

Influência da aplicação de zinco no desenvolvimento do milho safrinha

Beatriz Santos Tavares, Agronomia, Centro Universitário Integrado, Brasil.
beatriztavares9087@gmail.com

Jaqueline Diniz Lobo, Agronomia, Centro Universitário Integrado, Brasil.
jaqueline_diniz1@hotmail.com

Marina Aparecida Viana de Alencar, Agronomia, Centro Universitário Integrado,
Brasil. marina.viana@grupointegrado.br

RESUMO – O zinco é um micronutriente essencial para o desenvolvimento das plantas. O presente trabalho teve como objetivo avaliar a influência de diferentes doses de zinco (Zn) aplicadas na cultura do milho (*Zea mays*). O experimento foi conduzido em uma propriedade rural na cidade de Uiratã - Pr, com continuidade no laboratório de sementes do Centro Universitário de Campo Mourão – PR. Os tratamentos foram definidos previamente e aplicados de forma direcionada às parcelas, composto por três distintas doses de zinco e um testemunha (sem aplicação), a dose recomendada de 13 mL; uma dose 25% superior (16,25 mL); e uma dose 25% inferior (9,75 mL), todos mantidos com o mesmo espaçamento e densidade populacional de plantas. As variáveis analisadas foram: altura de planta, altura de inserção da primeira espiga, número de espigas por planta, diâmetro do colmo, massa de mil grãos, massa seca e massa úmida. O zinco exerceu papel essencial no crescimento e na produtividade do milho, influenciando diretamente o acúmulo de biomassa e a formação dos grãos, conforme evidenciado pelas variáveis massa úmida e seca das raízes, da parte aérea e massa de mil grãos, onde o zinco empregado de forma ideal, ou seja na dose recomendada (500 ml/ha ou 13mL da parcela analisada), trouxe resultados mais eficientes para a cultura do milho.

Palavras-Chave: Adubação foliar, Micronutrientes, *Zea mays*.

ABSTRACT – Zinc is an essential micronutrient for plant development. The present study aimed to evaluate the influence of different zinc (Zn) application rates on maize (*Zea mays*) cultivation. The experiment was carried out on a rural property in the municipality of Uiratã, Paraná (PR), and continued at the seed laboratory of the Centro Universitário de Campo Mourão – PR. The treatments were previously defined and applied directly to the plots, consisting of three distinct zinc doses and one control (no application): the recommended dose of 13 mL; a dose 25% higher (16.25 mL); and a dose 25% lower (9.75 mL). All treatments maintained the same plant spacing and population density. The variables analyzed were: plant height, height of first ear insertion, number of ears per plant, stem diameter, thousand-grain weight, dry mass, and fresh mass. Zinc played an essential role in maize growth and productivity, directly influencing biomass accumulation and grain formation, as evidenced by the variables of root and shoot fresh and dry mass, as well as thousand-grain weight. The zinc applied at the optimal rate namely, the recommended dose (500 mL/ha or 13 mL per analyzed plot) produced the most efficient results for maize cultivation.

Keywords: Foliar fertilization, Micronutrients, *Zea mays*.

INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays L.*), em razão de seu elevado potencial produtivo, composição química e de seu valor nutritivo, destaca-se como um dos cereais mais cultivados e consumidos mundialmente. Por sua ampla gama de usos, tanto na alimentação humana quanto na animal, exerce papel socioeconômico de grande importância e ainda se configura como matéria-prima essencial para diferentes cadeias agroindustriais (1).

A produção de milho no Brasil é dividida em duas principais épocas de cultivo. A primeira safra, ou safra de verão, ocorre durante o período chuvoso, variando de agosto a novembro, conforme a região. Já a segunda safra, conhecida como safrinha, é semeada entre fevereiro e março, geralmente após a colheita da soja, predominando nas regiões Centro-Oeste, Sul e Sudeste do país. Nos últimos anos, a safrinha tem ganhado destaque pela crescente participação na produção nacional de milho (2).

O milho safrinha é caracterizado pelo cultivo em regime de sequeiro, com semeadura realizada entre os meses de janeiro e abril, geralmente após a colheita da soja, principal cultura de verão. O termo "safrinha" surgiu no Estado do Paraná, na década de 1970, quando os primeiros cultivos desse sistema apresentaram baixos níveis de produtividade em comparação à safra principal de verão. Embora o termo tenha sido inicialmente utilizado com um sentido depreciativo, ele permaneceu em uso e hoje está consolidado como referência a esse sistema produtivo. Vale destacar que, com os avanços tecnológicos e o aprimoramento do manejo, o milho safrinha passou a apresentar altos rendimentos em diversas regiões do país, desempenhando um papel estratégico na produção nacional de grãos (3).

