principalmente em gramíneas que apresentam alta resposta perante a adubação nitrogenada (MANFIO; SARTORI, 2020), devido à sua alta solubilidade e rápida absorção, mas, por outro lado, possui grande potencial de perdas para o ambiente (TEIXEIRA FILHO *et al.*, 2010). Com isso, é preciso elevada quantidade de N, gerando altos custos de produção. A utilização da inoculação de bactérias fixadoras de nitrogênio, como *Azospirillum brasilense*, possibilita um maior aproveitamento dessa adubação e conseqüentemente a redução de perdas (MILLÉO; CRISTÓFOLI, 2016).

As bactérias podem gerar diversos estímulos para o crescimento das plantas, destacando-se a fixação biológica de N (FUKAMI *et al.*, 2016), produção de hormônios vegetais, como ácido indol-3-acético, giberelinas e citocininas (CAVALLET *et al.* 2000; BASHAN; de BASHAN, 2010; CREUS *et al.*, 2010), solubilização de fosfato, maior desenvolvimento radicular (KAZI *et al.*, 2016), aumento nos teores de clorofila e condutância estomática (HUNGRIA, 2011), além de alterações na atividade fotossintética das plantas (GORDILLO-DELGADO *et al.*, 2016). Ainda, quando crescem dentro da planta, podem aumentar a atividade da enzima nitrato redutase (HUNGRIA, 2011).

A inoculação de bactéria vem apresentando ganhos em rendimento e possibilitando a redução das dosagens de nitrogênio sem afetar sua produtividade (CAVALLET *et al.*, 2000; HUNGRIA *et al.*, 2010; CORASSA *et al.*, 2013). Por outro lado, alguns trabalhos apresentam que a fixação biológica pode suprir apenas uma parte do nitrogênio (KUKAMI *et al.*, 2016), sendo indispensável a utilização de adubação nitrogenada para obtenção de melhores resultados (MORAIS *et al.*, 2016). Observam-se também resultados de que somente a inoculação das bactérias já encontra ganhos em crescimento (GARCÍA-OLIVERAS, 2012; BRUM *et al.*, 2016; MARTINEZ *et al.*, 2016), mas os ganhos pela inoculação não são encontrados em outros trabalhos (REPKE *et al.*, 2013). Mumback *et al.* (2017) reafirmam a utilização da inoculação de sementes de *Azospirillum brasilense*, visto que pode aumentar a produtividade, bem como a matéria seca em milho e em trigo, mas requer a utilização de adubação total de N; se reduzida pela metade, não é encontrado efeito nenhum.

Em alguns resultados encontrados em amendoim (*Arachis hypogaea* L.), com inoculação de *Azospirillum brasilense*, foram amenizados os efeitos da deficiência hídrica no crescimento e desenvolvimento das plantas, modificando seu metabolismo fisiológico, de forma que se promove maior tolerância à seca, conseqüentemente, maior acúmulo de matéria seca (FREITAS *et al.*, 2020). No tomateiro, a inoculação de *Azospirillum* teve promoção do crescimento das raízes, ou seja, melhora o seu alongamento radicular (LEVANONY; BASHAN, 1989; DOBBELAERE; OKON, 2007) e o desenvolvimento de pelos radiculares e raízes laterais (BASHAN; de BASHAN, 2010). Nos trabalhos mais atuais, encontramos resultados que enfatizam a utilização de lectinas de *azospirillum*, o que aumenta a capacidade de tolerância da planta aos fatores abióticos, possibilitando melhor adaptação; isso induz os mecanismos de defesa (ALEN'KINA, S.A. *et al.*, 2018; ALEN'KINA; NIKITINA, 2021).

### 3.7 Selênio

O selênio (Se) é um micronutriente não metálico, pertencente à família dos calcogênios, que, em concentrações adequadas, são benéficos para o crescimento das plantas, mas podem causar fito-toxidez em altas concentrações, ocasionando estresse oxidativo (GUIGNARDI; SCHIAVON, 2017). Em doses ótimas, o Se protege as plantas do estresse oxidativo, regula o crescimento, respiração, fotossíntese e melhora o rendimento (HU *et al.*, 2003; FENG *et al.*, 2013; YU *et al.*, 2019; CHAUHAN *et al.*, 2020; NIU *et al.*, 2020). O Se pode ser encontrado no ambiente em quatro estados de oxidações: Selenetos ( $\text{Se}^2$ ), Selênio elementar (Se), Selenito ( $\text{SeO}_3^{2-}$ ), Selenato ( $\text{SeO}_4^{2-}$ ), bem como de formas orgânicas e inorgânicas (SEIXAS; KEHRIG, 2007).

As plantas absorvem selenito e selenato pelas vias de transporte de sulfato e fosfato (GIGOLASHVILI; KOPRIVA, 2014; ZHANG *et al.*, 2021). As formas inorgânicas de Se

disponíveis para as plantas são o selenato em solos óxicos e selenito em solos anaeróbios (SORS *et al.*, 2005; WHITE, 2016). Nas práticas agronômicas, a utilização de fertilizantes à base de selênio pode ser aplicada via solo e via foliar, como alternativas para o aumento de concentração nas plantas comestíveis (OLIVEIRA *et al.*, 2019; REIS *et al.*, 2020). Na aplicação foliar de Se, permite-se a entrada nas folhas pelo processo de osmose (YANG *et al.*, 2019). De acordo com Wang *et al.* (2016), há outras formas de entrada nas plantas, através dos estômatos, tricomas, estigma e hidatódios, em que a entrada pelos estômatos depende da abertura e fechamento estomático, além da condutividade hidráulica das células (YANG *et al.*, 2019).

Há uma deficiência nutricional instalada no mundo que atinge cerca de 2 milhões de pessoas, as quais são causadas pela produção de alimentos básicos com baixa disponibilidade mineral (FAO, 2017). Conforme White (2016), a deficiência de Fe, I, Se, Zn e vitamina A causam as maiores preocupação em relação à saúde nos países em desenvolvimento. Uma saída para esse problema seria o consumo de hortaliças comestíveis enriquecidas com nutrientes, pela biofortificação agronômica, como o selênio, no entanto, a maioria dos solos são considerados pobres em selênio (YANG *et al.*, 2019). Algumas práticas agrícolas são empregadas no aumento desse nutriente nos alimentos que serão consumidos pela população (REIS *et al.*, 2017; ADEBAYO *et al.*, 2020).

Além da importância nutricional, pesquisas têm revelado que a suplementação de plantas com selênio promove melhoria ao metabolismo antioxidante, ocorrendo aumento da atividade da superóxido dismutase (SOD), ascorbato peroxidase (APX), catalase (CAT) e glutatona redutase (GR). Essas enzimas são responsáveis pela eliminação de espécies reativas de oxigênio (ROS), promovidas no desequilíbrio osmótico das plantas em situação de stress, as quais protegem as células vegetais da oxidação (REIS *et al.*, 2017; LANZA *et al.*, 2021). Combinação, como aumento do metabolismo fotossintético com a biossíntese de pigmentos fotoprotetores induzidos pelo selênio, podem estimular maior desempenho fotossintético nas plantas (SILVA *et al.*, 2018, 2019, 2020; LANZA *et al.*, 2021).

O selênio possui uma relação antagônica e sinérgica com outros nutrientes; pode ser uma estratégia para diminuir os efeitos nocivos dos estresses abióticos (GUERRERO *et al.*, 2014; GUPTA; GUPTA, 2017), como a seca (RADY *et al.*, 2020), salinidade (HABIBI, 2017), metais pesados (SHEKARI *et al.*, 2019), temperatura (SELIEM *et al.*, 2020) e excesso de luz (JAISWAL *et al.*, 2018). Em milho, resultados apresentam um aumento na condutância estomática, sobre as taxas respiratórias, elevando a eficiência fotossintética da planta; também eleva os níveis de carotenoides, melhorando a absorção e regulação do complexo de antenas, assim, reduzindo a peroxidase lipídica (JIANG *et al.*, 2017; FREITAS *et al.*, 2020). Por outro lado, o excesso de selênio pode ser tóxico para as plantas e aos seres humanos

(GOUVEIA *et al.*, 2020; MARTENS *et al.*, 2016). Sua toxicidade é caracterizada pela clorose nas folhas das plantas (VINCETI *et al.*, 2018; LANZA *et al.*, 2021).

De acordo com Silva *et al.* (2020), o selênio aplicado em baixas concentrações, em feijão-caupi, promove a proteção do complexo de antenas, elevando a taxa fotossintética. Nesse contexto, esses autores sugerem que a aplicação foliar de selênio induz a conversão da clorofila A em clorofila B e em clorofila total, ocorrendo também incremento significativo nas concentrações de carotenoides.

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 Caracterização da área de estudo

O presente trabalho de pesquisa foi realizado (Figura 2) com a implantação de experimentos no Laboratório de Avaliação de Sementes e Plantas (LASP) e de casa de vegetação da Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), Cascavel (PR). Além disso, o experimento de campo foi conduzido em propriedade agrícola, localizada na comunidade Esquina do Represo, município de Serranópolis do Iguaçu (PR), que se encontra a 233 metros de altitude em relação ao nível do mar e nas coordenadas geográficas 25°23'30.5" de latitude sul 54°07'45.8" de longitude oeste. O solo é classificado como Latossolo Vermelho distroférico (EMBRAPA, 2006), sendo que, de acordo com a classificação de Koppen e Geiger, o clima dessa região é cfa (clima subtropical úmido), tendo verão úmido, dado às massas tropicais instáveis com temperatura e precipitação média anual de 19,4°C e 1923 mm. Durante a condução do experimento, período compreendido entre 18 de fevereiro (plantio) e 11 de julho (colheita) de 2022, a temperatura média foi de 22,4°C e precipitação de 1055 mm (Tabela 1).

Tabela 1 Índice pluviométrico (Precipitação – Prec) e temperaturas mínimas (Tmin), máximas (Tmáx) e médias (Tmed) durante o período do experimento que ocorreu no período de 18 de fevereiro de 2022 a 11 de julho de 2022

Índices	Período de condução do experimento				
	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho
Tmin (°C)	23,1	18,5	15,6	12,7	11,3
Tmáx (°C)	38,1	33,3	27,9	21,3	20,7
Tmed (°C)	31,3	25,9	21,8	17	16
Prec (mm)	87	372	273	208	115

Fonte: Autor (2023).



Figura 2 Fluxograma da sequência dos experimentos

#### 4.2 Descrição da Experimentação: planejamento, condução e avaliação

##### 4.2.1 Verificação do efeito da dose máxima e dose de acréscimo de uniconazole sobre germinação e crescimento de plântulas de milho conduzidas em BOD

Em um primeiro experimento (EXP1), sementes do híbrido simples MSG1001 (MaisGenes Sementes LTDA, Toledo, Paraná) foram submetidas ao tratamento com uniconazole (New Sunshine (Xiangtan) Agrochemical Co. Ltd.) (Uniconazole 5%) nas concentrações de 0 (controle), 50, 100 e 150 mg kg<sup>-1</sup>, por um período de 12h. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado contendo quatro repetições. A unidade experimental foi constituída por dois rolos de papel contendo cinquenta sementes.

Após o tratamento, as sementes foram colocadas entre folhas duplas de papel germitest previamente umedecidas, seguindo recomendação das Regras de Análises de Sementes – RAS (Brasil, 2009). A incubação das sementes contidas nos rolos de papel foi realizada em câmara BOD, regulada para 25°C sob 24h de fotoperíodo, por um período de uma semana.

Aos 4 dias após a incubação, realizou-se a primeira avaliação para o percentual de sementes germinadas (%G4), sendo que, no final de uma semana, determinou-se o seguinte: percentagem de germinação (%G7), tamanho da plântula (TP), comprimento da raiz (CR), massa seca da parte aérea (MAS), massa seca da raiz (MSR) e massa seca total das plântulas (MST).

Para anotação das variáveis, utilizaram-se os seguintes critérios: percentagem de germinação (%G4 e %G7) – contagem do número de plântulas normais em relação ao número de sementes incubadas, expressando-se em percentual; tamanho da plântula, comprimento de raiz - mensuração de altura de 20 plântulas para cada repetição, utilizando, como referência da base da raiz, o local que possui o anel que separa as duas partes; assim, para a parte aérea mensurada até a ponta da folha principal, elas foram separadas por parte aérea e raiz, secadas e pesadas separadamente no momento após a secagem na estufa de circulação de ar a 105°C por aproximadamente 12h (SOUZA, 2002).

Com o objetivo de confirmar os resultados obtidos no primeiro experimento e verificar o efeito de dose superior de uniconazole (200 mg kg<sup>-1</sup> de semente) na germinação e crescimento de plântulas do híbrido MSG1001, repetiu-se o teste de germinação acrescentando uma dose 200 mg kg<sup>-1</sup> (EXP2). Para tal, utilizou-se o mesmo procedimento metodológico para implantação e condução do teste de germinação, para coleta de dados e avaliação das variáveis descritas no primeiro experimento.

#### 4.2.2 Avaliação do efeito da dose de Uniconazole em sementes de milho pós-envelhecimento acelerado sobre germinação e crescimento de plântulas de milho conduzidas em BOD

Para determinação do vigor das sementes do híbrido MSG1001, efetuou-se o tratamento das sementes com uniconazole (0, 50, 100, 150 e 200 mg kg<sup>-1</sup>) por um período de 12h, seguido pela condução de teste de envelhecimento acelerado (EXP3), conforme metodologia descrita por Bittencourt & Vieira (2006). Inicialmente, sementes para cada tratamento foram devidamente distribuídas sobre telas de alumínio de maneira que não ocorra sobreposição; na sequência, cada tela de alumínio contendo as sementes foi colocada sobre uma caixa de cristais de poliestireno (gerbox), contendo 40 ml de água destilada; por fim, as caixas foram fechadas e colocadas em câmara de germinação do tipo BOD a 45°C durante 72h. Após o período de envelhecimento, realizou-se o teste de germinação (EXP3), utilizando-se metodologia descrita pela RAS (BRASIL, 2009).

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, constituído de cinco tratamentos e quatro repetições. A unidade experimental foi constituída por dois rolos de papel contendo cinquenta sementes.

A avaliação do experimento foi realizada com a anotação da porcentagem de germinação de sementes aos 4 e 7 dias, após a incubação em BOD, e pela anotação das variáveis tamanho da plântula (TP), comprimento da raiz (CR), massa seca da parte aérea (MAS), massa seca da raiz (MSR) e massa seca total das plântulas (MST).

#### 4.2.3 Germinação e crescimento de plantas de milho em função das doses de UCZ, cultivados em areia com sistema de irrigação por gotejamento, em casa de vegetação

Sementes do híbrido de milho MSG1001 foram submetidas inicialmente ao tratamento com uniconazole nas concentrações de 0 (controle), 50, 100, 150 e 200 mg kg<sup>-1</sup> por um período de 12h, seguido pela semeadura em vasos contendo areia. O delineamento desse experimento (EXP4) foi inteiramente casualizado com cinco tratamentos e nove repetições. A unidade experimental foi constituída por um vaso com duas plantas.

Com o objetivo de cultivar plantas de milho em sistema de irrigação por gotejamento, vasos com capacidade de 9 litros foram preenchidos com areia de granulometria média, seguido pelo umedecimento, utilizando gotejadores. Na sequência, realizou-se a semeadura utilizando-se cinco sementes/vaso profundidade de 3 cm, com posterior desbaste para 2 plântulas/vaso.

O regime hídrico foi ajustado pelo sistema de gotejamento, empregando metodologias propostas por Keller e Karmelli (1974), com a utilização 6 linhas laterais de tubos gotejadores dentro de um setor. Avaliaram-se, no setor, os primeiros emissores, os emissores a 1/3, 2/3 e emissores finais. Utilizaram-se 4 emissores para cada coleta de vazão; foi realizada durante 5 minutos, com 3 repetições. Dessa maneira, utilizou-se sistema de irrigação localizado da marca Netafim<sup>TM</sup>, microdrip com vazão nominal de 2 L h<sup>-1</sup>, a 100 kPa.

O reservatório de água utilizado foi de 250 L, com saída de tubulação de 50mm, reduzindo para 40 mm e para 20 mm, sendo distribuída em 6 tubos gotejadores com equidistâncias de 30 cm por tubo e por gotejador. As vazões médias foram determinadas na pressão constante de 1,2 m (12Kpa)

Para Pizarro (1996), a uniformidade para irrigação localizada emprega critérios mais exigentes que os propostos por Christiansen (1942), recomenda o uso do Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD). O CUD consiste na média do menor quartil dos emissores de menor vazão (q<sub>25</sub>), dividido pelo valor médio da vazão ( $\bar{q}$ ) de todos os emissores, conforme a equação 1:

$$CUD = q_{25} \cdot \bar{q}^{-1} \quad \text{eq. 1}$$

Em que:

q<sub>25</sub>: vazão média de 25 % das menores vazões, ou primeiro quartil (L h<sup>-1</sup>)

$\bar{q}$ : vazão média de todas as medições realizadas ( $L h^{-1}$ ).

Desse modo, no decorrer do experimento, foi distribuída uma lâmina diária de 5 mm ( $5L/m^2$ ), pelos gotejadores; inicialmente, os vasos com areia foram previamente umedecidos com uma lâmina de 7 mm ( $7 L m^2$ ). A irrigação ocorreu a partir da implantação até o estágio fenológico V1 da planta do híbrido; o gotejamento foi realizado empregando-se apenas água, uma vez que, nesse período, as plântulas utilizam apenas as reservas das sementes para o seu crescimento (FANCELLI, 2015). No estágio V2, as plantas começaram a receber solução nutritiva (fertilização fracionada), utilizando fertilizante Canadense com formulação 7-11-27 completo com micronutrientes, mais nitrato de cálcio importado israelense. Na formulação 7-11-27, apresentam-se totais de nitrogênio em Nitrato (6,4%), amoniacal (0,6%), ácido fosfórico disponível (11%), fósforo solúvel (4,8%), potássio total (49,4%), magnésio (Mg) (3,8%), ferro quelatado (Fe) (0,1%), manganês quelatado (Mn) (0,085%), zinco quelatado (Zn) (0,03%), cobre quelatado (Cu) (0,004%), boro (B) (0,027%), molibdênio (Mo) (0,009%), DTPA (agente quelante) (0,700%). A outra formulação inserida é o nitrato de cálcio com nitrogênio (N) total (15,5%), óxido de cálcio (CaO) (26,5%), Ca (19%), totalizando 12,5 gramas cada formulação, balanceando a condutividade da solução há 1500 microsiemens por centímetro ( $\mu s/cm$ ), por meio de um condutivímetro de bancada; assim, é intercalado por um dia a solução nutritiva; no outro, apenas acontece a irrigação, finalizado no estágio V3, com a desinstalação do experimento.

O experimento foi conduzido por um período de 20 dias, sendo que a mensuração do crescimento das plantas para as diferentes unidades amostrais foi realizada semanalmente com o auxílio de uma trena. No dia da desinstalação do experimento, realizou-se a coleta de discos foliares para determinação dos teores de clorofila A, clorofila B e carotenoides em três folhas (V, V2 e V3) da mesma planta. Para tal, há vinte discos foliares ( $9,14 \text{ mm}$  de diâmetro disco $^{-1}$ ; área de  $65,61 \text{ mm}^2$  disco $^{-1}$ ) por tratamento, sendo quatro para cada uma das oito repetições. Após a coleta, os discos foram imediatamente colocados em tubo de ensaio, contendo 10 mL de etanol, e incubados em banho maria a  $25^\circ C$  por um período de 24h. A quantificação de clorofila A, B e carotenoides foi realizada com auxílio de um espectrofotômetro (Tecnal Metash, model: Uv-5100 UV/VIS SPECTROPHOTOMETER), utilizando absorvâncias de 664,2 nm, 648,6 nm e 470 nm, conforme as Equações 2, 3, e 4, expressões desenvolvidas por Lichtenthalier (1987), apresentadas a seguir.

$$\text{Chl "A"} = (13,36.A_{664,2}) - (5,19.A_{648,6}) \dots \dots \dots (2)$$

$$\text{Chl "B"} = (27,43.A_{648,6}) - (8,12.A_{664,2}) \dots \dots \dots (3)$$

$$\text{Car} = [(1000 A_{470} - (2,13.\text{Chl "A"} - (97,64.\text{Chl "B"}))]/209 \dots \dots \dots (4)$$

Aos 20 DAP, realizou-se também a leitura das informações espectrais de folhas (V1, V2 e V3) de plantas pertencentes aos diferentes tratamentos, empregando-se sensor FieldSpec4 modelo Standard - Res (Analytical Spectral Devices Inc. - ASD, Boulder, CO, USA), que opera entre comprimentos de onda ( $\lambda$ ) de 350 nm a 2500 nm. O equipamento possui resolução espectral de 3 nm para leituras realizadas no visível e infravermelho próximo, 10 nm para leituras no infravermelho de ondas curtas, com capacidade de realizar uma leitura a cada 0,2 (ASD, 2015). Para a leitura das informações espectrais, utilizou-se o acessório do espectrorradiômetro ASD Leaf Clip. O dispositivo inclui uma fonte de luz embutida, que permite medições em ambientes fechados. Foi utilizado um painel branco calibrado para converter os sinais de radiância em refletância espectral. Ao fazer a medição, o painel de referência escuro foi colocado atrás da folha, para evitar a absorção das luzes transmitidas (YUAN *et al.*, 2014).

Com a desinstalação do experimento, foram avaliadas para uma das plantas do vaso as seguintes variáveis: altura da parte aérea (APA), medida do solo até o ápice da planta; comprimento radicular (CR), medido da parte inferior do colo da planta até a extremidade do sistema radicular; comprimento total da planta (CTP), obtido pela soma entre APA e CR; diâmetro de colmo (DC) medido a 1cm em relação ao nível do solo com auxílio de paquímetro digital; massa seca da raiz (MSR), massa seca da parte aérea (MAS) e massa seca total (MST) obtidas com o emprego de estufa de secagem a 65°C.

Após a secagem das plantas, realizou-se a moagem em moinho tipo Willey, composta de facas e câmara de aço inoxidável, e peneiras de 0,5 ou 1 mm de diâmetro (20-40 mesh), visando assegurar a homogeneização do tecido vegetal. Cada amostra foi devidamente identificada e acondicionada em recipiente plástico seco com tampa, de forma que foram enviadas para empresa Pró Plantio – Laboratório Análises Agronômicas LTDA (Fundetec/Cascavel-PR) para determinação dos seguintes elementos minerais: Nitrogênio, Fósforo, Potássio, Cálcio, Magnésio, Enxofre, Boro, Cobre, Ferro, Manganês, Zinco, Molibdênio, Silício, Sódio e Molibdênio.

Em seis plantas por tratamento, que não foram submetidas ao processo de secagem, realizou-se, na região da coroa, a separação da parte aérea em relação ao sistema radicular. As raízes foram condicionadas em tubos de 50 ml em álcool 70% e armazenadas em freezer com aproximadamente temperatura de -14°C. As amostras contendo as raízes foram enviadas para o CNPMS/EMBRAPA (Sete Lagoas-MG) para realização da análise da morfologia do sistema radicular. Dessa forma, visando manter a qualidade das raízes e ter segurança no transporte, trocou-se o álcool 70% em cada um dos tubos por água destilada estéril, acondicionando-os em caixa térmica com bolsas de “gelo”.

