

APLICAÇÕES FOLIARES DE ZINCO, COBRE E MANGANÊS EM DIFERENTES COMBINAÇÕES DE DOSES E ESTÁDIOS NA CULTURA DO MILHO

FOLIAR APPLICATIONS OF ZINC, COPPER AND MANGANESE IN DIFFERENT COMBINATIONS OF DOSES AND STAGES IN CORN CROPPING

Carlos Eduardo Schwertner¹, Martios Ecco²

¹ Estudante do curso de Agronomia da Escola de Ciências da Vida da Pontifícia Universidade Católica do Paraná, campus Toledo, Toledo, Paraná. E-mail: carlosschwertner@pucpr.edu.br.

² Professor Dr. do curso de Agronomia da Escola de Ciências da Vida da Pontifícia Universidade Católica do Paraná, campus Toledo, Toledo, Paraná. E-mail: ecco.martios@pucpr.br.

Resumo: A nutrição de plantas é um dos aspectos de grande influência no desempenho de uma lavoura de milho (*Zea mays*), e o fornecimento adequado de alguns micronutrientes essenciais se mostra como uma ferramenta aliada para alcançar altos níveis de produtividade. Diante disso, o objetivo deste estudo foi avaliar respostas de plantas de milho submetidas a aplicações foliares de Zinco (Zn), Cobre (Cu), e Manganês (Mn), em diferentes doses e distribuídas em diferentes combinações de estádios fenológicos da cultura. O experimento foi conduzido no campo experimental da Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR) campus Toledo, em Latossolo Vermelho distroférrico típico, com delineamento de blocos ao acaso, contendo 12 tratamentos com base em doses de Cu, Zn e Mn aplicados em combinações de estádios de desenvolvimento da cultura, sendo 5 repetições, totalizando 60 parcelas. Foram realizadas avaliações de índice SPAD, altura de planta, diâmetro de colmo, rendimento, massa de mil grãos, número de fileiras por espiga e número de grãos por fileira, onde os dados foram tabelados e submetidos a uma análise de variância ao nível de 5% de significância e, quando observado diferença entre os tratamentos, foram submetidos ao teste de Tukey. Foi encontrado diferenças significativas na avaliação de índice SPAD, sendo que o tratamento testemunha, sem nenhuma aplicação de Cu, Zn e Mn se mostrou significativamente menor do que o tratamento 6, que obteve o maior valor, que foi submetido à aplicações de 3,6 g ha⁻¹ de Cu, 100 g ha⁻¹ de Mn e 66,7 g ha⁻¹ de Zn nos estádios V4, V8 e VT. Nas condições deste experimento, não foram observadas diferenças significativas para os valores de altura de planta (AP), diâmetro de colmo (DC), rendimento (REN), massa de mil grãos (MMG), número de fileiras por espiga (NFE) e número de grãos por fileira (NGF).

Palavras-chaves: Micronutrientes, *Zea mays*, Nutrição, Produtividade.

Abstract: Plant nutrition is one of the aspects that has a great influence on the performance of a corn (*Zea mays*) crop, and the adequate supply of some essential micronutrients proves to be an allied tool to achieve high levels of productivity. Therefore, the objective of this study was to evaluate responses of corn plants subjected to foliar applications of Zinc (Zn), Copper (Cu), and Manganese (Mn), at different doses and distributed in different combinations of crop phenological stages. The experiment was conducted in the experimental field of the Pontifical Catholic University of Paraná (PUCPR) Toledo campus, in a typical dystroferic Red Oxisol, with a randomized block design, containing 12 treatments based on doses of Cu, Zn and Mn applied in combinations of stages of crop development, with 5 replications, totaling 60 plots. Evaluations of the SPAD index, plant height, stem diameter, yield, mass of one thousand grains, number of rows per ear and number of grains per row were carried out, where the data were tabulated and subjected to an analysis of variance at the level of 5 % significance and, when differences were observed between treatments, they were subjected to the Tukey test. Significant differences were found in the evaluation of the SPAD index, with the control treatment, without any application of Cu, Zn and Mn, being significantly lower than treatment 6, which obtained the highest value, which was subjected to applications of 3.6 g ha⁻¹ of Cu, 100 g ha⁻¹ of Mn and 66.7 g ha⁻¹ of Zn in stages V4, V8 and VT. Under the conditions of this experiment, no significant differences were observed for the values of plant height (AP), stalk diameter (DC), yield (REN), thousand grain mass (MMG), number of rows per ear (NFE) and number of grains per row (NGF). **Keywords:** Micronutrients, *Zea mays*, Nutrition, Productivity.

Recebido: 09/2025, Publicado: 09/2025 - ISSN: 2358-260X - DOI: 10.37951/2358-260X.2025v13i1.7697

INTRODUÇÃO

A produtividade de uma lavoura de milho é resultante de uma complexa interação entre fatores bióticos e abióticos, incluindo radiação solar, precipitação, disponibilidade de nutrientes, temperatura, características genéticas dos cultivares e práticas de manejo adotadas pelo produtor, sendo que cada um desses fatores desempenha um papel crucial na definição do potencial produtivo da cultura e na capacidade de produção de grãos (Souza e Barbosa, 2015).

Nos últimos anos, o desenvolvimento de híbridos de milho com maiores tetos produtivos, trouxe consigo a promessa de rendimentos superiores, mas que implicam em uma demanda nutricional mais precisa e exigente, de

modo que o fornecimento inadequado de nutrientes pode limitar a expressão plena do potencial genético desses materiais (Ray, 2020).

Kirkby e Romheld (2007) afirmam que, apesar da quantidade de micronutrientes exigida pelas plantas ser significativamente menor em comparação aos macronutrientes, eles possuem um papel crucial e são igualmente importantes para a nutrição das plantas. Coelho (2006) cita que elementos como zinco (Zn), cobre (Cu) e manganês (Mn) são essenciais para alguns processos fisiológicos específicos na cultura do milho, e a deficiência de um deles pode resultar em uma desorganização de alguns processos metabólicos e consequentes perdas no seu desempenho produtivo.

No contexto dos solos brasileiros, o Zn é o micronutriente mais limitante e mais responsivo a aplicações na cultura do milho (Coelho, 2006). Este micronutriente desempenha papéis importantes na ativação de enzimas, como na síntese do triptofano, enzima precursora do ácido indol acético (AIA). Sintomas de deficiência de Zn são frequentemente observados como forma de estrias brancas em folhas jovens, e um “arroxamento” internerval (Taiz e Zeiger, 2013).