Nos sistemas de produção de milho, os fatores tecnológicos que influenciam a produtividade podem ser divididos em fatores de construção e fatores de proteção. Os fatores de construção incluem genética das cultivares, manejo cultural, fertilidade do solo, nutrição e condições climáticas, que determinam o potencial produtivo da cultura. Já os fatores de proteção estão relacionados à preservação desse potencial, englobando o controle de plantas daninhas, pragas, doenças e o manejo adequado da colheita (4).

Considerando o fator nutricional, os macronutrientes são elementos essenciais requeridos pelas plantas em maiores quantidades, sendo fundamentais para o crescimento e o desenvolvimento vegetal. O solo, em condições naturais, é a principal fonte desses nutrientes, os quais são absorvidos pelas raízes. Entretanto, quando há deficiência de algum desses elementos, torna-se necessário o manejo adequado da fertilidade do solo, por meio da adubação, para suprir as necessidades nutricionais da cultura. Por outro lado, os micronutrientes, embora exigidos em menores quantidades, são igualmente indispensáveis, pois participam de reações fisiológicas e bioquímicas vitais ao metabolismo das plantas. A deficiência de qualquer um desses elementos pode comprometer o desenvolvimento e reduzir significativamente a produtividade. Entre os principais micronutrientes essenciais destacam-se o ferro (Fe), cobre (Cu), cloro (Cl), zinco (Zn), manganês (Mn), boro (B), molibdênio (Mo) e níquel (Ni) (5).

SIMPAR

Simpósio de Pesquisa, Extensão e Inovação do Paraná

Realização



CENTRO UNIVERSITÁRIO
Integrado



Núcleo de
Empreendedorismo,
Pesquisa e Extensão
Integrado

Apoio



FUNDAÇÃO
ARAUCÁRIA

Apoio ao Desenvolvimento Científico
e Tecnológico do Paraná

De modo geral, as deficiências de micronutrientes mais relevantes são as de boro e zinco, enquanto as de cobre e manganês ocorrem em menor intensidade. Esses problemas costumam estar relacionados a solos naturalmente pobres em fertilidade ou que foram cultivados por longos períodos, alcançando altas produtividades. Além disso, práticas de calagem em excesso tendem a intensificar tais deficiências (6).

O zinco é um micronutriente essencial que desempenha múltiplas funções nos processos fisiológicos e bioquímicos das plantas. Ele participa ativamente da regulação hormonal, da síntese de proteínas e da produção de energia. Além disso, o zinco está envolvido na regulação da abertura e do fechamento dos estômatos, processo que influencia diretamente a troca gasosa e a transpiração (7).

A disponibilidade de zinco no solo é influenciada pelo pH, de modo que a calagem, quando eleva o pH para valores acima de 6,0, pode ocasionar deficiência desse micronutriente. Além disso, em solos mais argilosos, há uma forte retenção do elemento, o que intensifica o problema. Outro fator é o uso de fertilizantes fosfatados em altas doses, que também reduzem a solubilidade do zinco e podem induzir sua deficiência (6).

Neste contexto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos da aplicação de diferentes doses de zinco sobre o desenvolvimento vegetativo da cultura do milho (*Zea mays L.*), com ênfase especial nas condições de cultivo da segunda safra (safrinha). Busca-se compreender de que forma o fornecimento desse micronutriente contribui para o crescimento vegetativo e o rendimento final da cultura. O estudo pretende evidenciar sua relevância agrônoma para o alcance de altas produtividades e para a sustentabilidade dos sistemas de produção. Além disso, este trabalho visa destacar a importância da adubação equilibrada com zinco como prática essencial para os agricultores, especialmente em solos de baixa fertilidade ou sujeitos à calagem excessiva, onde a deficiência do micronutriente é mais comum. Assim, os resultados obtidos poderão subsidiar recomendações de manejo nutricional mais eficientes, contribuindo para o aumento da rentabilidade e a melhoria da qualidade do milho produzido.

MÉTODO

O experimento foi conduzido em condições de campo, sob sistema de plantio direto, no município de Ubatã – PR, localizado nas coordenadas geográficas 24°31'19.771" S e 53°03'17.997" W. A classificação do clima de acordo com Koppen é Cfa (clima subtropical úmido, com verões quentes), com solo tipo latossolo roxo distrófico. O delineamento experimental adotado foi em faixas, composto por quatro parcelas com dimensões de 4,5 metros de largura por 40 metros de comprimento cada. A semeadura foi realizada no dia 2 de fevereiro de 2025, utilizando o híbrido Dekalb 360 PRO3, com espaçamento entre linhas de 0,45 metro e densidade de semeadura de 2,7 sementes por metro.