A determinação da morfologia do sistema radicular foi realizada utilizando-se o sistema de análise de imagens WinRhizo Pro 2007 (ARSENAULT, 1995), que apresenta um

scanner profissional Epson XL 1000. Para as imagens de morfologia da raiz (BOUMA *et al.*, 2000), foi usada a definição de 400 (dpi). As raízes foram colocadas em um tanque de acrílico de 20 cm de largura e 30 cm de comprimento, com aproximadamente uma polegada de profundidade de água e colocados no scanner. Em seguida, as características da raiz foram determinadas da seguinte forma: comprimento de raiz total (CT) (cm), área de superfície da raiz (ASR) (cm<sup>2</sup>) e comprimento da raiz por diâmetro (cm) (CM). O comprimento da raiz foi classificado de acordo com três diâmetros, conforme descrito a seguir: raízes muito finas (VTRL) ( $\varnothing$  inferior a 0,5 mm), raízes finas (TRL) ( $> 0,5 \varnothing < 2,0$  mm) e raízes grossas (THRL) ( $\varnothing > 2,0$  mm) (BOHM, 1979, 2012).

4.2.4 Avaliação dos efeitos do tratamento de sementes de milho com Uniconazole e/ou *Azospirillum brasilense*, combinado com a aplicação de doses de selenato de sódio no crescimento vegetativo, na produção e na composição química dos grãos

4.2.5.1. Planejamento do experimento e avaliação de variáveis no campo

Para implantação do experimento de campo (EXP5), realizou-se previamente a coleta e análise química do solo, visando realizar a verificação da necessidade de correção da acidez e para recomendação das adubações de plantio e de cobertura. O resumo da análise do solo encontra-se expresso na Tabela 2.

No dia da implantação do experimento, realizou-se o tratamento das sementes com Uniconazole (0, 50, 100 e 150 mg kg<sup>-1</sup>) e a inoculação das cepas Ab-V5 e Ab-V6 de *Azospirillum brasilense* (0; 100 mL saca sementes<sup>-1</sup>).

Tabela 2 Parâmetros físicos e químicos obtidos pela análise do solo da área do experimento, classificação conforme Manual de Adubação para o estado de PR

Parâmetros químicos	Valor Detectado	Classe de Classificação
Ca <sup>2+</sup> (cmol dm <sup>3</sup> )	5,87	Alto
Mg <sup>2+</sup> (cmol dm <sup>3</sup> )	2,07	Muito Alto
K <sup>+</sup> (cmol dm <sup>3</sup> )	0,87	Muito Alto
P (mg dm <sup>3</sup> )	65,9	Muito Alto
Enxofre (mg dm <sup>3</sup> )	8,06	Muito Alto
pH CaCl <sub>2</sub>	5,61	Muito Alto
pH H <sub>2</sub> O	5,89	Alto
Al <sup>3+</sup> (cmol dm <sup>3</sup> )	0,00	Muito Baixo
CTC pH 7,0 (cmol dm <sup>3</sup> )	13,42	Médio
Argila (%)	70,0	Muito Argiloso
Matéria Orgânica (%)	2,60	Alto

NOTA: Resultados parciais do laudo gerado pela empresa LabAgro.

A semeadura do híbrido com as sementes tratadas foi realizada em solo previamente sulcado e adubado, distribuindo-se duas sementes/cova. O fertilizante mineral 15-15-15 foi

empregado no plantio, sendo suplementado  $60 \text{ kg ha}^{-1}$  de nitrogênio na forma de ureia nos estádios V4 e V6, buscando produção de  $12 \text{ ton ha}^{-1}$ , conforme sistema de recomendação para o estado do Paraná para a cultura do milho (NEPAR, 2019). Para o controle das principais pragas que atacam o milho, percevejo barriga verde (*Dichelops melacanthus*) e a cigarrinha do milho (*Dalbulus maidis*), foram necessárias 4 aplicações de inseticidas.

No estádio V6, foi realizada a aplicação via foliar de selenato de sódio (Marca: Inlab; Pureza: 98,7%) nas concentrações de 0, 25 e  $50 \text{ g ha}^{-1}$  de selênio por meio de pulverização costal, seguindo-se recomendação de Lanza e Dos Reis (2021).

O delineamento experimental empregado foi em blocos casualizados em esquema trifatorial com quatro repetições: Concentração de Uniconazole (0; 50; 100; e  $150 \text{ mg kg}^{-1}$  semente); Doses de *Azospirillum brasilense* (0 e  $100 \text{ ml sc}^{-1}$  de semente); Doses de selênio via foliar (0, 25 e  $50 \text{ g ha}^{-1}$ ). A unidade experimental foi constituída por duas linhas centrais de 4 metros com espaçamento de 0,5 m de um total de 4 linhas.

Durante o andamento do experimento, foram avaliadas as seguintes variáveis: altura das plantas (AS), mensuradas semanalmente até o florescimento; soma térmica para os florescimentos feminino (STF) e masculino (STM); altura final (AF). mensurado em pré-colheita.

#### 4.2.5.2 Colheita e determinação de variáveis

Plantas da parcela útil do experimento foram colhidas manualmente quando os grãos atingiram aproximadamente 20% de umidade. Após a retirada das espigas do campo, realizou-se a debulha mecânica, separando individualmente os grãos de milho de cada parcela em sacolas devidamente identificadas.

As seguintes variáveis foram avaliadas: massa dos grãos (MG); umidade de grãos na colheita (UC); massa de mil grãos (MMG); e Produtividade (PROD).

Para determinação da produtividade (PROD), que se encontra expressa em quilogramas por hectare, foi realizada, após a debulha, a pesagem dos grãos das plantas das duas fileiras centrais para cada uma das parcelas do experimento. Na sequência, foi realizada a amostragem da umidade de grãos, correção da massa de grãos da parcela para 13% e, por último, a conversão para  $\text{kg ha}^{-1}$ .

A massa de mil grãos (MMG), expressa em gramas, foi determinada por meio do método de regras para análise de sementes, que consiste na separação de 8 repetições contendo 100 sementes de milho para cada parcela, após, sendo feita a pesagem em gramas. O cálculo da massa de mil grãos será realizado com o emprego da Equação 5.

$$\text{Massa de mil grãos} = \frac{\text{massa da amostra} \times 1000}{\text{n}^\circ \text{ total de grãos}}$$

Equação 5

O resultado da determinação é obtido com o cálculo em que o peso médio que foi obtido nas repetições de 100 sementes seja multiplicado por 10, verificando-se, assim, que o coeficiente de variação não pode ultrapassar 6% para as sementes palhentas (com pouco conteúdo de massa no grão) ou 4% para as demais. Caso o coeficiente de variação ultrapassar os limites já expressados, outras oito repetições com 100 sementes foram feitas; nesse sentido, o mesmo procedimento é efetivado, igual ao que foi feito anteriormente; caso isso ocorra, o desvio padrão deve ser calculado para as 16 repetições. Desconsideram-se as repetições com divergência na média maiores ao dobro do desvio padrão. Multiplica-se por 10 a média do peso das demais repetições de 100 sementes, sendo, então, esse o resultado do teste.

#### 4.2.5.3 Composição química dos grãos

Para determinação da composição de grãos, amostras de 1 kg de cada uma das parcelas do experimento foram endereçadas ao Laboratório da Cooperativa Agroindustrial Primato (Toledo/PR), onde realizou-se a técnica de Espectroscopia do Infravermelho (FT-NIR) em equipamento Tango/Brucker para a determinação para o seguinte: atividade de água (AW), extrato etéreo (EE), fibra bruta (FB), matéria mineral (MM), proteína bruta (PB), umidade (UM). Os dados das variáveis encontram-se expressos em percentagem.

#### 4.3 Análise estatística

Todos os resultados obtidos foram submetidos à verificação de normalidade e homogeneidade de variâncias dos erros. Para as variáveis que não atenderam às pressuposições da análise de variância, efetuou-se transformação de dados que melhor se ajustou (CAMPOS, 2000). Para os experimentos em que constaram avaliação dos testes de germinação, dose máxima, envelhecimento acelerados e semeadura em estufa, aplicou-se a análise de variâncias para regressão e/ou teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). Todas as análises foram realizadas empregando o programa computacional "R" (GENTLEMAN; IHAKA, 1997). Além disso, para o envelhecimento acelerado, realizou-se análise de componentes principais utilizando-se o software GENES (CRUZ, 2013).

Os resultados obtidos para o experimento a campo foram submetidos à verificação de normalidade e homogeneidade de variâncias dos erros e transformações, se necessário, com o acréscimo da utilização de modelos de efeitos mistos e extensões em ecologia em "R" (ZURR *et al.*, 2009; FOX, 2016).

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados do presente estudo, que foi realizado em condições de laboratório, de casa-de-vegetação e de campo, para verificação dos efeitos do Uniconazole sobre o crescimento e de desenvolvimento de plantas de milho, encontram-se descritos nos tópicos subsequentes.

### 5.1 Avaliação do efeito da dose de uniconazole sobre a germinação e crescimento de plântulas de milho conduzidas em BOD

Pelos resultados da análise de variância do primeiro experimento (EXP1), em que sementes do híbrido MSG1001 foram previamente tratadas com UCZ (0, 50, 100 e 150 mg kg<sup>-1</sup> sementes), seguido pela incubação em papel de germinação previamente umedecido (Tabela 3), verificou-se diferença significativa para a percentagem de germinação aos 4 dias (%G4), tamanho de plântula (TP) e comprimento de raiz (CR). Com a comparação de médias pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ), observou-se que, independentemente da concentração de UCZ testada (50, 100 ou 150 mg kg<sup>-1</sup> sementes), ocorreu retardo do processo de germinação aos 4 dias após a incubação (DAI), mas que foi revertida aos 7 DAI. Entretanto, o tratamento de sementes com UCZ resultou na redução do comprimento médio da parte aérea e das raízes das plântulas de milho, sem ter sido verificada modificação do acúmulo de biomassa (MAS, MSR e MST).

Tabela 3 Resumo das análises de variância e de testes de médias (Tukey a 5% de probabilidade) do EXP1 para a percentagem de germinação aos 4 (%G4) e 7 (%G7) dias, tamanho da plântula (TP), comprimento de raiz (CR), massa seca da parte aérea (MSA), massa seca da raiz (MSR) e massa seca total (MST)

FV	GL	Quadrados Médios para as variáveis						
		%G4	%G7	TP	CR	MAS	MSR	MST
Uniconazole	4	19,45*	0,48ns	8,15*	6,66*	0,009ns	0,007ns	0,007ns
Resíduo	20	4,57	0,42	0,57	0,55	0,004	0,005	0,004
CV (%)		2,23	0,65	16,3	7,28	18,73	10,12	6,39
Média Geral		95,95	99,54	4,64	10,20	0,365	0,735	1,10
Médias								
Controle		98,33a	99,16a	6,32a	11,74a	0,346a	0,739a	1,086a
50 mg kg <sup>-1</sup> semente		95,5b	99,6a	4,53b	9,72b	0,350a	0,783a	1,133a
100 mg kg <sup>-1</sup> semente		95,6b	99,8a	3,91b	9,40b	0,341a	0,715a	1,056a
150 mg kg <sup>-1</sup> semente		94b	99,5a	3,80b	9,93b	0,424a	0,701a	1,125a

NOTA: \*significância a 5% de probabilidade; ns não significativo; <sup>1/</sup> Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste t a 5% de probabilidade;

Com o aumento da amplitude da dose de UCZ (0 até 200 mg kg<sup>-1</sup> sementes) aplicada a sementes do híbrido MSG1001, em experimento com condições semelhantes ao EXP1, denominado de EXP2, constatou-se, por meio de análises de regressão, que o incremento da

dose uniconazole promove redução linear do percentual de germinação em anotações realizadas aos 4 DAI (Figura 3A) e 7 DAI (Figura 3B).

Já para as sementes tratadas com UCZ e submetidas ao teste de envelhecimento acelerado (EXP3), que impõe condições de ambiente restritivas à semente, ocorreu ajuste de uma função quadrática negativa (Figura 4A) para o percentual de germinação anotado aos 4 DAI, com a dose mínima de 89,9% de germinação, aproximadamente 4,6% inferior em relação à dose controle. Entretanto, 7 dias após a incubação, não se detectou diferença significativa entre os tratamentos para a variável percentagem de germinação em função da dose de UCZ (Figura 4B). Esses resultados permitem sugerir que o UCZ promoveu retardamento do processo germinativo, sem modificar a percentagem final de germinação.

Para comprimento de raiz (CR) e a massa seca da raiz (MSR), não se detectou associação dessas variáveis com o incremento das doses do regulador de crescimento testados no EXP2 (Figuras 3D e 3F) e EXP3 (Figuras 4D e 4F). Contudo, avaliando-se o tamanho de parte aérea (TP) em função das doses de UCZ aplicadas às sementes, verificou-se redução pronunciada da estatura das plântulas após 7 DAI nos experimentos EXP2 (Figura 5) e EXP3 (Figura 6) a partir da primeira dose (50 mg UCZ kg<sup>-1</sup> sementes) do regulador do crescimento, tendo sido ajustadas equações de regressão com comportamento quadrático negativo (Figuras 3E e 4C) (respectivamente  $Y = 6,253 - 0,02788x + 0,00008x^2$  e  $Y = 6879 - 0,03451x + 0,000110x^2$ ). Dessa forma, estima-se que, com a aplicação de 50 mg UCZ kg<sup>-1</sup> de sementes de milho, seguido pelo teste de germinação em BOD, haja redução de 1,19 cm (19%) de comprimento das plântulas em relação à testemunha, e de 2,38 cm (38%) empregando-se 200 mg UCZ kg<sup>-1</sup> de sementes. Já em teste de envelhecimento acelerado, a redução estimada é de 1,45 cm (21%) e 1,05 cm (36%) para as doses de 50 e 200 mg UCZ kg<sup>-1</sup> sementes de milho.

Para variável massa seca de parte aérea em função de doses crescentes de uniconazole, ajustaram-se equações de regressão quadrática negativa com os dados do teste de germinação - EXP2 (Figura 3C) ( $Y = 0,2049 - 0,000418x + 0,000002x^2$ ) e linear negativa com os dados de envelhecimento acelerado - EXP3 (Figura 4C) ( $Y = 0,4032 - 0,000258x$ ). Pelo teste de germinação, estima-se que a aplicação de 50 mg UCZ kg<sup>-1</sup> de sementes de milho resulta em perda de 7,7% da biomassa, em relação ao controle, e de 1,7% com a aplicação de 200 mg UCZ kg<sup>-1</sup> de (EXP2). Com a equação de regressão ajustada com base nos dados do experimento de envelhecimento acelerado, estima-se que, a cada 50 mg UCZ kg<sup>-1</sup> de sementes de milho aplicada, há uma redução de 3,2% de biomassa

Pelos resultados dos experimentos conduzidos em BOD, pode-se afirmar que o emprego do uniconazole promove modificações no metabolismo, de forma que resultam alterações na germinação e crescimento das plântulas. De acordo com Saito *et al.* (2006), o uniconazole é um retardante do crescimento pela inibição da biossíntese de giberelinas e leva

ao aumento do conteúdo endógeno de ABA. Dessa forma, com os dados obtidos no presente estudo, sugere-se que a relação ABA (inibidor da germinação): giberelinas (promotor) deve ter aumentado, ocasionando a redução da atividade das enzimas envolvidas na germinação, o que impede a mobilização de reservas e o crescimento vegetativo do embrião (BONIN *et al.*, 2010). Isso pode ter resultado no retardo desse processo. Além disso, sugere-se que as citocininas, classe de fito-hormônio sintetizada predominantemente em tecido meristemático do sistema radicular e translocado para a parte aérea, possam estar envolvidas no processo de redução do tamanho das plântulas, por auxiliar o transporte de giberelinas para endoderme (DIAS; GASTL FILHO, 2020). De acordo com Rademacher (2000), a redução do crescimento do tamanho das plantas encontra-se associada com o incremento dos níveis de citocininas em relação ao de giberelinas. No presente estudo, detectou-se redução do tamanho e da biomassa da parte aérea, sem modificações perceptíveis no sistema radicular, podendo sugerir que o desbalanço de fito-hormônios levou à modificação do crescimento inicial das plântulas.

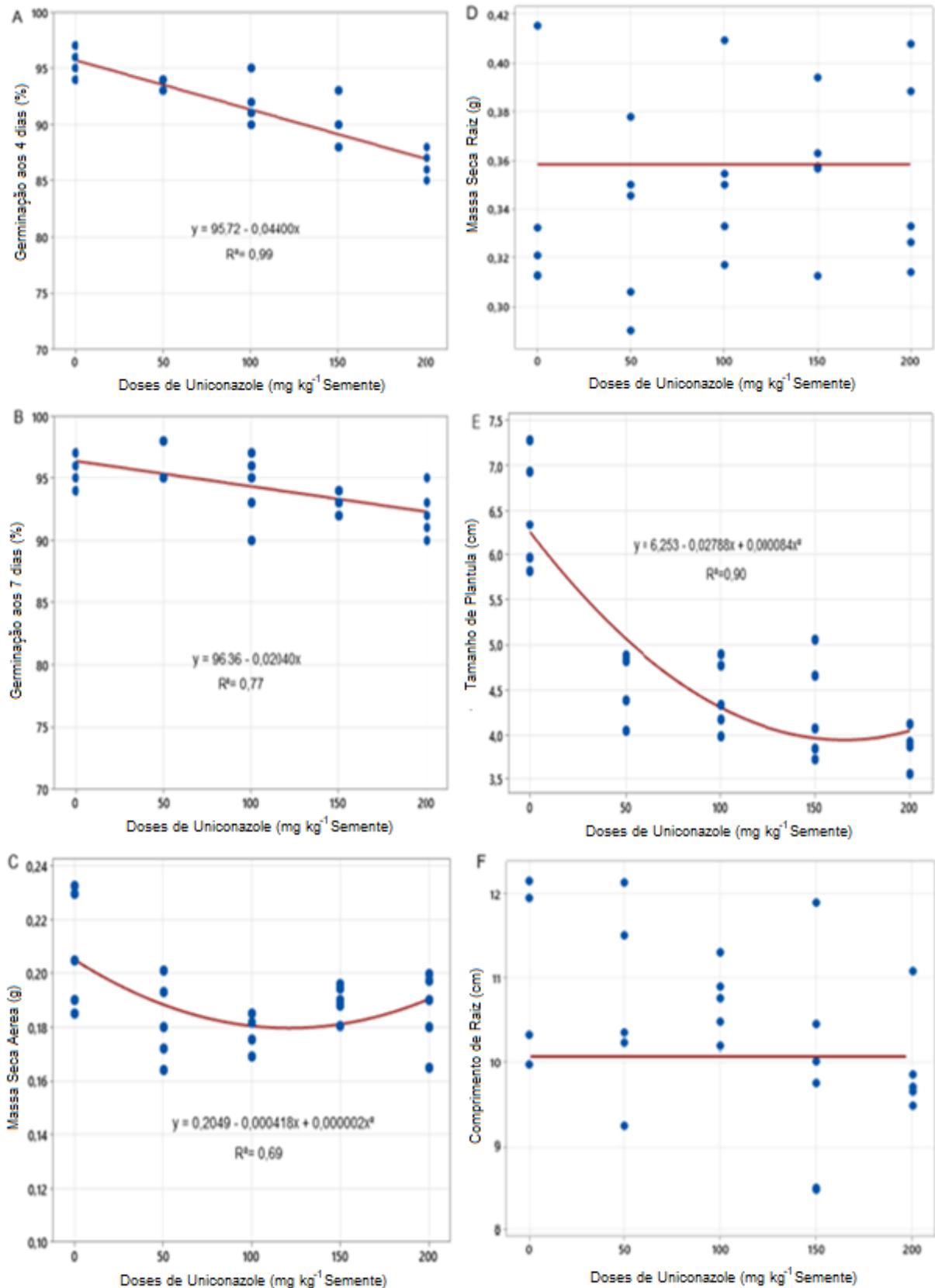


Figura 3 Germinação aos 4 dias (A), Germinação aos 7 dias (B), Massa seca aérea (C), Massa seca de Raiz (D), Tamanho de plântula (E) e do Comprimento de Raiz (F) do híbrido MSG1001 em função de doses crescentes de Uniconazole aplicadas em sementes e submetidas ao teste de germinação em BOD (EXP2)

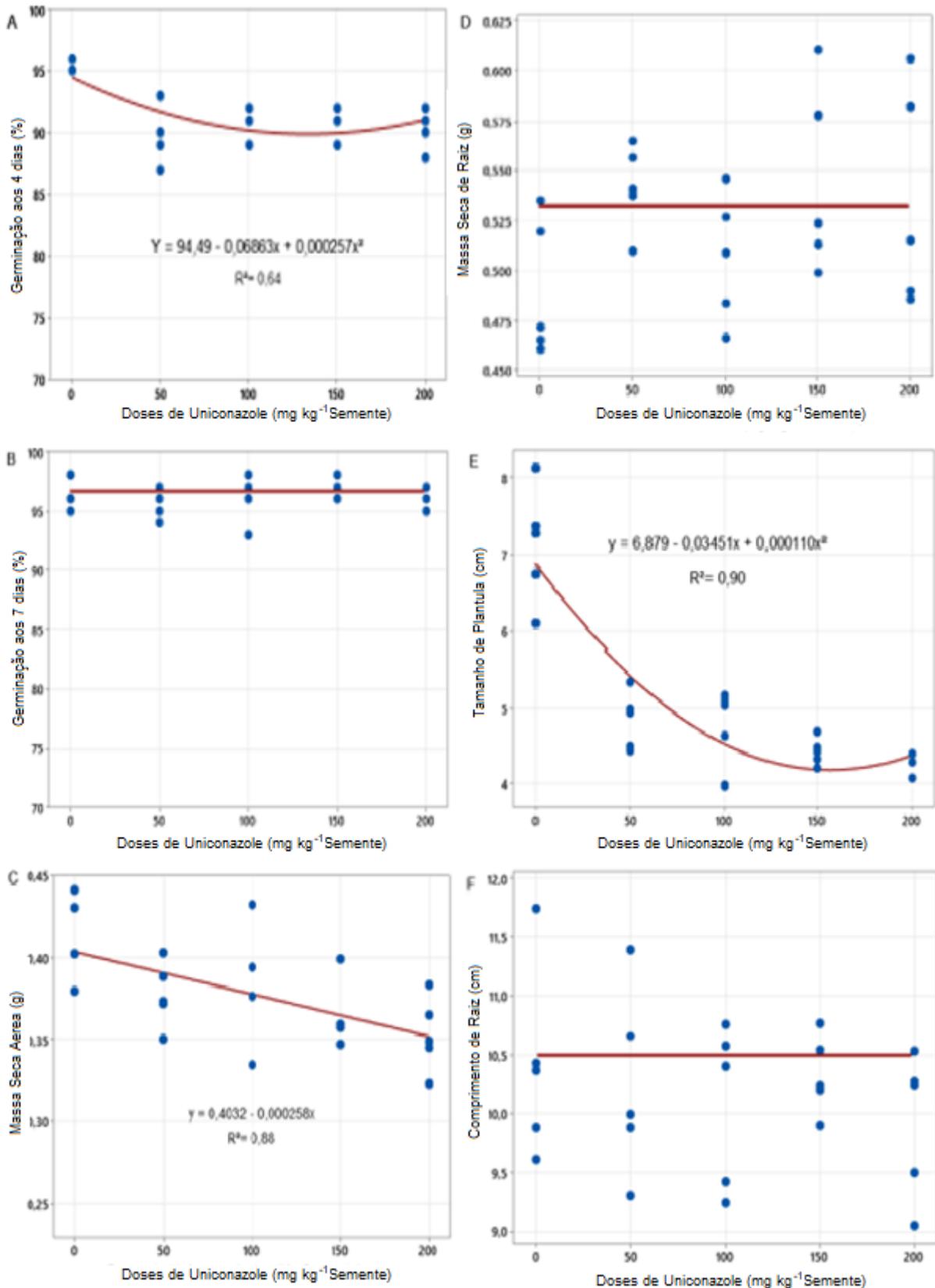


Figura 4 Germinação aos 4 dias (A), Germinação aos 7 dias (B), Massa seca aérea (C), Massa seca de Raiz (D), Tamanho de plântula (E), Comprimento de Raiz (F) do híbrido MSG101 em função de doses crescentes de Uniconazole aplicadas em sementes e submetidas ao teste de envelhecimento acelerado (EXP3)



Figura 5 Efeito do Uniconazole sobre a germinação de plântulas de milho após 7 dias de incubação em BOD (EXP2)  
Fonte:Autor, (2023).



