Ministério da Educação - Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica

Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Rondônia

Campus Ariquemes

QUALIDADE DE SEMENTES DE MILHO SUBMETIDAS A DIFERENTES DOSES DE ZINCO E AMINOÁCIDOS

Ariquemes - RO

2024

Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Rondônia
Campus Ariquemes

Fernando Rodrigues Ramirez

Orientador: Dr. Luciano dos Reis Venturoso
Coorientadora: Drª. Lenita Aparecida Conus Venturoso

Trabalho de conclusão de curso apresentado como parte das exigências do curso Bacharel em Agronomia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia - Campus Ariquemes.

Ariquemes - RO

2024

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema Gerador de Ficha Catalográfica do IFRO, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

Ramirez, Fernando Rodrigues.
Qualidade de sementes de milho submetidas a diferentes doses de zinco e aminoácidos / Fernando Rodrigues Ramirez, Ariquemes-RO, 2024.
19 f.

Orientador(a): Prof. Dr. Luciano Dos Reis Venturoso.
Coorientador(a): Profª. Dra. Lenita Aparecida Conus Venturoso.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia - IFRO, Ariquemes-RO, 2024.

1. Zea mays,micronutrientes em sementes. 2. micronutrientes em sementes. 3. vigor do milho. I. Venturoso, Luciano Dos Reis (orient.). II. Venturoso, Lenita Aparecida Conus (coorient.). III. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia - IFRO. IV. Título.

Bibliotecário(a) Responsável: Renilce Silva Morais, CRB-11/906 (Campus Ariquemes)

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE RONDÔNIA CAMPUS ARIQUEMES

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

Qualidade de sementes de milho submetidas a diferentes doses de zinco e aminoacidos

Acadêmico: Fernando Rodrigues Ramirez

Orientador: Dr. Luciano dos Reis Venturoso

Coorientadora: Drª. Lenita Aparecida Conus Venturoso

Conceito Atribuído: APROVADO

Documento assinado digitalmente
LUCIANO DOS REIS VENTUROSO
Data: 15/03/2024 15:27:21-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Dr. Luciano dos Reis Venturoso

Documento assinado digitalmente
LENITA APARECIDA CONUS VENTUROSO
Data: 15/03/2024 15:35:06-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Drª. Lenita Aparecida Conus Venturoso

Documento assinado digitalmente
LUCIANE DA CUNHA CODOGNOTO
Data: 15/03/2024 16:21:13-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Drª. Luciane da Cunha Codognoto

Documento assinado digitalmente
UASLEY CALDAS DE OLIVEIRA
Data: 18/03/2024 00:01:44-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Dr. Uasley Caldas de Oliveira

Data da Realização: 15/03/2024.

Ariquemes – RO

2024

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a todas as pessoas que me deram suporte e estiveram ao meu lado ao longo desta jornada acadêmica. Em especial, expresso minha gratidão ao meu orientador, Luciano dos Reis Venturoso, e à minha coorientadora, Lenita Aparecida Conûs Venturoso, cuja orientação e incentivo foram fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho. Dedico também a toda minha família, por seu amor incondicional e apoio constante. Este trabalho é dedicado a vocês, com todo o meu carinho e gratidão.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, principalmente, a Deus, por guiar meus passos e iluminar meu caminho durante todo este processo.

Ao meu querido orientador, Luciano dos Reis Venturoso, pelo conhecimento transferido e pela orientação sempre precisa.

Aos meus familiares, pelo apoio incondicional ao longo desta jornada.

À minha amada namorada, pelo incentivo e apoio constante.

A todos vocês, meu profundo agradecimento.

OBSERVAÇÃO

O presente trabalho se trata de um artigo publicado em periódico científico, sendo assim, o mesmo se encontra indexado conforme as normas exigidas pela revista, Contribuciones a Las Ciencias Sociales.

Qualidade de sementes de milho submetidas a diferentes doses de zinco e aminoácidos

Quality of corn seeds subjected to different doses of zinc and aminoacids

Calidad de las semillas de maíz sometidas a diferentes dosis de zinc y aminoácidos

DOI: 10.55905/revconv.17n.3-066

Originalsreceived: 02/05/2024
Acceptance for publication: 02/20/2024

Fernando Rodrigues Ramirez
Graduando em Agronomia
Instituição: Instituto Federal de Rondônia – Campus Ariquemes (IFRO)
Endereço: Ariquemes – RO, Brasil
E-mail: fernando.rodrigues.ramirez@gmail.com

Luciano dos Reis Venturoso
Doutor em Agronomia (Produção Vegetal)
Instituição: Instituto Federal de Rondônia – Campus Ariquemes (IFRO)
Endereço: Ariquemes – RO, Brasil
E-mail: luciano.venturoso@ifro.edu.br

Lenita Aparecida Conus Venturoso
Doutora em Agronomia (Produção Vegetal)
Instituição: Instituto Federal de Rondônia – Campus Ariquemes (IFRO)
Endereço: Ariquemes – RO, Brasil
E-mail: lenita.conus@ifro.edu.br

Geovani Gabriel Gonçalves da Luz
Graduando em Agronomia
Instituição: Instituto Federal de Rondônia – Campus Ariquemes (IFRO)
Endereço: Ariquemes – RO, Brasil
E-mail: geovaniagronomia2019@gmail.com

Felipe Souza da Silva
Graduado em Agronomia

Instituição: Instituto Federal de Rondônia – Campus Ariquemes (IFRO)
Endereço: Ariquemes – RO, Brasil
E-mail: felipesxsouza@gmail.com

Alessandra de Jesus Ribeiro
Graduanda em Agronomia
Instituição: Instituto Federal de Rondônia – Campus Ariquemes (IFRO)
Endereço: Ariquemes – RO, Brasil
E-mail: alessandraribeiro814@gmail.com

José Antônio Alves Pinheiro
Graduando em Agronomia
Instituição: Instituto Federal de Rondônia – Campus Ariquemes (IFRO)
Endereço: Ariquemes – RO, Brasil
E-mail: joseantonioalvespinheirop@gmail.com