A aplicação do micronutriente zinco foi realizada via foliar no dia 23 de fevereiro de 2025, utilizando o produto comercial Zinmax, em diferentes dosagens: abaixo do recomendado, na dose recomendada e acima do recomendado.

SIMPAR

Simpósio de Pesquisa, Extensão e Inovação do Paraná

Realização



CENTRO UNIVERSITÁRIO
Integrado



Núcleo de
Empreendedorismo,
Pesquisa e Extensão
Integrado

Apoio



FUNDAÇÃO
ARAUCÁRIA
Apoio ao Desenvolvimento Científico
e Tecnológico do Paraná

A aplicação em campo do produto Zinmax foi realizada quando a cultura do milho atingiu o estágio vegetativo V5. Foram estabelecidas quatro faixas de tratamento: uma com a dose recomendada (500 ml/ha), uma com 25% acima da dose ideal (625 ml/ha), outra com 25% abaixo da dose ideal (375 ml/ha) e uma testemunha, sem aplicação do produto.

Desde a implantação da cultura, foram conduzidos os seguintes manejos: realizou-se a adubação com fertilizante formulado NPK Mosaic 12-31-17, associada à aplicação de Sulfammo no momento da semeadura. O manejo fitossanitário incluiu o controle químico de plantas daninhas mediante a utilização de herbicidas seletivos, o controle de doenças fúngicas com fungicidas de diferentes modos de ação e o controle de pragas e ácaros por meio da aplicação de inseticidas e acaricidas específicos, conforme a necessidade observada no campo.

As variáveis analisadas foram: altura de planta, altura de inserção da primeira espiga, número de espigas por planta, diâmetro do colmo, massa de mil grãos, massa seca e massa úmida. Para a avaliação das variáveis segue os protocolos utilizados abaixo.

Durante a transição da fase vegetativa para a fase reprodutiva da cultura (pré-pendoamento), foram coletadas 25 plantas inteiras (com raízes) de cada faixa avaliada. A amostragem foi realizada por meio da coleta de cinco plantas em cinco pontos distintos dentro de cada parcela experimental. As plantas coletadas foram separadas em parte aérea e sistema radicular para a determinação da massa fresca. Em seguida, as amostras foram encaminhadas ao Laboratório de Botânica, Entomologia e Sementes e ao Laboratório de Microbiologia do Centro Universitário Integrado – Campus de Campo Mourão (PR). No local, as amostras foram submetidas à secagem em estufa a 60 °C por um período de 48 horas. Após esse período, procedeu-se à pesagem da massa seca de cada amostra.

No momento da colheita, foram realizadas medições de altura total da planta, altura de inserção da primeira espiga, diâmetro do colmo e número de espigas por planta, utilizando-se 50 plantas por tratamento, obtidas pela amostragem de 10 plantas em cinco pontos distintos de cada parcela.

Após a colheita, as espigas foram debulhadas manualmente, e procedeu-se à contagem e pesagem dos grãos para determinação da massa de mil grãos (MMG). A MMG foi determinada para cinco pontos por tratamento e testemunha, totalizando 20 amostras.

As variáveis foram avaliadas estatisticamente por Regressão linear no programa Agroestat.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As variáveis altura de planta, altura de inserção da espiga e diâmetro do colmo

não apresentaram interferência significativa em função da aplicação de zinco, conforme mostrado nas figuras (1, 2 e 3). Observa-se apenas pequenas variações nos valores.

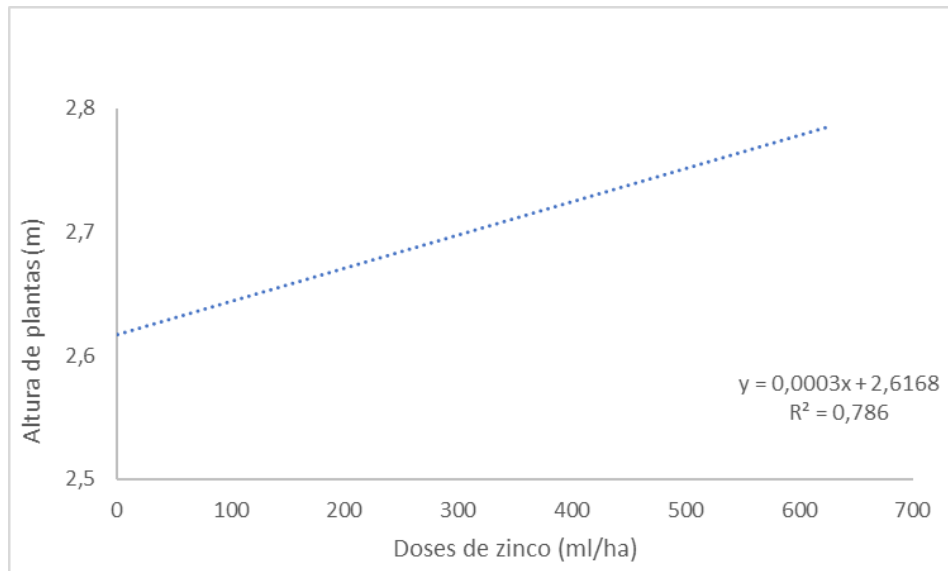


Figura 1 - Influência de diferentes doses de zinco na altura de plantas de milho.