O cobre (Cu) é um micronutriente importante relacionado ao crescimento e desenvolvimento das plantas, entre as outras funções, está envolvido diretamente à enzimas que participam de reações redox, como a plastocianina, que está ligada ao transporte de elétrons na fotossíntese, e também como ativador de enzimas no transporte eletrônico terminal da respiração (Taiz e Zeiger, 2013). Segundo Prado et al. (2008), por ser considerado pouco móvel no floema, seus sintomas de deficiência ocorrem em folhas mais novas. Inicialmente observado como uma clorose internerval com uma listragem verde (nas nervuras), podendo apresentar também um encarquilhamento das bordas foliares (Ferreira, 2012).

O manganês (Mn) apresenta papéis importantes na ativação de diversas reações metabólicas ligadas à fotossíntese e na constituição de enzimas (Taiz e Zeiger, 2013). Sua deficiência se apresenta normalmente como clorose internerval, começando na base e evoluindo para o ápice (Ferreira, 2012).

Kabata-Pendias (2010) afirma que para as plantas, a absorção de Cu, Zn e Mn presentes no solo se dá pelo contato de formas solúveis desses micronutrientes com as suas raízes, e a disponibilidade desses elementos é controlada principalmente por alguns fatores que interferem na sua solubilidade.

Dentre esses fatores, o valor de pH do solo se destaca como uma variável de alta influência (Martins, 2016), pois a sua elevação promove o aumento das cargas negativas, facilitando a complexação de cátions, como o Cu, Zn e Mn, tornando-os menos disponíveis para

absorção pelas plantas (Essington, 2003). Assim como Rodrighero et al. (2015) observaram uma redução dos teores de Zn e Mn em folhas de milho, com a aplicação superficial de doses elevadas de calcário para fim de aumentar o pH do solo.

Além disso, pela pequena quantidade aplicada, encontra-se também uma dificuldade na homogeneidade da distribuição desses elementos quando fornecidos via solo (Ribeiro e Santos, 1996; Lopes e Guilherme, 1992).

Diante dessas limitações, o uso de aplicações foliares se mostra como uma alternativa eficaz para o fornecimento destes micronutrientes de forma assertiva para a planta, possibilitando uma absorção direta e rápida dos elementos pela folha (Mocellin, 2004). Em constância a isso, Prado et al. (2008), encontraram um acúmulo maior de Zn na folha, quando fornecido via aplicação foliar, em comparação com os outros métodos.

Além disso Maróstica e Feijó (2013), afirmam que o uso da adubação foliar possui a vantagem de ter um baixo custo de aplicação, uma vez que os fertilizantes utilizados podem ser adicionados à calda nas demais aplicações de defensivos da lavoura, não mostrando problemas com a maioria dos produtos presentes no mercado.

Além do mais, em plantas adequadamente nutridas, o fornecimento de alguns nutrientes via aplicações foliares podem atuar como agente estimulador, fornecendo nutrientes essenciais nas fases críticas do desenvolvimento da planta, potencializando a nutrição, intensificando a atividade fotossintética e aumentando o desempenho produtivo (Oliveira et al., 2022; Rodrigues et al., 2021; Moretti, et al., 2021).

Carvalho (2007), descreve que a baixa mobilidade de Cu, Zn e Mn na planta é também um fator que comumente resulta em deficiências nas folhas mais jovens, e complementa ainda que o parcelamento das aplicações foliares em várias fases durante o ciclo é uma técnica que melhora a uniformidade do fornecimento destes elementos.

Algumas dessas fases críticas, em que a planta

necessita de uma boa nutrição, são consideradas momentos estratégicos para o fornecimento de alguns nutrientes que são demandados. O estágio V4, por exemplo, é considerável crítico para a definição da produtividade da lavoura, sendo que em V5 já está definido a quantidade de folhas e espigas que serão formadas (Magalhães e Durães, 2006).

Em V8, a planta dá início à definição do número de fileiras de grãos na espiga e após isso, o número de grãos por fileira é definido antes do estágio VT (pendoamento) que, por sua vez, é definido com a abertura completa de todo pendão e liberação dos grãos de pólen. Em seguida, no estágio R1 a planta dá início ao processo de polinização, fase crítica, em que a quantidade de óvulos fecundado é definida (Magalhães; Durães, 2006).

Em função disso, o objetivo do presente estudo foi avaliar o efeito de aplicações foliares de zinco (Zn), cobre (Cu), e manganês (Mn), distribuídas em diferentes combinações de doses e estádios fenológicos sobre o desempenho da cultura do milho 180

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no campo experimental da Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR) campus Toledo, no ano agrícola de 2024, localizado entre as coordenadas: 24° 42' 49" S, e 53° 44' 35" W e altitude de 574 m. Com base na classificação climática de Köppen, o clima é do tipo subtropical úmido mesotérmico, com verões quentes, sem estações secas e com geadas pouco frequentes e com tendências de concentrações das chuvas nos meses de verão, e o solo da área experimental é classificado como LATOSSOLO VERMELHO Distroférico típico (Embrapa, 2013).

Antes da implantação do trabalho a campo, foram feitas coletas de solo para amostragem com o auxílio de um trado holandês, retirando 15 amostras de solo na camada 0 – 20 cm e 20 – 40 cm, percorrendo a área em ziguezague. Posteriormente a isso, as amostras foram misturadas de forma homogênea, e foi retirado uma

amostra composta de aproximadamente 500 g, que foi guardada em um saco plástico identificado e encaminhada ao laboratório de análises de solo, determinando, dessa forma, os teores de alguns elementos químicos importantes do solo, conforme metodologia proposta por Rajj et al. (2001).

Os dados obtidos com essa análise foram os seguintes: para a camada 00 – 20 cm, pH (CaCl₂) 5,00; 4,61 cmolcdm⁻³ de H⁺⁺ Al³⁺; 6,09 cmolcdm⁻³ de Ca²⁺; 2,97 cmolcdm⁻³ de Mg²⁺; 0,64 cmolcdm⁻³ de K⁺; 14,31 cmolcdm⁻³ de capacidade de troca de cátions (T); 18,53 mg dm⁻³ de P (mehlich 1); 67,78% de saturação por bases (V%); 0,30 mg dm⁻³ de B; 4,38 mg dm⁻³ de S; 14,60 mg dm⁻³ de Fe; 19,0 mg dm⁻³ de Mn; 3,40 mg dm⁻³ de Cu; 2,50 mg dm⁻³ de Zn. Para a camada de 20 – 40 cm, pH (CaCl₂) 4,80; 6,21 cmolcdm⁻³ de H⁺⁺ Al³⁺; 4,77 cmolcdm⁻³ de Ca²⁺; 2,36 cmolcdm⁻³ de Mg²⁺; 0,26 cmolcdm⁻³ de K⁺; 13,60 cmolcdm⁻³ de capacidade de troca de cátions (T); 6,08 mg dm⁻³ de P (mehlich 1); 54,34% de saturação por bases (V%); 0,17 mg dm⁻³ de B; 6,60 mg dm⁻³ de S; 18,30 mg dm⁻³ de Fe; 10,50 mg dm⁻³ de Mn; 4,00 mg dm⁻³ de Cu; 1,30 mg dm⁻³ de Zn.