Anny Karolyne Povodeiuk
Graduanda em Agronomia
Instituição: Instituto Federal de Rondônia – Campus Ariquemes (IFRO)
Endereço: Ariquemes – RO, Brasil
E-mail: annykarolyner@gmail.com

RESUMO

A cultura do milho, destaca-se pela alta produtividade e pela posição socioeconômica em que se insere no cenário do agronegócio brasileiro, sendo seu grão utilizado na alimentação humana e animal. Visando melhorar diversos aspectos na planta e na semente, se torna crescente a cada ano a utilização de produtos e técnicas de manejo para a incorporação de aditivos em sementes de milho, sendo eles a base de hormônios, aminoácidos e micronutrientes, técnica essa conhecida como tratamento de sementes. Diante do exposto, o trabalho teve por objetivo, avaliar o vigor de sementes de milho sob diferentes doses de zinco e aminoácidos em tratamento de sementes. O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 6 x 6, com quatro repetições. O primeiro fator constou de seis doses do produto comercial Max Zinc® (0; 0,070; 0,140; 0,210; 0,280 e 0,350 $L.ha^{-1}$), o qual apresenta em sua composição 50% de zinco em teor total. No segundo, seis doses do produto comercial Raiz Pro® (0; 1; 3; 5; 7 e 9 $mL.kg^{-1}$ de semente), o qual possui em sua composição aminoácidos livres como a prolina, triptofano e

cisteína. Para avaliação dos lotes de sementes foi realizado o teste de germinação padrão e de envelhecimento acelerado, analisando-se ainda o comprimento da parte aérea e de raiz, e massa seca da parte aérea e de raiz. O uso do aminoácido nas maiores doses, 7 e 9 mL.kg^{-1} de Raiz Pro®, favorecem a qualidade e vigor das sementes de milho. A dose comercial de 5 mL.kg^{-1} de Raiz Pro® apresenta melhorias na qualidade de sementes, quando associado ao zinco. O uso do zinco em doses inferiores a 0,182 L.ha^{-1} de Max Zinc® melhora o vigor das sementes de milho. A associação de aminoácido e zinco reduz o vigor do milho, prejudicando sua germinação e desenvolvimento inicial.

Palavras-chave: *Zea mays*. Micronutrientes em sementes. Vigor do milho.

ABSTRACT

Corn cultivation stands out for its high productivity and socioeconomic position in the Brazilian agribusiness scenario, with its grain used in human and animal food. Aiming to improve various aspects of the plant and seed, the use of products and management techniques for the incorporation of additives in corn seeds, which are based on hormones, amino acids and micronutrients, is increasing every year, a technique known as treatment of seeds. Given the above, the objective of the work was to evaluate the vigor of corn seeds under different doses of zinc and amino acids in seed treatment. The experimental design adopted was completely randomized in a 6 x 6 factorial scheme, with four replications. The first factor consisted of six doses of the commercial product Max Zinc® (0; 0.070; 0.140; 0.210; 0.280 and 0.350 L.ha-1), which contains 50% zinc in total content. In the second, six doses of the commercial product Raiz Pro® (0; 1; 3; 5; 7 and 9 mL.kg-1 of seed), which contains free amino acids such as proline, tryptophan and cysteine. To evaluate seed lots, the standard germination and accelerated aging tests were carried out, also analyzing the length of the shoot and root, and dry mass of the shoot and root. The use of the amino acid in the highest doses, 7 and 9 mL.kg-1 of Raiz Pro®, favors the quality and vigor of corn seeds. The commercial dose of 5 mL.kg-1 of Raiz Pro® shows improvements in seed quality, when associated with zinc. The use of zinc in doses lower than 0.182 L.ha-1 of Max Zinc® improves the vigor of corn seeds. The association of amino acids and zinc reduces the vigor of corn, impairing its germination and initial development.

Keywords: *Zea mays*. Micronutrients in seeds. Corn vigor.

RESUMEN

El cultivo de maíz se destaca por su alta productividad y posición socioeconómica en el escenario del agronegocio brasileño, y su grano se destina a la alimentación humana y animal. Con

el objetivo de mejorar diversos aspectos de la planta y de la semilla, crece cada año el uso de productos y técnicas de manejo para incorporar aditivos a las semillas de maíz, a base de hormonas, aminoácidos y micronutrientes, técnica conocida como tratamiento de semillas. El objetivo de este estudio fue evaluar el vigor de las semillas de maíz bajo diferentes dosis de zinc y aminoácidos en tratamientos de semillas. El diseño experimental adoptado fue totalmente aleatorio en un esquema factorial 6 x 6, con cuatro repeticiones. El primer factor consistió en seis dosis del producto comercial Max Zinc® (0; 0,070; 0,140; 0,210; 0,280 y 0,350 L.ha-1), que contiene un 50% de zinc total. La segunda fueron seis dosis del producto comercial Raiz Pro® (0; 1; 3; 5; 7 y 9 mL.kg-1 de semilla), que contiene aminoácidos libres como prolina, triptófano y cisteína. Para evaluar los lotes de semillas, se realizaron la prueba de germinación estándar y el envejecimiento acelerado, y también se analizaron la longitud de la parte aérea y de la raíz, y la masa seca de la parte aérea y de la raíz. El uso del aminoácido en las dosis más altas, 7 y 9 mL.kg-1 de Raiz Pro®, favoreció la calidad y el vigor de las semillas de maíz. La dosis comercial de 5 mL.kg-1 de Raiz Pro® mejora la calidad de la semilla cuando se combina con zinc. El uso de zinc en dosis inferiores a 0,182 L.ha-1 de Max Zinc® mejora el vigor de las semillas de maíz. La combinación de aminoácidos y zinc reduce el vigor del maíz, perjudicando su germinación y desarrollo inicial.

Palabras clave:Zea mays,micronutrientes en semillas,vigor del maíz.

1 INTRODUÇÃO

A cultura do milho (*Zea mays*) tem se destacado pela alta produtividade e posição socioeconômica em que se insere no cenário do agronegócio brasileiro, sendo seu grão utilizado na alimentação humana e animal, fator este que aponta para aumentos significativos de produção (OLIGINI et al., 2019).