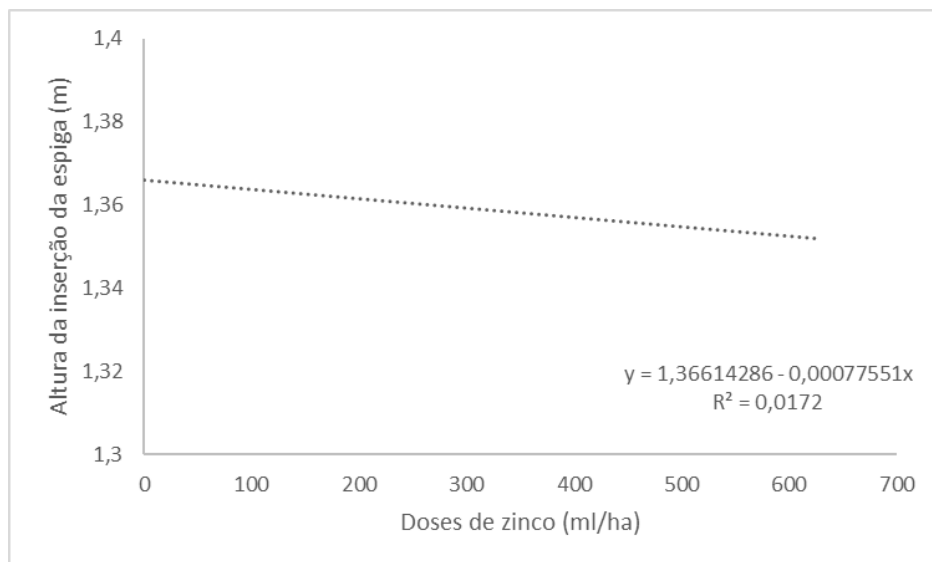


Figura 2 - Influência de diferentes doses de zinco na altura da inserção da espiga.

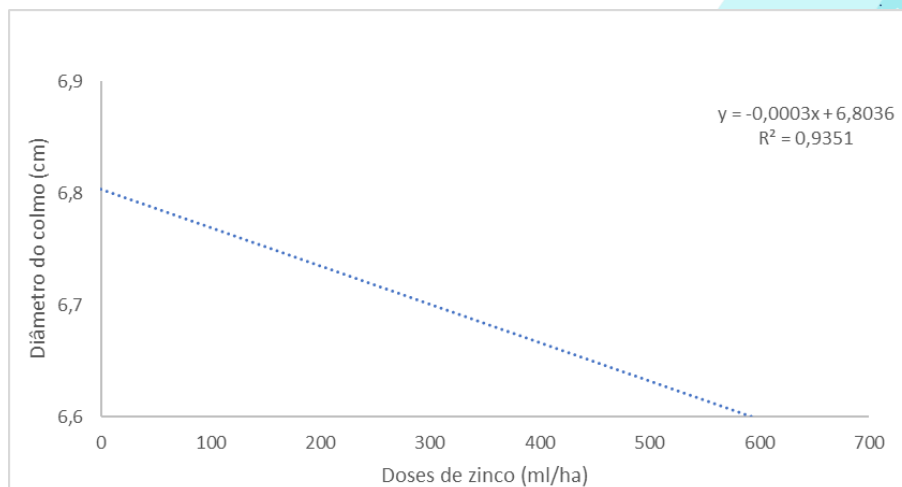


Figura 3 - Influência de diferentes doses de zinco no diâmetro do colmo de plantas de milho.

Jamani et al. 2006 ao avaliarem aplicação de zinco na cultura do milho também não observaram incremento na altura das plantas e diâmetro, assim como no presente trabalho (12). Já Prado 2008 (13) concordam com a característica de não alteração no diâmetro do colmo, mas observaram aumento na altura das plantas (13). O zinco está diretamente ligado ao desenvolvimento da planta, controlando a produção de importantes reguladores de crescimento (Thorne, 1957; Dechen, 1991) (11), então é esperado que algumas alterações nos quesitos de desenvolvimento da planta sejam observados, porém é importante salientar que existem outros quesitos que em conjunto interferem, como interação com outros nutrientes, variedade analisada e até mesmo os teores de zinco disponíveis no solo como apontado por Jamani et al. 2006, pois se os teores estiverem próximos do ideal o incremento da aplicação terão efeitos minimizados, pois tem a possibilidade de no período de maior determinação da altura e diâmetro por exemplo, a planta ter quantidades adequadas de zinco, e o incremento ter auxiliado em outros aspectos em estágios mais avançados da cultura (12).

