



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO JOÃO DEL-REI
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
ENGENHARIA AGRONÔMICA**

SHAIENY HARYEL GOMES DA SILVA MENDES

**ACÚMULO DE MICRONUTRIENTES NA CULTURA DO SORGO
GRANÍFERO**

**SETE LAGOAS
2022**

SHAIENY HARYEL G OMES DA SILVA MENDES

**ACÚMULO DE MICRONUTRIENTES NA CULTURA DO SORGO
GRANÍFERO**

Trabalho de conclusão de curso, requisito para título de graduação do curso de Engenharia Agrônômica do Departamento de Ciências Agrárias pela Universidade Federal de São João del-Rei.

Orientador: Professor Dr. Iran Dias Borges

**SETE LAGOAS
2022**

SHAIENY HARYEL GOMES DA SILVA MENDES

**ABSORÇÃO DE MICRONUTRIENTES NA CULTURA DO SORGO
GRANÍFERO**

Trabalho de conclusão de curso, requisito para título de graduação do curso de Engenharia Agrônômica do Departamento de Ciências Agrárias pela Universidade Federal de São João del-Rei.

Orientador: Professor Dr. Iran Dias Borges.

Aprovado em Sete Lagoas, xx de dezembro de 2022.

- Iran Dias Borges – Universidade Federal de São João del-Rei.
- Aline de Almeida Vasconcelos – Universidade Federal de São João del-Rei.
- Elaine Cristina Teixeira – Universidade Federal de São João del-Rei.

**SETE LAGOAS
2022**

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	3
2	MATERIAIS E MÉTODOS.....	4
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	7
4	CONCLUSÃO.....	10
5	REFERÊNCIAS	11

RESUMO

A eficiência adaptativa do *Sorghum bicolor* (L.) e a capacidade de tolerar diferentes estresses ambientais, como a resistência ao déficit hídrico, têm contribuído à crescente demanda pela cultura. Favorecendo a ampliação do melhoramento genético, novas cultivares e a expansão do cultivo no cerrado. Com base nisso, os objetivos do presente trabalho foram avaliar a resposta da planta sob diferentes doses de micronutrientes, avaliando o seu crescimento e desenvolvimento, acúmulo de matéria seca e micronutrientes. Foram cultivadas híbrido de sorgo granífero DKB 599, com características de ciclo precoce, porte baixo, de grão creme sem tanino, com densidade de 180.000 pl ha⁻¹. O delineamento utilizado foi em blocos causalizados com 4 repetições, e nove tratamentos dispostos num esquema fatorial. Em cada época de coleta das plantas, nas duas fileiras centrais da parcela, que foram consideradas como úteis, avaliaram-se as seguintes características: a) Teores de micronutrientes na matéria seca total das plantas e em cada componente da planta. b) Matéria seca de cada parte da planta e da planta toda, em cada época de coleta das plantas. c) Altura de plantas: medida do topo da panícula ao solo, em 10 plantas da área útil da parcela. d) Produtividade de grãos. Os parâmetros vegetativos de crescimento, como a altura das plantas, a produção de matéria seca da parte aérea e o acúmulo de micronutrientes apresentaram a ordem de absorção Mn > Fe > B > Zn > Cu.

Palavras-chave: matéria seca, micronutrientes, estresse hídrico, *Sorghum bicolor*.

ABSTRACT

The adaptive efficiency of *Sorghum bicolor* (L.) and the ability to tolerate different environmental stresses, such as resistance to water deficit, have contributed to the growing demand for the crop. Favoring the expansion of genetic improvement, new cultivars, and the expansion of cultivation in the cerrado. Based on this, the objectives of the present work were to evaluate the plant response under different micronutrient doses, assessing its growth and development, dry matter and micronutrient accumulation. Grain sorghum hybrid DKB 599, with characteristics of early cycle, low growth, cream grain without tannin, and density 180,000 pl ha⁻¹ were cultivated. The design used was a randomized block design with four repetitions and nine treatments arranged in a factorial scheme. At each plant collection time, the following characteristics were evaluated in the central two rows of the plot, which were considered useful: a) Micronutrient content in the total dry matter of the plants and in each of the plant parts. b) Dry matter of each part of the plant and of the whole plant, at each plant collection time. c) Plant height: measured from the top of the panicle to the ground, in 10 plants of the useful area of the plot. d) Grain productivity. The vegetative growth parameters, such as plant height, aerial part dry matter production and micronutrient accumulation was in order Mn > Fe > B > Zn > Cu.

