

Produção e desenvolvimento da cultura do milho sob dosagens de magnésio via foliar

Matheus dos Santos Bruning^{1*}; Ana Paula Morais Mourão Simonetti¹; Nayara Parisoto Boiago²

¹Curso de Agronomia, Centro Universitário da Fundação Assis Gurgacz (FAG), Cascavel, Paraná.

¹*bruningmatheus@hotmail.com

Resumo: O magnésio é um nutriente essencial para as plantas, e deve-se buscar formas de melhor utilizá-lo, pois pode trazer resultados significativos a produtividade e a sanidade da planta. Visando esclarecer sobre a nutrição de magnésio nas plantas, este trabalho carrega o objetivo de avaliar o desenvolvimento e produção da cultura do milho sob efeitos de diferentes dosagens de magnésio em aplicação foliar. Este experimento foi conduzido no interior do município de Três Barras do Paraná-Paraná, de setembro de 2022 a março de 2023. O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados (DBC), com 4 tratamentos e 5 repetições, sendo: T1) 0 L ha⁻¹ (Testemunha), T2) 1 L ha⁻¹, T3) 2 L ha⁻¹, T4) 3 L ha⁻¹ de magnésio. Cada parcela teve 5 linhas de 5 metros de comprimento espaçadas em 0,45 metros entre as mesmas, totalizando 11,25 m² cada parcela. A semeadura foi realizada na segunda quinzena de setembro de 2022, aplicando 173 kg ha⁻¹ de NPK 10-15-15 na linha de semeadura em espaçamento 0,45 m, e a colheita foi realizada manualmente em março de 2023. Os parâmetros avaliados foram produtividade (P), altura de plantas (AP), massa de 1000 grãos (MMG), altura da inserção da primeira espiga (IE), número de grãos por espiga (NGE) e diâmetro do colmo (DC). A aplicação de magnésio via foliar na cultura do milho proporcionou aumento no diâmetro do colmo até a dosagem de 3 L ha⁻¹, e a dose de 2 L ha⁻¹ foi a que resultou no maior aumento dentre as dosagens estudadas. Conclui-se que a aplicação foliar de Mg afeta apenas o diâmetro do colmo, porém não afeta componentes de produtividade da cultura do milho.

Palavras-chave: *Zea mays*; adubação foliar; diâmetro do colmo.



Production of maize crop under the effects of foliar magnesium dosages

Abstract: Magnesium is an essential nutrient for plants, and we must look for ways to better use it, as it can bring significant results to the productivity and health of the plant. Aiming to clarify magnesium nutrition in plants, this work aims to evaluate the development and production of corn crops under the effects of different magnesium dosages in foliar application. This experiment was conducted in the interior of the municipality of Três Barras do Paraná-Paraná, from September 2022 to March 2023. The experimental design used was randomized blocks (DBC), with 4 treatments and 5 replications, being: T1) 0 L ha⁻¹ (Control), T2) 1 L ha⁻¹, T3) 2 L ha⁻¹, T4) 3 L ha⁻¹ of magnesium. Each plot had 5 lines of 5 meters in length spaced 0.45 meters apart, totaling 11.25 m² each plot. Sowing was carried out in the second half of September 2022, applying 173 kg ha⁻¹ of NPK 10-15-15 in the sowing line at 0.45 m spacing, and harvesting was carried out manually in March 2023. The parameters evaluated were productivity (P), plant height (AP), mass of 1000 seeds (PMS), height of insertion of the first ear (IE), number of grains per ear (NGE) and stalk diameter (DC). The foliar application of magnesium to corn crops provided an increase in stalk diameter up to a dosage of 3 L ha⁻¹, and the dose of 2 L ha⁻¹ was the one that resulted in the greatest increase among the dosages studied. It is concluded that the foliar application of Mg only affects the stem diameter, but does not affect the productivity of the corn crop.

Keywords: *Zea mays*; foliar fertilization; stem diameter.

Introdução

Com o aumento significativo da população mundial, também cresceu a demanda por alimento, propondo desafios ao setor agropecuário para alimentar o mundo, tendo em vista o foco principal o aumento da produtividade no campo (MIRANDA *et al.*, 2014).