Figura 6 Efeito do Uniconazole sobre a germinação de plântulas de milho após 7 dias de incubação em BOD sofrendo envelhecimento acelerado (EXP3)  
Fonte:Autor (2023).

## 5.2 Avaliação de germinação e crescimento de plantas de milho em função das doses de UCZ, cultivados em areia com sistema de irrigação por gotejamento, em casa de vegetação

Com base nos resultados do experimento (EXP4) (Tabela 4), pode-se afirmar que o uniconazole tem efeito no desenvolvimento das plantas, retardando o crescimento inicial. A redução do crescimento inicial das plantas pode ser justificada devido à ação do UCZ sobre a biossíntese de giberelinas, que se constitui no principal fito-hormônio responsável pelo acúmulo de biomassa (LIU *et al.*, 2015; RAHIM *et al.*, 2011). Pelos resultados obtidos, constata-se que o UCZ tem ação rápida e a curto prazo sobre o porte das plantas, sendo que, pelas condições do experimento, não se detectou diferença entre os tratamentos aos 20 DAP (Figura 7).

Tabela 4 Resumo das análises de variância e de testes de médias (Tukey a 5% de probabilidade) do EXP4 para tamanho de planta aos 8, 12, 20 dias após o plantio (DAP), comprimento de raiz (CR), massa seca da parte aérea (MSA), massa seca de raiz (MSR)

FV	GL	Quadrados Médios para as variáveis					
		8 DAP	12 DAP	20 DAP	CR	MSA	MSR
Uniconazole	4	2,17*	9,59*	16,13ns	71,32ns	0,06ns	0,003ns
Resíduo	35	0,05	3,38	8,07	97,02	0,05	0,008
CV (%)		7,06	16,81	11,08	18,27	29,02	24,51
Média Geral		3,42	10,93	25,64	53,90	0,837	0,377
Médias							
Controle		4,26a	12,05a	26,48a	52,12a	0,903a	0,385a
50 mg kg <sup>-1</sup> semente		3,49b	10,56ab	24,81a	53,67a	0,911a	0,394a
100 mg kg <sup>-1</sup> semente		3,34bc	11,18ab	27,30a	59,12a	0,829a	0,386a
150 mg kg <sup>-1</sup> semente		3,14cd	11,35ab	25,95a	52,31a	0,856a	0,384a
200 mg kg <sup>-1</sup> semente		2,88d	9,11b	23,68a	52,27a	0,689a	0,338a

NOTA: \*significância a 5% de probabilidade; ns não significativo; <sup>1/</sup> Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste t a 5% de probabilidade;



Figura 7 Plantas de milho com 20 DAP, oriundas de sementes tratadas com UCZ ( 0 a 200 mg kg semente) cultivadas em vasos contendo areia em condições de casa-de-vegetação (EXP4)  
Fonte: Autor (2023).

Para altura das plantas em função de doses crescentes de uniconazole, ajustaram-se equações de regressão quadrática negativa para 8 DAP ( $Y = 4,185 - 0,01172x + 0,000027x^2$ ; Figura 8A) e linear negativa para 12 DAP ( $Y=12,03 - 0,01097x$ ; Figura 8B). Pela mensuração de altura de planta, estima-se que, a partir da dose 50 mg UCZ kg<sup>-1</sup> sementes, houve redução de tamanho, alcançando aproximadamente 32% na dose 200 mg UCZ kg<sup>-1</sup> sementes, comparadas ao controle. Aos 12 DAP, estima-se que plantas com sementes tratadas com 200 mg UCZ kg<sup>-1</sup> sementes têm redução de 24% do tamanho em relação ao controle, desaparecendo o efeito aos 20 DAP (Figura 8 C).

Pela avaliação do comprimento da raiz (CR) e de massas secas da parte aérea (MSA) e da raiz (MSR), não se verificou associação com doses de UCZ (Figuras 8D, 8E e 8F). Contudo, análises de imagens para morfologia do sistema radicular efetuadas pelo sistema WinRhizo em função das doses crescentes de uniconazole resultaram na identificação de associações significativas. Para comprimento de raiz total (CT) ( $Y = 758,9 + 0,457x$ , Figura 9A), área radicular total projetada (ARP) ( $Y = 21,63 + 0,01279x$ , Figura 9B) e comprimento de raiz (CR) ( $Y = 2138 + 4,33x$ , Figura 9D), ajustaram-se equações de regressão linear positiva, indicando que o aumento da dose de UCZ promove incremento para essas variáveis. Já a variável diâmetro médio das raízes (DM), ajustou equação de regressão linear negativa ( $Y = 0,5082 - 0,000330x$ , Figura 9G), ou seja, o incremento da dose de UCZ promove a formação de raízes com menor espessura. Para as variáveis área de superfície radicular total (ART), área projetada de raiz (APR), área superficial radicular (ASR) e volume de raiz (VR), não se obtiveram funções explicativas aos eventos biológicos.

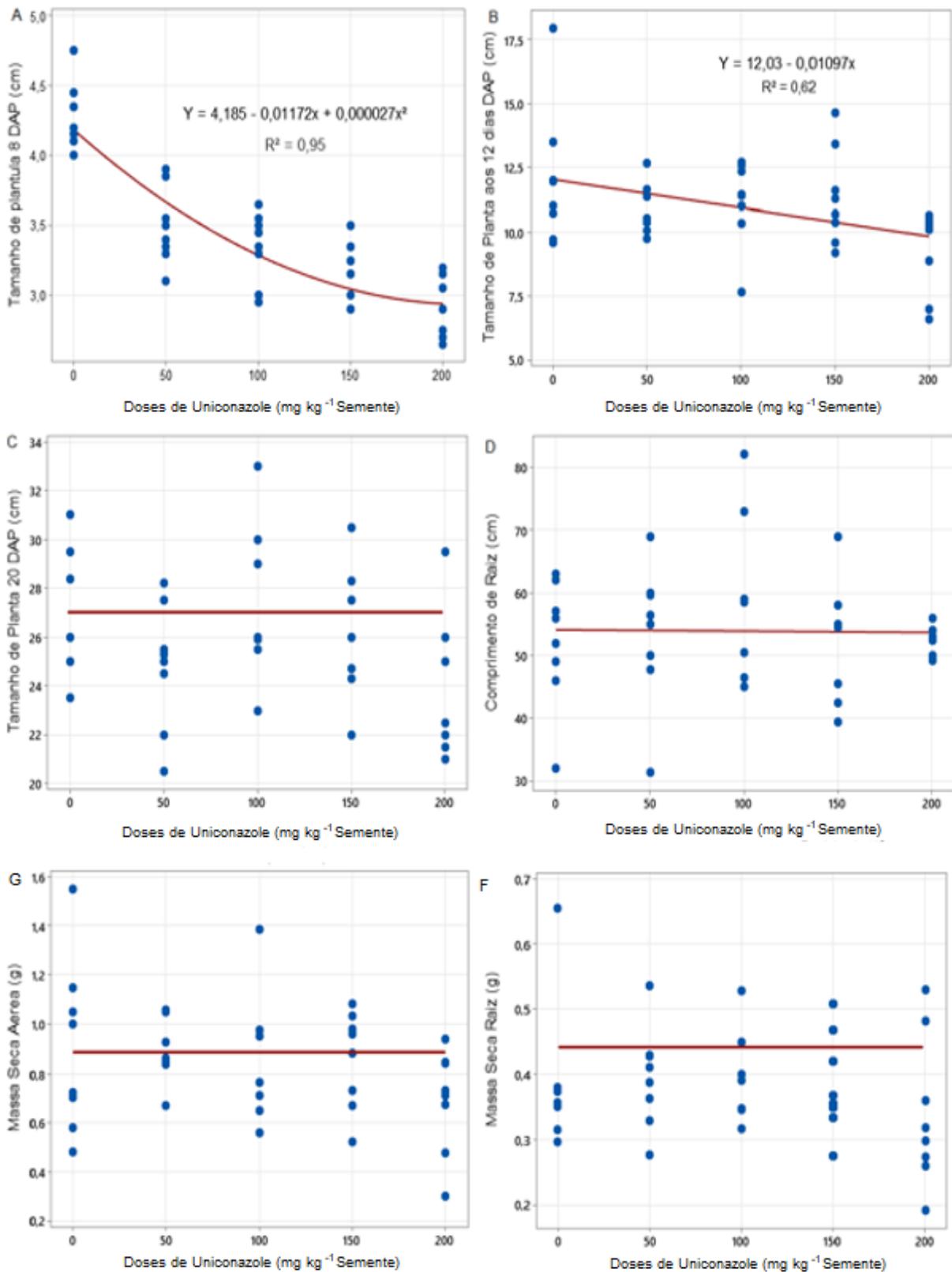


Figura 8 Tamanho de plântulas aos 8 DAP (A), aos 12 dias DAP (B) e aos 20 dias DAP (C), comprimento de raiz (D), massa seca da parte aérea (E) e massa seca da raiz (F) (EXP4)

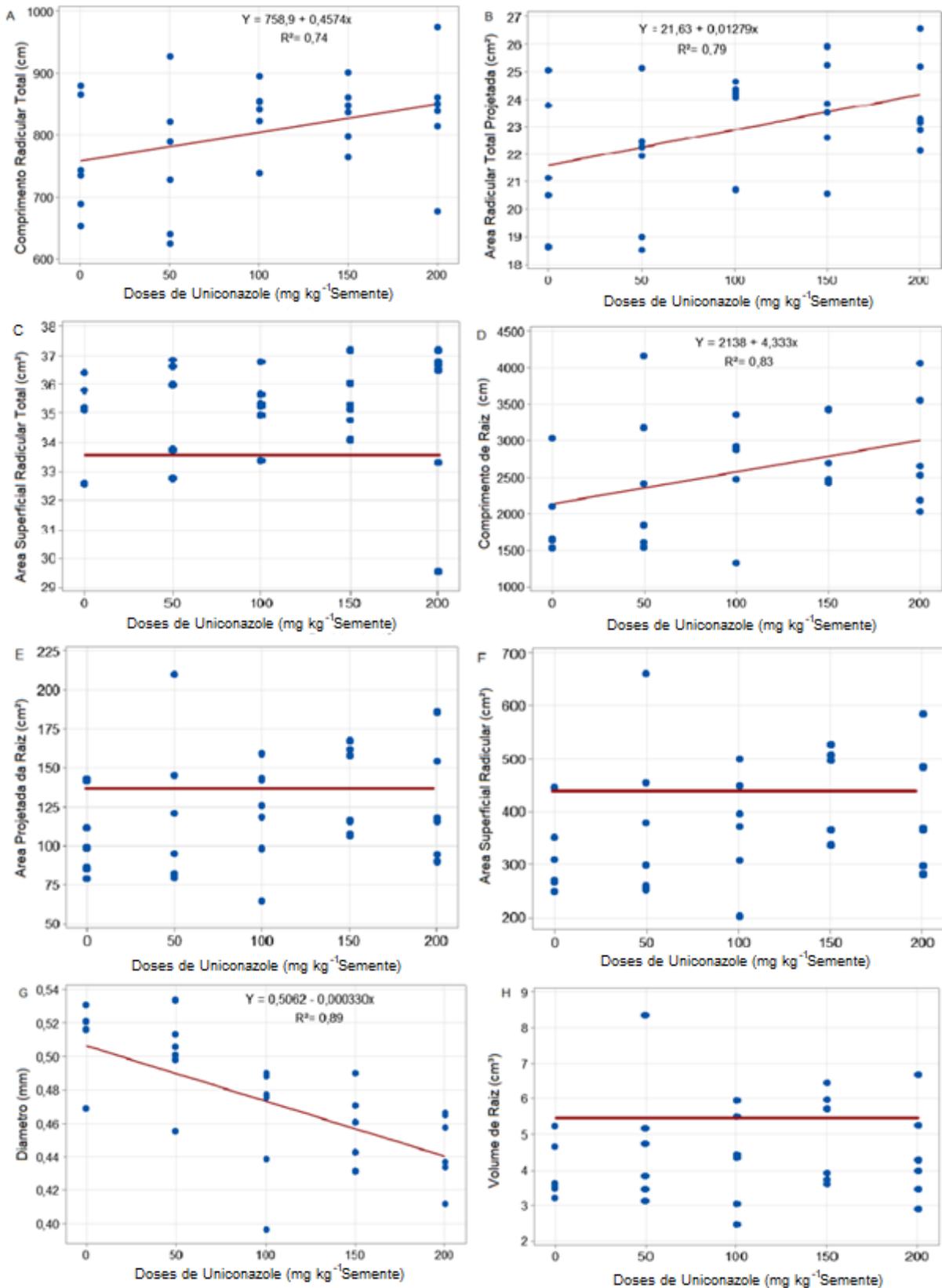


Figura 9 Comprimento Radicular total (CT, A) (cm), área radicular total projetada (ARP, B), área Superficial radicular total (AST, C), comprimento de Raiz (cm) (CM, D), área projetada da Raiz (cm<sup>2</sup>) (ARP, E), área superficial radicular (ASR, F) (cm<sup>2</sup>), diâmetro (DM, G) (mm) e volume de raiz (VR, H) (cm<sup>3</sup>) (EXP4)

Em relação ao comprimento do sistema radicular determinado pelo sistema WinRHIZO, constatou-se incremento em função de doses crescentes de uniconazole (Figura 9D), mas que não foi inicialmente detectado pela avaliação manual com uso de régua (Figura 3F e Figura 4F). Zhou *et al.* (2022), aplicando-se uniconazole via foliar no estágio V3 de *Vigna radiata*, detectaram que houve redução da biomassa de raízes na camada superficial (0-20 cm) com incremento entre 20 – 60cm. Nesse mesmo trabalho, constataram que, com aumento da profundidade, houve afinamento da raiz principal e aumento das raízes laterais, elevando a superfície de contato com o solo, o que possibilita maior eficiência de absorção de água e minerais, que resultaram em incremento dos componentes do rendimento.

Pela avaliação do teor de pigmentos fotossintetizantes em discos foliares de plantas aos 20 DAP, detectou-se diferença significativa pelo teste F (Tabela 5) para os teores de clorofilas A, B e carotenoides na terceira folha verdadeira (V3). Pela comparação de médias pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ), detectou-se incremento dos teores de clorofilas “A” e “B” de discos foliares de plantas oriundas de sementes tratadas com  $150 \text{ mg UCZ kg}^{-1}$  sementes em relação ao controle. Entretanto, não é permitido afirmar que o aumento dos teores de clorofila na terceira folha verdadeira (V3) encontra-se associado com o incremento da dose de UCZ, uma vez que não se obteve equação de regressão que explique o evento biológico (Figura 10 D, E, F). Já para quarta folha verdadeira (V4), detectou-se associação entre doses de UCZ e os teores de clorofilas de “A” e “B”, tendo sido ajustadas equações de regressão com efeito linear positivo para clorofila “A” ( $Y = 10,15 + 0,006353x$ ; Figura 10G) e para clorofila “B” ( $Y = 1,561 + 0,002401x$ ; Figura 10H).

Esses resultados evidenciam que o UCZ promove incremento dos teores de clorofilas “A” e “B” de plantas jovens de milho, sem modificar o conteúdo de carotenoides. De acordo com Soumya *et al.* (2017), o UCZ promove a inibição endógena de giberelinas, além de resultar em modificações nos níveis de outros fito-hormônios, como ácido abscísico e citocininas. Como consequência, diferentes modificações têm sido detectadas em plantas, como o incremento dos teores de clorofila (LIU *et al.*, 2015), de maneira que foi observado no presente estudo. Resultados de pesquisa revelam que o incremento do teor de pigmentos fotossintetizantes contribui para mitigação de estresse (MAGALHÃES *et al.* 1995; HUND *et al.*, 2009; ZHU *et al.*, 2010). Como esses pigmentos apresentam a capacidade diferencial para absorver ou para refletir a luz sob diferentes comprimentos de onda, pode-se inferir sobre o estado em que a planta se encontra por meio da análise da reflectância (FERREIRA; SILVA, 2011; PAPA *et al.*, 2011).

Pela análise das assinaturas espectrais obtidas de tecidos das folhas V2 (Figura 11), V3 (Figura 12) e V4 (Figura 13), não é possível verificar visualmente as diferenças. Contudo, pelo emprego das reflectâncias e a estimação do NDVI para folha V4, detectou-se associação

significativa desse índice com doses de UCZ, ajustando-se equação de regressão linear negativa ( $Y = 0,7853 - 0,000108x$ ; Figura 14G).

Tabela 5 Resumo das análises de variância e de testes de médias (Tukey a 5% de probabilidade) do EXP4 para as variáveis clorofila "A" (Cl "A") clorofila "B" (Cl "B") e carotenóides (Carot) coletadas das folhas V2, V3 e V4

FV	GL	Quadrados Médios para as variáveis								
		Folha V2			Folha V3			Folha V4		
		Cl "A"	Cl "B"	Carot	Cl "A"	Cl "B"	Carot	Cl "A"	Cl "B"	Car
Uniconazole	4	0,49ns	1,63ns	0,13ns	6,81*	0,43*	0,41*	2,41ns	0,39ns	0,07ns
Resíduo	35	1,92	0,80	0,23	1,55	0,14	0,06	2,09	0,20	0,08
CV (%)		11,63	23,25	24,59	9,97	14,94	8,73	13,4	25,09	11,05
Média Geral		11,92	3,86	1,97	12,51	2,53	2,93	10,79	1,80	2,68
Médias										
Controle		11,81a	4,04a	1,88a	12,92ab	2,51ab	3,08ab	9,94a	1,44a	2,54a
50mg kg <sup>-1</sup> Semente		11,821a	3,36a	2,06a	11,3b	2,23b	2,66c	10,82a	1,84a	2,69a
100 mg Kg <sup>-1</sup> Semente		11,61a	3,65a	1,96a	12,11ab	2,59ab	2,73bc	10,64a	1,76a	2,64a
150 mg Kg <sup>-1</sup> Semente		12,18a	3,69a	2,12a	13,78a	2,87a	3,19a	11,16a	1,97a	2,74a
200 mg Kg <sup>-1</sup> Semente		12,17a	4,54a	1,81a	12,45ab	2,42ab	2,97abc	11,36a	1,98a	2,79a

NOTA: \*significância a 5% de probabilidade; <sup>ns</sup> não significativo; <sup>1/</sup> Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste t a 5% de probabilidade

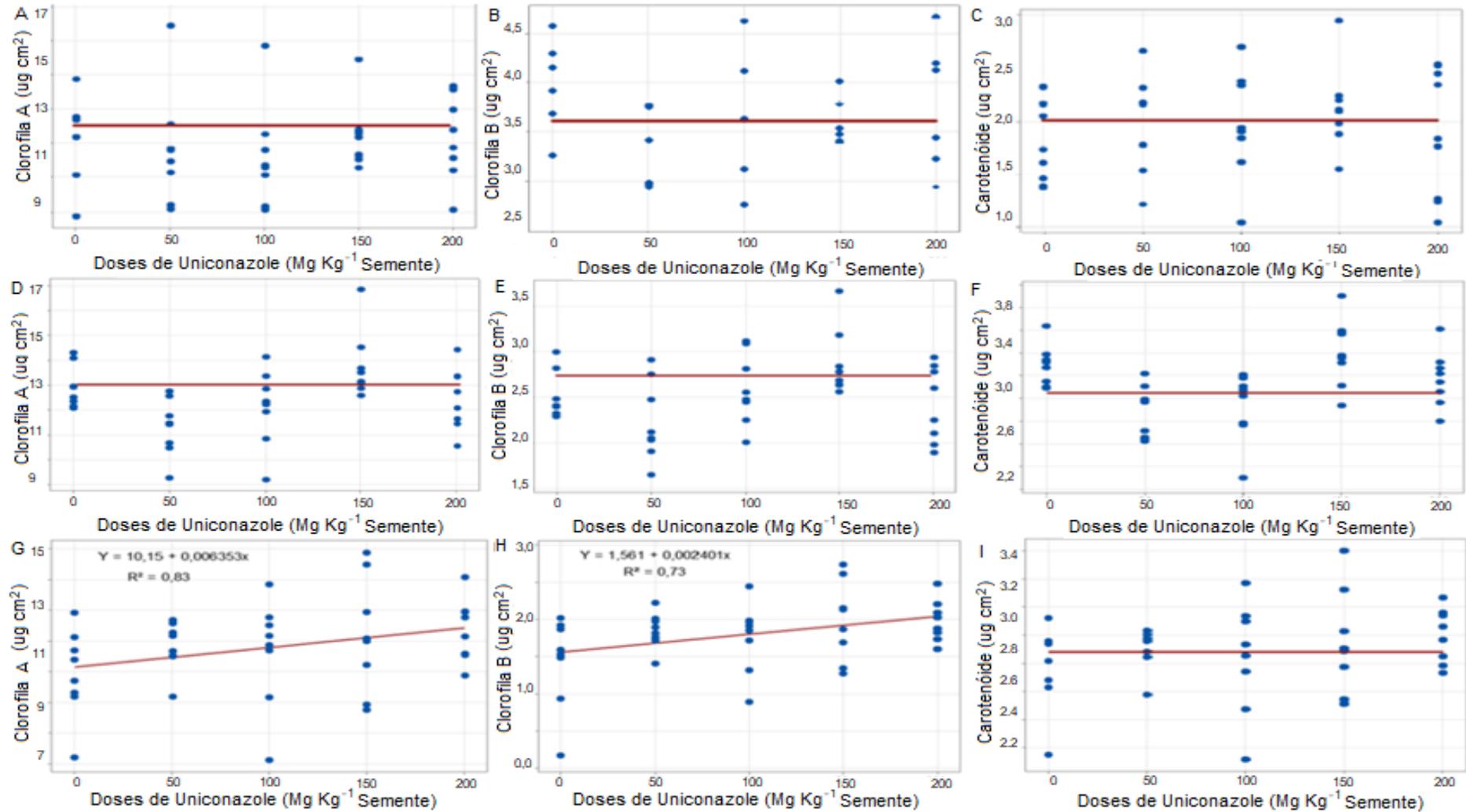


Figura 10 Teores de Clorofila "A", Clorofila "B" e carotenoides para estágio V2 (A, B, C), V3 (D, E, F), e V4 (G, H, I) respectivamente para plantas de milho sobre efeito de doses de uniconazole (EXP4)

Esse resultado permite sugerir que houve maior absorção de energia nos comprimentos de onda do azul (400-500 nm) e vermelho (600-700 nm) com o incremento das doses de UCZ. Segundo Almeida e Oliveira (2010), isso acontece pela maior reflectância da folha sadia (comprimento de onda verde 500-565 nm), aumentando também o infravermelho próximo.