No dia 9 de fevereiro de 2024 foi implantado o híbrido simples de milho B2702VYHR, material de boa sanidade e estabilidade produtiva (Brevant Sementes, 2024), com população média de 3,2 sementes por metro linear e espaçamento de 0,45 m entre fileiras. A adubação foi feita com 490 kg ha⁻¹ de superfosfato simples no sulco de semeadura, e posteriormente 750 kg ha⁻¹ de sulfato de amônio a lanço e 250 kg ha⁻¹ de cloreto de potássio a lanço, sem nenhuma outra correção adicional.

Para o controle de plantas daninhas, foi realizada uma aplicação pré-semeadura de herbicidas na área 1 dia antes da semeadura, com glifosato (2 L ha⁻¹) e glifosinato (1 L ha⁻¹), além de bifentrina (150 mL ha⁻¹) e fonte de boro (1 L ha⁻¹) juntos na calda. Após 6 dias da semeadura, foi realizado uma aplicação pós-plantio, com glifosato (2 L ha⁻¹) e atrazina (5 L ha⁻¹), além dos inseticidas com acefato (1 Kg ha⁻¹) e bifentrina (160 mL ha⁻¹) para o controle de pragas.

Após isso, foi realizado mais duas aplicações de inseticida, sendo uma com etiprole (1 L ha⁻¹) e bifentrina (150 mL ha⁻¹), e outra com acefato (300 g ha⁻¹) e metomil (600 mL ha⁻¹).

Em relação a fungicidas, foram realizadas duas aplicações, uma com bixafem, proticonazol e trifloxistrobina (500 mL ha⁻¹) e mancozebe (2 kg ha⁻¹), e a outra com piraclostrobina e epoxiconazol (250 mL ha⁻¹) e mancozebe (2 kg ha⁻¹), ambas associadas com o adjuvante e melhorador de calda.

Quanto aos tratamentos, foram realizadas aplicações de fertilizante foliar à base de 3 micronutrientes separadamente à base de cobre, zinco e manganês, sendo os produtos; quelato de cobre (C₁₀H₁₂N₂O₈CuNa₂), sulfato de zinco (ZnSO₄) e sulfato de manganês (MnSO₄), em diferentes combinações de estádios fenológicos da cultura e concentrações de cada nutriente, de acordo com o tratamento representado. As doses aplicadas de cada nutriente foram calculadas de acordo com o cálculo de

exportação de nutrientes proposto por Coelho (2006), adaptados conforme a concentração de cada elemento presente no solo, com os dados obtidos com a análise de solo.

Para a aplicação dos tratamentos, foi utilizado um pulverizador costal pressurizado a CO₂, com pressão de 30 psi e vazão constante de 150 L ha⁻¹, composta por uma barra de 6 pontas do tipo leque simples.

No total foram conduzidos 12 tratamentos com 5 parcelas de repetição por tratamento, totalizando 60 parcelas experimentais de 12 m de comprimento por 2,3 m de largura (27,6 m² totais), distribuídas em delineamento de blocos ao acaso.

A tabela 1 representa as aplicações que foram realizadas em cada tratamento, em função das combinações dos estádios fenológicos das plantas e das doses aplicadas de cada nutriente, que foram divididas de acordo com a quantidade de estádios de aplicação, sendo o tratamento 1 inserido como testemunha, sem nenhuma aplicação de Cu, Zn e Mn.

Tabela 1. Resumo da distribuição dos tratamentos de acordo com os estádios fenológicos em que 586 foram aplicados e suas respectivas doses de Cu, Zn e Mn.

TRATAMENTO	ESTÁDIOS	DOSES POR APLICAÇÃO (g ha ⁻¹)		
		Cu	Mn	Zn
1	-	-	-	-
2	V4 + V8	2,7	75	50
3	V4 + V8	5,4	150	100
4	V4 + V8	8,1	225	150
5	V4 + V8	10,8	300	200
6	V4 + V8 + VT	3,6	100	66,7
7	V4 + V8 + VT	5,4	150	100
8	V4 + V8 + VT	7,2	200	133,3
9	V4 + V8 + VT	14,4	400	266,7
10	V4 + V8 + VT + R1	5,4	150	100
11	V4 + V8 + VT + R1	10,8	300	200
12	V4 + V8 + VT + R1	16,2	450	300

Legenda: Cu = cobre; Mn = manganês; Zn = zinco.

As doses apresentadas referem-se à concentração dos micronutrientes na calda das aplicações realizadas em cada um dos estádios, nos seus respectivos tratamentos. As aplicações foram feitas nos estádios V4 e V8 nos tratamentos 2, 3, 4 e 5, V4, V8 e VT nos tratamentos 6, 7, 8 e 9, e V4, V8, VT e R1 nos tratamentos 10, 11 e 12. Foram realizadas avaliações de índice SPAD, altura de planta (AP), diâmetro de colmo (DC), rendimento (REN), massa de mil grãos (MMG), número de fileiras por espiga (NFE), número de grãos por fileira (NGF).

O aferimento da altura de plantas (em centímetros) e do índice SPAD foram realizados 15 dias após a aplicação em R1 das últimas parcelas a serem aplicadas (que possuem aplicação no estádio R1), de forma que, com o auxílio de uma fita métrica, foram medidas 3 plantas por parcela experimental, da base até a inserção do pendão, e junto a isso, foi aferido o índice SPAD na segunda folha mais nova próxima ao pendão, com o auxílio de um medidor de taxa de clorofila (clorofilômetro) portátil SPAD-502. Para todas as avaliações não foram consideradas as plantas das linhas laterais, além das que se encontravam na área de bordadura de 2 m em cada extremidade das parcelas.

O clorofilômetro portátil denominado SPAD (Soil Plant Analysis Development), é uma ferramenta que mede os teores relativos de clorofila, que são resultantes da leitura de sinais de luz emitidos em comprimentos de ondas de 650 a 940 nm que atravessam a folha e chegam até o receptor, que converte esses sinais em valores de unidades SPAD (Salla et al., 2007).