Key-words: dry matter, micronutrients, water stress, *Sorghum bicolor*.

1 INTRODUÇÃO

O sorgo (*Sorghum bicolor* L.) é uma gramínea originada no Noroeste da África, usada principalmente na alimentação animal como forragem, possui resistência à estresse hídrico, condição favorável para o cultivo no Brasil (SILVA et al., 2021). Apesar do seu principal destino ser para a alimentação animal, o sorgo também está sendo utilizado na geração de energia elétrica devido ao seu alto acúmulo de biomassa (CAVALCANTE et al., 2018).

A cultura do sorgo possui metabolismo C4, característico por ter uma regulação estomática muito eficaz, o que justifica sua alta capacidade em suportar elevados níveis de radiação solar (MAGALHÃES et al., 2011). Outra característica muito importante no sorgo, é seu sistema radicular profundo, que permite que a planta explore melhor o solo em busca de água e nutrientes em camadas mais profundas. (MAGALHÃES et al., 2011). As vantagens agronômicas do sorgo, como o baixo custo de produção, alta produtividade, associada às características fisiológicas, colocam a cultura em um local de destaque dentre os cereais tradicionalmente plantados (QUEIROZ et al., 2021).

Apesar de ser uma cultura que se destaca por sua rusticidade e alta adaptação a diversos ambientes, o sorgo não está isento de uma boa nutrição para se alcançar altas produtividades (BORGES et al., 2016). Em todas as culturas, os nutrientes, sejam eles macro ou micro, são responsáveis pelo bom funcionamento fisiológico da planta, seja na participação direta de metabolismos ou na ativação de enzimas. Desta forma, se um nutriente estiver em baixa concentração no solo e na planta, irá prejudicar todo o funcionamento metabólico da planta e conseqüentemente, uma baixa produtividade (SANTI et al., 2005).

Com o avanço tecnológico e o melhoramento genético das plantas, tem-se utilizado cada vez mais cultivares com alto potencial produtivo, conseqüentemente a planta precisará absorver mais nutrientes. Desta forma, é essencial que haja um manejo correto dos nutrientes no solo para atender às necessidades da cultivar (BORGES et al., 2016).

Apesar de serem requeridos em menores quantidades para as plantas, os micronutrientes têm uma grande importância desde a germinação até o bom funcionamento durante o ciclo das plantas, isto porque são ativadores de enzimas e componentes estruturais das plantas (SILVA et al., 2021). Sabendo-se da grande importância dos micronutrientes para altas produtividades nas culturas, os produtores têm usado cada vez mais, junto a adubação de plantio e na folha, fertilizantes que tenham em sua formulação este tipo de nutriente (VICENTE, 2021). Diante de

tal avanço na agricultura, tem sido cada vez mais necessário o aumento de estudos visando respostas das diversas culturas, à diferentes doses de micronutrientes.

Dessa forma, o presente estudo, teve como objetivo, conhecer a marcha de absorção de micronutrientes no sorgo, para possibilitar as épocas de melhor resposta.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na cidade de Janaúba, Minas Gerais, na fazenda experimental da Universidade Estadual de Montes Claros (UNIMONTES), no Campus Janaúba. O clima da região, segundo Köppen, é do tipo tropical chuvoso, savana com inverno seco (AW) (OMETTO, 1981).

O solo onde o experimento foi implantado, foi classificado como Latossolo Vermelho Eutrófico de textura média. A amostragem de solo da camada de 0-20cm obteve as seguintes características: pH H₂O de 5,9; 3,6 dag/Kg de matéria orgânica; 6,5 mg/dm³ de P (Mehlich 1); 29 mg/L de P-rem; 141 mg/dm³ de K⁺; 3,3 cmol/dm³ de Ca²⁺; 0,7 cmol/dm³ de Mg²⁺; 0,0 cmol/dm³ de Al³⁺; 1,3 cmol/dm³ de H+Al; 10,1 mg/dm³ de B; 58,6 mg/dm³ de Cu; 113,3 mg/dm³ de Fe; 177,9 mg/dm³ de Mn; 4,0 mg/dm³ de Zn e 42,3 mg/dm³ de S; 45% de Areia, 17% de Silte e 38% de Argila, sendo classificado como um solo Franco argiloso.