A borda vermelha, que representa o ponto de inflexão na região de transição do vermelho para o infravermelho próximo – *redEdge*, tem sido utilizado para estimar clorofila e nitrogênio (CHO; SKIDMORE, 2006). Essa região está ligada a uma capacidade ligeira de prever o teor de clorofila b, em torno de 736 nm (*redEdge*), em direção a 821 nm (NIR – Infravermelho) (ORTO E SILVA *et al.*, 2019). Dessa forma, permite detectar medidas de estresse, causadas pela degradação da clorofila (CURRAN *et al.*, 1991; SCHLEMMER *et al.*, 2005). Dessa forma, resultados obtidos pela análise de regressão encontram um crescente aumento da borda vermelha (740 nm), em relação ao aumento das doses de UCZ, obtendo regressões linear positivas na folha V2 ( $Y = 0,06454 + 0,000071x$ ; Figura 14C), folha V3 ( $Y = 0,06856 + 0,000057x$ ; Figura 14F) e folha V4 ( $Y = 0,06338 + 0,000033x$ ; Figura 14I). Alguns estudos com nitrogênio, relacionados aos índices de NDVI e borda vermelha, sugerem que, para o milho, a partir de V4, a utilização dos índices da borda vermelha torna-se mais precisa para detecção do fornecimento de nitrogênio (LI *et al.*, 2014; SUMNER *et al.*, 2021), o que comprova o seu potencial na identificação da sanidade vegetal.

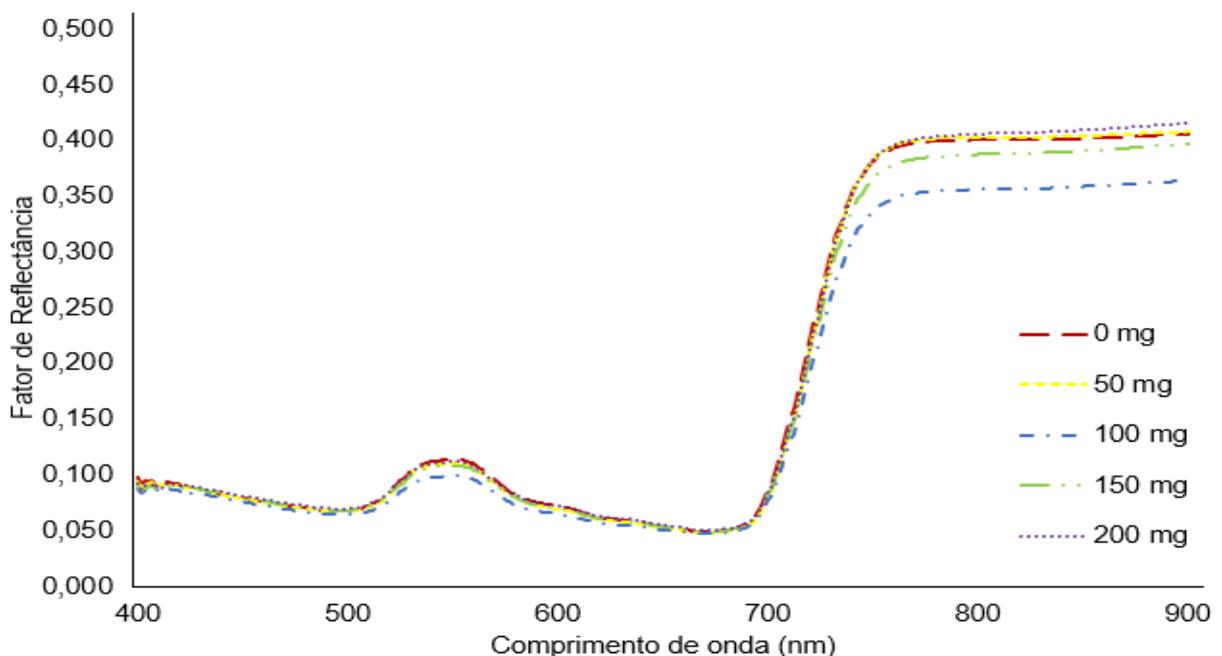


Figura 11 Fator de reflectância médio na segunda folha verdadeira de plantas de milho oriundas de sementes tratadas com Uniconazole (0 a 200 mg.kg semente)

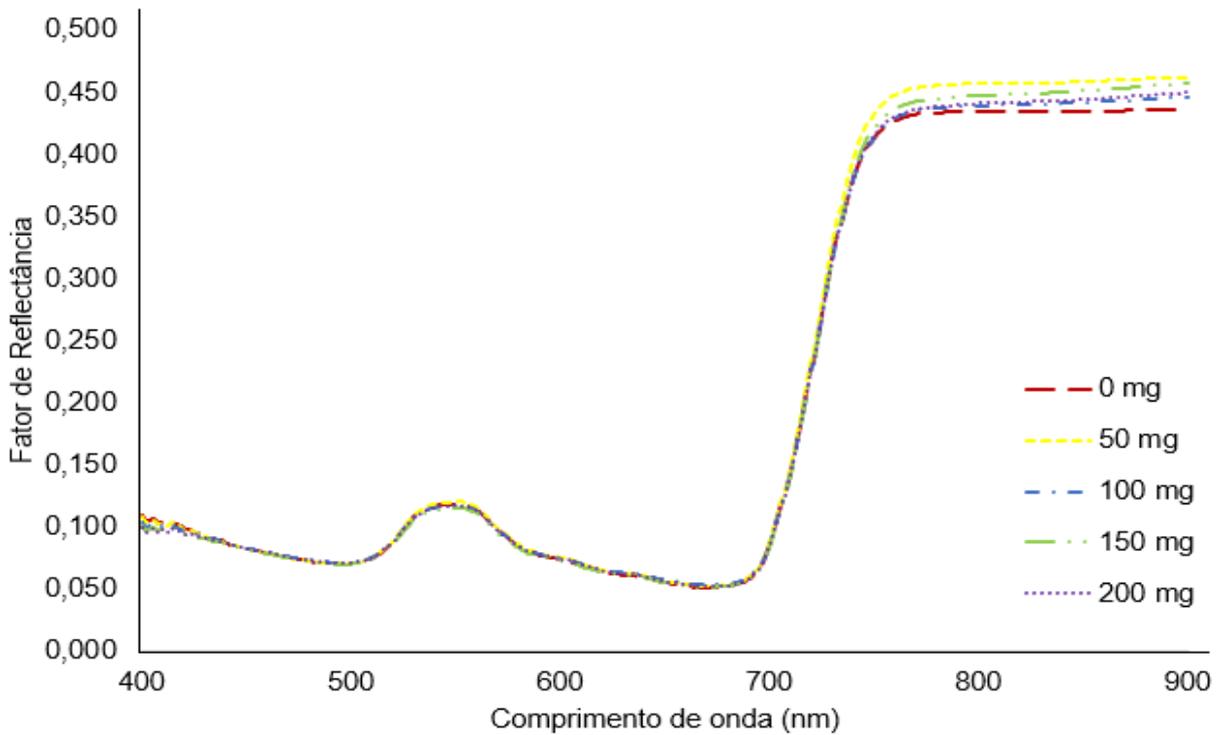


Figura 12 Fator de reflectância médio na terceira folha verdadeira de plantas de milho oriundas de sementes tratadas com Uniconazole (0 a 200 mg.kg semente)

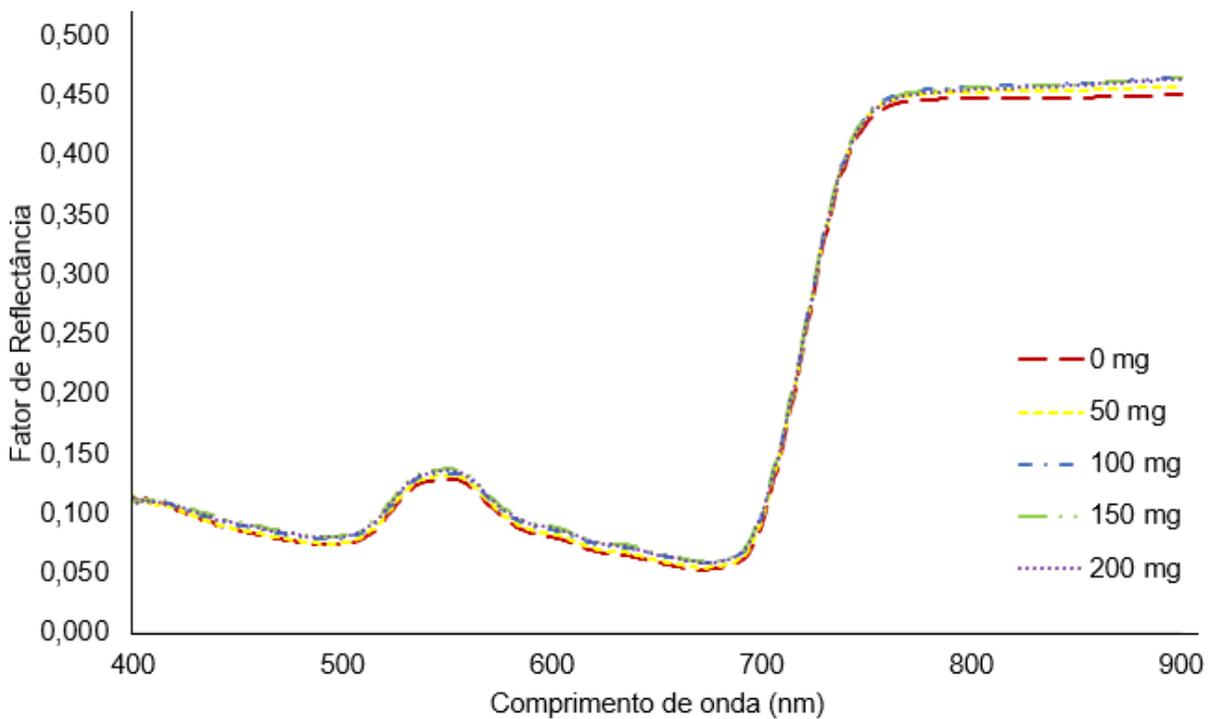


Figura 13 Fator de reflectância médio na quarta folha verdadeira de plantas de milho oriundas de sementes tratadas com Uniconazole (0 a 200 mg.kg semente)

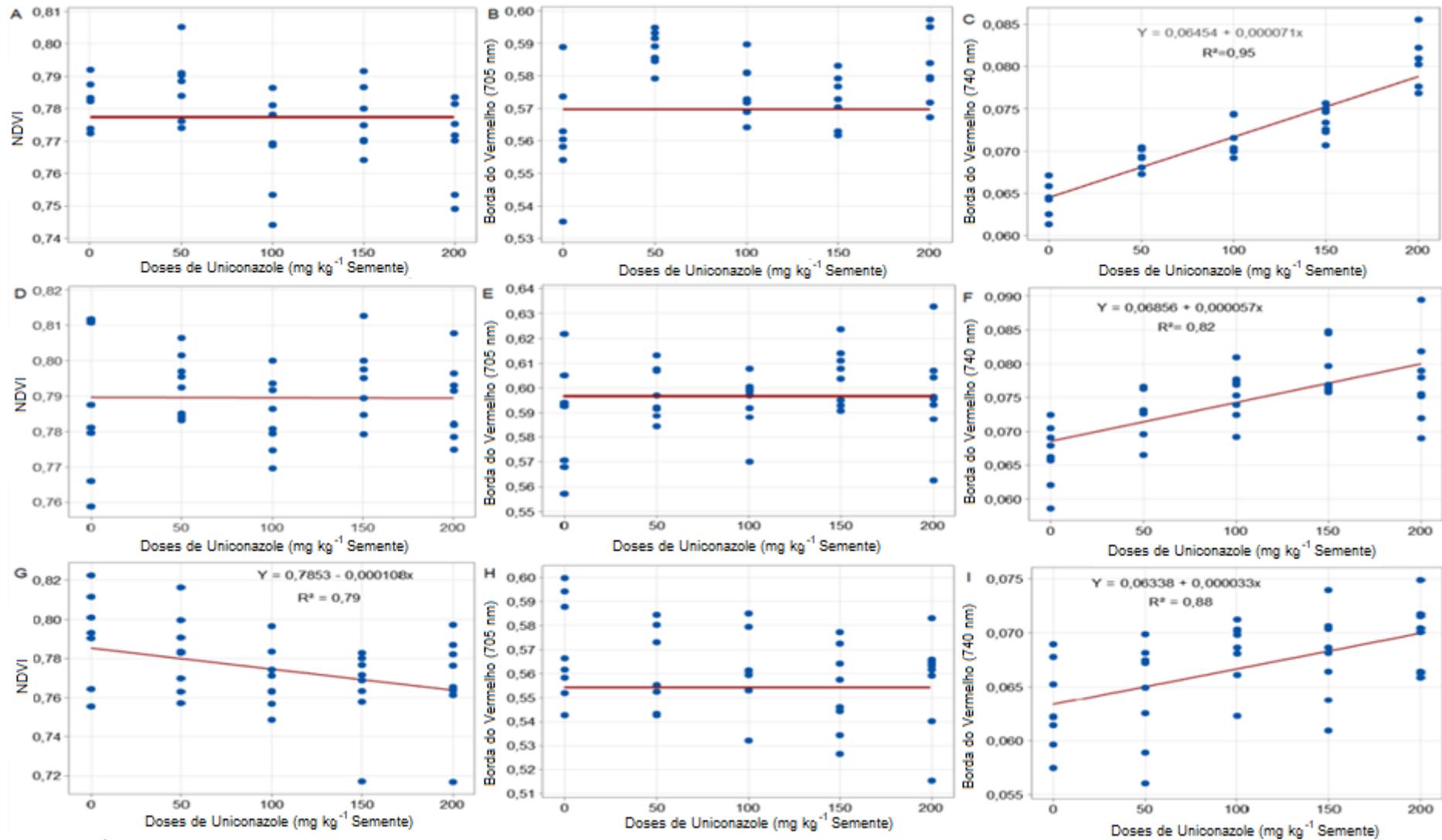


Figura 14 Índices de vegetação: NDVI, Borda do Vermelho 705 nm e Borda do vermelho 740 nm em tecido da segunda (V2) (A, B e C), terceira (V3) (D, E e F) e quarta folha verdadeira (V4) (G, H e I) de plantas de milho sobre efeito de doses de Uniconazole (EXP4)

Pela análise da composição mineral do tecido de plantas com 20 DAP (Tabela 6), detectaram-se pequenas variações entre as médias de tratamento, com exceção de Zn, Cu e Mo. Entretanto, não se constataram coeficientes de correlação de Pearson significativos envolvendo o acúmulo de cada um dos elementos minerais determinados nas plantas jovens de milho em função de doses crescentes de UCZ. Contudo, pela técnica multivariada de componentes principais, que também foi empregada para estudos de nutrição mineral de plantas (DUBE *et al.*, 2019), tornou-se possível verificar diferenças entre os tratamentos.

Pelos resultados da análise dos componentes principais (Tabela 7), constata-se que os dois primeiros componentes principais (CP1 e CP2) explicam aproximadamente 80% da variação total disponível, sendo, dessa forma, recomendada a interpretação dos resultados por meio da análise gráfica (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2004). Nesse contexto, Ca, Mg, Mn e Mo foram os elementos que mais contribuíram para a variação entre os tratamentos. Em contrapartida, B e P apresentaram menor influência para a discriminação das plantas.

Com a dispersão gráfica dos escores para os tratamentos e cargas fatoriais (Figura 15), constata-se ampla distribuição de T2 até T5 em relação ao controle (T1), tornando possível sugerir que plantas oriundas de diferentes doses de UCZ apresentam comportamento diferencial quanto ao acúmulo de minerais aos tecidos. Em relação ao controle, plantas advindas do tratamento de sementes com UCZ, nas doses 100 e 150 mg kg<sup>-1</sup> semente (T3 a T4), resultaram em incremento nos teores de Fe, Si, K, Co, Ca, Mg, S e Na. Para Albuquerque *et al.* (2008), a aplicação de uniconazole em videiras na dosagem 30 mg L<sup>-1</sup> observou apenas uma redução nos teores de P em ramos, mas, para as folhas, não obteve diferença significativa.

Pelos resultados obtidos para o conteúdo de elementos minerais, associado à verificação de modificações na morfologia do sistema radicular, do conteúdo foliar de clorofila e dos índices de vegetação, sugere-se que há efeito da dose de UCZ sobre a fisiologia de plantas jovens de milho. Levando em consideração os resultados encontrados para plantas jovens de milho, recomenda-se que a dose de UCZ esteja entre 100 e 150 mg kg<sup>-1</sup> semente. Entretanto, é de fundamental importância verificar a influência desse retardante do crescimento em plantas adultas e sua influência sobre os componentes de rendimento.

Tabela 6 Teores de elementos químicos e estimativa de correlações de Pearson advindo de dados determinados a partir de plantas jovens de milho

Trat	Dose UCZ (mg.kg <sup>-1</sup> )	Teores dos seguintes minerais														
		N (g kg <sup>-1</sup> )	P (g kg <sup>-1</sup> )	K (g kg <sup>-1</sup> )	Ca (g kg <sup>-1</sup> )	Mg (g kg <sup>-1</sup> )	S (g kg <sup>-1</sup> )	B (mg kg <sup>-1</sup> )	Cu (mg kg <sup>-1</sup> )	Fe (mg kg <sup>-1</sup> )	Mn (mg kg <sup>-1</sup> )	Zn (mg kg <sup>-1</sup> )	Mo (mg kg <sup>-1</sup> )	Si (mg kg <sup>-1</sup> )	Na (mg kg <sup>-1</sup> )	Co (mg kg <sup>-1</sup> )
T1	0	36,07	3,41	38,61	6,64	3,0	2,29	13,78	20,62	1247,0	70,78	63,18	5,66	223,75	1519,9	0,25
T2	50	40,14	3,66	40,01	7,0	3,08	2,46	14,80	15,55	1281,3	64,97	38,13	4,84	212,44	1614,2	0,28
T3	100	38,21	3,57	41,39	7,41	3,32	2,47	11,80	44,02	1448,1	63,04	32,03	4,59	235,95	1863,1	0,84
T4	150	37,33	3,60	42,26	7,81	3,46	2,60	13,90	35,13	1574,9	68,85	31,66	5,25	237,94	1835,4	0,87
T5	200	38,06	3,42/	38,82	7,06	3,24	2,47	16,01	38,28	1034,7	54,02	28,71	4,42	215,53	1783,5	0,37
Média Geral		37,96	3,53	40,22	7,22	3,22	2,46	14,06	30,72	1317,2	64,33	38,74	4,95	225,12	1723,2	0,522
Desvio Padrão		1,48	0,11	1,59	0,44	0,18	0,11	1,54	12,10	205,88	6,53	14,08	0,50	11,58	149,1	0,31
Coef. Correlação		0,12	-0,06	0,26	0,59	0,74	0,72	0,36	0,72	-0,1	-0,72	-0,85	-0,65	0,12	0,79	0,43
p-valor		0,84	0,93	0,67	0,30	0,15	0,17	0,55	0,17	0,87	0,17	0,07	0,24	0,84	0,11	0,47

Tabela 7 Estimativas das variâncias (autovalores) associadas às quatro primeiras componentes principais e respectivos coeficientes de ponderação (autovetores) para os teores de elementos químicos determinados a partir de plantas jovens de milho submetidas ao tratamento de sementes com diferentes doses de UCZ e cultivados em sistema de gotejamento em areia com suplementação mineral.