O diâmetro de colmo (cm) foi averiguado com o auxílio de um paquímetro manual, 12 dias após a colheita das espigas, medindo em uma altura de 5 cm de altura da superfície do solo, considerando o lado mais espesso do colmo da planta. Em relação a avaliação de número de fileiras por espiga (NFE) e número de grãos por fileira (NGF), foi quantificada a média de 3 espigas por parcela,

retiradas das duas linhas centrais, descontando a área de bordadura.

Para o rendimento (kg ha⁻¹), foram colhidas no dia 19 de junho, as espigas das duas fileiras de plantas centrais, dentro de 5 m lineares no meio da parcela, desconsiderando as bordas da parcela experimental, trilhadas separadamente para o fornecimento das amostras, convertendo os valores por meio de regra de três, levando em consideração o número de plantas por parcela e corrigido a umidade a 13%. Entre essas espigas, 3 foram destinadas a contabilização da quantidade de fileiras e da quantidade de grãos por fileira.

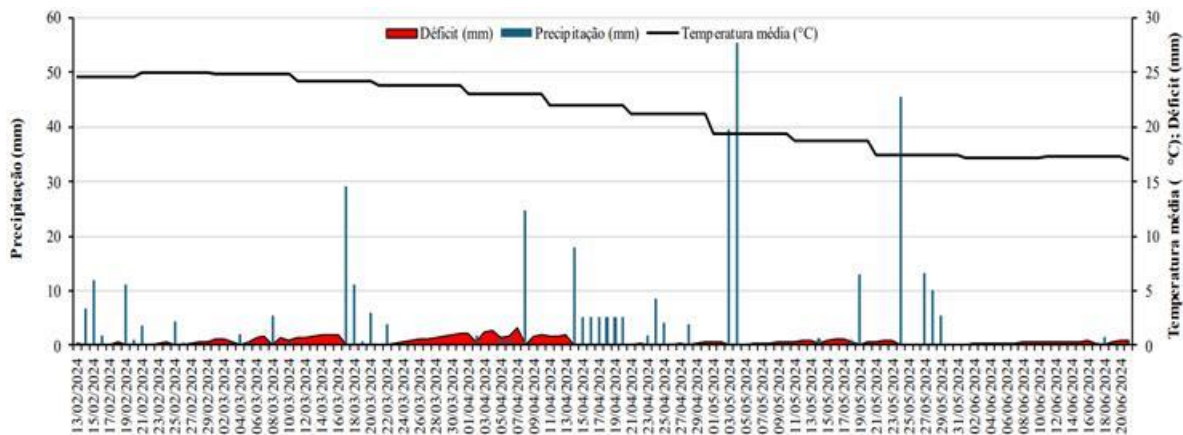
Após a coleta e pesagem devida das amostras de grão de cada parcela, foram levadas ao laboratório para analisar a massa de mil grãos, realizado de acordo com a regra de análise de sementes (Brasil, 2009), utilizando 8 repetições de 100 grãos e corrigido a umidade a 13%, após a mesma ser mensurada, através do aparelho Medidor de Umidade de Cereais Universal GEHAKA.

Os dados foram tabulados e submetidos a uma análise de variância ao nível de 5% de significância, aplicando posteriormente o teste de Tukey a 5% de significância nos dados que demonstraram variações significativas, através do programa estatístico SISVAR – Sistema para análise de variância (Ferreira, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme apresentado na figura 1, o experimento passou por um período de baixas precipitações no início do ciclo da cultura, entre os dias 29 de fevereiro e 16 de março, e posteriormente entre os dias 24 de março a 13 de abril, com poucas chuvas registradas nesses períodos e temperaturas médias mais elevadas. Após isso, até o momento da colheita, os índices de precipitação foram mais presentes e a temperatura média diminuiu gradativamente.

Figura 1. Representação gráfica das condições de precipitação (mm), temperatura média (°C) e déficit hídrico (mm) do período de cultivo do experimento através de dados climáticos do município de Toledo – PR.



Fonte: INMET - Instituto Nacional de Meteorologia, 2024.

As médias dos valores de cada tratamento e o resumo da análise de variância estão representados na tabela 2 e na tabela 3. A aplicação de Cu, Zn e Mn em diferentes dosagens e em diferentes estádios da cultura do milho teve um efeito significativo em relação a variável

de valores de índice SPAD. Não houve uma diferença significativa para os valores de altura de planta (AP), diâmetro de colmo (DC), número de fileiras por espiga (NFE), número de grãos por fileira (NGF), massa de mil grãos (MMG) e rendimento (REN).

Tabela 2. Médias, valor de Fc, média geral, coeficiente de variação (CV) e DMS, para as variáveis: Diâmetro de colmo (DC), altura de planta (ALT), índice SPAD e massa de mil grãos (MMG), em função de aplicações de Cu Zn e Mn em diferentes doses e estádios na cultura do milho, cultivados em Toledo – PR, safra 2024.

Fonte de variação	DC	NFE	NGF	ALT
Tratamentos	cm			m
(T1) -	2,03	12,26	36,00	1,99
(T2) V4+V8	2,10	12,53	36,53	1,94
(T3) V4+V8	2,16	12,53	36,00	1,95
(T4) V4+V8	1,96	12,93	36,13	1,94
(T5) V4+V8	2,02	12,93	36,46	1,93
(T6) V4+V8+VT	2,08	13,06	36,20	1,95
(T7) V4+V8+VT	2,06	12,40	36,60	1,96
(T8) V4+V8+VT	1,98	12,66	35,40	1,93
(T9) V4+V8+VT	2,06	12,66	36,60	1,95
(T10) V4+V8+VT+R1	1,95	12,93	36,46	1,94
(T11) V4+V8+VT+R1	2,05	12,66	36,13	1,96
(T12) V4+V8+VT+R1	2,04	12,26	36,79	1,93
Fc	1,249 ^{ns}	1,297 ^{ns}	0,327 ^{ns}	0,321 ^{ns}
Média geral	20,44	12,656	36,277	1,95
CV (%)	5,84	4,17	4,09	3,23
DMS	0,26	1,151	3,237	0,14

Fonte: os autores, 2024. Nota: ns: não significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey; 602

Em relação as variáveis DC, NFE, NGF e ALT, não foram encontradas diferenças significativas em seus valores, confirmando que as aplicações destes micronutrientes não interferiram influíram nesses parâmetros em nenhum dos tratamentos. Os valores variaram de 1,95 cm até 2,16 cm para o DC, de 12,26 até 13,06 para NFE, de 35,40 até 36,79 para NGF e de 1,93 m até 1,99 m para ALT. De maneira similar, Lorenzetti et al. (2020), em um estudo de dois anos sobre avaliação de características agronômicas do milho submetidos a aplicações foliares de Cu, Zn, Mn e Ca, não encontraram variações significativas nas variáveis de altura de plantas, diâmetro de colmo, número de fileiras por espiga, número de grãos por fileira da espiga, produtividade e massa de mil grãos. Os autores destacam ainda a influência da quantidade desses elementos presentes no solo onde o

experimento foi conduzido, e na diferença de produtividade obtida entre os dois híbridos que foram trabalhados, revelando que outros materiais podem revelar respostas distintas as encontradas por eles.