A cultura do milho (*Zea mays L.*) é de extrema importância para a humanidade, tendo vários segmentos que utilizam de seus derivados, desde alimentação de animais até o consumo direto, assim sendo considerado um cereal de extremo valor econômico, e um dos mais plantados (CONTINI *et al.*, 2019). Em busca do aumento da produtividade, a ciência procura a todo momento por meio de pesquisas novos métodos que podem realizar este feito.

O milho é uma cultura anual que pertence à família Poaceae (GONÇALVES, 2013). É uma gramínea com altura média que varia entre 1,70 a 2,5 m e necessita em torno de 500 a 800 mm de chuva durante seu ciclo (FORNASIERI FILHO, 2007).

No Brasil, a cultura do milho rompe novos patamares a cada safra que se passa. Na safra 2019/2020, a área cultivada do cereal ultrapassou os 18 milhões de hectares, tendo uma produtividade de mais de 100 milhões de toneladas, tendo um aumento significativo em relação à safra anterior, isso devido ao aumento da área cultivada (KIST; CARVALHO e BELING, 2021). Na safra de 2022/2023 a área de semeadura da cultura do milho atingiu 22.267,4 mil ha⁻¹, sendo 3,2 % maior que na safra anterior, e nesta safra a produção foi de 131.865,9 mil toneladas, sendo 16,6 % maior que na safra anterior, atingindo uma produtividade média de 5922 kg ha⁻¹, 13 % maior que na safra anterior (CONAB, 2023).

Como algumas regiões ainda apresentam uma baixa produtividade se comparada à média geral, há necessidade de buscar métodos para resolver essa limitação (MIRANDA *et al.*, 2014). Dentre os métodos que resultam em aumento da produtividade está a fertilização foliar, podendo trazer resultados significativos para o produtor, principalmente em casos específicos onde se apresenta deficiência de algum nutriente ou fatores que impedem o fornecimento de nutrientes via solo para as plantas (JEZEK *et al.*, 2015).

O magnésio (Mg) é um nutriente essencial para as plantas, exercendo várias funções em seu metabolismo, sendo esse absorvido na forma Mg²⁺ (MALAVOLTA, 2006). Dentre as funções exercidas pelo Mg, está a composição da clorofila ativando enzimas no metabolismo energético da planta, agindo no ATP e ADP, sendo esses compostos fundamentais para a fotossíntese, respiração, reações de sínteses dos compostos orgânicos e absorção iônica (FERNANDES, SOUZA e SANTOS, 2018). Outra função do Mg é ser um carregador de fósforo (P), onde o mesmo facilita a absorção de P pela planta (PRADO, 2008).

A falta deste nutriente na planta ocasiona vários problemas, sendo um deles a inibição da fixação de CO₂, ou seja, sem a fixação de CO₂ as reações enzimáticas são reduzidas ou até mesmo inibidas, algumas destas sendo a reação de fosforilação que é responsável pela regeneração do açúcar (ribulose difosfato) que aceita o CO₂ fixado pela fotossíntese e ativação da própria enzima. Isso desencadeia um processo de estresse para a planta, afetando a síntese de proteínas e ativação de aminoácidos (FERNANDES, SOUZA e SANTOS, 2018).

Além disso, os mesmos autores explicam que o Mg pode ter sua deficiência induzida por excesso de potássio no solo, isso também ocorre quando se pesa na adubação potássica, o que eleva a relação K/Mg, assim deixando o Mg indisponível para a planta. Outro fator importante também é a baixa umidade no solo reduzindo a sua absorção. Ou seja, levando esses fatores em consideração, mesmo o Mg estando presente no solo, não pode ser absorvido pela planta.

Visando a fertilização foliar, deve-se observar sempre a análise de solo, pois o nutriente pode estar em um nível satisfatório no solo, assim, muitas vezes não necessitando uma aplicação de nutrientes via foliar. Porém, devido a fatores que inibem os nutrientes no solo, mesmo com níveis satisfatórios de nutrientes apresentados em análise de solo, a fertilização foliar se torna uma opção que pode trazer resultados significativos a produtividade, principalmente em estágios da planta que exercem maior demanda por tais nutrientes (MOCELLIN, 2004).

Altarugio *et al.* (2017) observaram aumento da produtividade e massa de 100 grãos na cultura do milho ao aplicar diferentes dosagens de magnésio em aplicação via foliar. Já Nogueira, (2022) aplicando diferentes dosagens de magnésio via foliar em dois híbridos de milho, não obteve resultados significativos em suas variáveis analisadas. Com base nestes estudos, nota-se que é importante continuar realizando estudos sobre a aplicação de magnésio via foliar.