O cultivo foi realizado durante o período da safrinha, em condições de campo sob sistema de produção convencional. O período foi caracterizado por altas temperaturas e baixa pluviosidade na região, sendo necessário utilizar o sistema de irrigação do tipo aspersão convencional, como forma de fornecimento de água de acordo com a necessidade hídrica exigida pela cultura. Tal medida foi adotada para que a expectativa de produção e produtividade da qual a recomendação de adubação foi feita, não fosse comprometida. O sistema de irrigação utilizado foi do tipo aspersão, constituído de linhas móveis, com aspersores da marca Fabrimar ECO A2321, com vazão de 3,02m³/ha e pressão de serviço de 25 m.c.a. O diâmetro molhado foi de 31 m com espaçamento de 12x18m. As irrigações ocorreram 3 vezes por semana, durante 3,5h em cada posição. Durante o período do florescimento até a senescência cada posição recebeu 4,0 h de irrigação. Quando ocorreram precipitações durante o período de cultivo, foram descontadas na aplicação das lâminas d'água.

A cultivar de sorgo granífero utilizada foi o híbrido DKB 599 que tem como características porte baixo, altas produtividades, ciclo precoce, grãos de coloração creme sem presença de tanino, e densidade recomendada de 180.000 plantas/ha. A cultivar utilizada tem boa adaptação às condições edafoclimáticas compatível com a região em que o experimento foi

conduzido, sendo indicada para plantios de safrinha, além de ter boa resposta a manejos de adubação de alta tecnologia (Agrolink, 2005).

Foi utilizado blocos casualizados como delineamento, com 9 tratamentos e 4 repetições, dispostos em esquema fatorial em que o tratamento consistiu nas épocas de coleta das plantas, sendo eles: T1: 3 folhas; T2: 5 folhas; T3: 7 folhas, todas totalmente expandidas nos 3 tratamentos; T4: diferenciação primórdio floral; T5: 80% de área foliar total; T6: todas as folhas totalmente expandidas; T7: liberação de pólen nas panículas; T8: grão pastoso e T9: camada negra no grão.

Os estádios fenológicos da cultura do sorgo estão descritos e caracterizados na Tabela 1, bem como as épocas de coletas das plantas. Para a coleta de dados considerou-se três fases de crescimento da cultura do sorgo (EC1, EC2 e EC3) com três épocas de coleta cada uma. As parcelas foram compostas por quatro linhas de 5 m, com espaçamento de 0,6m entre linhas. Para efeito de observação e coleta dos dados, as duas linhas centrais foram consideradas úteis.

Tabela 1. Caracterização e descrição dos estádios fenológicos do sorgo granífero e época de coleta das plantas em Dias Após Emergência (DAE).

Estádio fenológico*	Época de coleta (DAE)	Parte analisada
EC1 - 3 folhas totalmente expandidas	9	folhas
EC1 - 5 folhas totalmente expandidas	17	folhas
EC1 - 7 folhas totalmente expandidas	24	folhas
EC2 - Diferenciação primórdio floral	31	colmos e folhas
EC2 - 80 % Área foliar total	38	colmos e folhas
EC2 - folhas totalmente desenvolvidas	45	colmos e folhas
EC3 - Liberação de pólen nas panículas	57	colmos, folhas e panícula
EC3 – Grão leitoso/pastoso	77	colmos, folhas e panícula
EC3 - Camada negra no grão	98	colmos, folhas e panícula

*Fases de crescimento da cultura do sorgo (EC). Granífero - DKB599

Após o resultado da análise química do solo, foram feitas as correções e adubações nutricionais, tanto de plantio quanto cobertura com a mesma dosagem para macronutrientes em todos os tratamentos, calculados considerando uma expectativa de produtividade acima de 8 t/ha de grãos, e de 70 t/ha de forragem. Na adubação de plantio, utilizou-se 500 Kg/ha de NPK (04-30-10), correspondendo a 20 Kg/ha de N, 150 Kg/ha de P₂O₅, e 50 Kg/ha de K₂O, com

adicional de 1,5 Kg/ha de Zn. As adubações de cobertura foram divididas em 3 aplicações, sendo a primeira com 4-5 folhas totalmente expandidas, com 300 Kg/ha de NPK (30-00-20), correspondendo a 90 Kg/ha de N e 60 Kg/ha de K₂O. A segunda aplicação foi feita com 6-7 folhas totalmente desenvolvidas, com 200 Kg/ha de NPK (30-00-20), correspondendo a 60 Kg/ha de N e 40 Kg/ha de K₂O. Já a terceira e última aplicação foi feita com 8 folhas totalmente desenvolvidas, com 300 Kg/ha de Sulfato de amônio.