A aplicação de zinco influenciou positivamente a massa úmida das raízes, conforme ilustrado na figura 4, promovendo um aumento progressivo à medida que as doses aplicadas foram elevadas. Esses resultados indicam que o zinco exerce um papel benéfico no desenvolvimento do sistema radicular das plantas dentro da faixa de concentrações estudadas. Segundo Malavolta (2006) Apud Andrade *et al.* (2023), o Zn é essencial para a síntese do triptofano, aminoácido precursor do ácido indolacético (AIA), principal auxina produzida pelas plantas. A auxina participa entre outros processos do alongamento, da divisão celular e da formação de raízes adventícias e laterais, assim a deficiência de Zn reduz o crescimento e o desenvolvimento das plantas, em contrapartida o seu fornecimento via semente ou foliar resulta em ganhos nos parâmetros supracitados (8).

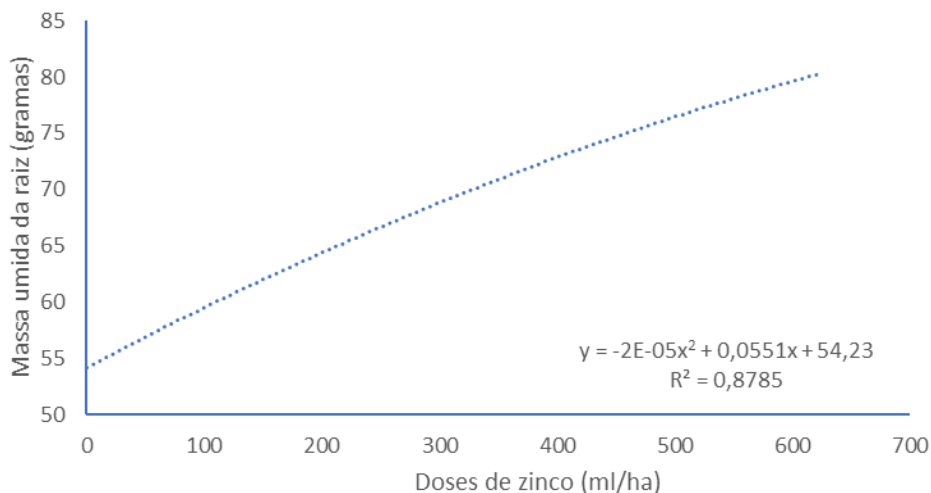


Figura 4 -Influência de diferentes doses de zinco na massa úmida da raiz de plantas de milho.

Na figura 5, observa-se que a curva apresenta tendência ascendente até aproximadamente o nível 14 - 16, seguida por uma leve estabilização e posterior queda. Esse comportamento indica que o aumento da concentração de zinco promoveu ganhos significativos na massa seca das raízes até um nível intermediário de aplicação. A partir desse ponto, o crescimento manteve-se constante ou apresentou leve redução, sugerindo a existência de um limite ótimo de zinco para o desenvolvimento radicular, além do qual o nutriente deixa de exercer efeito benéfico. Analisada a matéria seca da raiz e comparada ao seu teor de zinco no material colhido no experimento de Barbosa e França (2015) os valores relativos aos tratamentos que não forneceram o elemento foram os mais baixos, indicando que o ganho de matéria seca não é por acaso, e sim influenciado por apenas um fator, se o zinco é ou não fornecido (BARBOSA E FRANÇA (2015) APUD SANTOS *et al.*, 2023 (9).