No Brasil a área cultivada, primeira e segunda safra, com a cultura foi de 22.267,4 mil ha, com produtividade média de 5.922 kg.ha^{-1}, totalizando uma produção de 131.865,9 mil toneladas, resultados crescentes comparados às safras anteriores. O estado de Rondônia cultivou 303,4 mil ha, com produtividade de 5.182,37 kg.ha^{-1}, alcançando produção de 1.572,4 mil toneladas, considerando os cultivos de safra e safrinha (CONAB, 2023).

Devido à grande adaptabilidade da cultura do milho, seu cultivo vem sendo realizado em quase todo o território, podendo ser encontrado em climas tropicais, subtropicais e temperados, todavia, este fato não tem dispensado a utilização de boas práticas de manejo (BARROS e CALADO, 2014). Visando melhorar diversos aspectos na planta e na semente, se torna crescente

a cada ano a utilização de produtos e técnicas de manejo para a incorporação de aditivos em sementes de milho, sendo eles a base de hormônios, aminoácidos e micronutrientes, técnica essa conhecida como tratamento de sementes (TS) (FERREIRA et al., 2007). O TS tem sido o método mais barato e com alta eficiência utilizado há algum tempo em lavouras de milho, sendo esta uma cultura que tem seu potencial produtivo definido nos estádios iniciais de desenvolvimento.

Dentre os micronutrientes aplicados através do TS destaca-se o zinco, devido sua participação em diversas etapas do processo fisiológico da planta, como a fotossíntese, regulação hormonal, fornecimento de energia à planta e metabolismo de carboidratos, sendo um dos elementos que mais limita a produção de milho, porém, mesmo com tamanha importância o micronutriente encontra-se em deficiência na maioria dos cultivos brasileiros, seja pelos baixos valores encontrados no solo, ou mesmo pela ineficiência na adubação (PRADO et al., 2006).

O fornecimento desse micronutriente via TS tem se mostrado o método de maior eficiência, quando comparado com as aplicações via solo e foliar. Sua utilização nas sementes tem melhorado a emergência de plântulas, otimizando seu desenvolvimento e rendimento da planta (PRADO et al., 2006). Todavia, os benefícios da aplicação do Zn têm variado nas diferentes localidades de cultivo, como demonstrado por Vazquez et al. (2016), os quais avaliaram os efeitos de Zn e Mo na emergência e vigor de plântulas de milho, aplicados via TS, e concluíram que o tratamento com fertilizante comercial a base desses micronutrientes reduziram a porcentagem de emergência e o vigor das sementes.

Da mesma forma, como os micronutrientes, existem disponíveis no mercado muitos produtos que apresentam em sua composição aminoácidos, os quais podem proporcionar às plantas de milho um melhor desenvolvimento. Os aminoácidos são ácidos orgânicos constituintes de proteínas e precursores de várias substâncias que regulam o metabolismo da planta. Como benefícios, os aminoácidos podem estabelecer uma melhora na fotossíntese, diminuição da fitotoxidade e regulação da atividade hormonal na planta (FLOSS e FLOSS 2007).

A aplicação de aminoácidos não tem sido realizada para suprir a necessidade de realização de síntese proteica na planta, mas sim para ativar o seu metabolismo fisiológico (GONÇALVES e SIMONETTI 2011), contudo, existe carência em relação a informações sobre os reais efeitos dos aminoácidos na germinação de sementes e no desenvolvimento inicial de plântulas, assim como os efeitos proporcionados aos processos fisiológicos da planta (BINSFELD et al., 2014).

Em experimento realizado com o objetivo de avaliar o desempenho inicial em campo de lotes de sementes de milho, tratadas com dois produtos à base de aminoácidos na dose comercial e no dobro da dose, foi observado que não houve efeitos significativos entre os tratamentos para o índice de velocidade de emergência e percentual de plântulas emersas (VANZOLINI e

SILVEIRA, 2009). Ferreira et al. (2007) destacaram que são vários os estudos e resultados obtidos com esses elementos, porém, ainda são superficiais e na maioria das vezes contraditórios, não permitindo assim, uma afirmação sobre os reais benefícios dos aminoácidos.

Os estudos e resultados para a utilização de zinco e aminoácidos em sementes de milho, acontecem há muito tempo, no entanto, ainda são superficiais, havendo a necessidade de estudos que possam gerar indicações de doses favoráveis destes elementos na cultura do milho. Partindo desse pressuposto apresenta-se como importante a recomendação das doses e suas influências na qualidade e vigor de sementes de milho.

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o vigor de sementes de milho sob diferentes doses de zinco e aminoácidos aplicados via tratamento de sementes.

2 MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi conduzida no período de junho a novembro de 2023, no Instituto Federal de Rondônia - IFRO, localizado no município de Ariquemes-RO, em ensaios experimentais realizados em laboratório. O município localiza-se em latitude de 9° 55' 12" S, longitude 62° 56' 59" O e altitude média de 128 m, com características de clima equatorial quente úmido e precipitações anuais de 1300 a 2600 mm/ano (FRANCA, 2015).

Foi adotado o delineamento experimental inteiramente casualizados em esquema fatorial 6 x 6, com quatro repetições. O primeiro fator constou de seis doses do produto comercial Max Zinc® (0; 0,070; 0,140; 0,210; 0,280 e 0,350 $L.ha^{-1}$), o qual apresenta em sua composição 50% de zinco em teor total. No segundo, seis doses do produto organomineral a base de aminoácidos Raiz Pro® (0; 1; 3; 5; 7 e 9 $mL.kg^{-1}$ de semente), o qual possui em sua composição aminoácidos livres, como a prolina, triptofano e cisteína. A pesquisa foi realizada com sementes do híbrido LAS 581 VIP3, material utilizado com frequência pelos produtores na região do Vale do Jamari.

As doses utilizadas em cada tratamento foram diluídas em água deionizada em uma proporção de 1:1, e distribuídas sobre as sementes em um saco plástico. As sementes foram submetidas à agitação por um período de um minuto, para homogeneização dos tratamentos. Posteriormente, manteve-se as sementes à sombra para secagem.