A semeadura foi feita no mês de fevereiro, de forma manual, portanto foram utilizadas o dobro de sementes necessárias para alcançar a densidade desejada. Ao atingirem 3 folhas totalmente desenvolvidas, foi realizado o desbaste para ajuste da população, obtendo-se assim 180 mil pl/ha.

O controle de plantas daninhas foi feito de forma manual quando as mesmas se encontravam com 6 folhas completas. Foi realizado um controle de Lagarta do Cartucho, quando as plantas de sorgo apresentavam 5 folhas totalmente desenvolvidas. Tal controle foi feito com o inseticida de nome comercial Decis, na dosagem de 200 mL/ha. Não foi necessário fazer o controle de doenças.

A amostragem foi realizada de forma escalonada, obedecendo cada estágio fenológico da cultura do sorgo. Foi realizado a coleta do material vegetal em cada estágio, respeitando o tratamento e as repetições pertencentes a cada época de coleta das plantas, apresentados anteriormente na Tabela 1.

As plantas coletadas em cada parcela, foram cortadas rente ao solo e transportadas para o Galpão de Grandes Culturas da UNIMONTES. Foi feita a separação do material vegetal em caule, folhas, grãos e panícula. Posteriormente retiraram-se amostras representativas de cada parte vegetal e lavadas em água destilada e corrente, secas à 65 °C em estufa de circulação forçada até atingir o peso constante. Logo após foi determinada a matéria seca e o material moído. Após estes procedimentos, as amostras foram enviadas para realização das determinações químicas dos teores de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) e micronutrientes (Zn, Cu, B, Fe e Mn). As determinações foram feitas na matéria seca das diferentes partes da planta, sendo utilizados para este trabalho, os resultados de micronutrientes. A matéria seca total da parte aérea das plantas foi obtida com o somatório dos valores de MS da folha, caule, panículas e grãos, das parcelas.

Os teores de P foram determinados por colorimetria através de ácidos nitro-perclórica, já os teores de Ca, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica; K através de fotômetro de chama; S turbidimetria; N total determinado pelo método Kjeldahl e o B, por colorimetria após digestão de via seca (MALAVOLTA *et al.*, 1997).

O acúmulo de cada nutriente nas partes da planta, foi calculado por meio da relação do teor do nutriente e a matéria seca de cada parte, através da equação abaixo. Com os valores obtidos foram feitas as conversões para quilogramas por hectare.

$$\text{Acúmulo de nutriente (g/parte)} = \frac{\text{MS (g)} \times \text{teor do nutriente (\%)}}{100}$$

As características avaliadas foram: a) teores de micronutrientes na matéria seca total das plantas e em cada uma das partes da planta; b) matéria seca de cada parte da planta e da planta toda, em cada época de coleta; c) altura de plantas: média do topo da panícula ao solo, em 10 plantas da área útil da parcela; d) produtividade de grãos.

Os resultados encontrados foram submetidos à análise de variância com o auxílio do programa SISVAR (Ferreira, 2000). Ao ocorrerem diferenças significativas entre os resultados, identificadas pelo teste F ($P < 0,05$), foi realizado o teste de Scott-Knott, a 5% de significância, e análises de regressão (marcha de acúmulo de nutrientes). Os testes de Lilliefors e Bartlett, foram utilizados para verificação de normalidade e homogeneidade de variância, respectivamente. Na verificação de possíveis associações entre as respostas medidas, foi utilizada a correlação de Pearson.