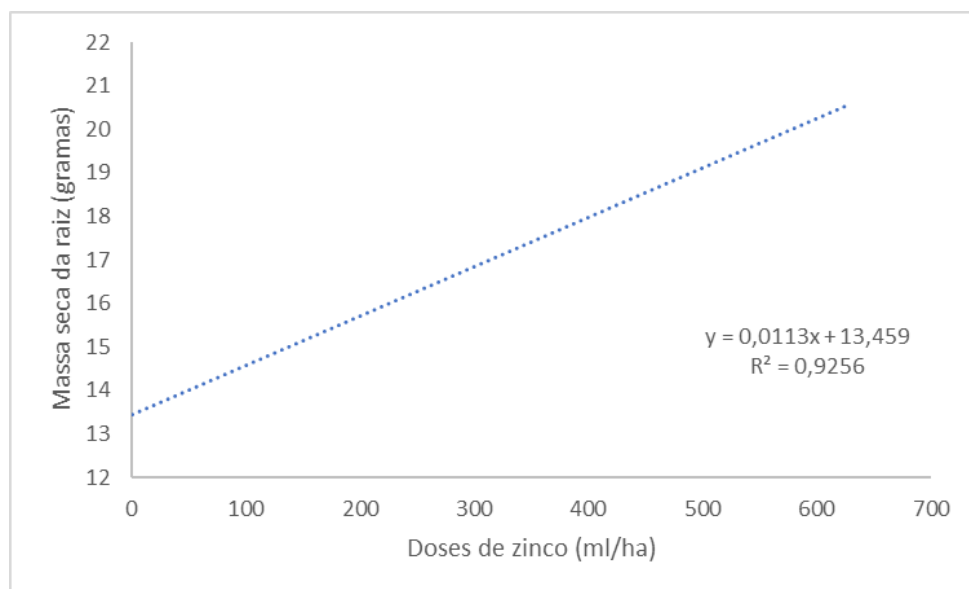


Figura 5 - Influência de diferentes doses de zinco na massa seca da raiz de plantas de milho.

Nos menores níveis de zinco, a massa úmida da parte aérea (figura 6) manteve-se praticamente constante, sugerindo que a quantidade aplicada não foi suficiente para estimular significativamente o desenvolvimento vegetativo. À medida que as doses aumentaram, observou-se uma resposta positiva e acentuada, indicando que o zinco passou a atuar de forma mais efetiva. Entretanto, após atingir o ponto máximo em torno do nível 15 de aplicação ocorre uma tendência de queda, o que sugere que doses mais elevadas podem ultrapassar o limite ideal, resultando em redução da eficiência fisiológica ou possíveis efeitos tóxicos do excesso de zinco. O mesmo ocorre com a variável massa seca de parte aérea, demonstrada na figura 7. O milho é uma das plantas que mais responde à aplicação de zinco, proporcionando ganhos na produção de matéria seca e grãos (Galvão & Mesquita Filho, 1981, Ritchey et al., 1986, Thind et al., 1990, apud ANDREOTTI; SOUZA; CRUSCIOL, 2001) (10).

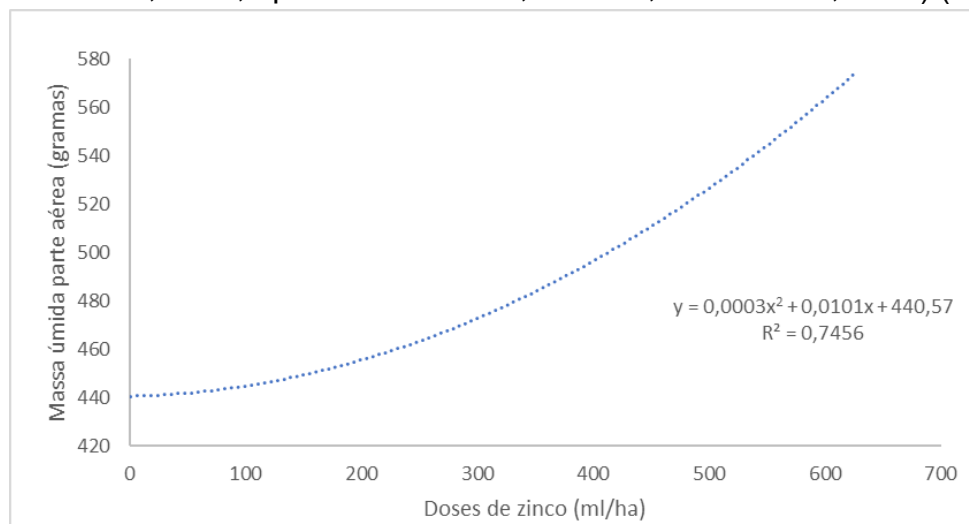


Figura 6 - Influência de diferentes doses de zinco na massa úmida da parte aérea da planta de milho.