CP	Variância (autovalor)	Variân- cia Acumu- lada (%)	Coeficientes de ponderação associados a														
			N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Mo	Si	Na	Co
CP1	7,70	51,3	0,057	0,198	0,336	0,350	0,340	0,312	-0,161	0,170	0,263	-0,019	-0,268	-0,121	0,268	0,326	0,345
CP2	4,06	78,4	-0,281	0,043	0,142	0,023	-0,038	-0,117	-0,290	-0,216	0,323	0,481	0,325	0,443	0,278	-0,163	0,103
CP3	2,22	93,2	0,490	0,533	0,145	0,048	-0,103	0,188	0,151	-0,473	0,133	0,162	-0,075	0,020	-0,244	-0,178	-0,130
CP4	1,01	100,0	-0,341	-0,235	-0,022	0,218	0,274	0,337	0,634	-0,299	-0,063	0,018	-0,071	0,294	-0,024	0,017	0,039

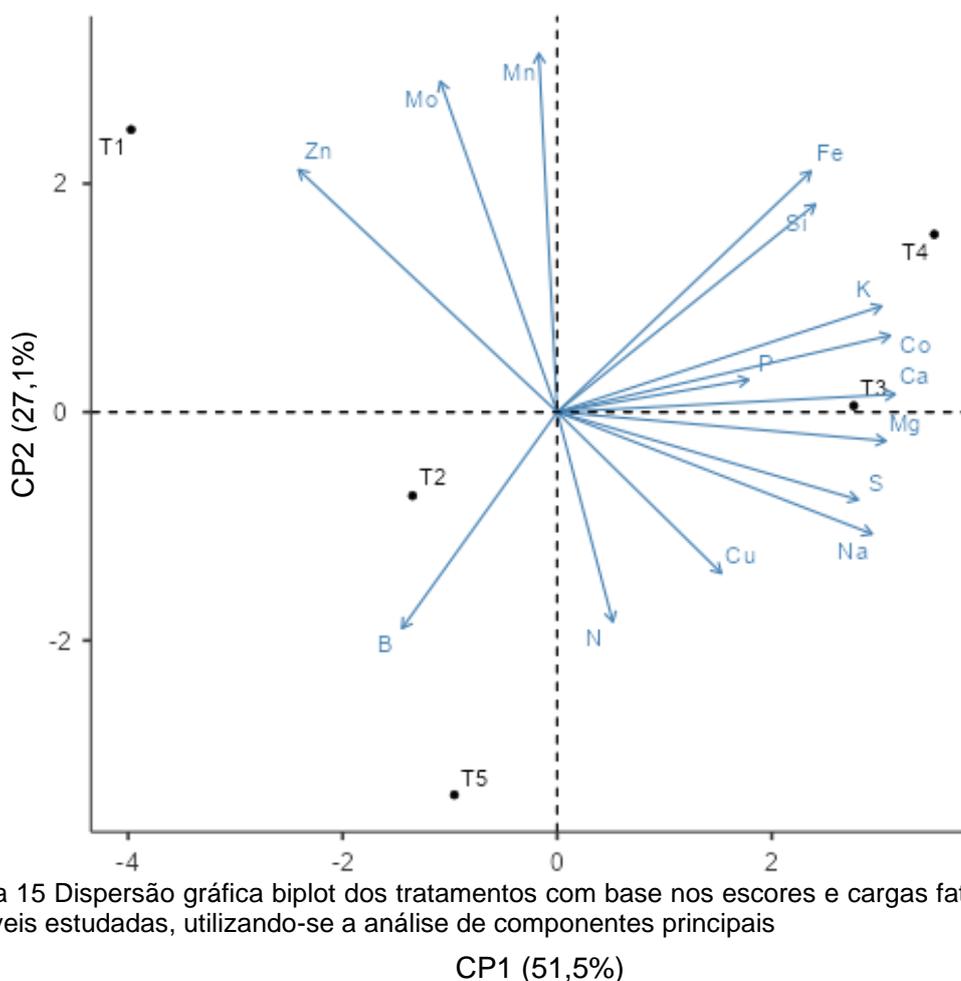


Figura 15 Dispersão gráfica biplot dos tratamentos com base nos escores e cargas fatoriais para as variáveis estudadas, utilizando-se a análise de componentes principais

CP1 (51,5%)

5.3 Avaliação dos efeitos do tratamento de sementes de milho com Uniconazole e/ou *Azospirillum brasilense*, combinado com a aplicação de diferentes doses de selenato de sódio sobre crescimento vegetativo, produção e composição química dos grãos

Pela avaliação da altura das plantas em função do tempo de cultivo (Figura 16), constatou-se incremento da estatura até o pendoamento com média geral dos tratamentos de 207,01 cm (IC95%: 198,3 e 215,7), tendo dados com distribuição contínua assimétrica. Nesse contexto, a utilização de modelo misto linear generalizado (GLMM), considerando-se dados com distribuição gama, foi o que proporcionou o menor AIC (725,18), indicando ser aquele com maior ajuste. Com a interpretação dos resultados da altura em termos gerais (Tabelas 8 e 9), constatou-se ausência de diferença significativa pelo teste F para os fatores principais (UCZ, AZP e SE) e respectivas interações. Esses resultados são discrepantes em relação aos obtidos por Ahmad *et al.* (2018), que verificaram que o uniconazole em concentrações mais altas (75 mg) tem efeito inibitório sobre o crescimento de plantas de milho cultivadas sob condições de déficit hídrico, de forma que resultaram em plantas com menor altura.

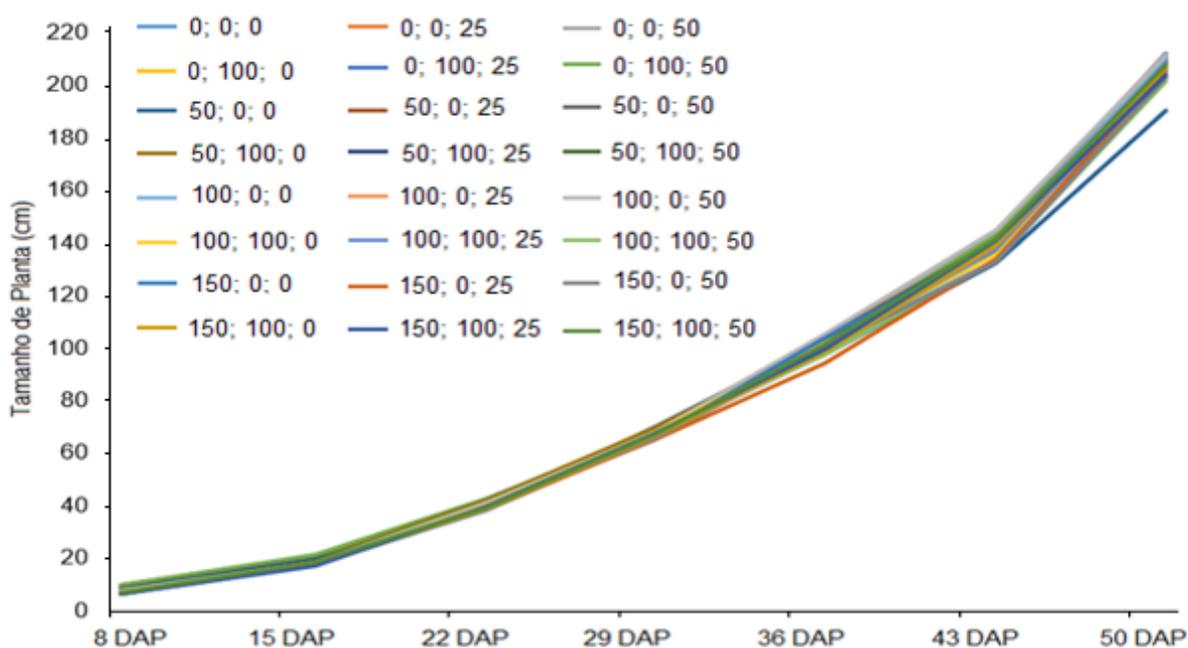


Figura 16 Mensuração semanal do crescimento de plantas de milho oriundas de diferentes tratamentos com UCZ (mg kg<sup>-1</sup> semente); AZP (ml saco<sup>-1</sup> de semente); e SE (g ha<sup>-1</sup>)

Pela análise exploratória dos dados coletados após a colheita, verificou-se apenas o atendimento das pressuposições da análise de variância para as variáveis diâmetro da espiga (DE) e fibra bruta dos grãos (FB). Pelos resultados da ANOVA para variável fibra bruta (Tabela 10), detectou-se diferença significativa para interação AZP x SE. Com o desdobramento dos graus de liberdade da interação (Figura 17), constatou-se que sementes inoculadas com *A. brasilense* em plantas submetidas à pulverização com 25 g ha<sup>-1</sup> de Se resultaram na redução do teor médio de fibra bruta. Contudo, plantas pulverizadas com 50 g ha<sup>-1</sup> de SE levaram ao efeito inverso, ou seja, houve incremento do teor de fibra bruta das sementes. Em estudos que avaliaram fibra bruta em milho, não encontraram diferenças significativas para efeito da inoculação com *A. brasilense* (SILVA *et al.*, 2021) e aplicação de uniconazole em sementes (DEMBOCURSKI *et al.*, 2022).

Tabela 8 Resumo da análise estatística empregando modelos lineares generalizados (GLMM) para a variável altura mensurada semanalmente

FV	GL	Quadrados Médios para as variáveis	
			F
Modelo corrigido	23		0,002ns
UCZ	3		0,004ns
AZP	1		0,000ns
SE	2		0,001ns
UCZxAZP	3		0,005ns
UCZxSE	6		0,002ns
AZPxSE	2		0,001ns
UCZxAZPxSE	6		0,002ns

NOTA: ns não significativo

Tabela 9 Médias estimadas da altura de plantas de MSG1001 levando em considerando os fatores principais do modelo no intervalo de confiança de 95%, para altura final

FV	Doses	Média	Erro Padrão	Inferior	Superior
UCZ	0	104,043	18,937	72,777	148,741
	50	102,227	18,607	71,507	146,145
	100	101,877	18,543	71,262	145,645
	150	101,185	18,417	70,778	144,655
AZP	Sem	102,301	13,166	79,456	131,715
	Com	102,354	13,173	79,496	131,783
SE	0	102,267	16,12	75,043	139,367
	25	101,866	16,057	74,749	138,821
	50	102,851	16,212	75,472	140,163

Pela avaliação dos dados das variáveis UM, CE, PROD, EE, MM, PB e PMS, empregando-se modelos lineares mistos (LMM), constatou-se apenas, pelos resultados da análise de deviance (Tabela 11), diferença significativa da interação entre *Azospirillum brasilense* (AZP) e o selênio (SE) para PMS. Pelo desdobramento da interação entre AZP e o SE para variável PMS (Figura 18), constata-se incremento da massa de mil grãos de plantas pulverizadas com SE (0 g ha<sup>-1</sup> ou 50 g ha<sup>-1</sup>), que são oriundas de sementes inoculadas com *A. brasilense*.

Tabela 10 Resumo da análise de variância e de testes de médias (Tukey a 5% de probabilidade) para a variável diâmetro de espiga (DS) avaliada no momento da colheita, e de fibra bruta (FB) analisada a partir da trituração da semente

FV	GL	Quadrados Médios para as variáveis	
		DS	FB
UCZ	3	130,01ns	0,001ns
AZP	1	450,06ns	0,0005ns
SE	2	390,46ns	0,0004ns
UCZxAZP	3	40,70ns	0,0022ns
UCZxSE	6	336,45ns	0,0023ns
AZPxSE	2	108,08ns	0,0102*
UCZxAZPxSE	6	124,57ns	0,0032ns
Resíduo	72	326,65	0,0027
CV (%)		4,37	4,47
Média Geral		14,1	1,20

NOTA: \*significância a 5% de probabilidade; ns não significativo; <sup>1/</sup> Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste t a 5% de probabilidade

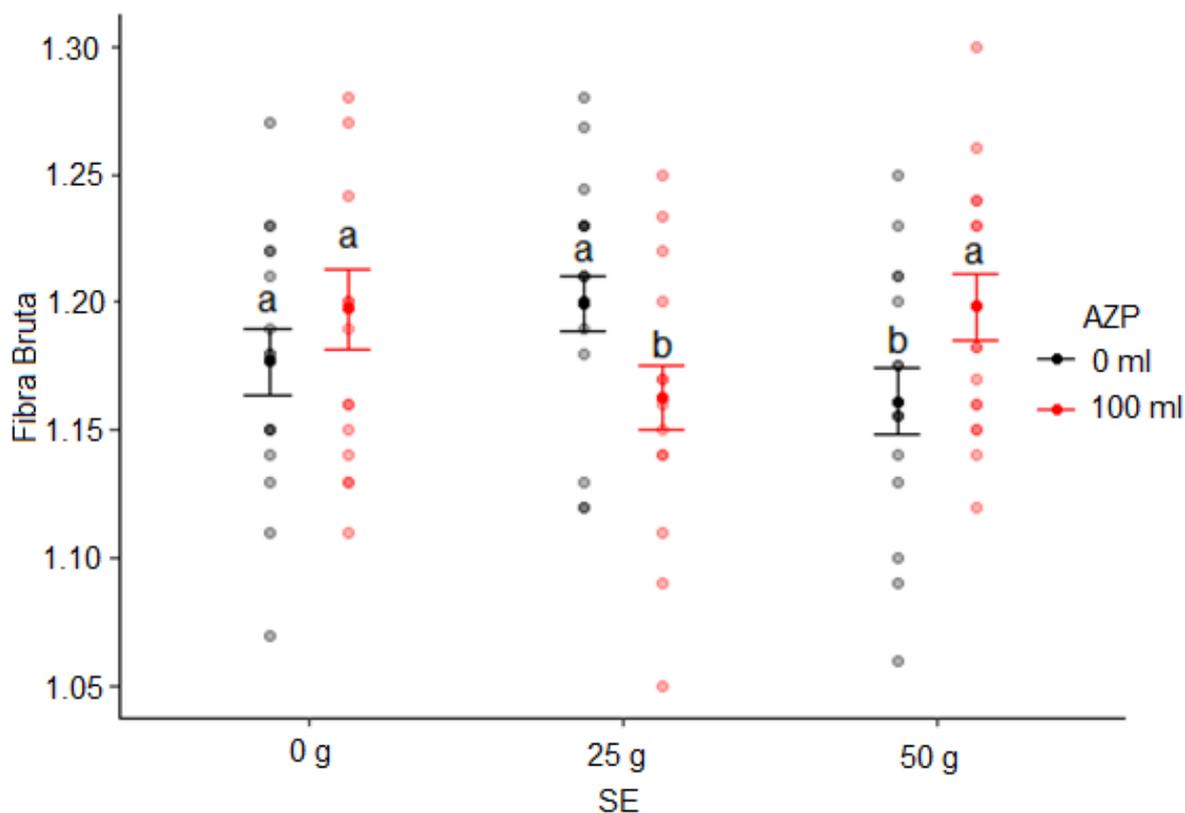


Figura 17 Efeito da interação entre concentrações de *Azospirillum brasilense* (AZP) em ml saco-1 de semente e selênio (SE) em g ha-1, sobre o teor de fibra bruta

Tabela 11 Resumo da análise de modelos lineares mistos (LMM) a 5%, para umidade de colheita (UM), comprimento de espiga (CE), produtividade (PROD), extrato estéril (EE), material mineral (MM), proteína bruta (PB) e peso de mil sementes (PMS)

Resultado teste	GL	Variáveis						
		UM	CE	PROD	EE	MM	PB	PMS
$\chi^2$	23	23,9ns	32,4ns	31,7ns	20,2ns	22,3ns	25,6ns	12,9*
P>Valor		0,40	0,09	0,10	0,62	0,49	0,31	0,02
CV (%)		3,98	2,97	18,7	2,02	1,45	1,69	3,95
Média		19,9	24,3	4,47	3,40	1,30	8,60	231,3

NOTA: \*significância a 5% de probabilidade; ns não significativo; <sup>1/</sup> Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste t a 5% de probabilidade

A massa de grãos é um componente de rendimento, que pode contribuir para o incremento da produtividade do híbrido, mas não foi detectada influência de nenhum dos fatores avaliados no presente estudo (Tabela 11). Contudo, estudos têm revelado a contribuição do *A. brasilense* (CAVALLET *et al.*, 2000; GALINDO *et al.*, 2016; SANGOI *et al.*, 2015), selênio (MUHAMMAD *et al.*, 2020) e uniconazole (DEMBOCURKI *et al.*, 2022; AHMAD *et al.*, 2018) para o incremento da produção em milho.

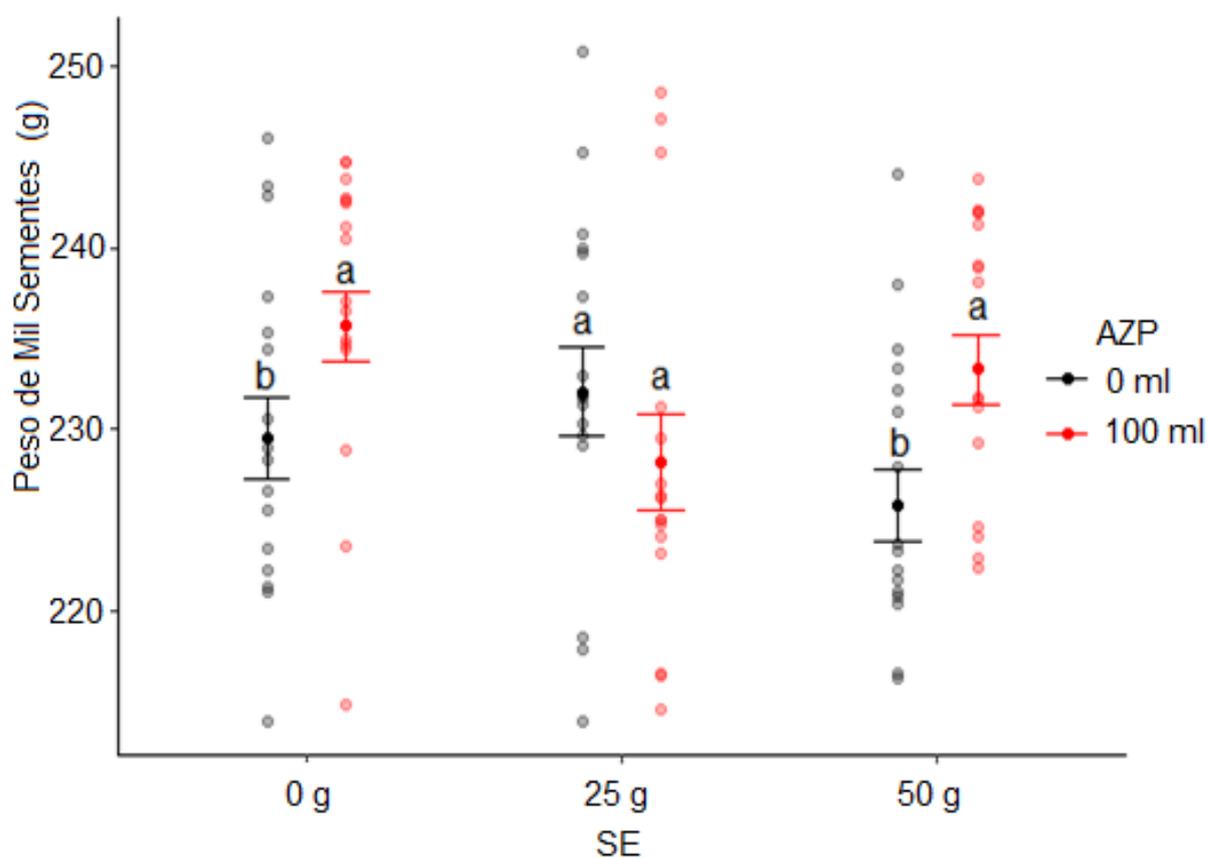


Figura 18 Efeito da interação entre concentrações de *Azospirillum brasilense* (AZP) em ml saco-1 de semente e selênio (SE) em ha-1 para peso de mil sementes (g)

Para o UCZ que foi testado neste experimento (EXP5), não se detectou diferença significativa para nenhuma das variáveis. Em estudo realizado por Ahmad *et al.* (2018b), que foi conduzido com baixa disponibilidade hídrica, verificaram que o tratamento de sementes com 25 mg kg<sup>-1</sup> promoveu incremento da produtividade. Recentemente, Dembocurski *et al.* (2022) detectaram também que o tratamento de sementes com 50 e 100 mg kg<sup>-1</sup> de UCZ resultou em maior produtividade do híbrido MSG1001, em ambiente com distribuição hídrica irregular (512 mm), tendo ocorrido 395 mm após o estágio R2.0 Já no presente estudo, totalizamos 1055 mm durante o desenvolvimento da cultura.

## 6 CONCLUSÕES

O uniconazole promove, após incubação da semente por 7 DAP a 25°C, retardo do processo germinativo com o aumento da sua dose, levando também à redução do tamanho e da biomassa da parte aérea, sem ter influência sobre a do sistema radicular.

Sementes tratadas com doses crescentes de uniconazole e submetidas ao teste de envelhecimento acelerado resultam na redução do tamanho e da biomassa da parte aérea sem reduzir a percentagem de germinação.

O aumento da dose de uniconazole promove inibição do crescimento inicial da parte aérea de plantas cultivadas em areia, ocorrendo, com o transcorrer do tempo, a uniformização da altura independentemente do tratamento. Além disso, imagens geradas pelo sistema Winrizho revelam que o incremento da dose de uniconazole promove aumento do comprimento e da área das raízes com redução do diâmetro.

Pela análise dos dados de reflectância de tecidos foliar de plantas submetidas a diferentes tratamentos de sementes com uniconazole, verifica-se modificação da capacidade de absorção de luz conforme a dose desse regulador do crescimento.

A composição mineral de tecido foliar de plantas jovens oriunda de sementes tratadas com uniconazole é modificada, sendo que, nas doses 100 e 150 mg Kg<sup>-1</sup>, há incremento de Fe, Si, K, Co, Ca, Mg, S e Na.

Plantas cultivadas em condições de campo, obtidas de sementes tratadas com uniconazole e *Azospirillum brasilense*, e de selenato de sódio aplicado via foliar, resultam na modificação da massa de mil grãos sem efeito sobre a estatura das plantas e produtividade. Em relação à composição química dos grãos, sementes inoculadas com *A. brasilense* e submetidas à pulverização com 25 g ha<sup>-1</sup> de selênio resultam na redução do teor médio de fibra bruta em grãos.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADEBAYO, A; YAKUBU. F. O; AKPATA, O. B. Uptake, metabolism and toxicity of selenium in tropical plants. *In: Importance of Selenium in the Environment and Human Health. IntechOpen*, [s.l.], mar, 2020.

AHMAD, I.; KAMRAN, M; ALI, S.; CAI, T.; BILEGJARGAL, B.; LIU, T.; HAN, Q. Seed filling in maize and hormones crosstalk regulated by exogenous application of uniconazole in semiarid regions. **Environmental Science and Pollution Research International**, [s.l.], v. 25, p.33225-33239, nov. 2018.

ALAZEM, M.; LIN, N.S. Roles of plant hormones in the regulation of host – virus interactions. **Molecular Plant Pathology**, [s.l.], v. 16, n. 5, p. 529-540, jun. 2015.

ALBUQUERQUE, T.C.S. de; MOUCO, M A. do C.; ALBUQUERQUE NETO, A. A. de. Reguladores de crescimento vegetal na concentração de macronutrientes em videira Itália. **Bragantia: Instituto Agrônomo de Campinas**, [s.l.], v. 67, n. 3, p. 553-561, mar. 2008.

ALLEN'KINA, S.A.; ROMANOV, N.I; NIKITINA, V. E. Regulação por lectinas de *Azospirillum* da atividade de enzimas antioxidantes em raízes de plântulas de trigo sob estresses de curto prazo, **Brazilian Journal Botany**, [s.l.], v. 41, p. 579-587, 2018.

ALLEN'KINA, A.S; NIKITINA, V.E. Stimulating Effect from Lectins of Associative Bacteria of the Genus *Azospirillum* on the Germination and Morphometric Characteristics of Spring Wheat Sprouts in Simulated Abiotic Stress. **Russian Journal of Plant Physiology**, [s.l.], v. 68, p. 315-321, 2021.

ALLIPRANDINI, L.F.; ABATTI, C; BERTAGNOLLI, O. F; CAVASSIM, J. E; GABE, H. L; KUREK, A; MATSUMOTO, M. N; OLIVEIRA, M. A. R; PRADO, L.C; PITOL, C; STECKLING, C. Understanding soybean maturity groups in Brazil: environment, cultivar classification and stability. **Crop Science**, [s.l.], v. 49, p. 801-808, 2009.

ALMEIDA, R. N. de; VALADARES, F. V; SILVA, L. O E; NETO, J. D. de; FERRAZ, D. R; VETTORAZZI, J. C. F; BERILLI, A. P. C. G; MOULIN, M; Evaluation of Maize Varieties for Grain Yield under Water-restricted Conditions. **Journal of Experimental Agriculture International**, [s.l.], v.39, n.4, p.1-13, jul. 2019.

ALMEIDA, J.A.P. de; OLIVEIRA, P.J. de. **Sensoriamento remoto I**. Comportamento espectral dos objetos geográficos. São Cristóvão: Universidade Federal de Sergipe – SE. CESAD, 2010.

ALMEIDA, G.; M.; RODRIGUES, J. G. L. Desenvolvimento de plantas através da interferência de auxinas, citocininas, etileno e giberilinas. **Brazilian Journal of Applied Technology for Agricultural Science**, Guarapuava, v.9, n.3, p.111-117, 2016.