Além desses fatores, não podemos descartar a hipótese de ter havido uma interferência dos baixos índices de precipitação na expressão dessas variáveis pelas plantas (Figura 1), pois o estresse hídrico é considerado um dos fatores abióticos limitantes no desempenho da cultura do milho (Viçosi et al.,2017), e pode ter diluído o efeito da aplicação de Cu, Zn e Mn no

milho.

Torna-se importante destacar que alguns componentes de produtividade são definidos ainda na fase vegetativa do ciclo da cultura. Em V3, por exemplo, é predeterminado o número máximo de grãos que será produzido com definição exata antes do estágio VT. Em V8, o milho define o NFE, além de ser uma fase crucial para a determinação diâmetro de colmo e altura de plantas (Magalhães; Durães, 2006).

Para as variáveis de MMG e REN (Tabela 3) também não se observou efeitos significativos em relação às aplicações realizadas em nenhum dos tratamentos. Os valores encontrados variaram de 348,76 g até 361,30 g para a MMG, e de 9580,76 kg ha⁻¹ até 10226,17 kg ha⁻¹ nas médias de REN. Em contraste, Behera et al. (2013) encontraram em seu estudo de dois anos, com aplicações de Zn na cultura do milho, um incremento na produtividade dos materiais utilizados onde foi feito um suprimento nutricional com Zn em ambos os anos, em comparação ao tratamento de controle sem o fornecimento desse micronutriente. Tal resultado se deve, principalmente, à importância que esse elemento tem em alguns processos fisiológicos críticos (Taiz e Zeiger, 2013), e ao fato de ser considerado para o milho o micronutriente mais limitante, principalmente pela sua deficiência relativamente comum na maioria das lavouras (Coelho, 2006).

Tabela 3. Médias, valor de Fc, média geral, coeficiente de variação (CV) e DMS, para as variáveis: número de grãos por fileira (NGF), número de fileiras por espiga (NFE) e rendimento (REN), em função de aplicações de Cu Zn e Mn em diferentes doses e estádios na cultura do milho, cultivados em Toledo – PR, safra 2024.

Fonte de variação	MMG	REN	SPAD
Tratamentos	g	kg ha ⁻¹	
(T1) -	349,83	9878,45	50,22 b
(T2) V4+V8	356,67	9980,76	54,46 ab
(T3) V4+V8	360,26	9580,76	53,98 ab
(T4) V4+V8	357,03	9882,98	53,04 ab
(T5) V4+V8	355,99	9829,20	54,72 ab
(T6) V4+V8+VT	348,76	9899,97	55,42 a
(T7) V4+V8+VT	361,30	9957,33	53,48 ab
(T8) V4+V8+VT	354,98	9764,10	51,02 ab
(T9) V4+V8+VT	351,97	9991,25	53,68 ab
(T10) V4+V8+VT+R1	353,95	9828,59	52,00 ab
(T11) V4+V8+VT+R1	356,81	9700,69	52,93 ab
(T12) V4+V8+VT+R1	358,11	10226,17	53,25 ab
Fc	0,65 ^{ns}	0.802 ^{ns}	2.471*
Média geral	355,48	9876.69	53,19
CV (%)	2,99	4.10	4.02
DMS	23,18	883,151	4,67

Fonte: os autores, 2024. Nota: ns: não significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey; *: significativo ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey. Médias seguidas por letras iguais, não se diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5%. Médias seguidas por letras diferentes, se diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5%.

De forma complementar, vale destacar novamente que as condições de baixa precipitação que ocorreram no início da condução deste experimento, podem ter tido um potencial de diminuir a expressão das variáveis mencionadas, pelo fato das plantas estarem em estresse e limitadas em relação ao seu desenvolvimento.

Em relação a variável do índice SPAD (clorofilômetro), os resultados demonstraram que houve um incremento significativo no tratamento 6, com valor de 55,42, em comparação com o tratamento testemunha (T1), que não recebeu nenhuma aplicação de Cu, Zn e Mn e obteve o menor valor de 50,22.

O tratamento 6 (T6) destacou-se como o que apresentou o maior valor de SPAD (55,42), sendo significativamente superior apenas ao tratamento testemunha, porém, estatisticamente igual aos demais tratamentos que receberam a aplicação dos micronutrientes. Neste tratamento, as aplicações foram realizadas nos estádios fenológicos V4, V8 e VT, com doses de 3,6 g ha⁻¹ de Cu, 100 g ha⁻¹ de Mn e 66,7 g ha⁻¹ de Zn, sugerindo que o manejo nutricional adequado

nesses estádios críticos favoreceu o aumento da clorofila nas folhas de milho.

O baixo valor desse índice observado no tratamento 1 (50,22), é atribuído com à ausência de aplicação de Cu, Zn e Mn, já que esses nutrientes atuam de forma direta (Mn e Cu) e indiretamente (Zn) em papéis fundamentais na fotossíntese das plantas, e sua ausência pode implicar em menor presença de clorofila e atividade fotossintética (Kirkby e Romheld, 2007), e consequentemente, menores valores no índice SPAD.

Dentre os micronutrientes abordados nesse trabalho, o Mn se destaca em relação a sua importante relevância na fotossíntese. Ele constitui parte da molécula de clorofila, e é um elemento fundamental de algumas enzimas (metaloproteínas), além de possuir participação importante no transporte de elétrons durante a fotossíntese, sendo que sua deficiência pode prejudicar a reação à luz e outros processos relacionados com o transporte de elétrons nesse processo fisiológico (Haven et al., 2001; Marschner, 1995). Além disso, o Mn é um componente de várias outras enzimas, como as

descarboxilases e desidrogenases envolvidas no ciclo de Krebs (ciclo do ácido cítrico), que são ativadas por este nutriente (Taiz; Zeigler, 2013).

Kirkby e Romheld (2007) citam que os cloroplastos são as organelas mais sensíveis à deficiência de Mn. Junto a isso, o papel mais exclusivo do Mn ocorre na denominada reação de Hill, onde é quebrada a molécula da água e acontece a evolução de O₂, processo da fotossíntese que acontece nos cloroplastos, onde a enzima responsável pela quebra da água, que possui quatro átomos de Mn, libera elétrons que são transferidos para o fotossistema II (Liu et al., 2020; Prado, 2021).