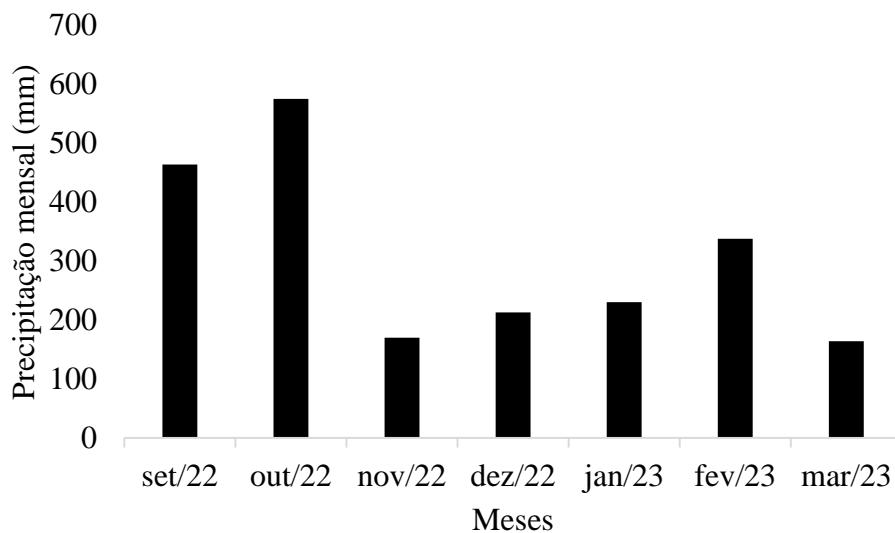
Visando esclarecer sobre a nutrição de magnésio nas plantas, este trabalho carrega o objetivo de avaliar o desenvolvimento e produção da cultura do milho sob efeitos de diferentes dosagens de magnésio em aplicação foliar.

Material e Métodos

O experimento foi realizado na comunidade de Novo Horizonte localizada no município de Três Barras do Paraná-Paraná, cujas coordenadas são: 25°21'27.3"S e 53°09'28.8"O, sendo iniciado no dia 18 de setembro de 2022 e finalizado no dia 25 de março de 2023. A área está localizada a uma altitude média de 535 m em relação ao nível do mar.

Na área predomina o Nitossolo Vermelho Eutroferrico, sendo este profundo e com textura argilosa (EMBRAPA, 2013). Segundo Aparecido *et al.* (2016), de acordo com a classificação de Köppen-Geiger, o clima da região é subtropical úmido (Cfa), caracterizado por verões quentes e chuvosos e poucas geadas, com uma temperatura média anual em torno de 18 °C a 22 °C, tendo uma precipitação média anual de 1400 mm de chuva. Na Figura 1 estão apresentados os dados de precipitação durante o período de condução do experimento.

Figura 1 - Precipitação mensal durante condução do experimento (mm por mês), Três Barras do Paraná-PR, 2023.



Fonte: Coopavel Cooperativa Agroindustrial, Três Barras do Paraná-Paraná, 2023.

Na Figura 1 nota-se que nos meses de setembro e outubro houve alta densidade pluviométrica, o que consequentemente interferiu na taxa de emergência de plântulas e desenvolvimento inicial da cultura.

A amostra de solo foi coletada antes do início do experimento com trado holandês em uma camada de 0 a 20 cm de profundidade e enviada para laboratório especializado para realizar a análise química e física do solo. Os resultados estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Características químicas e textura do solo na camada de 0 a 20 cm de profundidade, Três Barras do Paraná-PR, 2022.