O teste de germinação foi implantado de acordo com as Regras para Análise de Sementes - RAS, utilizando-se quatro repetições de 50 sementes, totalizando 200 sementes para cada tratamento. Posteriormente ao período de secagem, distribuiu-se as sementes sobre papel *germitest*, autoclavados e umedecidos em água destilada, com volume de 2,5 vezes a sua massa. Os rolos passaram a ser acondicionados em câmara de germinação, a uma temperatura de 25°C, por um período de sete dias (BRASIL, 2009). No sétimo dia foram quantificados os percentuais

de sementes não germinadas, plântulas anormais e normais, a fim de obter-se a porcentagem de germinação.

Em cada repetição dos tratamentos, cinco plântulas normais representativas foram fracionadas em parte aérea e sistema radicular, no intuito de se mensurar o comprimento da parte aérea (CPA) e o comprimento de raiz (CR), com o auxílio de régua graduada. Realizou-se as medidas de comprimentos de radícula (a partir da inserção do cotilédone até o ápice da radícula) e aéreo de plântula (a partir do coleóptilo à extremidade foliar), sendo os resultados expressos em centímetros.

Posteriormente às medições, a parte aérea e o sistema radicular das respectivas plantas selecionadas foram colocadas em sacos de papel kraft, separadamente, e acondicionadas em estufa de circulação forçada de ar, a uma temperatura de 65ºC até a obtenção de massa constante. Após a obtenção da massa constante, as amostras foram pesadas em balanças de 0,0001 g de precisão com o intuito de determinar a massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca de raiz (MSR), sendo os resultados expressos em gramas por plântulas.

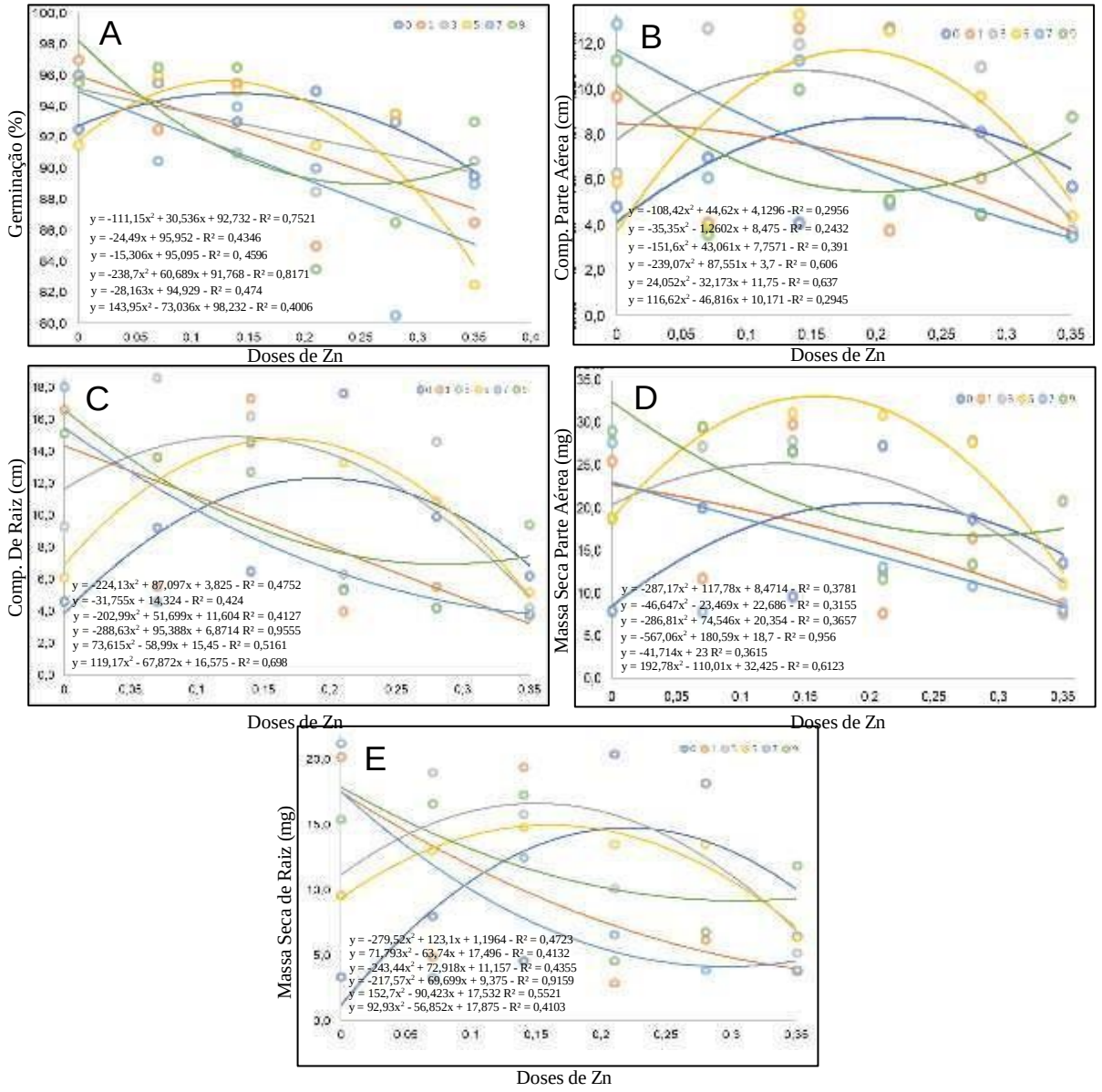
No teste de envelhecimento acelerado (TEA) distribuiu-se as sementes em caixa gerbox (11 x 11 x 3,5 cm), contendo 40 ml de água deionizada, em camada única sobre uma tela metálica perfurada suspensa no interior da caixa. O procedimento ocorreu em câmara BOD, por um período de 72 horas, a uma temperatura de 52ºC (DUTRA e VIEIRA, 2004). Posteriormente, ao TEA, submeteu-se as sementes ao teste de germinação, conforme a metodologia da RAS, citada anteriormente (BRASIL, 2009). No sétimo dia após a instalação do teste foram quantificados os percentuais de sementes não germinadas, plântulas anormais e normais, e a porcentagem de germinação. Dentre as plântulas normais, foram escolhidas cinco plântulas representativas para serem medidas a parte aérea (CPA) e o sistema radicular (CR) e posteriormente secas para quantificação da massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca de raiz (MSR).