Devido a esse papel fundamental nesse processo de quebra da água, até mesmo deficiências mais brandas deste elemento nas plantas, afetam diretamente o processo de fotossíntese, e em casos de deficiência severa, pode resultar em uma quebra na estrutura do cloroplasto, tornando esses danos muitas vezes irreversíveis (Kirkby e Romheld, 2007).

O cobre (Cu), por sua vez, desempenha um papel essencial como ativador ou componente de enzimas relacionadas com reações de oxidação-redução, que atuam no transporte de elétrons. Sua deficiência pode gerar uma redução de atividade da plastocianina uma proteína presente nos cloroplastos e responsável pelo transporte de elétrons no fotossistema I, o que resulta em uma diminuição na taxa de fotossíntese da planta (Taiz e Zeigler, 2013).

Já em relação ao zinco (Zn), Marschner (1995) e Cherif et al. (2011) citam que dentre as várias funções, ele se destaca por ser um elemento componente de enzimas como as desidrogenases, protease, peptidases e fosfolipases nas plantas. Assim, de forma indireta, o Zn também está relacionado com alguns mecanismos essenciais para a fotossíntese, e sua concentração interfere também nos teores de clorofila das plantas (Teixeira et al., 2008).

Nota-se diante disso, que os teores desses nutrientes presentes na planta possuem uma alta capacidade de influência na atividade fotossintética e nos

níveis de clorofila, principalmente em relação ao Mn, que participa de forma direta de algumas funções relacionadas a isso. Porém, apesar do Cu e o Zn apresentarem funções importantes em outros processos, eles podem de forma indireta impactar também nos valores de SPAD.

Wood et al. (1992) observaram em seu trabalho correlações positivas entre o teor de clorofila com o rendimento, sugerindo que a maior atividade fotossintética, refletida por altos índices SPAD, pode estar associada a um maior potencial produtivo. Junto a isso, Sunderman et al. (1997), observaram que medições feitas nos estádios mais avançados de desenvolvimento da planta predizem melhor relação com o rendimento de grãos.

No entanto, neste trabalho não foram encontradas relações significativas entre as variáveis analisadas. Os resultados encontrados, evidenciam que as diferenças significativas encontradas na taxa de fotossíntese na averiguação do índice SPAD, não foram suficientes para proporcionar um incremento significativo nos valores das demais variáveis.

Apesar disso, podemos observar que o maior valor de NFE foi observado no tratamento 6, no qual de forma significativa, foi encontrado o maior valor de SPAD, podendo haver uma possível tendência de existir algum tipo de correlação entre esse índice e o NFE, importante componente de produtividade. No entanto, através dos dados obtidos neste trabalho, não podemos confirmar essa hipótese, pois os resultados de NFE não apresentaram diferença significativa entre si, portanto, essa relação pode ser explorada em futuros trabalhos com maior detalhamento e foco nessas variáveis.

Em um estudo em casa de vegetação, Teixeira et al. (2008), encontraram respostas do índice de clorofila com aplicações de Mn no feijoeiro, diferindo com um acréscimo de até 70% do maior valor com o da testemunha (sem aplicação de Mn). Junto a isso, observaram também que aplicações de Zn não influenciaram os valores de clorofila.

Dessa forma, fica claro que dentre os nutrientes

aplicados neste trabalho, o Mn é um micronutriente que se destaca em relação aos mecanismos fisiológicos relacionados clorofila e a fotossíntese, o que comprova sua influência no índice SPAD. De forma complementar, Alvim et al. (2010), encontraram em seu estudo uma relação positiva no fornecimento de Mn por meio de aplicações foliares com um incremento na sanidade foliar e na manutenção da área foliar ativa em plantas de milho, o que permite uma possível relação dessa melhoria nos índices de clorofila com o aumento da sanidade foliar da planta.

Entretanto, como vimos anteriormente, os demais nutrientes trabalhados nesse estudo também possuem grande importância para alguns processos específicos da fisiologia das plantas, e sua disponibilização pode resultar em um incremento de valores em outras variáveis. Mesmo não sido observado diferença significativa nas outras variáveis avaliadas nesse experimento, alguns autores encontraram alguns benefícios no fornecimento de Cu e Zn para plantas de milho.

Em relação ao Cu, Syuhada et al. (2014) investigaram algumas respostas no milho com aplicações foliares deste micronutriente e encontraram melhorias no conteúdo de clorofila, e maiores valores de rendimento em plantas submetidas a aplicações com maiores quantidades de Cu.

Já em relação ao Zn, Shahab et al. (2015) encontraram em um estudo sobre resposta do milho a diferentes doses e métodos de fornecimento deste elemento, aumentos significativos no rendimento biológico, rendimento de grãos, comprimento da espiga, peso da espiga e massa de mil grãos, em tratamentos com fornecimento combinado de Zn no solo em aplicações foliares, o que evidencia que plantas de milho nutridas adequadamente com esse nutriente conseguem aumentar algumas respostas interessantes para essa cultura.

De maneira similar, Potarzycki e Grzebisz (2009), em um estudo de três anos sobre efeitos da aplicação foliar de Zn no estádio V5 em alguns

componentes de produtividade do milho, encontraram respostas significativas em 2 dos 3 anos, com aumento médio de 18% no rendimento de grãos em relação a adubação com NPK somente. Todavia, torna-se importante ressaltar que em um dos anos não foi evidenciado diferenças significativas para os resultados, demonstrando a importância da repetição do experimento para diminuir as interferências abióticas nos resultados.

Somado a isso, é importante citar que não pode-se descartar a hipótese de ter ocorrido uma influência do conteúdo de Cu, Zn e Mn disponível no solo onde o experimento foi conduzido, o que pode ter a capacidade de neutralizar a expressão do fornecimento destes elementos via foliar, já que as plantas do tratamento de controle podem não apresentar uma deficiência tão marcante.

Além disso, como já citado anteriormente, durante o cultivo deste experimento, as plantas passaram por alguns momentos específicos de déficit hídrico, pela baixa quantidade pluviométrica ocorrido (Figura 1). Portanto, essas condições podem ter ocasionado algumas condições pontuais de limitação para o desenvolvimento dessas plantas, o que pode ter prejudicado a expressão de alguns resultados.

Diante disso, existe a hipótese de que em condições mais favoráveis de cultivo, essa influência observada na aferição da clorofila possa ser expressa de forma mais marcante, e com resultados mais significativos nas outras variáveis de análise, tornando-se interessante a repetição do experimento para averiguar os resultados e diminuir o erro por interferências climáticas.