ARGUESO, C. T; FERREIRA, F. J; EPPLE, P; PARA, J. P. C; HUTCHISON, C. E; SCHALLER, G. E; DANGL, J. L; KIEBER, J.J. Two-component elements mediate interactions between cytokinin and salicylic acid in plant immunity. **PLoS Genetics**, [s.l.], v. 8, n. 1, jan. 2012.

ARSENAULT J.-L., S. POULCUR, S; MESSIER, C; GUAY, R. WinRHIZO, a root-measuring system with a unique overlap correction method. **Horticultural Science**, [s.l.], v. 30, p. 906, jul. 1995.

ASD, I. FieldSpec4. Boulder. **Malvern Panalytical a spectris company**, [s.l.], 2015.

ASODA T; TERAJ, H; KATO, M; SUZUKI, Y. Effects of postharvest ethanol vapor treatment on ethylene responsiveness in broccoli. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 52, p. 216-220, mai. 2009.

Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT NBR ISSO 9261. **Equipamentos de irrigação agrícola – Emissores e tubos emissores – Especificação e métodos de ensaio**. Rio de Janeiro. p. 17, set. 2006.

BASTOS FILHO, G.S. Ministério da agricultura e Abastecimento. Secretaria de Política Agrícola. Portaria nº 467, de 8 de outubro de 2021. **Diário oficial da União**. ed. 193, p. 88, 2021.

BEAL, W.J. **Crossing and hybridizing plants**. Lansing: 15th Republic Michigan Board of Agriculture, [s.l.], 1870.

BENDER, R.R.; HAEGELE, J. W; RUFFO, M. L; ABAIXO, F. E. Nutrient uptake, partitioning, and remobilization in modern, transgenic insect-protected maize hybrids. **Agronomy Journal**, [s.l.], v. 105, p. 161-170, jan. 2013.

BERILLI, A. P. C. G.; ALMEIDA, R. N, de; GOTTARDO, L. E; MOULIN, M. M. Genetic Gains to Grain Yield of Maize Varieties for Small Farmers in Brazil. **Journal of Experimental Agriculture International**, [s.l.], v.42, p.1-12, dez. 2020.

BITTENCOURT, S.R.M.; VIEIRA, R.D. Temperatura e período de exposição de sementes de milho no teste de envelhecimento acelerado. **Revista Brasileira de Sementes**, [s.l.], v.28, n.3, p.61-168, 2006.

BOHM, W. Methods of Studying Root Systems. Springer Verlag, Berlin. 1979. **Ecological Studies**, New York, v 33, ed. 1, p, 188, nov. 2012.

BONIN, M.P.; MORAES, C.P. de; MARTINI, G.A.; BENEDITO, P.V.; SOUZA-LEAL, T. Avaliação dos tratamentos pré-germinativos em diferentes concentrações de GA3 na germinação de *Alcantarea imperialis* (Vell.) Harms. **Scientia Plena**, [s.l.], v. 6, n. 5, p. 1-4, mai. 2010.

BOUMA T.J.; NIELSEN, K. L; KOUTSTAAL, B. Sample preparation and scanning protocol for computerized analysis of root length and diameter. **Plant and Soil**, [s.l.], v. 218, p. 185-196, jan. 2000.

BOURSCHEIDT, C.E. **Bioestimulante e seus efeitos agrônômicos na cultura da soja (*Glycine max*)**. Monografia (Bacharelado em Agronomia). Unijuí – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2011.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes / Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. Secretaria de Defesa Agropecuária. – Brasília: Mapa/ACS, p. 399, 2009.

BRESINSKY, A.; KORNER, C.; KADEREIT, J. W.; NEUHAUS, G.; SONNERWALD, U. **Tratado de Botânica de Strasburger**. Porto Alegre: Artmed, 2012.

BRILHANTE, B.D.G.; SANTOS, T.D.O.; SANTOS, P.H.A.D.; KAMPHORST, S.H.; NETO, J.D.S.; RANGEL, L.H.; VALADARES, F.V.; DE ALMEIDA, R.N.; RODRIGUES, R.;

JÚNIOR, A.C.S.; MOULIN, M.M. Phenotypic and Molecular Characterization of Brazilian Capsicum Germplasm. **Agronomy**, [s.l.], v. 11, n.5, p. 854, abr. 2021.

BRUM, M. S.; CUNHA, V. S.; STECCA, J. D. L.; GRANDO, L. F. T.; MARTIN, T. N. Components of corn crop yield under inoculation with *Azospirillum brasilense* using integrated crop-livestock system. **Acta Scientiarum Agronomy**, [s.l.], v. 38, n. 4, p. 485-492, set. 2016.

BUCHANAN B.B.; GRUISSEM, W.; JONES, R.L. Biochemistry and Molecular Biology of Plants. **American Society of Plant Physiology**. Maryland: Rockville, 2000.

BUCHANAN-WOLLASTON, V. The molecular biology of leaf senescence. **Journal of Experimental Botany**, [s.l.], v. 48, n. 307, p. 181-199, fev. 1997.

BUCHANAN-WOLLASTON, V.; EARL, S.; HARRISON, E.; MATHAS, E.; NAVABPOUR, S.; PAGE, T.; PINK, D. The molecular analysis of leaf senescence – a genomics approach. **Plant Biotechnology Journal**, [s.l.], v. 1, n. 1, p. 3-22, jan. 2003.

CAMPOS, M. F.; ONO, E. O; BOARO, C. S. F; RODRIGUES, J.D. Análise de crescimento em plantas de soja tratadas com substâncias reguladoras. **Revista Biotemas**, Florianópolis – SC. v. 21, n. 3, p. 53-63, set. 2008.

CAMPOS, G. M., **Estatística para docentes e pós-graduados**. In: Programa de incentivo à produção de material didático do SIAE, Pró-reitoria de graduação e Pós-graduação da USP. São Paulo: USP, 2000.

CASTRO, P. R. C.; VIEIRA, E. L. **Aplicações de reguladores vegetais na agricultura tropical**. Guaíba: Livraria e Editora Agropecuária, 2001.

CAVALLET, L.; PESSOA, A.; HELMICH, J.; HELMICH, P.; Ost, C. Produtividade do milho em resposta à aplicação de nitrogênio e inoculação das sementes com *Azospirillum* spp. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 4, n 1, p. 129-132, 2000.

CARENA, M. J; HALLAUER, A.R; FILHO, J. B. M. Quantitative Genetics in Maize Breeding, Handbook of Plant Breeding. **Springer Nova York**, [s.l.], v. 6, n. 3, p. 655-663, 2010.

CHAUHAN, R.; AWASTHI, S.; INDOLIYA, Y.; CHAUHAN, A.S.; MISHRA, S.; AGRAWAL, L.; SRIVASTAVA, S.; DWIVEDI, S.; SINGH, P.C.; MALLICK, S.; CHAUHAN, P.S.; PANDE, V.; CHAKRABARTY, D.; TRIPATHI, R.D. Transcriptome and proteome analyses reveal selenium mediated amelioration of arsenic toxicity in rice (*Oryza sativa* L.). **Journal of Hazardous Materials**, [s.l.], v. 390, p. 122122, mai. 2020.

CHO, M.; SKIDMORE, A. A new technique for extracting the red edge position from hyperspectral data: The linear extrapolation method. **Remote Sensing of Environment**, [s.l.], v. 101, n. 2, p. 181-193, 2006.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos safra 2020/21**. primeiro levantamento v. 8 2020. Disponível em: file:///C:/Users/Acer/Downloads/BoletimZdeZSafra\_1ZLevantamento.pdf. Acessado em: 18 mai. 2022.

CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. Mercado agrícola. 2021b. **Stonex Brasil**. Disponível em: <https://www.mercadosagricolas.com.br/inteligencia/brasil-produz-milho-em-tres-safras-por-ano/>. Acessado em: 18 mai. 2022.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. Acompanhamento - safra de grãos, Brasília, v.9 – Safra 2021/22, n.2- Segundo levantamento, Brasília, p. 1-92, nov. 2021a.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. Acompanhamento - safra de grãos, Brasília – Safra 2022/23, n. 7, Sétimo levantamento, Brasília, v. 10, abr. 2023.

CORASSA, G. M.; BERTOLLO, G. M.; GALLON, M.; BONA, S. D.; SANTI, A. L. Inoculação com *Azospirillum brasilense* associada à adubação nitrogenada em trigo na região norte do Rio Grande do Sul. **Enciclopédia biosfera Centro Científico Conhecer**, [s.l.], v. 9, n. 16, p. 1298-1308, abr. 2013.

CIAMPITTI, I. A.; ELMORE, R. W.; LAUER, J. Fases do desenvolvimento da cultura do milho. **Kansas state university Agricultural Experiment Station and Cooperative Extension Service**, 2016. Disponível em: [https://www.npct.com.br/npctweb/npct.nsf/article/BRS-3137/\\$File/MF3305BP-CornGrowth-portuguese\\_FINAL.pdf](https://www.npct.com.br/npctweb/npct.nsf/article/BRS-3137/$File/MF3305BP-CornGrowth-portuguese_FINAL.pdf), acesso em: 09 mai. 2022.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. **Editora UFV**, Viçosa, v.1, n. 3, p. 480, 2004.

CRUZ, C. D. GENES - a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Viçosa, v. 35, n. 3, p. 271-276, set. 2013.

CUI, H.; FENG, N.; SUN, F.; LIU, C.; HE, T.; ZHAO, J.; LIU, Y.; GONG, S.; SHI, C.; ZHENG D. Effects of DTA-6 and S3307D on physiological regulation in normal and abscission pods of soybean. **Scientia Agricultura Sinica**, [s.l.], v. 49. P. 2921-2931, 2016.

CURRAN, P. J.; DUNGAN, J. L.; MACLER, B. A.; PLUMMER, S. E. The effect of a red leaf pigment on the relationship between red edge and chlorophyll concentration. **Remote Sensing of Environment**, [s.l.], v. 35, n 1, p. 69-76, jan. 1991.

DANTAS, A. C. V. L.; QUEIROZ, J. M. de O.; VIEIRA, E. L.; ALMEIDA, V. de O. Effect of gibberellic acid and the *bioestimulant Stimulate®* on the initial growth of tamarind. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal-SP, v. 34, n. 1, p. 8-14, 2012.

DAVENPORT, T.L. Potential problems with use of uniconazole on mango (*Mangifera indica*). **Plant Growth Regulation Society of America Quarterly**, Alexandria, v.22, n. 1, p.143-153, 1994.

DAVENPORT, T. L.; NUÑEZ-ELISEA, R. Reproductive physiology. *In*: LITZ, R.E. **The mango**. Wallingford: CAB International, 1997. p. 69-121.

DAVIES, P.J. Plant Hormones: Biosynthesis, Signal Transduction, Action Netherlands: **Kluwer Academic**, [s.l.], v. 2, p. 816, 2004.

DAVIES, P.J. Hormônios Vegetais: Biossíntese, Transdução de Sinal, Ação! **Kluwer Academic**, Dordrecht, Holanda, 2010.

DEMBOCURSKI, D; DISNER, E.C; SCHUELTER, A.R.; SOUZA, I.R.P.; COELHO, S.R.M.; CHRIST, D. Use of uniconazole in growth regulation and biochemical changes in maize modificações bioquímicas em milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, [s.l.], v. 21, 2022.

DIAS, J.P.T.; GASTL FILHO, J. Reguladores vegetais na propagação de plantas. *In*: DIAS, J.P.T. (Org.). **Usos e Aplicações de Reguladores Vegetais**. Belo Horizonte: UEMG, 2020. p. 53-73.

DOBBELAERE, S.; OKON, Y. The Plant Growth-Promoting Effect and Plant Responses. *In*: ELMERICH, C.; NEWTON, W.E. (eds) **Associative and Endophytic Nitrogen-fixing Bacteria and Cyanobacterial Associations**. Nitrogen Fixation: Origins, Applications, and Research Progress, Springer, Dordrecht, p. 145 – 170, 2007.

DUBE, S. P.; MARAIS, D.; MAVENGAHAMA, S.; VAN JAARVELD, C. M.; GERRANO, A. S. Variability in leaf mineral content of *Corchorus accessions* in South Africa. **Research on Crops**, [s.l.], v.20, n.1, p.121-128, abr. 2019.

DU JARDIM, P. Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. **Scientia Horticulturae**, [s.l.], v. 196, p. 3-14, nov. 2015.

EAST, E.M. Inbreeding in corn. **Connecticut Agricultural Experimental Station Report**, [s.l.], 1908.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Indicações técnicas para cultivo de milho e de sorgo no Rio Grande do Sul safras 2017/2018 e 2018/2019**. IFRS: Campus Sertão. p. 25, 2017.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solo**. Rio de Janeiro: CNPSO, 2006.

ESPINDULA, M.C.; ROCHA, V. S; SOUZA, L.T de; SOUZA, M. A. de; GROSSI, J. A. S. Efeitos de reguladores de crescimento na elongação do colmo de trigo. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá (PR), v. 32, n.1, p.109-116, 2010.

FANCELLI, A.L. Fisiologia: Manejo baseado na fenologia aumenta eficiência de insumos e produtividade: Plantio de milho com épocas de semeadura e cultivares de ciclos diferentes para aumentar eficiência de aplicação de insumos e tratos culturais. **Visão Agrícola**, [s.l.], n. 13, p. 24-29, dez. 2015.

FENG, R.; WEI, C.; TU, S. The roles of selenium in protecting plants against abiotic stresses. **Environ. Experimental Botany**, [s.l.], v 87, p. 58-68, mai. 2013.

FERREIRA, M. E.; SILVA, J. R. **Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto- SBSR**, Curitiba, PR, Brasil, INPE. p.6727. p. 6727-6733, 2011. Fertilizantes Foliares No Manejo Da. 2013.

FETTER, P. R. **Hidrolisados de resíduos de raízes e caules de tabaco para estimulação da germinação de sementes de arroz e milho**. Orientador: Rosana de Cassia de S. Schneider. 2018. 70f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental) - Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental, Universidade de Santa Cruz do Sul, Santa Cruz do Sul, 2018.

FOX, J. **Applied Regression Analysis and Generalized Linear Models**. SAGE Publications Asia Pacific Pte. Ltd.: California, 2016.

FLETCHER, R.A.; GILLEY, Â.; SANKHLA, N.; DAVIS, T. D. Triazole as plant growth regulators and stress protectants. **Horticultural Reviews**, [s.l.], v. 24, p.55-138, 1999.

FREIRE, F. M.; VIANA, M. C. M.; MASCARENHAS, M. H. T. M.; PEDROSA, M.W.; COELHO, A.M.; ANDRADE, C. de L. T. Produtividade econômica e componentes da produção de espigas verdes de milho em função da adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete lagsos, v. 9, n. 3, p. 213-222, 2010.

FRESCHI, J. A. IMPORTÂNCIA DA AUXINAS E DA CITOCININA PARA A NUTRIÇÃO DA PLANTA E O ENXIMENTO DE FRUTOS. **Stoller**, 2019. Disponível em: <https://www.stoller.com.br/a-importancia-da-auxina-e-da-citocinina-para-a-nutricao-da-planta-e-o-enchimento-de-frutos/>. Acesso em: 20 mai. 2022.

FUKAMI, J.; NOGUEIRA, M. A.; ARAUJO, R. S.; HUNGRIA, M. Accessing inoculation methods of maize and wheat with *Azospirillum brasilense*. **AMB Express**, [s.l.], v. 6, p. 1-13, 2016.

GALINDO, F.S.; FILHO, M.T; BUZETTI, C. M; SANTINI, K; ALVEZ, J. M; NOGUEIRA, C. J; LUDKIEWICZ, L. M. Z; BAIOTO, M. BELLOTTE, M; LEONARDO, J. Corn Yield and Foliar Diagnosis Affected by Nitrogen Fertilization and Inoculation with *Azospirillum brasilense*. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa, v. 40, p. 1-18, jan. 016.

GAN, S.; AMASINO, R.M. Cytokinis in plant senescence: from spray and pray to clone and play. **BioEssays**, [s.l.], v. 18, n. 7, p. 557-565, jul. 1996.

GARCÍA-OLIVERAS, J. C.; MENDOZA-HERRERA, A.; MAYEK-PÉREZ, N. Efecto de *Azospirillum brasilense* em el rendimiento del maíz em el norte de Tamaulipas, México. **Universodad y Ciencia**, [s.l.], v. 28, p. 79-84, nov. 2012.

GIGOLASHVILI, T; KOPRIVA, S. Transporters in plant sulfur metabolism. **Frontiers in Plant Science**, [s.l.], v. 5, p. 442, set. 2014.

GONÇALVES, C. X. **Alterações moleculares, físico-químicas e fisiológicas em melões e tomates**: relações com etileno e citocininas. Orientador: Cesar Valmor Rombaldi. 2013. 131 f. Tese (Doutorado em Biotecnologia) - Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2013.

GOUVEIA, G.C.C.; GALINDO, F. S.; DANTAS, B. L. M. G.; CAROLINE, R. S. A.; PEREIRA, B. M. M.; SOUSA, D. M.; ROMILDI, T.; RENAN, F.; TAVANTI, T. R; LAVRES, J; REIS, A. R. dos. Selenium toxicity stress-induced phenotypical, biochemical and physiological responses in rice plants: characterization of symptoms and plant metabolic adjustment. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, [s.l.], v. 202, out. 2020.

GUIGNARDI, Z.; SCHIAVON, M. Biochemistry of plant selenium uptake and metabolism. **Plant Ecophysiology**, [s.l.], v. 6, p. 21-34, 2017.

GUO, J.; LU, C.; ZHAO, F.; GAO, S.; WANG, B. Improved reproductive growth of euhalophyte *Suaeda salsa* under salinity is correlated with altered phytohormone biosynthesis and signal transduction. **Functional Plant Biology**, [s.l.], v. 47, n, 2, p. 170 – 183, fev. 2020.

GUERRA A.M.N. de M.; EVANGELISTA, R. S.; SILVA, M. G. M.; SANTOS, D. S. dos. Nitrogênio influencia o acúmulo de biomassa e o rendimento de óleo essencial de

manjeriçã. **Brazilian Journal of Development.**, São José dos Pinhais, v. 6, n. 5, p. 24739-24756, mai. 2020.

GUERRERO, B.; LIUGANY, M.; PALACIOS, O.; VALIENTE, M. Dual effects of different selenium species on wheat. **Plant Physiology Biochemistry**, [s.l.], v. 83, p. 300-307, out. 2014.

GUPTA, M.; GUPTA, S. An overview of selenium uptake, metabolism, and toxicity in plants. **Frontiers Plant Science**, [s.l.], v. 7, p. 2074, jan. 2017.

GREGERSEN, P.L.; HOLM, P. B.; KRUPINSK, K. Leaf senescence and nutrient remobilisation in barley and wheat. **Plant Biology**, [s.l.], v. 10, p. 37-49, set. 2008.

HABIBI, G. Physiological, photochemical and ionic responses of sunflower seedlings to exogenous selenium supply under salt stress. **Acta Physiologiae Plantarum**, [s.l.], v. 39, n. 10, p. 1-9, out. 2017.

HAN, D.; DU, M.; ZHOU, Z.; WANG, S.; LI, T.; HAN, J.; XUE, T.; YANG, G. Overexpression of a *Malus baccata* NAC Transcription Factor Gene MbNAC25 Increases Cold and Salinity Tolerance in Arabidopsis. **International Journal Molecular Science**, [s.l.], v. 21, p. 4, fev.2020.

HENNING, L.; NEPOMUCENO, A. Plantas tolerantes a estresses climáticos. **SEEDnews**. ed 25. 2021. Disponível em: <https://seednews.com.br/artigos/3564-plantas-tolerantes-a-estresses-climaticos-edicao-maio-2021>. Acesso em: 15 mai. 2022.

HE, P.; OSAKI, M.; TAKEBE, M.; SHINANO, T.; WASAKI, J. Endogenous hormones and senescence-related gene expression in different types of maize senescence. **Journal of Experimental Botany**, [s.l.], v. 56, n. 414, p. 1117-1128, abr. 2005.

HORTENSTEINER, S.; FELLER, U. Nitrogen metabolism and remobilization during senescence. **Journal of Experimental Botany**, [s.l.], v. 53, n. 370, p. 927-937, abr. 2002.

HU, D. G.; SUN, C. H.; ZHANG, Q. Y.; GU, K. D.; HAO, Y.J. The basic helix-loop-helix transcription factor MdbHLH3 modulates leaf senescence in apple via the regulation of dehydratase-enolase-phosphatase complex 1. **Horticulture Research**, [s.l.], v. 7, p. 50, abr. 2020.

HU, Q.; XU, J.; PANG, G. Effect of selenium on the yield and quality of green tea leaves harvested in early spring. **Journal Agriculture Food Chemistry**, [s.l.], v. 51, p. 3379-3381, 2003.

HUANG, M.J.; FANG, Y.; LIU, Y.; SUN, J.; TAO, X.; MA, X.; ELE, K.; ZHAO, H. Using proteomic analysis to investigate uniconazole induced phytohormone variation and starch accumulation in duckweed (*Landoltia punctata*). **BMC Biotechnology**, [s.l.], p. 15-81, set. 2015.

HUTH, C.; BECHE, M.; FUZZER, F. A.; SEGALIN, S. R.; ZEN, H. D.; BARBIERI, A. P. P.; HAESBAERT, F. M.; MERTZ, L. M. **Desempenho inicial de sementes de milho tratadas com biorreguladores**. Artigo (Graduação) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria - RS, p. 6, 2012. Disponível em: <http://docplayer.com.br/41105130-Desempenho-inicial-de-sementes-de-milho-tratadas-com-biorreguladores-1-resumo.html>. Acesso em: 29 dez. 2021.

HUND, A.; RUTA, N.; LIEDGENS, M. Rooting depth and water use efficiency of tropical maize inbred lines, differing in drought tolerance. **Plant and Soil, Dordrecht**, [s.l.], v. 318, n. 1/2, p. 311-325, dez. 2009.

HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; SOUZA, E. M.; PEDROSA, F. O. Inoculation with selected strains of *Azospirillum brasilense* and *A. lipoferum* improves yields of maize and wheat in Brazil. **Plant Soil**, [s.l.], v. 331, p. 413-425, 2010.

HUNGRIA, M. **Inoculação com *Azospirillum brasilense*: inovação em rendimento a baixo custo**. Embrapa Soja, Documento 325. Londrina-PR, 2011.

HUNGRIA, M.; NOGUEIRA, M. A.; ARAUJO, R. S. Inoculation of *Brachiaria* spp. with the plant growth promoting bacterium *Azospirillum brasilense*: an environment-friendly component in the reclamation of degraded pastures in the tropics. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, [s.l.], v. 221, p. 125-131, 2016.

INTERNATIONAL SERVICE FOR THE ACQUISITION OF AGRI-BIOTECH APPLICATIONS. **Global status of commercialized Biotech/GM crops in 2019**. Ithaca: ISAAA, BRIEF, Quenia, n. 55, nov. 2019.

JAISWAL, S.K.; PRAKASH, R.; SKALNY, A. V.; SKALNAYA, M.G.; GRABEKIS, A. R.; SKALNAYA, A. A.; TINKOV, A.A.; ZHANG, F.; GUO, X.; PRAKASH, T. N. Synergistic effect of selenium and UV-B radiation in enhancing antioxidant level of wheatgrass grown from selenium rich wheat. **Journal of Food Biochemistry**, [s.l.], ed. 5, v. 42, p. 1-12, jul. 2018.