Os resultados foram submetidos à análise de variância, com o auxílio do programa SISVAR, e quando significativas, realizadas análise de regressão dos dados.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise de variância indicou efeito significativo para todas as variáveis analisadas. Na ausência de zinco a utilização das doses de 1, 3, 7 e 9 $mL.kg^{-1}$ do produto comercial a base de aminoácidos proporcionaram maiores percentuais de germinação das sementes de milho, todavia, ao combinar zinco com as referidas doses verificou-se redução na germinação (Figura 1A). Nas doses de 0 e 5 $mL.kg^{-1}$ foi observado equação quadrática, sendo constatado que a associação com a dose de máxima eficiência técnica do zinco, 0,137 e 0,127 $L.ha^{-1}$, respectivamente, proporcionaram os maiores valores de germinação.

Figura 1. Percentual de germinação (A), comprimento de parte aérea (B), de raiz (C), massa seca da parte aérea (D) e de raiz (E) de sementes de milho tratadas com doses de zinco e aminoácidos.



Fonte: Autor.

Segundo Ribeiro e Santos (1997), o zinco é um ativador enzimático, e mesmo em sementes com menores níveis de qualidade, o nutriente pode proporcionar melhorias na germinação e no vigor das sementes. O zinco desempenha um papel essencial no funcionamento das enzimas, incluindo a RNAse, que é responsável pela quebra do RNA. A inibição da atividade da RNAse devido à sua falta pode resultar em diminuição na síntese proteica. A síntese proteica, por sua vez, é um processo crucial para o crescimento e desenvolvimento das células, incluindo as células germinativas das sementes de milho. Portanto, quando há uma redução na síntese proteica devido à falta de zinco, isso pode afetar a germinação das sementes (MALAVOLTA, 1980). Nas

sementes, a maior parte do zinco encontra-se em corpos proteicos, principalmente na forma de sais de ácido fítico que, no processo de germinação, são rapidamente hidrolisados e, assim, disponibilizados às plântulas favorecendo a germinação (MARSCHNER, 1986).

Para as doses de 1, 3, 7 e 9 mL.kg^{-1} de semente do Raiz Pro® observou-se que a associação do zinco não demonstrou vantagens, apresentando redução na germinação, demonstrando que altos níveis do elemento zinco podem ser prejudiciais à germinação de sementes de milho. Avaliando o efeito da aplicação de zinco em sementes de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) sobre a nutrição, germinação e desenvolvimento inicial das plantas, em casa de vegetação, Yagi et al. (2006) relataram que a aplicação de zinco nas sementes de sorgo não influenciou o acúmulo de matéria seca da parte aérea, entretanto, diminuiu a germinação e o acúmulo de matéria seca das raízes e da planta inteira.

Para o comprimento da parte aérea (CPA) todas as doses de zinco resultaram em equações de segundo grau, todavia, apenas para as doses de 0, 3 e 5 mL.kg^{-1} de Raiz Pro® houve acréscimos no crescimento das plantas com o aumento das doses de zinco, sendo constatado maior CPA nas doses de máxima eficiência técnica de zinco de 0,206, 0,142 e 0,183 L.ha^{-1}, respectivamente (Figura 1B). Vale destacar que na dose de 5 mL.kg^{-1} do produto à base de aminoácidos, associada a 0,183 L.ha^{-1} de zinco, foi observado os melhores resultados para CPA, 11,72 cm. Esses resultados demonstram a importância da combinação estratégica de doses específicas de substâncias como aminoácidos e zinco para otimizar o desenvolvimento da parte aérea das plantas. Avaliando os efeitos do recobrimento de diferentes doses de zinco em sementes de arroz irrigado, sobre o desempenho das sementes e os componentes do rendimento, Funguetto et al. (2010) obtiveram valor de comprimento de parte aérea de plântulas de arroz 58% superior à testemunha, quando se utilizou Zn via sementes na dose 0,57 g.kg^{-1} de sementes. Ohse et al. (2000) avaliando diferentes doses de Zn via tratamento de sementes em arroz irrigado, verificaram que o comprimento de parte aérea superou a testemunha em 9,3%.

Assim como observado para o CPA, na ausência de zinco a utilização das doses de 0, 3 e 5 mL.kg^{-1} do produto comercial a base de aminoácidos proporcionaram menor comprimento do sistema radicular (CR) do milho, todavia, ao combinar zinco com as referidas doses verificou-se acréscimos no CR (Figura 1C). Foi constatado doses de máxima eficiência técnica de zinco de 0,194, 0,127 e 0,165 L.ha^{-1}, respectivamente, proporcionado comprimento de raiz de 12,29, 14,90 e 14,75 cm. Na ausência do zinco, verificou-se que as doses de 7 e 9 mL.kg^{-1} de Raiz Pro® proporcionaram crescimento das raízes do milho de 15,45 e 16,58 cm, respectivamente.

Esses dados podem ser explicados pelos resultados obtidos por Ohse et al. (2011), os quais relataram que o aumento no comprimento das raízes obtidas após a aplicação de zinco provavelmente pode ser atribuído à sua necessidade e importância na síntese do aminoácido

triptofano, precursor do fitormônio auxina. A auxina que por sua vez desempenha um papel importante na diferenciação e alongamento das células da raiz. Nesse sentido, ao realizar a aplicação direta dos aminoácidos, se dispensaria a aplicação do zinco. Entretanto, enfatiza-se que o zinco desempenha outras funções na planta e sua ausência poderia comprometer o desenvolvimento da cultura do milho. Ribeiro e Santos (1997) afirmam que o tratamento de sementes com zinco, na dose de 50 $L.ha^{-1}$ para o milho não seria suficiente para atender à exigência total da planta, porém sua maior disponibilidade inicial pode incentivar o desenvolvimento do sistema radicular, tornando maior a área de contato das raízes com o solo e possibilitando melhor progresso da planta. Em sementes de arroz, Ohse et al. (2000), descreveram o zinco como um elemento acelerador do crescimento da radícula, todavia, em doses mais elevadas Marschner (1986), destaca que o nutriente pode provocar toxicidade na cultura da aveia, reduzindo o crescimento das raízes.