P	Ca	Mg	K	Al	H+Al	CTC (T)	CTC (t)	V	MO	pH
mg dm ⁻³	-----	-----	-----	-----	cmolc dm ⁻³	-----	-----	%	g dm ⁻³	CaCl ₂
24,75	10,74	3,94	2,15	0,00	4,61	21,44	16,83	78,50	3,18	5,60

Fonte: Solanalise, Central de Análises LTDA, 2022

Observa-se na análise de solo (Tabela 1) que P, Ca, Mg e K estão em níveis muito altos no solo de acordo com a interpretação embasada no manual de adubação e calagem para o estado do Paraná (PAULETTI e MOTTA, 2019). De acordo com esta interpretação pressupõe-se que mesmo o Mg mesmo estando suficiente no solo pode ter ocorrido interferência na absorção deste nutriente, onde tal interferência pode ser explicada devido ao K estar em um nível muito alto no solo, sendo que o mesmo afeta a disponibilidade do Mg. Nota-se também que o pH não está em um nível adequado para que os nutrientes fiquem disponíveis para a planta, inclusive o Mg. Souza, Veloso e Gama (2000) observaram que ao aumentar o pH da solução nutritiva em capim marandu de 5,5 para 6,5 houve um aumento expressivo do acúmulo dos nutrientes P, K, Ca e Mg.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados (DBC), sendo utilizados quatro tratamentos com aplicação de magnésio via foliar, sendo: T1- 0 L ha⁻¹ (Testemunha), T2- 1 L ha⁻¹, T3- 2 L ha⁻¹, T4- 3 L ha⁻¹ (Tabela 2), com 5 repetições para cada tratamento, totalizando 20 unidades experimentais. Cada parcela foi composta por 5 linhas de 5 m de comprimento espaçadas em 0,45 metros entre as mesmas, totalizando 11,25 m² cada parcela, tendo uma área útil de 5,4 m², desprezando 50 cm das duas extremidades e as duas linhas laterais para evitar o efeito bordadura nas avaliações finais. A área total do experimento ocupou 225 m².

O produto utilizado para a pesquisa foi um produto comercial a base de magnésio, sendo o mesmo composto por 8 % de magnésio em sua formulação e 1 % de carboidratos, sendo este recomendado com a dosagem de 1 a 2 L ha⁻¹ para a cultura do milho. A aplicação do fertilizante foliar a base de magnésio foi realizada 35 dias após a emergência da cultura, no qual foi realizada com pulverizador manual nas dosagens recomendadas para cada parcela.

Tabela 2 - Dosagem do fertilizante foliar com magnésio (Mg) e quantidade de magnésio aplicada por área na cultura do milho.

Dose L ha ⁻¹	Mg g ha ⁻¹
0 L ha ⁻¹	0 g ha ⁻¹
1 L ha ⁻¹	80 g ha ⁻¹
2 L ha ⁻¹	160 g ha ⁻¹
3 L ha ⁻¹	240 g ha ⁻¹

Antes da semeadura foi realizado a dessecação das plantas daninhas presentes no local com glifosato na dosagem de 2 L ha⁻¹ do produto comercial com adição de 0,15 L ha⁻¹ de surfactante a base do óleo da casca de laranja em volume de calda de 200 L ha⁻¹ e, em sequência para o controle de plantas daninhas remanescentes foi realizada a capina manual. O híbrido

utilizado para a semeadura foi o SHS7930PRO3, sendo este tratado com dois inseticidas, clotianidina na dosagem de 700 mL do produto comercial, e clorantraniliprole na dosagem de 48 mL do produto comercial. As respectivas dosagens foram utilizadas para cada 60.000 sementes.

A semeadura foi realizada em setembro de 2022 sobre restos culturais do milho safrinha. Para a fertilização de base foi utilizado o fertilizante comercial a base de NPK formulado nas concentrações 10-15-15, sendo aplicado à 173 kg ha⁻¹. A semeadura foi realizada de forma mecanizada, com população inicial de 71.111,11 plantas ha⁻¹, em torno de 3,3 plantas por metro linear, para todas as parcelas.

Os parâmetros avaliados foram altura de plantas (AP), altura da inserção da primeira espiga (IE), diâmetro do colmo (DC), produtividade (P), massa de mil grãos (MMG) e número de grãos por espiga (NGE).

A altura das plantas foi medida em centímetros utilizando uma trena, sendo a planta medida da base (solo) até o ápice, sendo avaliadas 10 plantas por parcela.

Para a altura da inserção da primeira espiga foi utilizado uma trena métrica, sendo medida da base até o ponto de inserção da espiga e o resultado expressado em centímetros. O diâmetro do colmo foi medido no estágio fenológico R1, sendo medidas 8 plantas por parcela, utilizando paquímetro e seu resultado expressado em milímetros.