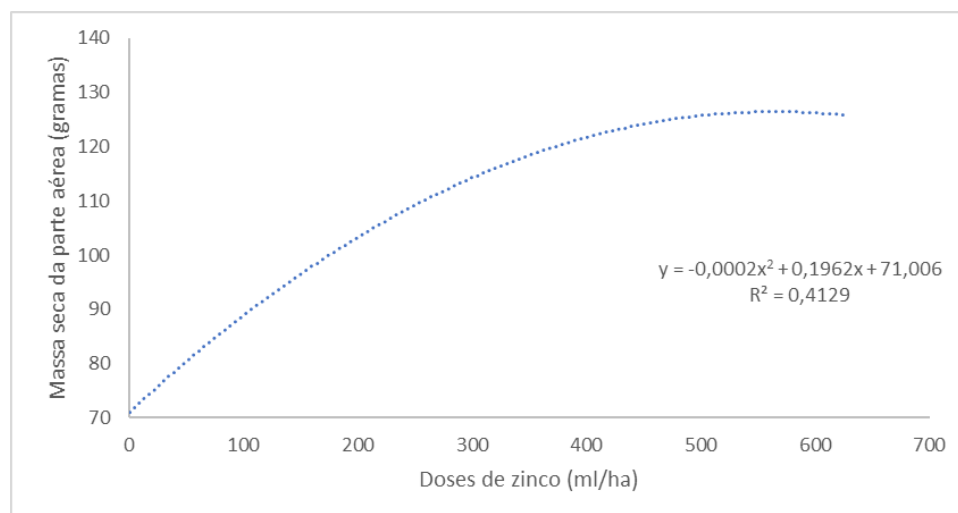


Figura 7 - Influência de diferentes doses de zinco na massa seca da parte aérea da planta de milho.

Nos tratamentos com baixa aplicação de zinco, a massa de mil grãos permaneceu em níveis reduzidos, à medida que as doses aumentaram, observou-se melhora significativa na massa, sugerindo que o zinco exerce efeito positivo na formação e maturação dos grãos, possivelmente por favorecer a atividade enzimática e o transporte de assimilados durante o enchimento. No entanto, após atingir o ponto máximo de resposta próximo à dose 14 -15 a curva apresentou declínio, indicando que doses excessivas podem comprometer o desempenho produtivo e reduzir a massa de mil grãos, como pode-se observar na figura 8.

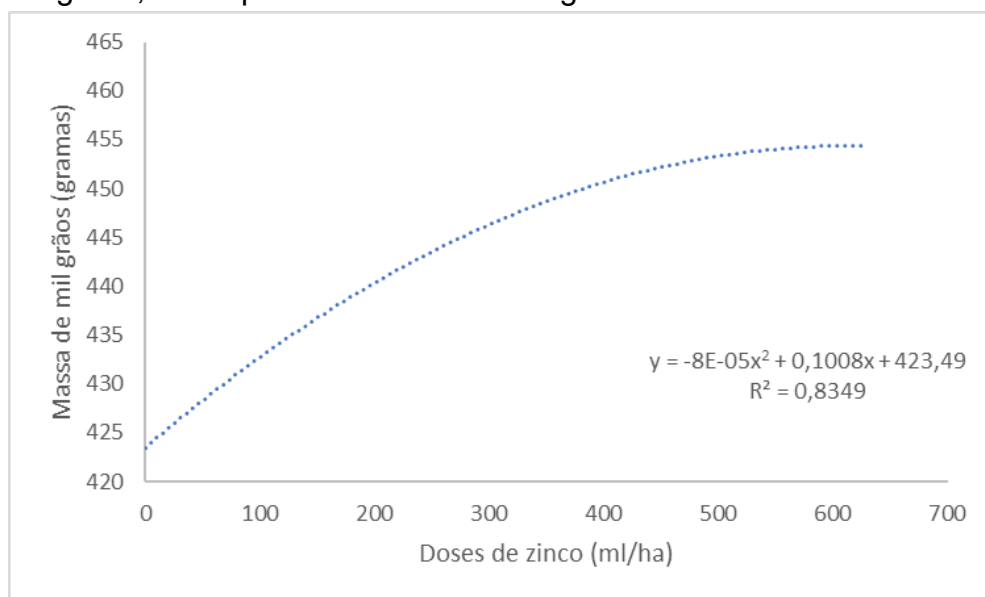


Figura 8 - Influência de diferentes doses de zinco na massa de mil grãos de milho.