Para a massa seca da parte aérea (MSPA) foi verificado que as doses de aminoácido (Raiz Pro®) proporcionaram melhores resultados que a testemunha, na ausência de zinco, destacando-se os valores obtidos na dose de 9 $mL.kg^{-1}$ de sementes do produto comercial (Figura 1D). Em experimento conduzido por Tatto et al. (2018), cujo objetivo foi analisar o impacto do uso de bioestimulantes a base de aminoácidos no tratamento de sementes de soja, os autores constataram que o emprego do bioestimulante na dose de 2 $mL.kg^{-1}$ de semente resultou em aumento favorável nas medições de massa seca de parte aérea, com incremento de 0,02 g em relação a testemunha, o que está em consonância com os resultados obtidos neste estudo.

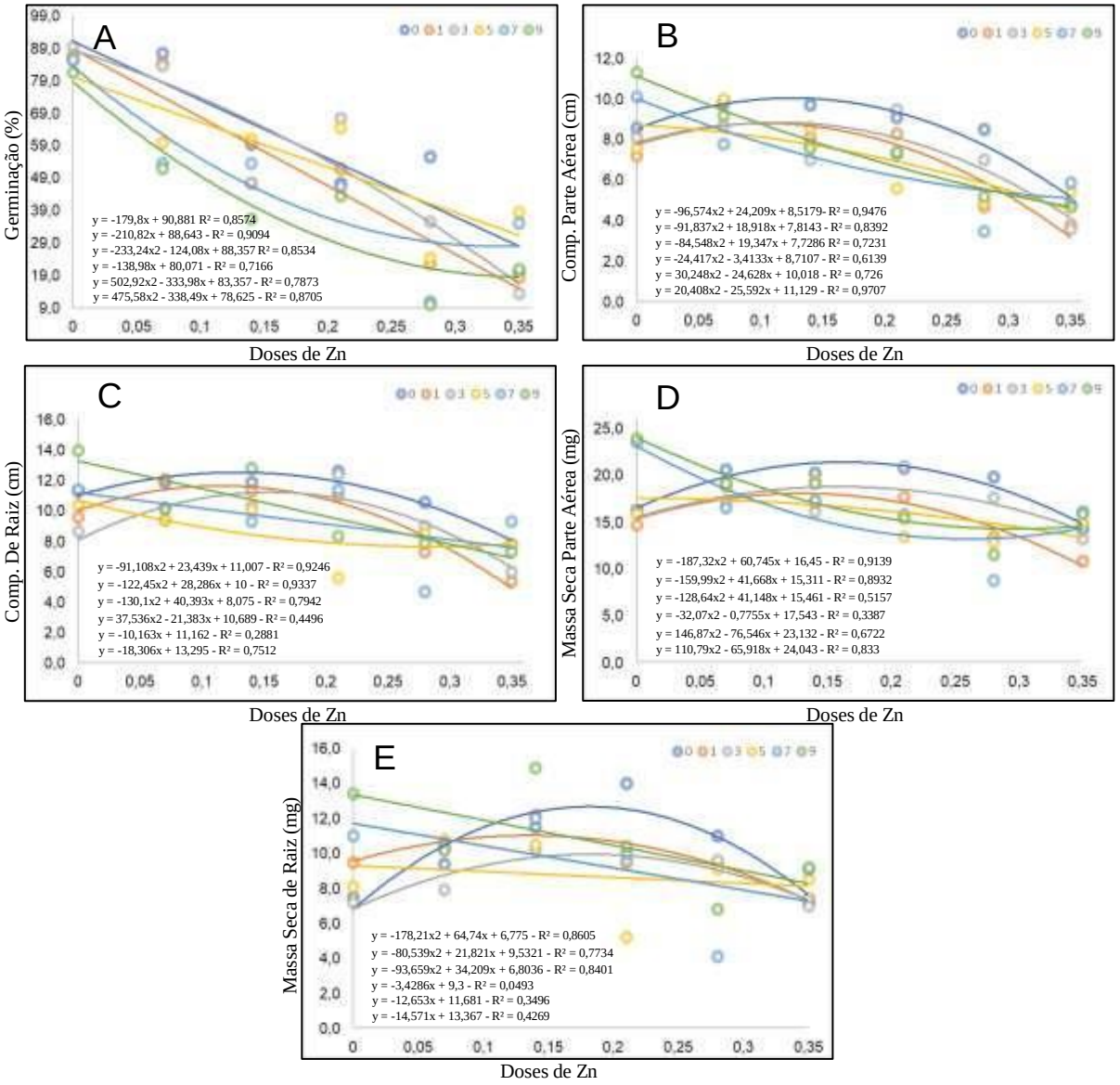
As doses de 0, 3 e 5 $mL.kg^{-1}$ do produto comercial a base de aminoácidos resultaram em equação quadrática, sendo verificado na dose de 5 $mL.kg^{-1}$ de semente (Raiz Pro®) associada a dose de máxima eficiência técnica de 0,159 $L.ha^{-1}$ do produto a base de zinco, o maior valor de MSPA. As doses de zinco que proporcionaram máxima eficiência técnica associada às doses de 0 e 3 $mL.kg^{-1}$ de Raiz Pro® foram de 0,205 e 0,130 $L.ha^{-1}$, respectivamente, sendo observado no entanto, menor acúmulo de massa seca. Considerando estas doses, ficou evidente que na ausência de aminoácidos a planta precisou de doses maiores de zinco e ainda assim não obteve os mesmos valores proporcionados pela associação dos produtos. Este fato demonstra a relevância da interação entre aminoácidos e zinco, destacando-se como uma alternativa significativa para otimizar o desenvolvimento inicial das plantas de milho. No intuito de avaliar a influência de diferentes doses de Zn aplicadas via semente no desenvolvimento inicial de plantas de milho, cv. Chico Modesto, Andrade et al. (2023) afirmaram que a massa seca da parte aérea teve aumento linear em função do aumento progressivo das doses, apresentando um acréscimo de 2% na dose de 200 $g.ha^{-1}$ em relação à ausência de zinco.