JIANG, C.; ZU C.; LU, D.; ZHENG, Q.; SHEN, J.; WANG, H.; LI, D. Effect of exogenous selenium supply on photosynthesis, Na<sup>+</sup> accumulation and antioxidative capacity of maize (*Zea mays* L.) under salinity stress. **Scientific Reports**, [s.l.], v. 7, p. 1-14, fev. 2017.

JIANG, K.; ASAMI, T. Chemical regulators of plant hormones and their applications in basic research and agriculture. bioscience biotechnology biochemistry. **Bioscience Biotechnology Biochemistry**, [s.l.], v. 82, n. 8, p. 1265-1300, abr. 2018.

JIN, Y.Z.; QING, N. de; LIU, W. W.; QI, H. Y. Ethanol vapor treatment maintains postharvest storage quality and inhibits internal ethylene biosynthesis during storage of oriental sweet melons – Review. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 86, n. 4, p. 372-380, dez. 2013.

KADER, A. A. Postharvest biology and technology: an overview. In: KADER, A. A. **Post harvest of technology horticulture crops**. Davis: University of California. Division of Agriculture and Natural Resources, 1992.

KASSIE, A. T.G.; ABDULAI, A.; GREENE, W. H.; SHIFERAW, B.; ABATE, T.; TAREKEGNE, A.; SUTCLIFFE, C. Modeling preference and willingness to pay for drought tolerance (DT) in maize in rural Zimbabwe. **World Development**, [s.l.], v 94, p.465-477, jul. 2017.

KAZI, N.; DEAKER, R.; WILSON, N.; MUHAMMAD, K.; TRETOWAN, R. The response of wheat genotypes to inoculation with *Azospirillum brasilense* in the field. **Field Crops Research**, [s.l.], v. 196, p. 368-378, set. 2016.

KELLER, J.; KARMELI, D. Trickle irrigation design parameters. **Transactions of the ASAE, St. Joseph**, v.17, n.4, p.678-84, 1974.

- KELLEY, K.B.; RIECHERS, E.E. Recent developments in auxin biology and new opportunities for auxinic herbicide research, **Pesticide Biochemistry and Physiology**, [s.l.], v. 89, p1-11, set. 2007.
- KERBAUY, G.B. **Fisiologia Vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2012.
- KIEBER, J. J.; SCHALLER, G. E. **Cytokinins. The Arabidopsis Book**, [s.l.], v. 12, p. 168, 2014.
- KIM, J.; KIM, J. H.; LYU, J. I.; WOO, H. R.; LIM, P.O. New insights into the regulation of leaf senescence in Arabidopsis. **Journal of Experimental Botany**, [s.l.], v. 69, p. 787-799, ago. 2018.
- KUCERA, B.B.; COHN, M.A.; METZGER, G. L. Plant hormone interactions during seed dormancy release and germination. **Seed Science Research**, [s.l.], v. 15, n. 4, p. 281-307, fev. 2005.
- KUMAR, K.; GAMBHIR, G.; DASS, A.; TRIPATHI, A. K.; SONGH, A.; JHA, A. K.; YADAVA, P.; CHOUDHARY, M.; RAKSHIT, S. Genetically modified crops: current status and prospects. **Planta**, [s.l.], ed. 4, v. 251, n. 91, p. 1-27, mar. 2020.
- KUSABA, M.; ITO, H.; MOTIRA, R.; LIDA, S.; SATO, Y.; FUJIMOTO, M.; KAWASAKI, S.; TANAKA, R.; HIROCHIKA, H.; NISHIMURA, M.; TANAKA, A. Rice NON-YELLOW COLORING1 Is Involved in Light-Harvesting Complex II and Grana Degradation during Leaf Senescence. **Plant Cell**, [s.l.], v. 19, p. 1362-1375, abr. 2007.
- LANZA, M.G.D.B.; SILVA, V. M.; MONTANHA, G. S.; LAVRES, J.; CARVALHO, H. W. P.; REIS, A. R. Assessment of selenium spatial distribution using  $\mu$ -XFR in cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) plants: integration of physiological and biochemical responses. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, [s.l.], v. 207, jan. 2021.
- LANZA, M.G.D.B.; REIS, A. R. dos. Roles of selenium in mineral plant nutrition: ROS scavenging responses against abiotic stresses. **Plant Physiology and Biochemistry**, [s.l.], v. 164, p. 27-43, jul. 2021.
- LEE, I. C.; HOUNG, S. W.; WHANG, S. S.; LIM, H. G.; KOO, J. C. Age-dependent action of an ABA-induced receptor kinase, RPK1, as a positive regulator of senescence in Arabidopsis leaves. **Plant Cell Physiology**, [s.l.], v. 52, p. 651-662, mar. 2011.
- LEITE, V. M.; ROSOLEM, C. A.; RODRIGUES, J. D. Gibberellin and cytokinin effects on soybean growth. **Scientia Agrícola**, [s.l.], v. 2, p.537-541, 2003.
- LEVANONY, H.; BASHAN Y. Enhancement of cell division in wheat root tips and growth of root elongation zone induced by Azospirillum brasilense Cd. **Journal of Botany**, [s.l.], v. 67, p. 2213-2216, 1989.
- LETHAM, D.V. Citocininas de Zea mays. **Research School of Biological Sciences**. [s.l.], v. 12, ed. 10, p. 2445-2455, 1973.
- LEUNG, J.; RAUDAT, J. Abscisic acid signal transduction. **Annual Review Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, [s.l.], v.49, p. 199-222. 1998.
- LEYSER, O. Auxin, self-organisation, and the colonial nature of plants. **Current Biology** [s.l.], v. 21, p. 331-337, mai. 2011.

LI, F.; MIAO, Y.; FENG, G.; YUAN, F.; YUE, S.; GAO, X.; LIU, Y.; USTIN, S. L.; CHEN, X. Improving estimation of summer maize nitrogen status with red edge-based spectral vegetation indices. **Field Crops Research**, [s.l.], v. 157, p. 111-123, fev. 2014.

LIM P.O.; KIM, H. J.; NAM, H. G. Leaf senescence. **Annual Review of Plant Biology**, [s.l.], v. 58, p. 115-136, 2007.

LIRA, B.S.; GRAMEGNA, G.; TRINCHEIRA, B. A.; SEE MORE F. R. R. A.; SILVA, E. M.; SILVA, G. F. F.; THIRUMALAIKUMAR, V. P.; LUPI, A. C. D.; DEMARCO, D.; PURGATTO, E.; NOGUEIRA, F. T. S.; BALAZADEH, S.; FRESCHI, L.; ROSSI, M. Manipulation of a Senescence-Associated Gene Improves Fleshy Fruit Yield. **Plant Physiology**, [s.l.], v. 175, p. 77-91, jul. 2017.

LIU, Y.; HAN, J.; WEN, X.; WU, W. Effect of plastic-covered ridge and furrow planting on grain filling of winter wheat is related to changes in endogenous hormones. **Journal Integrative Agriculture**, [s.l.], v. 12, p. 1771-1782, 2013.

LIU, Y.; FANG, Y.; HUANG, M.; JIM, Y.; SUN, J.; TAO, X.; ZHANG, G.; ELE, K.; ZHAO, Y.; ZHAO, H. Uniconazole-induced starch accumulation in the bioenergy crop duckweed (*Landoltia punctata*) I: transcriptome analysis of the effects of uniconazole on chlorophyll and endogenous hormone biosynthesis. **Biotechnology for Biofuels**, [s.l.], v. 8, n. 57, abr. 2015.

LOPES, H. M.; SOUZA, C. M. Efeitos da giberelina e da secagem no condicionamento osmótico sobre a viabilidade e o vigor de sementes de mamão (*Carica papaya* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, [s.l.], v. 30, p.181-189, 2008.

LUCHE, H.D.S.; SILVA, J. A. G.; NORBERG, R.; ZIMMER, M.; ARENHARD, E. G.; CAETANO, V.R.; MAIA, L. C.; OLIVEIRA, A. C. Stay-green effects on adaptability and stability in wheat. **African Journal of Agricultural Research**, [s.l.], v. 10, p. 1142-1149, mar. 2015.

LUO, Z.; ZHANG, L.; MOU, Y.; CUI, S.; GU, Z.; YU, J.; MA, X. Multi-residue analysis of plant growth regulators and pesticides in traditional Chinese medicines by high-performance liquid chromatography coupled with tandem mass spectrometry. **Analytical and Bioanalytical Chemistry**, [s.l.], v. 411, p. 2447-2460, 2019.

MAGALHÃES, P.C; BORGHI, E.; KARAM, D.; PERREIRA FILHO, I. A.; RIOS, S. A.; ABREU, S. C.; LANDAU, E.C.; GUIMARÃES, L. J. M.; PASTINA, M.M.; DURÃES, F.O.M. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Embrapa Milho e Sorgo. Desenvolvimento do milho segunda safra: fatores genético-fisiológicos, plataforma de conhecimento e práticas de manejo de cultivo e uso, visando sustentabilidade de produção e produtividade no binômio soja/milho Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Documentos / Embrapa Milho e Sorgo**, [s.l.], 2020.

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F.O.M.; PAIVA, E. Fisiologia da planta de milho. Sete Lagoas: EMBRAPA-CNPMS. **Circular Técnica**. [s.l.], v. 20. p. 27, 1995.

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F.O.M.; Fisiologia da produção de milho. Sete Lagoas: EMBRAPA-CNPMS. MG. **Circular Técnica**. [s.l.], v. 76. p. 10, 2006.

MANFIO E. DA S.; SARTORI, K. A; Nitrogênio na cultura do milho: Recomendações na aplicação. **Revista Mais Soja**, 2020. Disponível em: <https://maissoja.com.br/nitrogenio-na-cultura-do-milho-recomendacoes-na->

aplicacao/#:~:text=A%20concentra%C3%A7%C3%A3o%20m%C3%A9dia%20de%20nitro g%C3%AAnio,tipo%20de%20manejo%20da%20cultura>. Acesso em: 05 de mai. 2022.

MA, X.; ZHANG, Y.; TURECKOVA, V.; XUE, G.P.; FERNIE, A. R.; ROEBER, B.M.; BALAZADEH, S. The NAC Transcription Factor SINAP2 Regulates Leaf Senescence and Fruit Yield in Tomato. **Plant Physiology**, [s.l.], v. 177, p. 1286-1302, jul. 2018.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Editora Ceres, 2006.

MARQUES, D.M.; MAGALHAES, P. C.; MARRIEL, I. E.; GOMES JUNIOR, C. C.; SILVA, A. B.; MELO, I. G.; SOUZA, T. C. de. *Azospirillum brasilense* favors morphophysiological characteristics and nutrient accumulation in maize cultivated under two water regimes. **Brazilian Journal of Maize and Sorghum**, [s.l.], v. 19, p. 1152, 2020.

MARSCHNER, H. Mineral nutrition of higher plants. 2. ed. London: Academic Press, 1995.  
MARTENS, I.B.G. *et al.* Selenium status in preschool children receiving a Brazil nut-enriched diet. **Nutrition**, [s.l.], v. 31, p. 1339-1343, 2015.

MARTINO, G.; VIZOVITIS, K.; BOTONDI, R.; BELLINCONTRO, A.; MENCARELLI, F. 1-MCP controls ripening induced by impact injury on apricots by affecting SOD and POX activities. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.39, n. 1, p.38-47, jan. 2006.

MARTINEZ, S. B.; POMÉS, J.; MASI, M. A.; CHALE, W.; DE BENEDETTO, J. P.; GARBI, M. Production and response to *Azospirillum brasilense* inoculation in two globe artichoke hybrids. **Acta Horticulturae**, [s.l.], v. 1147, p. 213-216, 2016.

MATSUMOTO, K. M.; KUSUMOTO, T.; TARKOWSKI, P.; KAKIMOTO, T. Cytokinins are central regulators of cambial activity. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 105, p. 20027-20031, dez. 2008.

MELNYK, C. W.; GABEL, A.; HARDCASTLE, T. J.; ROBINSON, S.; MIYASHIMA, S.; GROSSE, I.; MEYEROWITZ E. M. Transcriptome dynamics at Arabidopsis graft junctions reveal an intertissue recognition mechanism that activates vascular regeneration. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, [s.l.], v. 115, n. 10, mar. 2018.

MELO, N.F. de. **Hormônios e reguladores de crescimento vegetal**. I seminário de nutrição vegetal. Embrapa Semi-Árido. Petrolina-PE, 2002.

MILLÉO, M. V. R.; CRISTÓFOLI, I. Avaliação da eficiência agrônômica da inoculação de *Azospirillum* sp. na cultura do milho. **Revista Scientia Agraria**, [s.l.], v. 17, p. 14-23, 2016.

MINITAB, L.L.C. **Introdução ao Minitab Statistical Software**, 2021. Disponível em: [https://www.minitab.com/content/dam/www/en/uploadedfiles/documents/getting-started/MinitabGettingStarted\\_PT.pdf](https://www.minitab.com/content/dam/www/en/uploadedfiles/documents/getting-started/MinitabGettingStarted_PT.pdf). Acesso em: 29 mai. 2022.

MIRANSARIA, M.; SMITH, D.L. Plant hormones and seed germination. **Environmental and Experimental Botany**, [s.l.], v. 99, p.110-121, 2014.

MONTANS, F.M. **Inoculação e aplicação de regulador vegetal em amendoim RUNNER IAC 886 em solos de diferentes texturas**. Orientador: Dr. Alexandre de Moura Guimarães

. 2007. 39 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – UNIMAR/PRODUÇÃO INTEGRADA EM AGROECOSSISTEMAS, Universidade de Marília, São Paulo, 2007.

MOULIN, M. M.; RODRIGUES, R.; RAMOS, H.C.C.; BENTO, C.S.; SUDRÉ C.P.; GONÇALVES, L.S.A.; Viana, A.P. Construction of an integrated genetic map for *Capsicum baccatum* L. **Genetics and Molecular Research**, [s.l.], v.14, n.3, p.6683-6694, 2015.

MORAIS, T. P.; BRITO, C. H.; BRANDÃO, A. M.; REZENDE, W. S. Inoculation of maize with *Azospirillum brasilense* in the seed furrow. **Revista Ciência Agronômica**, [s.l.], v. 47, p. 290-298, 2016.

MUELLER, S.M.; VYN, T.J. Maize plant resilience to N stress and post-silking N capacity changes over time: A review. **Frontiers in Plant Science**, [s.l.], v. 7, p. 1-14, fev. 2016.

MUMBACK G.L.; KOTOWSKI, I. E.; SCHNEIDER, F. J. A.; MALLMANN, M. S.; BONFADA, E. B.; PORTELA, V. O.; BONFADA, E. B.; KAISER, D. R. Resposta da inoculação com *azospirillum brasilense* nas culturas de trigo e de milho safrinha. **Revista Scientia Agraria**, [s.l.], v. 18, n. 2, p. 97-103, 2017.

MUNAIZ, E.D.; MARTÍNEZ, S.; KUMAR, A.; CAICEDO, M.; ORDÁS, B. The senescence (stay-green) An important trait to exploit crop residuals for bioenergy. **Energies**, [s.l.], v. 13, p. 790, fev. 020,

MUHAMMAD I; RAJA, N.; JAVED, B.; MASHWANI, Z.; HUSSAIN, M.; HUSSAIN, M.; EHSAN, M.; RAFIQUE, N.; MALIK, K.; SULTANA, T.; AKRAM, A. Foliar applications of bio-fabricated selenium nanoparticles to improve the growth of wheat plants under drought stress. **Green Processing and Synthesis**, [s.l.], v. 9, p. 706-714, dez. 2020.

MURPHY, A.; VEIT, B. Embriogênese. In: TAIZ, L. *et al.* **Fisiologia e Desenvolvimento vegetais**. 6 ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. p. 477-511.

NEPAR-SBCS. **Manual de adubação e calagem para o estado do paraná**. Núcleo Estadual Paraná da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Curitiba. 2 ed. p. 289, 2019.

NIU, H.; HAN, K.; XU, W.; PENG, C.; HOU, C.; LI, Y.; HOU, R.; WAN, X.; CAI, H. Selenium treatment modulates fluoride distribution and mitigates fluoride stress in tea plant (*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze). **Environmental Pollution**, [s.l.], v. 267, p. 115603, dez. 2020,

OGAWA, M.; HANADA, A.; YAMAUCHI, Y.; KUWAHARA, A.; KAMIYA, Y.; YAMAGUCHI, S. Gibberellin biosynthesis and response during Arabidopsis seed germination. **Plant Cell**, [s.l.], v.15, p.1591-1604, jul. 2003.

OHRI, P.; BHARDWAJ, R.; BALI, S.; KAUR, R.; JASROTIA, S.; KHAJURIA, A.; PARIHAR, R. D. The common molecular players in plant hormone crosstalk and signaling. **Current Protein & Peptide Science**, [s.l.], v. 16, p. 369-88, 2015.

OLIVEIRA, V.C.; FAQUIN, V. C.; ANDRADE, V.; CARNEIRO, F. R.; SILVA JÚNIOR, J. P.; SOUZA, E. C. DE; PEREIRA, K. R. D. DE; GUILHERME, J.; GUIMARÃES, L. R. Physiological and physicochemical responses of potato to selenium biofortification in tropical soil. **Potato Research**, [s.l.], v. 62, p. 315-331, 2019.

ORTO SILVA, E. D.; TOGNELLA, M. M. P.; XAVIER, A. C.; ZAMPROGNO, G. C.; PASCOALINI, S. S. Estimativas do teor de clorofila do mangue da Baía de Vitória (ES) por meio de dados hiperespectrais. **Revista Brasileira de Geografia Física**, [s.l.], v. 13, n. 1, p. 131-142, 2020.

PAPA, R. de A.; LACERDA, M. P. C.; BILICH, M. R.; CAMPOS, P. M.; SILVA, R. A. B. da. Comportamento espectral da cultura do feijão, por meio de dados obtidos por espectroradiometria e imagem ASTER, no Distrito Federal. **Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, [s.l.], p. 4696-4703, 2011.

PAULILO, M.T.S; VIANA, A.M; RANDI A.M. **Fisiologia Vegetal**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2015.

PATERNIANI, E. **Métodos tradicionais de melhoramento de milho**. [s.l.], p. 22-43, 1993.

PAVLU, J.; NOVAK, J.; KOUKALOVA, V.; LUKLOVA, M.; BRZOBOHATY, B.; CERNY. M. Cytokinin at the Crossroads of Abiotic Stress Signalling Pathways. **International Journal of Molecular Sciences**, [s.l.], v. 19, n. 8, p. 2450, ago. 2018.

PEIXOTO, C.P. Princípios de fisiologia vegetal: teoria e prática / organização Clovis Pereira Peixoto. **Pod**. Rio de Janeiro, n. 1, p. 256, 2020.

PELLISSARI, G.; CARVALHO, I. R; SILVA, A. D. B. **Hormônios reguladores de crescimento e seus efeitos sobre os parâmetros morfológicos de gramíneas forrageiras**. Trabalho de Pesquisa desenvolvido na Universidade Federal de Santa Maria Campus Frederico Westphalen-RS, 2012.

PEREIRA FILHO, I.A.; BORGHI, E. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Embrapa Milho e Sorgo. **Sementes de milho: nova safra, novas cultivares e continua a dominância dos transgênicos** / Israel Alexandre Pereira Filho, Emerson Borghi. – Sete Lagoas: 2020.

PETRI, J.L.; HAWERROTH, F.J.; LEITE, G.B.; SEZERINO, A.A.; COUTO, M. Reguladores de crescimento para frutíferas de clima temperado. **Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (Epagri)**, Florianópolis, 2016.

PICOLOTTO, L.; BIANCHI, V. J.; FACHINELLO, J. C. Ação de giberelinas e citocininas na germinação de sementes de pessegueiro. **Scientia Agraria**, [s.l.], v. 8, p. 225-232, 2007.

PIZARRO CABELLO, F. Riegos localizados de alta frecuencia (RLAF) goteo, microaspersión, exudación. **Ediciones Mundi Prensa**, [s.l.], ed. 3, p. 513, 1996.

POMMEL, B.; GALLAIS, A.; COQUE, M.; QUILLERE, I.; HIREL, B.; PRIOUL, J.L.; ANDRIEU, B.; FLORIOT, M. Carbon and nitrogen allocation and grain filling in three maize hybrids differing in leaf senescence. **European Journal of Agronomy**, [s.l.], v. 24, p. 203-211, abr. 2006.

PUN, U.K.; YAMADA, T.; TANASE, K.; SHIMIZU-YUMOTO, H. Effect of ethanol on ethylene biosynthesis and sensitivity in cut carnation flowers. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam. v. 98, p. 30-33, jun. 2014.

RADEMACHER, W. Growth retardants: Effects on gibberellin bioproduction synthesis and other metabolic pathways. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, [s.l.], v. 51, p.501-531, jun. 2000.

RADY, M.M.; BELAL, H. E. E.; GADALLAH, F.; SEMIDA, W. M. Selenium application in two methods promotes drought tolerance in *Solanum lycopersicum* plant by inducing the antioxidant defense system. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 266, fev. 2020.

RAHIM, A. A. O. S.; ELAMIN, O. M.; BANGERTH, F. K. Effects of paclobutrazol (PBZ) on floral induction and associated hormonal and metabolic changes of biennially bearing mango (*Mangifera indica* L.) cultivars during off year. **Journal of Agriculture and Biology Sciences**, [s.l.], v. 6, p. 55-67, 2011.

REGUERA, M.; PELEG, Z.; ABDEL-TAWAB, Y. M.; TUMIMBANG, E. B.; DELATORRE, C. A.; BLUMWALD, E. Stress-induced cytokinin synthesis increases drought tolerance through the coordinated regulation of carbon and nitrogen assimilation in rice. **Plant Physiology**, [s.l.], v. 163, p. 1609-1622, 2013.

REID, M.S. Ethylene in plant growth, development, and senescence. *In*: DAVIES, P.I (ed.). **Plant hormones: Physiology, Biochemistry and Molecular Biology**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, [s.l.], 1995. p. 486-508.

REIS, A.R. dos; EL-RAMADY, H.; SANTOS, E. F.; GRATÃO, P. L.; SCHOMBURG L. Overview of selenium deficiency and toxicity worldwide: affected areas, selenium-related health issues, and case studies. *In*: Pilon-Smits E., Winkel L., Lin ZQ. (eds) Selenium in plants. **Plant Ecophysiology**, [s.l.], v. 11, p. 209-230, 2017.

REIS, A.R. dos; BOLETA, E. H. M.; ALVES, C. Z.; COTRIM, M. F.; BARBOSA, J. Z.; SILVA, V. M.; PORTO, R. L.; LANZA, M. G. D. B.; LAVRES, J.; GOMES, M. H. F. Selenium toxicity in upland field-grown rice: seed physiology responses and nutrient distribution using the  $\mu$ -XRF technique. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, [s.l.], v. 190, mar. 2020

REN, G.; AN, K.; LIAO, Y.; ZHOU, X.; CAO, Y.; ZHAO, H.; GE, X.; KUAI, B. Identification of a novel chloroplast protein atnye1 regulating chlorophyll degradation during leaf senescence in *Arabidopsis* **Plant Physiology**, [s.l.], v. 144, 1429-1441, 2007.