Para a produtividade, todas as espigas foram colhidas individualmente da área útil de cada parcela, debulhadas e pesadas, onde a umidade foi corrigida para 13%. A produtividade foi determinada em base seca após aferida a umidade dos grãos, sendo expressa em kg ha⁻¹.

Para massa de mil grãos, as amostras foram coletadas utilizando 8 sub amostras de 100 sementes de cada parcela. Após serem pesadas as amostras foram extrapoladas para massa de 1000 grãos, onde a umidade foi corrigida para 13 % e o resultado expressado em gramas, (BRASIL, 2009).

Para variável número de grãos por espiga 8 espigas por parcela foram avaliadas e, logo após foram debulhadas e realizada a contagem dos grãos de cada espiga individualmente.

Após realizar a coleta, os dados foram submetidos ao teste de normalidade Shapiro-Wilk e análise descritiva. Feito isto, em caso de diferenças significativas na análise de variância (ANOVA) as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5 % de significância de erro e ajustados por modelos de regressão escolhido pelo maior R² e significância, utilizando o programa estatístico ASSISTAT® versão 7.7 (SILVA e AZEVEDO, 2016).

Resultados e Discussão

As variáveis avaliadas neste trabalho seguem expostas nas tabelas 3 e 4.

O diâmetro de colmo apresentou diferença significativa quando submetido as diferentes doses de Mg, podendo ser observadas as médias e o ajuste a regressão respectivamente na Tabela 3 e na Figura 2.

Tabela 3 - Diâmetro do colmo (DC) de plantas de milho submetidas a diferentes dosagens de magnésio.

Dose L ha ⁻¹	DC (mm)
0 L ha ⁻¹	15,94 c
1 L ha ⁻¹	16,82 bc
2 L ha ⁻¹	18,12 a
3 L ha ⁻¹	17,80 ab
CV %	3,45
DMS	1,11
Fc	13,88
Pr>Fc	0,0002

CV (%) - coeficiente de variação; DMS- diferença mínima significativa; Fc- F calculado; Pr>Fc- P valor;

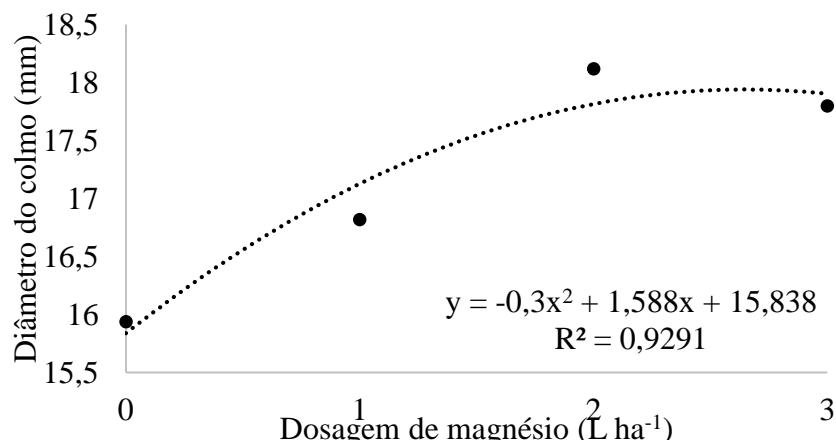
*Médias seguidas com a mesma letra na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade de erro.

T1- Testemunha; **T2**- 1 L ha⁻¹ de magnésio; **T3**- 2 L ha⁻¹ de magnésio; **T4**- 3 L ha⁻¹ de magnésio;

Na Tabela 3, observa-se que houve diferença significativa para as diferentes dosagens de magnésio para variável diâmetro do colmo (DC), onde a aplicação de 2 L ha⁻¹ de Mg resultou no maior diâmetro com 18,12 mm e igualando estatisticamente a dosagem de 3 L ha⁻¹ com 17,80 mm de espessura.

Segundo Kappes *et al.* (2011), para a cultura do milho o fator diâmetro do colmo é de suma importância, proporcionando a planta maior tolerância ao acamamento e quebra das plantas no momento da colheita, o que consequentemente garante o desempenho produtivo da cultura.

Figura 2 – Análise de regressão dos dados de diâmetro do colmo de plantas de milho submetidas a diferentes dosagens de magnésio.