O modelo de regressão linear foi utilizado por se tratar de dados quantitativos, e haver uma correlação entre as variáveis X (DAE) e Y (variável resposta), explicando fisiologicamente a marcha de acúmulo de nutrientes na cultura do sorgo e gerando equações de primeiro e segundo grau.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A característica altura da planta apresentou crescimento linear durante todo o estágio de desenvolvimento, atingindo maiores resultados aos 77 DAE (131,80 cm) e posteriormente atingiu a estabilidade. Tal comportamento da planta de sorgo é semelhante aos encontrados nos estudos de Andrade Neto *et al.* (2010). Foi possível observar um crescimento contínuo de altura até a diferenciação dos primórdios florais, corroborando com resultados obtidos por Craufurd *et al.* 1993, ao determinar a diferenciação floral para cultivares de sorgo de ciclo precoce.

Tabela 2 - Estimativas de quadrados médios para sete variáveis avaliadas em diferentes dias após a emergência.

FV	GL	QUADRADO MÉDIO						
		ALT	MS	FE	ZN	CU	MN	B
Época	8	7927,3430*	122141515,3890*	0,2310*	0,02326*	0,0041*	0,9459*	0,0425*
Blocos	3	72,5982	978538,9264	0,0070	0,0003	0,0002	0,0092	0,0013
Resíduos	24	14,0981	1171888,4249	0,0057	0,0012	0,0001	0,0194	0,0013
CV (%)		4,60	18,17	22,25	36,85	27,09	25,90	39,72
Média geral		81,5411	5958,2900	0,3385	0,0939	0,0413	0,5378	0,0895

* nível de significância a 5%; ^{ns} não significativo. ALT = altura, MS = matéria seca, FE = ferro, ZN = zinco, CU = cobre, MN = manganês, B = boro.

Tabela 3 - Médias de sete variáveis avaliadas em diferentes dias após a emergência.

DAE	ALT (cm)	MS (t/ha)	FE (kg)	ZN (kg)	CU (kg)	MN (kg)	B (kg)
9	17,15 a	62,1 g	0,01071 a	0,001593 a	0,000635 a	0,005713 a	0,000808 a
17	31,30 b	428,09 g	0,058663 a	0,009555 a	0,005643 a	0,040033 a	0,006095 a
24	45,22 c	1020,49 g	0,145468 b	0,025328 a	0,009913 a	0,090995 a	0,010815 a
31	60,88 d	2569,375 f	0,216393 b	0,058988 a	0,02517 b	0,216638 a	0,023918 a
38	85,39 e	4940,8175 e	0,352097 c	0,09588 b	0,046095 c	0,505773 b	0,05923 b
45	107,70 f	7580,75 d	0,463673 d	0,126743 b	0,059813 d	0,672115 c	0,081995 b
57	122,73 g	9632,815 c	0,55384 e	0,144325 b	0,064448 d	0,926652 d	0,11299 b
77	131,80 h	11936,8975 b	0,630712 e	0,157963 b	0,068285 d	1,05983 e	0,212595 c
98	131,71 h	15453,275 a	0,615165 e	0,225155 c	0,09127 e	1,322215 f	0,2969 d

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott ao nível de significância de 5%.

A partir dos 38 DAE, ainda no estágio de crescimento 2, foi observado o crescimento acentuado das plantas, favorecendo a alongação dos entrenós e expansão foliar. Durante essa fase, houve o maior acúmulo de matéria seca, o qual poderia inferir que o pico de concentração de MS ocorreu durante o período vegetativo (TABELA 3), resultados iguais aos de Hiroce et al. (1989) em variedades melhoradas de milho.

Durante o 1º estágio de desenvolvimento da cultura (EC1), o acúmulo de matéria seca foi lenta devido ao incremento da MS estar associado a formação e expansão foliar, evento na qual é demorado nos primeiros 30 DAE (Magalhães, 1979). Apesar disso, no estágio fenológico de 5 folhas completamente expandidas, houve o incremento acentuado de MS, alcançando a sua máxima produtividade de 15.453 Kg/ha de MS aos 98 DAE. Resultados semelhantes foram obtidos por Borges et al. (2016), os quais demonstram boa eficiência da cultura em produzir

matéria seca, desde que haja energia o suficiente. Acrescenta-se ainda, em estudos anteriores (Lane & Walker, 1961), resultados próximos dos observados no presente estudo e a determinação do acúmulo de matéria seca e micronutrientes.