Assim como observado nas demais variáveis, também para a massa seca de raiz (MSR) houve melhor desenvolvimento das plantas quando se utilizou o produto a base de aminoácidos, sendo nas doses de 1, 7 e 9 $mL.kg^{-1}$ do produto comercial os maiores valores de MSR obtidos na ausência de zinco, ou seja, nestas doses a combinação com o nutriente provou decréscimos na massa radicular (Figura 1E). Enquanto que nas doses de 0, 3 e 5 $mL.kg^{-1}$ do produto comercial o comportamento foi diferente, demonstrando aumento na MSR com a associação ao zinco, relatando-se máximos valores de massa radicular com as doses de 0,222, 0,149 e 0,160 $L.ha^{-1}$, respectivamente. De acordo com Fageria et al. (2000), aplicações de zinco acima de 10 $g.ha^{-1}$ geram uma redução de até 10% na porcentagem de massa seca em plântulas de milho, trigo e arroz.

As avaliações das variáveis após o envelhecimento acelerado indicaram interação significativa entre os fatores aminoácidos e zinco. A germinação das sementes de milho apresentou os maiores valores na ausência de zinco, sendo que a adição do nutriente às doses de aminoácido proporcionou redução na porcentagem de germinação (Figura 2A), indicando assim, queda na qualidade destas quando tratadas com o produto comercial testado no experimento. Este fato pode estar relacionado ao baixo vigor da semente. Santos e Baldoni (2018) relataram que a qualidade fisiológica das sementes faz referência ao seu potencial para germinação e crescimento saudável, e quando o potencial fisiológico é baixo, a capacidade de germinação da semente torna-se reduzida, o que pode levar a um estande de plantas desuniforme. Yagi et al. (2006), avaliando o efeito da aplicação das doses (3,57; 7,14; 14,28 e 28,56 g de $Zn.kg^{-1}$ de sementes de sorgo) sobre sua germinação e desenvolvimento inicial de plântulas, observaram que a aplicação de Zn nas sementes não afetou o acúmulo de matéria seca da parte aérea, entretanto, diminuiu a porcentagem de germinação em relação a testemunha.

Para as variáveis CPA, CR, MSPA e MSR foi observado semelhança quanto as respostas das doses de aminoácido e zinco. As maiores doses de aminoácido apresentaram melhores resultados na ausência de zinco, provocando decréscimo nas variáveis analisadas conforme a associação com o nutriente (Figuras 2B, 2C, 2D e 2E). A utilização da dose de 9 $mL.kg^{-1}$ de semente do produto contendo aminoácidos, na ausência de zinco, proporcionou os melhores resultados para as variáveis mencionadas, indicando que para condições abióticas adversas a aplicação do produto pode ser uma alternativa para mitigar os estresses no período inicial de desenvolvimento de plântulas de milho. Avaliando a qualidade de semente de milho super doce sob condições de estresse hídrico com a utilização de bioestimulantes a base de aminoácidos, Carmo et al. (2021) concluíram que existe efeito positivo do uso de bioestimulantes quando em condições adversas, como déficit hídrico e altas temperaturas.

Figura 2. Percentual de germinação (A), comprimento de parte aérea (B), de raiz (C), massa seca da parte aérea (D) e de raiz (E) de sementes de milho tratadas com doses de zinco e aminoácidos após o teste de envelhecimento acelerado.



Fonte: Autor.

Nas doses de 0, 1 e 3 mL.kg^{-1} de Raiz Pro® foi verificado resposta quadrática em relação ao aumento nas doses de zinco. A resposta ao aumento nas doses de zinco resultou em maiores valores de CPA, CR, MSPA e MSR quando não se utilizou aminoácido, sendo constatado máxima eficiência para as variáveis quando se utilizou as doses de 0,125, 0,129, 0,162 e 0,182 L.ha^{-1}, respectivamente. Villar (2007), relata que o incremento no teor de matéria orgânica pode resultar na redução da disponibilidade de zinco no solo. A fração húmica foi identificada como capaz de reter até 56% do zinco presente, enquanto a fração fúlvica retém aproximadamente 12%. Esses achados sugerem que a decomposição do material orgânico pode ser um fator contribuinte para a deficiência de zinco, indicando um possível mecanismo pelo qual ocorre essa diminuição na

disponibilidade do nutriente. Este fator pode explicar o ocorrido na presente pesquisa, pois o produto a base de aminoacido utilizado apresenta alto teor de matéria orgânica.

Em condições favoráveis para a cultura do milho, observou-se que as maiores doses de aminoácido, 7 e 9 $mL.kg^{-1}$ de Raiz Pro® proporcionaram maior germinação e desenvolvimento inicial da cultura, assim como a dose de 5 $mL.kg^{-1}$ de Raiz Pro®, todavia, esta foi dependente da associação com o zinco, demonstrando que a aplicação desses compostos pode desempenhar um papel significativo no aumento da qualidade das sementes de milho.

Enquanto que os resultados verificados para o vigor das plântulas de milho indicaram que a associação de aminoácido e zinco não foram favoráveis para a germinação e desenvolvimento inicial da cultura após o teste de envelhecimento acelerado. Os melhores resultados foram obtidos com a utilização isolada do produto a base aminoácido, na dose de 9 $mL.kg^{-1}$ de sementes. O zinco promoveu melhorias no vigor das plântulas, principalmente, na ausência do aminoácido.

4 CONCLUSÕES

O uso do aminoácido nas maiores doses, 7 e 9 $mL.kg^{-1}$ de Raiz Pro®, favorecem a qualidade e vigor das sementes de milho.

A dose comercial de 5 $mL.kg^{-1}$ de Raiz Pro® apresenta melhorias na qualidade de sementes, quando associado ao zinco.

O uso do zinco em doses inferiores a 0,182 $L.ha^{-1}$ de Max Zinc® melhora o vigor das sementes de milho.