Analisando a Figura 2, podemos notar que há uma tendência de aumentar o diâmetro do colmo em função do aumento da dosagem de magnésio até 3 L ha⁻¹ sendo que a regressão apresentou ajuste polinomial, indicando que possivelmente após a dosagem de 3 L ha⁻¹ haverá redução da tendência da dosagem influenciar o diâmetro do colmo.

Altarugio *et al.* (2017) avaliando a aplicação de magnésio via foliar na cultura da soja e do milho, observou aumento no teor foliar de magnésio na cultura do milho nas dosagens de 250 g ha⁻¹ até 1000 g ha⁻¹ de magnésio. Este aumento no diâmetro do colmo em função do aumento das dosagens de magnésio pode ser explicado devido as funções deste nutriente na planta, as quais estão relacionadas a garantia de fornecimento de energia por meio de ATP, síntese de carboidratos, síntese proteica e atuando como incorporador de carbono por meio da fotossíntese, além de ser um ativador de várias enzimas no metabolismo da planta (CASTRO *et al.*, 2020), ou seja, com o aumento do teor de magnésio na planta em função da aplicação do fertilizante foliar a base de magnésio, pode ser possível aumentar a taxa fotossintética, assim fornecendo mais energia para a planta melhorando seu desenvolvimento.

Ao analisar os dados da Tabela 4, pode-se observar que não houve diferença significativa para estes parâmetros, onde conclui-se que as diferentes dosagens de magnésio via foliar aplicadas não influenciaram os parâmetros produtividade (P), número de grãos por espiga (NGE), massa de mil grãos (MMG), altura de plantas e altura da inserção da primeira espiga (IE) para a cultura do milho nas condições deste experimento.

Tabela 4 - Produtividade por hectare (kg ha⁻¹); massa de mil grãos (MMG); número de grãos por espiga (NGE); altura de plantas (AP); altura da inserção da primeira espiga (IE) de plantas de milho submetidas a diferentes dosagens de magnésio, em Três Barras do Paraná, PR.

Dose L ha ⁻¹	Produtividade (kg ha ⁻¹)	MMG (g)	NGE	AP (cm)	IE (cm)
0 L ha ⁻¹	8611,18	282,40	492,27	205,32	102,66
1 L ha ⁻¹	7303,25	283,20	446,99	200,28	94,22
2 L ha ⁻¹	7320,73	282,60	482,30	202,48	95,56
3 L ha ⁻¹	8136,29	285,40	506,23	205,96	97,92
CV %	18,79	0,97	16,87	4,04	5,75
DMS	2768,34	5,16	152,74	15,43	10,54
Fc	0,95 n.s.	1,25 n.s.	0,48 n.s.	0,51 n.s.	2,18 n.s.
Pr>Fc	0,45	0,33	0,69	0,68	0,14

CV (%)- coeficiente de variação; DMS- diferença mínima significativa; Fc- F calculado; Pr>Fc- P valor; **T1**- Testemunha; **T2**- 1 L ha⁻¹ de magnésio; **T3**- 2 L ha⁻¹ de magnésio; **T4**- 3 L ha⁻¹ de magnésio;

Para a variável produtividade, nota-se que numericamente a testemunha se sobressaiu aos demais tratamentos com $8611.18 \text{ kg ha}^{-1}$, o que pode ser justificado por ter a maior população final colhida (Tabela 4), logo em seguida tem-se a dosagem de 3 L ha^{-1} com $8136.29 \text{ kg ha}^{-1}$ e uma população numericamente menor que a testemunha. Em seguida pode-se observar os dados de população final colhida na Tabela 5.

Tabela 5 - População final colhida (plantas ha^{-1}) de plantas de milho submetidas a diferentes dosagens de magnésio, em Três Barras do Paraná, PR.

Dose L ha^{-1}	População final colhida (plantas ha^{-1})
0 L ha^{-1}	62592,59
1 L ha^{-1}	59259,20
2 L ha^{-1}	55925,87
3 L ha^{-1}	57777,72

A população para a cultura do milho é um fator extremamente importante, pois a mesma não compensa em produtividade caso haja falha de plântulas, o que influencia em praticamente todas as características da cultura durante seu ciclo (KOPPER *et al.*, 2017). Henrichsen *et al.* (2021) também acrescentam que a formação de um estande estável na cultura do milho leva a mesma a ter maior aproveitamento de luz e nutrientes, influenciando diretamente na produtividade. O fator que levou a instabilidade das médias de população final neste experimento foi a chuva em excesso, a qual interferiu na emergência e desenvolvimento vegetativo inicial da cultura. No estado do Paraná as chuvas afetaram significativamente a cultura do milho em seu desenvolvimento inicial segundo dados da CONAB (2023).