REPKE, R. A.; CRUZ, S. J. S.; SILVA, C. J.; FIGUEIREDO, P. G.; BICUDO, S. J. Eficiência da *Azospirillum brasilense* combinada com doses de nitrogênio no desenvolvimento de plantas de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, [s.l.], v. 12, p. 214-226, 2013.

RODRIGUES, J. D.; GOGOY, L. J. G.; ONO, E. O. Reguladores vegetais: Bases e princípios para utilização em gramados. *In*: SIMPÓSIO SOBRE GRAMADOS, 2., 2004, Botucatu. **Anais**. Botucatu: UNESP, p. 30, 2004.

ROHDE, A.; KURUP, S.; HOLDSWORTH, M. ABI3 emerges from the seed. **Trends in Plant Science**, [s.l.], v. 5, n.10, p. 418-419, 2000.

ROCK, C. D. Pathways to abscisic acid regulated gene expression. **New Phytologist** [s.l.], v.148, p.357-396, 2000.

SAH, S. K.; REDDY, K. R.; LI, J. Abscisic acid and abiotic stress tolerance in crop plants. **Frontiers in plant Science**, [s.l.], v. 7, p. 571, 2016.

SAITO, S.; OKAMOTO, M.; SHINODA, S.; KUSHIRO, T.; KOSHIBA, T.; KAMIYA, Y.; HIRAI, N.; TODOROKI, Y.; SAKATA, K.; NAMBARA, E.; MIZUTANI, M. A. Plant growth retardant, uniconazole, is a potent inhibitor of ABA catabolism in *Arabidopsis*. **Bioscience, Biotechnology and Biochemistry**, [s.l.], v. 70. n. 7, p. 1731-1739, 2006.

SATO, Y.; MORITA, R.; KATSUMA, S.; NISHIMURA, M.; TANAKA, A.; KUSABA, M. Two short-chain dehydrogenases/reductases, NON-YEL-LOW COLORING 1 and NYC1-LIKE, are required for the degradation of chlorophyll B and complex II light harvesting during senescence in rice. **The Plant Journal**, [s.l.], v. 57, p. 120-131, 2010.

SAKURABA, Y.; SCHELBERT, S.; PARK, S. Y.; HAN, S. H.; LEE, B. D.; ANDRÈS, C. B.; KESSLER, F.; HÖRTENSTEINER, S.; PAEK, N. C. STAY-GREEN and chlorophyll catabolic enzymes interact at light-harvesting complex II for chlorophyll detoxification during leaf senescence in *Arabidopsis*. **Plant Cell**, [s.l.], v. 24, p. 507-518, 2012.

SALISBURY, F. B.; ROSS, W. **Fisiologia de plantas**. São Paulo: Cengage Learning, 2012.

SANGOI, L.; SILVA, L. M. M.; MOTA, M. R.; PANISON, F.; SCHMITT, A.; SOUZA, N. M.; GIORDANI, W.; SCHENATTO, D. E. Desempenho Agronômico do Milho em Razão do Tratamento de Sementes com *Azospirillum* sp. e da Aplicação de Doses de Nitrogênio Mineral. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, [s.l.], v. 39, p. 1141-1150, 2015.

SAWAZAKI, E.; PATERNIANI, M.E.A.G.Z. Evolução dos cultivares de milho no Brasil. *In*: GALVÃO, J.C.C.; MIRANDA, G.V. **Tecnologias de produção do milho**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2004. p. 55-83.

SCHIPPERS, J.H.M.; SCHMIDT, R.; WAGSTAFF, C.; JING, H. C. Living to Die and Dying to Live: The Survival Strategy behind Leaf Senescence. **Plant Physiology**, [s.l.], v. 169, p. 914-930, 2015.

SCHLEMMER, M. R.; FRANCIS, D. D.; SHANAHAN J. F.; SCHEPERS, J. S. Remotely measuring chlorophyll content in corn leaves with differing nitrogen levels and relative water content. **Agronomy & Horticulture**, [s.l.], v. 97, 106-112, 2005.

SCHLERETH, A.; MOLLER, B.; LIU, W.; KIENTZ, M.; FLIPSE, J.; RADEMACHER, E. H.; SCHMID, M.; JURGENS, G.; WEIJERS, D. MONOPTEROS controls embryonic root initiation by regulating a mobile transcription factor. **Nature Letters**, [s.l.], v. 464, p. 2-6, 2010.

SELIEM, M.K.; HAFEZ, Y.; EL-RAMADY, H. Using of nano - selenium in reducing the negative effects of high temperature stress on *Chrysanthemum morifolium* ramat. **Journal of Sustainable Agricultural Sciences**, [s.l.], v. 46, p. 47-60, 2020.

SEIXAS, T.G.; KEHRIG, A. H. O selênio no meio ambiente. **Oecologia Brasiliensis**, [s.l.], v. 11, n. 2, p. 264-276, 2007.

SHEKARI, L.; AROIEE, H.; MIRSHEKARI, A.; NEMATI, H. Protective role of selenium on cucumber (*Cucumis sativus* L.) exposed to cadmium and lead stress during reproductive stage role of selenium on heavy metals stress. **Journal of plant nutrition**, [s.l.], v. 42, p. 529-542, 2019.

SHULL, G.H. The composition of maize. **American Breeders Association**, [s.l.], v.4, p.296-301, 1908.

SHULL, G.H. A pure line method of corn breeding. **American Breeders Association**, [s.l.], v.5, p.51-59, 1909.

SIMURA, J.; ANTONIADI, J.; SIROKA, J.; TARKOWSKA, D.; STRAND, M.; LJUNG, K.; NOVAK, O. Plant Hormonomics: Multiple Phytohormone Profiling by Targeted Metabolomics. **Plant physiology**, [s.l.], v. 177, ed. 2, p. 476-489, 2018.

SILVA, A.G. da; FRANCISCHINI, R. Sistema de produção de milho safrinha em Goiás. *In*: **Seminário nacional milho safrinha**, 12., 2013, Dourados. Dourados: EMBRAPA, 2013. p. 1-9. Disponível em:

<https://www.cpa0.embrapa.br/cds/milhosafriinha2013/palestras/2AlessandroGuerra.pdf>. Acesso em: 23 nov. 2021.

SILVA, D.C.; COSTA, N.; ARAUJO, J. C.; SILVA A. V.; XAVIER, G. F.; FERREIRA, J. P.; OLIVEIRA, L. C.; ALVES, G. C. Avaliação da adubação nitrogenada associada à inoculação com bactérias *Azospirillum brasilense* na cultura do milho. **Brazilian Journal of Development**. Curitiba, v.7, n.10, p. 99862-99881, 2021.

SILVA G.F. da. **Adubação nitrogenada e fosfatada para produção de milho verde e de grãos na chapada do Apodi-RN**. Orientador: Fábio Henrique Tavares de Oliveira. 2013. 121 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – nome do programa ou departamento, Universidade Federal Rio do Norte, Mossoró, 2013.

SILVA, K. K. A.; ONO, E. O.; MOUCO, M. A.C.; SILVA, G. J. N.; SOUZA, R. J. M.; SILVA, N. C.; SILVA, R. C. B. Uniconazole no florescimento e produção da mangueira (*Mangifera indica* L.) cv. Palmer. **Embrapa Semiárido**, Cruz das Almas, v. 26, p. 507-517, 2014.

SILVA, V.M.; BOLETA, E. H. M.; MARTINS, J. T.; SANTOS, F. L. M.; SILVA, A. C. R.; ALCOCK, T. D.; WILSON, L.; SÁ, M.; YOUNG, S. D.; BROADLEY, M. R. Agronomic biofortification of cowpea with selenium: effects of selenate and selenite applications on selenium and phytate concentrations in seeds. **Journal of Science of Food and Agriculture**, [s.l.], v. 99, p. 5969-5983, 2019.

SILVA, V.M.; BOLETA, E. H. M.; LANZA, M. G. D. B.; LAVRES, J.; MARTINS, J.T.; SANTOS, E. F.; DOS SANTOS, F. L. M.; PUTTI, F. F.; JUNIOR, E. F.; WHITE, P. J.; BROADLEY, M. R.; CARVALHO, H. W. P.; REIS, A. R. dos. Physiological, biochemical, and ultrastructural characterization of selenium toxicity in cowpea plants. **Environmental Experimental Botany**, [s.l.], v. 150, p. 172-182, 2018.

FREITAS, G. S.; BARBOSA, G. F.; ZUFFO, A. M.; STEINER, F. Coinoculação do amendoim (*Arachis hypogaea* L.) com *Bradyrhizobium* e *Azospirillum* promove maior tolerância à seca. **Research, Society and Development**, [s.l.], v.9, n. 7, 2020.

SILVA, V.M.; TAVANTIB, R. F.; GRATÃO, P. L.; ALCOCK, T. D.; REISA, A. R. Selenate and selenite affect photosynthetic pigments and ROS scavenging through distinct mechanisms in cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) walp) plants. **Ecotoxicology Environmental Safety**, [s.l.], v. 201, 2020.

SOCOOL, J. J. **Conservação pós-colheita de rosas cv. Vega com o uso de etanol e metanol em solução de manutenção**. Orientador: Cristiano André Steffens. 2016. 71 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Pós-graduação em Produção Vegetal do Centro de Ciências Agroveterinárias, Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2016.

SOUMYA P.R.; KUMAR, P.; SINGH, M. P. Paclobutrazol: a novel plant growth regulator and multi-stress ameliorant. **Indian Journal Plant Physiology**, [s.l.], v. 22, p. 267-278, 2017.

SOUZA. S. **Inoculante reduz uso de nitrogênio em milho e aumenta produtividade em mais de 100%**. Produção vegetal Fixação Biológica de Nitrogênio. Revista Embrapa. Amazônia Ocidental, 2019.

SOUZA, G.B. **Determinação de matéria seca e umidade em solos e plantas com forno de microondas doméstico**. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Circular Técnico 33: São Carlos, 2002.

SORS, T.G.; ELLIS, D. R.; NA, G. N.; LAHNER, B.; LEE, S.; LEUSTEK, T.; PICKERING, I. J.; SALT, D. E. Analysis of sulfur and selenium assimilation in *Astragalus* plants with varying capacities to accumulate selenium. **The Plant Journal**, [s.l.], v. 42, n.6, p. 785-797, 2005.

SPONSEL, V.M. The biosynthesis and metabolism of gibberellins in higher plants. *In*: Davies, P.I (ed.). **Plant hormones: Physiology, Biochemistry and Molecular Biology**, 2nd Edition. Dordrecht: Kuwer Academic Publishers, [s.l.], 1995. p.66-97.

SU, Y. H.; ZHANG, X. S. Chapter Two - The Hormonal Control of Regeneration in Plants. *In*: GALLIOT, B. **Current Topics in Developmental Biology**. Academic Press, [s.l.], 2014, p. 35-69.

SUMNER Z.; VARCO, J. J.; DHILON, J. S.; FOX, A. A. A.; CZARNECKI, J.; HENRY, W. B. Ground versus aerial canopy reflectance of corn: Red-edge and non-red edge vegetation indices, **Agronomy Journal**, [s.l.], v. 113, p. 2782-2797, 2021.

SUN, F.; FENG, N.; ZHENG, D.; CUI, H.; LIU, C.; HE, T.; ZHAO, J. Effects of plant growth regulators S3307D and DTA-6 on physiological metabolism and GmAc gene expression in soybean. **Science Agriculture**, [s.l.], v. 49, p.1267-1276, 2016.

SWANCKAERT, J.; PANNECOUCQUE, J.; VAN WAES, J.; STEPPE, K.; VAN LABEKE, M. C.; REHEUL, D. Stay-green characterization in Belgian forage maize. **Journal of Agricultural Science**. [s.l.], v. 155, p. 766-776, 2017.

SZOKE, L.; MOLOI, M.J.; KOVACS, G.E.; BIRO, G.; RADO CZ, L.; HAJOS, M.T.; KOVACS, B.; RACZ, D.; DAN TER, M.; TOTH, B. The application of phytohormones as biostimulants in corn smut infected hungarian sweet and fodder corn hybrids. special issue: the impacts of anthropogenic environmental changes on antioxidative systems in crops. **Plants**. [s.l.], v. 10, n. 9, p. 1822, 2021.

TAIZ, L.; MURPHY, A.; PEER, W. Dormência e Germinação da Semente e Estabelecimento da Plântula. *In*: TAIZ, L. *et al.* **Fisiologia e Desenvolvimento vegetais**. 6 ed. Porto Alegre: Editora Artmed, p. 513-552, 2017.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology**. 4 ed. Massachusetts: Sinauer Associates, Inc. Publishers, [s.l.], 2006.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. São Paulo: Artmed, 2009.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5 ed. Porto Alegre: Editora Artmed, 2013.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia e desenvolvimento vegetal. Tradução MASTROBERTI, A. N. et al. 6.ed. Porto Alegre: **Artmed**, 2017.

TARDIEU, F.; PARENT, B.; SIMONNEAU, T. Control of leaf growth by abscisic acid: hydraulic or non-hydraulic processes? **Plant, cell & environment**, Oxford, v. 33, n. 4, p. 636-647, abr. 2010.

TEIXEIRA FILHO, M.C.M.; BUZETTI, S.; ANDREOTTI, M.; ARF, O.; BENETT, C. G. S. Doses, fontes e épocas de aplicação de nitrogênio em trigo irrigado em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, [s.l.], v. 45, p. 797-804, 2010.

THOMAS, H.; HOWARTH, C.J. Five ways to stay green. **Journal of Experimental Botany**, [s.l.], v. 51, p. 329-337, 2000.

TON, J.; LORS, V.; MAUCH-MANI, B. The multifaceted role of ABA in disease resistance. **Trends Plant Science**, [s.l.], v. 14, p. 310-317, mai. 2009.

TRACHSEL, S.; SUN, D.; SANVICENTE, F.M.; ZHENG, H.; ATLIN, G.N.; SUAREZ, E.A.; BABU, R.; ZHANG, X. Identification of QTL for early vigor and stay-green conferring tolerance to drought in two connected advanced backcross populations in tropical maize (*Zea mays* L.). **PLoS ONE**, [s.l.], v. 11, p. 1-22, 2016.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USDA). **Foreign Agricultural Service Circular Series**, [s.l.], p. 9-21, set. 2021.

VALDERRAMA, M.; BUZETTI, S.; BENETT, C. G. S.; ANDREOTTI, M.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M. Fontes e doses de NPK em milho irrigado sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, [s.l.], v. 41, n. 2, p. 254-263, 2011.

VALENTINUZ, O.; TOLLENAAR, M. Vertical profile of leaf senescence during the grain-filling period in older and newer maize hybrids. **Crop Science**, [s.l.], v. 44, p. 827-834, 2004.

VERGUTZ, L; MANZONI, S; PORPORATO, A; NOVAIS, R. F; JACKSON, R. B. Global resorption efficiencies and concentrations of carbon and nutrients in leaves of terrestrial plants. **Ecological Monographs**, [s.l.], v. 82, p. 205-220, 2012,

VIEIRA, E. L.; SOUZA, G. S; SANTOS, A. R; SILVA, J. S. Manual de fisiologia vegetal. São Luís: MA, **Edufma**, p. 230, 2010.

VIEIRA-JUNIOR, P.A.; SMIDERLE, O.; CASTRO, P.R.C.; MARCOS-FILHO, J.; CÍCERO, S.M.; SCARANARI, C.; DIAS, C.T.S. Efeitos dos reguladores de crescimento Chlormequat e Uniconazol na germinação das sementes e no crescimento de plântulas de milho. **Revista Brasileira de Sementes**, [s.l.], v. 21, n. 02, p.155-160, 1999.

VINCETI, M.; FILIPPINI, T.; SABIA, L. A. Environmental selenium and human health: an update. **Current Environmental Health Reports**, [s.l.], v. 5, p. 464-485, 2018.

WANG, P.; LOMBI, E.; ZHAO, F. J.; KOPITKE, P. M. Nanotechnology: a new opportunity in plant sciences. **Trends Plant Science**, [s.l.], v. 21, ed. 8, p. 699-712, 2016.

WEI, S.S.; WANG, X.; ZHANG, J.; LIU, P.; ZHAO, B.; LI, G.; DONG, S. The role of nitrogen in leaf senescence of summer maize and analysis of underlying mechanisms using comparative proteomics. **Plant Science**, [s.l.], v. 233, p. 72-81, 2015.

WHITE, P. J. Selenium accumulation by plants. **Annals of Botany**, [s.l.], v. 117, p. 217-35, 2016

WOO, H.R.; KIM, H. J.; LIM, P. O.; NAM, H. G. Leaf senescence: systems and dynamics aspects. **Annual Review of Plant Biology**, [s.l.], v. 70, p. 347-376, 2019.

XU, G.; ZHANG, J.; LAM, H.M.; WNAG, Z. Hormonal changes are related to the poor grain filling in the inferior spikelets of rice cultivated under non-flooded and mulched condition. **Field Crops Research**, [s.l.], v. 101, n. 1, p. 53-61, 2007.

XU, Y.; ZHAO, Y.; DUAN, H.; SUI, N.; YUAN, F.; SONG, J. Transcriptomic profiling of genes in matured dimorphic seeds of euhalophyte *Suaeda salsa*. **BMC Genomics**, [s.l.], v. 18, p. 727, 2017.

YAN, Y.; WAN, Y.; LIU, W.; WANG, X.; YONG, T.; YANG, W.; ZHAO, L. Influence of seed treatment with uniconazole powder on soybean growth, photosynthesis, dry matter accumulation after flowering and yield in relay strip intercropping system. **Plant Production Science**, [s.l.], v. 18, p.295-301, 2015.

YANG, J.; YU, F.; FU, Z.; FU, Y.; LIU, Y.; CHEN, M.; LI, Y.; SUN, Q.; CHANG, H.; ZHOU, W.; WANG, X.; ZHANG, L. Pathway and driving forces of selenite absorption in wheat leaf blades. **Plant, Soil and Environment**, [s.l.], v. 65, p. 609-614, 2019.

YANG, J.; ZHANG, J. Grain filling of cereals under soil drying. **New Phytology**, [s.l.], v. 169, p. 223-236, 2006.

YOUNIS, A.; SIDDIQUE, M. I.; KIM, C. K.; LIM, K. B. RNA interference-induced gene silencing (RNAi): a promising approach to high-tech plant breeding. **International Journal of Biological Sciences**, [s.l.], v. 10, ed. 10, p. 1150-1158, 2014.

YU, Y.; ZHAUNG, Z.; LUO, L.Y.; WANG, Y.Q.; LI, H. F. Difference between selenite and selenate in selenium transformation and the regulation of cadmium accumulation in *Brassica chinensis*. **Environmental Science Pollution Research**, [s.l.], v. 26, p. 24532-24541, 2019.

YUAN, L.; HAUNG, Y.; LORAAMM, R. W.; NIE, C.; WHANG, J.; ZHANG, J. Spectral analysis of winter wheat leaves for detection and differentiation of diseases and insects. **Field Crops Research**, [s.l.], v. 156, p. 199-207, fev. 2014.

ZHAO, H.; QUI, K.; REN, G. D.; ZHU, Y.; KUAI, B. K. A pleiotropic phenotype is associated with altered endogenous hormone balance in the developmentally stunted mutant (*dsm1*). **Journal Plant Biology**, [s.l.], v. 53, p. 79-87, 2010.

ZHAO, Y.; CHAN, Z.; GAO, J.; XING, L.; CAO, M.; YU, C.; HU, Y.; YOU, J.; SHI, H.; ZHU, Y.; GONG, Y.; MU, Z.; WANG, H.; DENG, X.; WANG, P.; BRESSAN, R.A.; ZHU, J.K. ABA receptor PYL9 promotes drought resistance and leaf senescence **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, [s.l.], v. 113, p. 1949-1954, 2016.

ZHANG, K.; GAN, S.S. An abscisic acid–AtNAP transcription factor– SAG113 protein phosphatase 2C regulatory chain for controlling dehydration in senescing *Arabidopsis* leaves. **Plant Physiology**, [s.l.], v. 158, p. 961-969, 2012,

ZHANG, J.; CAO, X. L.; JOVEM, T. W.; YANG, W. Y. Seed treatment with uniconazole powder induced drought tolerance in soybean with respect to changes in photosynthesis and chlorophyll fluorescence. **Research on Crops**, [s.l.], v.13, p.147-154, 2012.

ZHANG, D.W.; DENG, X. G.; FU, F. G.; LIN, H. H. Induction of plant virus defense response by brassinosteroids and brassinosteroid signaling in *Arabidopsis thaliana*. **Planta** [s.l.], 241 v. 4, p. 875-885, 2015.

ZHANG. L.; YANG, J.; YU, F.; FU, Z.; FU, Y.; LIU, S.; CHEN, M.; LI, Y.; SUN, Q.; CHANG, H.; ZHOU, W.; WANG, X. Pathway and driving forces of selenite absorption in wheat leaf blades. **Plant, Soil and Environment**, [s.l.], v. 65, p. 609-614, 2019.

ZHANG, P.; WANG, W. Q.; ZHANG, G. L.; KAMINEK, M.; DOBREV, P.; XU, J.; GRUISSEM, W. Senescence-inducible expression of isopentenyl transferase extends leaf life, increases drought stress resistance and alters cytokinin metabolism in cassava. **Journal of Integrative Plant Biology**, [s.l.], v. 52, p. 653-669, 2010.

ZHANG, Y.M.; GUO, P.; XIA, X.; GUA, H.; LI, Z. Multiple Layers of Regulation on Leaf Senescence: New Advances and Perspectives. **Frontiers in Plant Science**, [s.l.], p. 1-16, 2021.

ZHOU, H.; DIANFENG, Z.; FENG, N.; SHEN, X. Effects of Uniconazole on Leaves Photosynthesis, Root Distribution and Yield of Mung Bean (*Vigna radiata*). **Journal of Plant Growth Regulation**, [s.l.], v. 41, p. 2629-2637, 2022.

ZHU, J. K.; BROWN, K. M.; LYNCH, J. P. Root cortical aerenchyma improves the drought tolerance of maize (*Zea mays* L.). **Plant, Cell & Environment**, [s.l.], v. 33, n. 5, p. 740-749, 2010.

ZHU, J. K. Salt and drought stress signal transduction in plants. **Annual Review of Plant Biology**, Palo Alto, v. 53, n. 1, p. 247-273, jan. 2002.

ZHU, J. K. Abiotic stress signaling and responses in plants. **Cell**, [s.l.], v. 167, n. 2, p. 313-324, 2016.

ZUUR, A. F.; IENO, E. N.; WALKER, N. J.; SAVELIEV, A. A.; SMITH, G. M. Mixed effects models and extensions in ecology with "R". **Statistics for Biology and Health**. New York, USA, 2009.

ZWANENBURG, B.; POSPISIL, T.; CAVAR ZELJKOVIC, S. Strigolactones: new plant hormones in action. **Planta**, [s.l.], v. 243 n. 6, p. 1311-1326, 2016.