CONCLUSÕES

O fornecimento de cobre, zinco e manganês por meio de aplicações foliares permitiu um incremento significativo nos valores de índice SPAD, sendo que o tratamento testemunha, sem nenhuma aplicação de Cu, Zn e Mn, se mostrou significativamente menor do que o tratamento 6, com valor maior, que foi submetido à aplicações de 3,6 g ha⁻¹ de Cu, 100 g ha⁻¹ de Mn e 66,7 g

ha-1 de Zn nos estádios V4, V8 e VT.

Apesar do efeito significativo do tratamento 6 no índice PAD, não foi suficiente para proporcionar diferenças significativas para os valores de altura de planta (AP), diâmetro de colmo (DC), rendimento (REN), massa de mil grãos (MMG), número de fileiras por espiga (NFE) e número de grãos por fileira (NGF), podendo este resultado, estar relacionado com a condição climática ocorrido durante a condução deste experimento.

Além disso, a quantidade de Cu, Zn e Mn presente no solo onde o experimento foi conduzido, pode ter amenizado o efeito de deficiência destes elementos na testemunha, diminuindo o contraste nos resultados.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus pelas inúmeras bênçãos e por ter me acompanhado nessa jornada, me ajudando a enfrentar as adversidades e colocando pessoas muito especiais na minha vida.

Agradeço imensamente aos meus pais Flavio e Adriana, por todo amor, apoio, e por acreditarem em mim durante todos esses anos. Seus ensinamentos ajudaram muito na minha formação pessoal e profissional.

A toda a minha família, em especial meu irmão Matheus e minha cunhada Jackelini, por todo incentivo e pelos conselhos que me deram durante este período de graduação.

À minha namorada Mariana, que sempre esteve comigo, pelo carinho e apoio incondicional, e pelas palavras de encorajamento nos momentos de dificuldade. Sua paciência e incentivo foram fundamentais para que eu conseguisse chegar até aqui.

A todos os meus professores e ao meu orientador, Professor Doutor Martios Ecco, por todo o conhecimento passado, pela paciência e por não ter medido esforços para me ajudar a superar minhas dificuldades.

À Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR), campus Toledo, por me permitir fazer essa graduação, sempre de portas abertas para os experimentos

que conduzimos durante esses anos.

Agradeço aos meus amigos pela parceria e amizade, e pela disposição em me ajudar sempre que necessário, em especial ao Rafael e a todos que ajudaram de alguma forma com a realização do experimento.

Por fim, manifesto minha sincera gratidão a todas as pessoas que de alguma forma se disponibilizaram e se esforçaram para me ajudar durante essa etapa da minha vida, seja com ensinamentos, palavras de incentivo ou apoio durante este percurso.

REFERÊNCIAS

- Alejandro S, Holler S, Meier B, Peiter E. Manganese in plants: from acquisition to subcellular allocation. *Frontiers in Plant Science*, v.11, p. 300, 2020.
- Alvim KRT de, Brito CH de, Brandão AM, Gomes LS, Lopes MTG. Influência da nutrição foliar com manganês em caracteres agronômicos de híbridos de milho. XXVIII Congresso Nacional de Milho e Sorgo, 2010, Goiânia: Associação Brasileira de Milho e Sorgo. CD-Rom.
- Argenta G, Silva PRF da, Bortolini, CG. Clorofila na folha como indicador do nível de nitrogênio em cereais. *Ciência Rural*, v.31, n.4, p.715-722, 2001a. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cr/a/cPY98cpCgJvLg5MSJ93Qwhn/?lang=pt>. Acesso em: 28 Ago. 2024.
- Brevant Sementes. Híbridos demilho. Disponível em: <https://www.brevant.com.br/produtos/milho/b2702vyhr.html>. Acesso em: 14, jun. 2024.
- Carvalho, MCSC. Nutrição e adubação do algodoeiro com micronutrientes. Campina Grande, PB. Outubro, 2007.
- Cherif J, Mediouni C, Ammar WB, Jemal F. Interactions of zinc and cadmium toxicity in their effects on growth and in antioxidative systems in tomato plants (*Solanum lycopersicum*). *J. Environ. Sci.*, 23:837-844, 2011.
- Coelho AM, França GE. Nutrição e adubação do milho. Brasília, DF: Embrapa/CNPMS, 2009.

- Coelho AM. Nutrição e adubação do milho. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2006. Páginas: 10 p. Série: (Embrapa Milho e Sorgo. Circular técnica, 78).
- Coelho AM. Adubação foliar em milho utilizando fertilizantes multinutrientes. *Campo e Negócios*, Uberlândia, v. 92, n. 7, p.26-29, jan. 2018. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1094860/1/Adubacaofoliar.pdf>>. Acesso em: 06 mai. 2024.
- De Lellis PM, Leite JM. Índice SPAD na Cultura do Milho. *Revista de Iniciação Científica da Universidade Vale do Rio Verde*, v. 7, n. 2, 2018.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA (2013). Mapa simplificado de solos do estado do Paraná.
- Essington ME. *Soil and water chemistry: an integrative approach*. Boca Raton: CRC Press, 2003. 552 p.
- Farinalli R, Penariol FG, Fornasieri Filho D. (2012). Características agronômicas e produtividade de cultivares de milho em diferentes espaçamentos entre linhas e densidades populacionais. *Científica*, 40:21-27.
- Ferreira MMM. Sintomas de deficiência de macro e micronutrientes de plantas de milho híbrido BRS 1010, 2012. *Revista Agro@mbiente On-line*, 6(1), 74-83.
- Favarin JL, Tezotto T, Ragassi. *Uso racional de micronutrientes na cultura de milho*. Piracicaba: Instituto Internacional de Nutrição Vegetal, 2008. 20h. *Informações Agronômicas*, 122.
- Instituto Nacional de Meteorologia – INMET (2024). *Dados meteorológicos do município de Toledo Paraná*.
- Kabata-Pendias A. *Trace elements in soils and plants*. 4. ed. Boca Raton: CRC Press, 2010. 505 p.
- Kirkby EA, Romheld V. *Micronutrientes na fisiologia de plantas: funções, absorção e mobilidade*. *Informações Agronômicas*, v. 118, n. 2, p. 1-24, 2007.
- Liu Y, Xue Y, Xie B, Zhu S, Lu X, Liang C, Tian J. Complex gene regulation between young and old soybean leaves in responses to manganese toxicity. *Plant Physiology and Biochemistry*, v. 155, p. 231-242, 2020.
- Lopes PS, Guilherme LRC. Fertilizantes e corretivos agrícolas: sugestões de manejo para uso eficiente. In: *REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO MINERAL DE PLANTAS*, 20, 1992, Piracicaba. *Anais...* Campinas: Fundação Cargill, 1992. p. 39-70.
- Magalhães PC, Durães FOM. *Fisiologia da produção de milho*. Sete Lagoas, Embrapa Milho e Sorgo, 2006. 10p. (Circular Técnica, 76). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPMS/19620/1/Circ_76.pdf>. Acesso em: 11 set. 2024.
- Maróstica LHB, Feijó S. Efeito da Adubação Foliar no Período Vegetativo da Cultura do Milho (*Zea mays*). *UNICIÊNCIAS*, [S. l.], v. 17, n. 1, 2015. DOI: 10.17921/1415-5141.2013v17n1p%p. Disponível em: <https://uniciencias.pgsscogna.com.br/uniciencias/article/view/509>. Acesso em: 28 set. 2024.
- Martins AP. *Acidez e formas de alumínio do solo em sistema integrado de produção de soja e bovinos de corte em semeadura direta no subtropical brasileiro*. 2016. 169 f. Tese (Doutorado) - Programa de Pósgraduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016.
- Marschner H. *Mineral nutrition of higher plants*. 2. ed. San Diego: Academic Press, 1995.
- Mocellin PSR. *Princípios da adubação foliar*. Coletânea de dados e revisão bibliográfica, p.10, 2004.
- Moretti LG, Crusciol CAC, Bossolani JW, Garcia A, Rossi R, Moreira A. Thermomagnesium as a fertilizer for soybean: carbohydrate metabolism, silicon–magnesium fertilizer, and grain yield. *Journal of Plant Nutrition*, v. 44, n. 14, p. 2108–2122, 2021.
- Oliveira SL, Rodrigues VA, Portugal JR, Moretti LG, Crusciol CAC, Galeriani TM, Bossolani JW,