A associação de aminoácido e zinco reduz o vigor do milho, prejudicando sua germinação e desenvolvimento inicial.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, M. F.; SIQUEIRA, T. S.; ALVES N. S.; SIMPLÍCIO, J. B.; TABOSA, J. N.; SILVA, M. A. D.; FRANÇA, J. G. E. Análise multivariada do efeito de diferentes doses de zinco no tratamento de sementes de milho, cv. Chico Modesto. **Contribuciones a Las Ciencias Sociales,** São José dos Pinhais, v.16, n.11, p.27836-27850, 2023.

BARROS, J. F. C.; CALADO, J. G. **A cultura do milho**. 2014. Disponível em: <https://dspace.uevora.pt/rdpc/handle/10174/10804>. Acesso em: 18 mar. 2022.

BINSFELD, J. A.; BARBIERI, A. P. P.; HUTH, C.; CABRERA, I. C.; HENNING, L. M. M. Uso de bioativador, bioestimulante e complexo de nutrientes em sementes de soja. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.44, n.1, p.88-94. 2014.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para Análise de Sementes**. 1° ed. Brasilia: MAPA, 2009. 399p.

CARMO, M. A. P.; CARVALHO, M. L. M.; SANTOS, H. O.; ROCHA, D. K.; OLIVEIRA, J. A.; SOUZA, V. F.; GUARALDO, M. M. S.; MESQUITA, C. A. M. Bioestimulantes aplicados em sementes e plantas de milho doces sob condições de estresse abiótico. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v.7, n.3, p.31727-31741, 2022.

CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira**: grãos: sétimo levantamento. (2023). Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos?start=10>. Acesso em: 04 mar. 2024.

DUTRA, A. S.; VIEIRA, R. D. Envelhecimento acelerado como teste de vigor para sementes de milho e soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, n.3, p.715-721, 2004.

FAGERIA N. K. Níveis adequados e tóxicos de zinco na produção de arroz, feijão, milho, soja e trigo em solo de cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.4. n.3, p.390-395, 2000.

FERREIRA, L. A.; OLIVEIRA, J. A.; PINHO, E. V. R.; QUEIROZ, D. L. Bioestimulante e fertilizante associados ao tratamento de sementes de milho. **Revista Brasileira de Sementes**, Lavras, v.29, n.2, p.80-89. 2007.

FLOSS, E. L.; FLOSS, L. G. Fertilizantes organominerais de última geração: funções fisiológicas e uso na agricultura. **Revista Plantio Direto**. Passo Fundo, ed. 100, julho/agosto. 2007.

FRANCA, R. R. Climatologia das chuvas em Rondônia: 1981-2011. **Revista Geografias**, v.11, n.1, p.44-58, 2015.

FUNGUETTO, C. I.; PINTO, J. F.; BAUDET, L.; PESKE, S. T. Desempenho de sementes de arroz irrigado recobertas com zinco. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.32, n.2. p.117-123, 2010.

GONÇALVES, P. R. P.; SIMONETTI, A. P. M. M. Tratamento de sementes e adubação foliar na cultura do milho. **Cultivando o Saber**, Cascavel, v.4, n.1, p.1-9, 2011.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980. 251p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. London: Academic Press, 1986. 649p.

OHSE, S.; CUBIS, J. G.; REZENDE, B. L. A.; CORTEZ, M. G.; OTTO, R. F. Vigor e viabilidade de sementes de trigo tratadas com zinco. **Biotemas**, v.25, n.4, p.49-58, 2011.

OHSE, S.; MARODIM, V.; SANTOS, O. S.; MARAFRON, P. A. Germinação e vigor de sementes de arroz irrigado tratadas com zinco, boro e cobre. **Revista da Faculdade Zootecnia, Veterinária e Agronomia**, Uruguaiana, v.7, n.1, p.73-79, 2000.

OLIGINI, K. F.; SALOMÃO, E. C.; BATISTA, V. V.; PAULO, L. L.; ADAMI, F.; SARTOR, L. R. Produtividade de milho consorciado com espécies forrageiras no sudoeste do Paraná. **Revista Agrarian**, Dourados, v.12, n.46, p.434-442. 2019.

PRADO, R. M.; ROMUALDO, L. M.; ROZANE, D. E.; VIDAL, E. A.; MARCELO, A. V. Modos de aplicação de zinco na nutrição e na produção de matéria seca do milho BRS 1001. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.24, n.1, p.67-74. 2006.

RIBEIRO, N. D.; SANTOS, O. S. Aproveitamento do zinco aplicado na semente na nutrição da planta. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.26, n.1, p.159-165, 1997.

SANTOS, D. M.; BALDONI, A. Avaliação da qualidade fisiologica de sementes de milho. **GETEC**, v.7, n.19, p.19-30, 2018.

TATTO, L.; KULCZYNSKI, S. M.; BELLÉ, C.; MORIN, D.; RUBIN, F. M.; ULIANA, M. P. Desempenho de sementes de soja tratadas com bioestimulante sob diferentes condições de potencial osmótico. **Revista Eletrônica Científica Da UERGS**, v.4, n.3, p.397-408, 2018.

VANZOLINI, S.; SILVEIRA, T. G. Desempenho inicial em campo de lotes de sementes de milho tratadas com produtos à base de aminoácidos. **Nucleus**, São Paulo, v.6, n.2, p.55-68, 2009.

VAZQUEZ, G. H.; SILVA, M. R. R.; VANZELA, L. S.; IGNACIO, L. A. P. Tratamento de sementes de milho com zinco e molibdênio: efeitos na emergência e no vigor. In: XXXI Congresso Nacional de Milho e Sorgo, 31, 2016, Bento Gonçalves - RO. **Anais...** Bento Gonçalves: ABRATES, 2016. p.1922-1926.

VILLAR, M. L. P. **Manual de interpretação de analise de plantas e solos e recomendação de adubação**. Cuiabá: EMPAER-MT, 2007. 182p. (Série Documentos, 35).

YAGI, R.; SIMILI, F. F.; ARAUJO, J. C.; PRADO, R. M.; SANCHEZ, S. V.; RIBEIRO, C. E. R.; BARRETO, V. C. M. Aplicação de zinco via sementes e seu efeito na germinação, nutrição e desenvolvimento inicial do sorgo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.4, p.655-660, 2006.