Observou-se que as dosagens de 3 L ha^{-1} e 2 L ha^{-1} obtiveram uma produtividade numericamente maior em relação à dosagem de 1 L ha^{-1} mesmo tendo uma população final colhida inferior à dose de 1 L ha^{-1} , onde tal fato pode ser explicado por ter obtido uma massa de mil grãos (MMG) e número de grãos por espiga (NGE) numericamente maior em relação aos demais tratamentos, já que tais variáveis interferem diretamente na produtividade da cultura, e tal fato é afirmado por Lopes *et al.* (2007) que ao analisar diferentes híbridos de milho notou que o peso de grãos e o número de grãos por espiga interferem no rendimento da cultura do milho, e também Mohammadi, Prasanna e Singh (2003) estudando híbridos de milho verificaram que o número de grãos por espiga e peso de grãos foram componentes fundamentais para a produtividade do milho. Com isto conclui-se que talvez o Mg tenha afetado de certa forma a produtividade da cultura do milho.

Nogueira (2022) estudando aplicação de magnésio via foliar na cultura do milho também não observou diferenças estatísticas para as variáveis altura de plantas e altura da inserção da primeira espiga em relação as diferentes dosagens aplicadas.

Considerando os dados fornecidos por esta pesquisa, mais pesquisas deverão ser realizadas, com análises de diferentes fontes de fornecimento de Mg e também testes em diferentes culturas, já que o mesmo é essencial para todas as culturas e deve-se buscar ferramentas alternativas para melhor aproveitá-lo.

Conclusões

A aplicação de magnésio via foliar na cultura do milho proporcionou aumento no diâmetro do colmo até a dosagem de 3 L ha⁻¹, e a dose de 2 L ha⁻¹ foi a que resultou no maior aumento dentre as dosagens estudadas.

Conclui-se que a aplicação foliar de Mg afeta apenas o diâmetro do colmo, porém não afeta componentes de produtividade da cultura do milho.

Referências

- ALTARUGIO, L. M.; LOMAN, M. H.; NIRSCHL, M. G.; SILVANO, R. G.; ZAVASCHI, E.; CARNEIRO, L. M. S.; VITTI, G. C.; LUZ, P. H. C.; OTTO, R. Yield performance of soybean and corn subjected to magnesium foliar spray. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 52, p. 1185-1191, 2017.
- APARECIDO, L. E. O.; ROLIM, G. S.; RICHETTI, J.; SOUZA, P. S. JOHANN, J. A. Classificações climáticas de Köppen, Thornthwaite e Camargo para zoneamento climático no Estado do Paraná, Brasil. *Ciência e Agrometeorologia*, v. 40, n. 4, p. 405-417, 2016.
- BRASIL, **Regras para análise de sementes** / Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília; Mapa/ACS, 2009. 399 p.
- CASTRO, C.; JUNIOR, A. O.; OLIVEIRA, F. A.; FIRMANO, L. F.; ZANCANARO, L; KLEPKER, D.; FOLONI, J. S. S.; BRIGHENTI, A. M.; BENITES, V. M. **Magnésio: manejo para o equilíbrio nutricional da soja**. EMBRAPA SOJA, Londrina-PR, 2020, 55 p.
- CONAB- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos**. v.10 – safra 2022/23, nº 12. Décimo segundo levantamento, setembro 2023.
- CONTINI, E.; MOTA, M. M.; MARRA, R.; BORGHI, E.; MIRANDA, R. A. D.; SILVA, A. F. D.; SILVA, D. D. D.; MACHADO, J. R. D. A.; COTA, L. V.; COSTA, R. V. D.; MENDES, S. M. SÉRIE DESAFIOS DO AGRONEGÓCIO BRASILEIRO. **Milho: caracterização e desafios tecnológicos**. Brasília: Embrapa, 2019, 45 p.

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos** – 3ed. Ver. Ampl. Brasília, DF: EMBRAPA, 2013. 353 p.