- Calonego JC. Molybdenum Foliar Fertilization Improves Photosynthetic Metabolism and Grain Yields of Field-Grown Soybean and Maize. *Frontiers in Plant Science*, v. 13, p. 1633, 2022.
- Pôrto ML, Puiatti M, Fontes PCR, Cecon PR, Alves JC, Arruda JA. Índice SPAD para o diagnóstico do estado de nitrogênio na cultura da abobrinha. *Horticultura Brasileira*, v. 29, n. 3, p. 311-315, 2011.
- Potarzycki J, Grzebisz W. Efeito da aplicação foliar de zinco no rendimento de grãos de milho e seu componente produtivo. *Plant, soil and environment*, v. 55, n. 12, p. 519-527, 2009.
- Prado RM. Mineral nutrition of tropical plants. Berna: Springer Nature, 2021. 349p. Prado RM, Romualdo LM, Rozane DE, Vidal AA de, Marcelo AV. Modos de aplicação de zinco na nutrição e na produção de matéria seca do milho BRS 1001 (2008). *Bioscience Journal*. Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia (UFU), v. 24, n. 1, p. 67-74.
- Marschner H. Mineral nutrition of higher plants. 2. ed. San Diego: Academic Press, 1995. 889 p. Raij B. van; Andrade, JC de; Cantarella, H; Quaggio, JA. Análise Química para Avaliação da Fertilidade de Solos Tropicais. Campinas, Instituto Agronômico, 285p. 2001.
- Raven PH, Evert RF, Eichhorn SE. *Biologia Vegetal*, 6ª edição, Editora Guanabara Koogan S.A. 2001, p. 648-740.
- Ray K, Banerjee H, Dutta S, Sarkar S, Murrel TS, Singh VK, Majumdar K. Efeitos do manejo de macronutrientes no acúmulo, partição, remobilização e produtividade de nutrientes de cultivares de milho híbrido (2020). *Fronteiras na ciência das plantas*, 11, 535999.
- Ribeiro ND, Santos OS. Aproveitamento do zinco na semente na nutrição da planta. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 26, n. 1, p. 159-165, 1996.
- Rodrighero MB, Barth G, Caires EF. Surface application of lime with diferente magnesium contents and particle sizes under a no-till system. *Rev Bras Cienc Solo*. 2015; 39:1723–36.
- Rodrigues VA, Crusciol CAC, Bossolani JW, Moretti LG, Portugal JR, Mundt TT, Oliveira SL de, Garcia A, Calonego JC, Lollato RP. Magnesium Foliar Supplementation Increases Grain Yield of Soybean and Maize by Improving Photosynthetic Carbon Metabolism and Antioxidant Metabolism. *Plants* 2021, Vol. 10, Page 797, v. 10, n. 4, p. 797. 2021.
- Salla L, Rodrigues JC, Marengo RA. Teores de clorofila em árvores tropicais determinados com o SPAD-502. *Revista Brasileira de Biociências*, v. 5, supl. 2, p. 159-161, 2007.
- Shahab Q, Afzal M, Sarfaraz Q. Response of maize to different rates and methods of zinc application. *Environment and Plant Systems*, v. 1, p. 43-47, 2015.
- Souza GM, Barbosa AM. Fatores de estresse no milho são diversos e exigem monitoramento constante. (2015). *Visão Agrícola* 13(1):30–34.
- Staut LA. Aplicação foliar de macro e micronutrientes na cultura da soja. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2006.
- Sunderman HD, Pontius JS, Lawless JR. Variability in leaf chlorophyll concentration among fully fertilized corn hybrids. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, New York, v. 28, n. 19, p. 1793-1803, 1997.
- Syuhada N, Jahan MS, Khandaker MM, Mat N, Khairi M, Nozulaidi M, Razali, MH bin. Application of Copper Increased Corn Yield through Enhancing Physiological Functions. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, v. 8, n. 16, p. 282-286, 2014.
- Taiz L, Zeiger E. *Fisiologia Vegetal*. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013.
- Teixeira IR, Borem A, Andrade MJB de, Giúdice MP del, Cecon PR. Teores de clorofila em plantas de feijoeiros influenciadas pela adubação com manganês e zinco. 2008. *Revista Acta Scientiarum. Agronomy*, v. 26, n. 2, p. 147-152, 2008.
- Viçosi KA, Ferreira AAS, Oliveira LAB de, Rodrigues F. Estresse hídrico simulado em genótipos de feijão, milho e soja. *Revista de agricultura neotropical*, [S.

l.], v. 5, pág. 36–42, 2017. DOI:
10.32404/rean.v4i5.2194. Disponível em:
<https://periodicosonline.uems.br/index.php/agrinea/article/view/2194>. Acesso em: 24 set. 2024.

Wood CW, Reeves DW, Duffield RR, Edmisten KL.
Field chlorophyll meter measurements for
evaluation of corn nitrogen status. *Journal of Plant
Nutrition*, New York, v.15, n.4 p.4 584.