SIMPAR

Simpósio de Pesquisa, Extensão e Inovação do Paraná

Realização



Núcleo de
Empreendedorismo,
Pesquisa e Extensão
Integrado

Apoio



FUNDAÇÃO
ARAUCÁRIA
Apoio ao Desenvolvimento Científico
e Tecnológico do Paraná

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nas variáveis analisadas: massa úmida e seca das raízes, massa úmida e seca da parte aérea e massa de mil grãos, observa-se que o zinco desempenha papel fundamental no crescimento e na produtividade do milho, influenciando diretamente o acúmulo de biomassa e a formação dos grãos. De modo geral, o aumento das doses de zinco promoveu melhor desenvolvimento radicular e vegetativo, refletindo em maior eficiência na absorção de água e nutrientes e, conseqüentemente, em melhor desempenho fisiológico da cultura. Os resultados indicam que o efeito positivo do zinco ocorre até um ponto ótimo, ou seja, na dose ideal (500 ml/ha) os resultados foram mais significativos e eficientes, a partir do qual doses excessivas podem causar desequilíbrios nutricionais ou efeitos tóxicos, reduzindo o crescimento e a produtividade. Dessa forma, a adubação equilibrada com zinco mostra-se essencial para maximizar o potencial produtivo do milho, garantindo desenvolvimento vigoroso das raízes e da parte aérea, bem como adequada formação e enchimento dos grãos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) DOURADO NETO, Durval; FANCELLI, Antonio Luiz. Produção de milho. Guaíba: Agropecuária, 2000. 360 p.
- (2) PEREIRA FILHO, Israel Alexandre; CRUZ, José Carlos; GARCIA, João Carlos. Sistemas diferenciais de cultivo: milho. Agência de Informação Tecnológica, Embrapa Milho e Sorgo.
- (3) CRUZ, José Carlos; SILVA, Gustavo Henrique da; PEREIRA FILHO, Israel Alexandre; GONTIJO NETO, Miguel Marques; MAGALHÃES, Paulo César. **Sistema de produção de milho safrinha de alta produtividade: safras 2008 e 2009**. Circular Técnica 160. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2011. 10 p.
- (4) CRUZ, José Carlos; COELHO, Antônio Marcos; GARCIA, João Carlos; PEREIRA FILHO, Israel Alexandre. *Obtenção de altas produtividades de milho em sistema de plantio direto em solos de Cerrado*. Comunicado Técnico n.º 198. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, out. 2012
- (5) GOMES, Auriane Risia Marques; LEAL, Carla Cristina Rodrigues; GIONGO, Angelina Maria Marcomini. *Nutrientes essenciais para as plantas: estudo sobre o solo, seus nutrientes e as consequências do déficit de alguns deles*. Anais da UEG, [s.l.], v. 1, n. 1, p. 1-11
- (6) RAIJ, Bernardo van. Fertilidade do solo e manejo de nutrientes. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 2011. 420 p.
- (7) PIZOL, José Vitor. **A importância do zinco para as plantas: um olhar mais aprofundado sobre este nutriente essencial**. Nutrição de Safras, 14 dez. 2023.
- (8) Andrade, M. F., Siqueira, T. S., Alves, N. S., Simplício, J. B., Tabosa, J. N., Silva, M. A. D., & França, J. G. E. (2023). *Análise multivariada do efeito de diferentes doses de zinco no tratamento de sementes de milho, cv. Chico Modesto*.
- (9) SANTOS, L. P. S.; GONÇALVES, W. da C.; GABRIEL, G. H.; OLIVEIRA, I. A. B.; MENDONÇA, L. P. C. de. **Influência do zinco no milho**. *Revista Científica Faculdade Atenas*, Paracatu, v. 16, n. 1, 2023.
- (10) Andreotti, M.; Souza, E. C. A.; Crusciol, C. A. C. **Componentes morfológicos e produção de matéria seca de milho em função da aplicação de calcário e zinco**. *Scientia Agricola*, Piracicaba, v. 58, n. 2, p. 321-327, abr./jun. 2001.
- (11) THORNE, N. Zinc deficiency and its control. *Adv. Agron.*, San Diego, v. 9, p. 3161, 1957.
- (12) Jamami, Nestor; Büll, Leonardo Theodoro; Corulli Corrêa, Juliano; Domingos Rodrigues, João. Resposta da cultura do milho (*Zea mays* L.) à aplicação de boro e de zinco no solo *Acta Scientiarum. Agronomy*, vol. 28,

SIMPAR

Simpósio de Pesquisa, Extensão e Inovação do Paraná

Realização



Núcleo de
Empreendedorismo,
Pesquisa e Extensão
Integrado

Apoio



FUNDAÇÃO
ARAUCÁRIA
Apoio ao Desenvolvimento Científico
e Tecnológico do Paraná

núm. 1, enero-marzo, 2006, pp. 1-7 Universidade Estadual de Maringá,
Maringá, Brasil

- (13) Renato Mello PRADO¹; Liliane Maria ROMUALDO²; Danilo Eduardo ROZANE³; Anelisa de Aquino VIDAL³; Adolfo Valente MARCELO². MODOS DE APLICAÇÃO DE ZINCO NA NUTRIÇÃO E NA PRODUÇÃO DE MATÉRIA SECA DO MILHO BRS 1001. *Biosci. J., Uberlândia, v. 24, n. 1, p. 67-74, Jan./Mar. 2008*