FERNANDES, M. S.; SOUZA, S. R.; SANTOS L. A. **Nutrição mineral de plantas**. 2. Ed. Viçosa, MG: SBCS, 2018, 670 p.

FORNASIERI FILHO, D. **Manual da cultura do milho**. Jaboticabal-SP: Funep - Brasil, 2007. 574 p.

GONÇALVES, G. M. B. **Desempenho agronômico e adaptativo e divergência genética de populações de milho local derivadas de MPA1 em processo de melhoramento genético**. Florianópolis-SC, 2013, 48 p.

HENRICHSEN, L. H.; CHRISTT, E. L.; SILVA, C. K.; HÜBNER, J. P.; SANDER, L. S.; ROSSATO, A. A. P.; GARAFFA, J. P.; MARTINS, J. D. Efeitos da desuniformidade de emergência na cultura do milho. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 3, p. 28382-28398, 2021.

JEZEK, M., GEIFLUS, C. M.; BAYER, A., MÜHLING, K. H. Capacidade fotossintética, estado nutricional e crescimento de milho (*Zea mays* L.) sob aplicação foliar de MgSO₄. **Frontiers in Plant Science**, v. 5, artigo 781, 2015.

KAPPES, C.; ANDRADE, J. A. C.; ARF, O.; OLIVEIRA, A. C.; ARF, M. V.; FERREIRA, J. P. Desempenho de híbridos de milho em diferentes arranjos espaciais de plantas. **Bragantia**, v. 70, p. 334-343, 2011.

KIST, B. B.; CARVALHO, C. D.; BELING, R. R. **Anuário brasileiro do milho 2021**. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz, 2021. 96 p.

KOPPER, C. V.; MEERT, L.; KRENSKI, A.; BORGHI, W. A.; NETO, A. W. O.; FIGUEIREDO, A. S. T. Características agronômicas e produtividade de milho segunda safra em função da velocidade de semeadura e população de plantas. **Pesquisa Agropecuária Pernambucana**, v. 22, p. 6, 2017.

LOPES, S. J.; LUCIO. A. D.; STORCK, L.; DAMO, H. P.; BRUM, B.; SANTOS, V. J. Relações de causa e efeito em espigas de milho relacionadas aos tipos de híbridos. **Ciência Rural**, v. 37, p. 1536-1542, 2007.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 2006. 638 p.

MIRANDA, R. A. de; LÍCIO, A. M. A.; PURCINO, A. A. C.; PAULINELLI, A.; PARENTONI, S. N.; DUARTE, J. de O.; GONTIJO NETO, M. M.; LANDAU, E. C.; QUEIROZ, V. A. V.; OLIVEIRA, I. R. de. **Diagnóstico dos problemas e potencialidades da cadeia produtiva do milho no Brasil**. Embrapa Milho e Sorgo. Documentos, 168. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2014. 102 p.

MOCELLIN, R. S. **Princípios da adubação foliar**. Canoas: Fertilizantes Omega Ltda, 2004.

MOHAMMADI, S. A.; PRASANNA, B. M.; SINGH, N. N. Sequential path model for determining interrelationships among grain yield and related characters in maize. **Crop science**, v. 43, n. 5, p. 1690-1697, 2003.

NOGUEIRA, V. S. **Desempenho produtivo de híbridos de milho submetidos à aplicação foliar de magnésio.** Ceres-GO, 2022, 23 p.

PAULETTI, V.; MOTTA, A. C. V. **Manual de adubação e calagem para o estado do Paraná.** Núcleo Estadual Paraná da Sociedade Brasileira da Ciência do Solo - NEPAR SBCS, Curitiba-PR, 2019, cap. 3, p. 29 – 41.

PRADO, R. M. **Nutrição de plantas.** São Paulo: Editor UNESP, 2008.

SILVA F.A.S.; AZEVEDO, C.A.V; Comparison of means of agricultural experimentation data through different tests using the software Assistat. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, n.37, p. 3527 - 3531, 2016.

SOUZA FILHO, A. P. S.; VELOSO, C. A. C.; GAMA, J. R. N. Capacidade de absorção de nutrientes do capim-Marandu (*Brachiaria brizantha*) e da planta daninha malva (*Urena lobata*) em função do pH. **Planta daninha**, v. 18, p. 443-450, 2000.