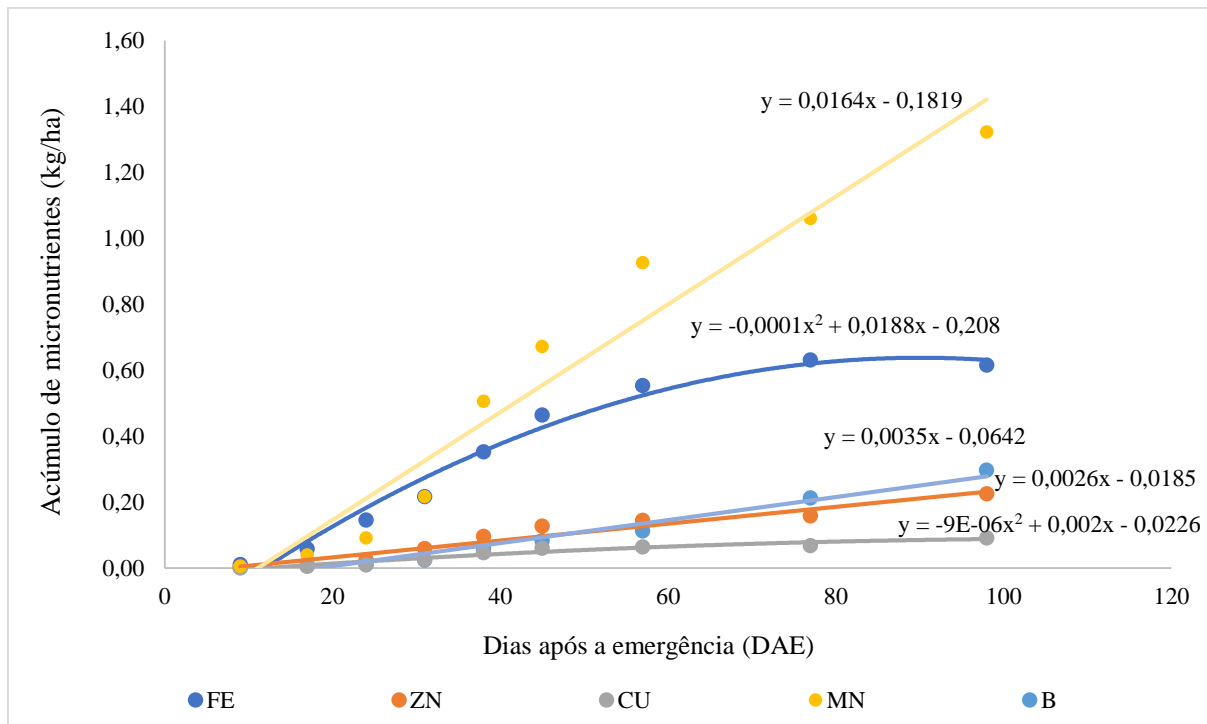
Tabela 4 - Resultados da análise de regressão ALT, MS e micronutrientes acumulado na parte aérea de planta de sorgo granífero em época de safrinha.

Variáveis	a	b	c	R ²
ALT	- 0.021120	3.655555	- 22.613808	97.87%
MS	187.706163	- 2300.781178		97.49%
FE	- 0.000104	0.018782	- 0.208007	97.56%
ZN	0.002556	- 0.018514		94.58%
CU	- 0.000009	0.001986	- 0.022593	94.62%
MN	0.016356	- 0.181888		95.23%
B	0.003493	- 0.064221		96.67%

* significativo a 1% de probabilidade. ** significativo a 10% de probabilidade.

Com relação a marcha de absorção de micronutrientes (Figura 1), é possível notar o crescente acúmulo de Fe pela planta, apesar do aumento durante todo o desenvolvimento da cultura, as taxas de absorção intensificaram aos 24 DAE, atingindo a sua estabilização a partir dos 57 DAE. Comparativos semelhantes com os achados de Cavalcante, (2018). No entanto, Janes, (1972) observou valores decrescentes ao medir o acúmulo de Fe em sorgo granífero. Para Santi et al. (2005), a omissão de Fe na cultura interferiu relativamente no acúmulo de matéria seca, estabelecendo o ferro como um micronutriente limitante para produção de biomassa.

Figura 1. Marcha de absorção de Fe, Zn, Cu, Mn e B, em kg/ha, do sorgo granífero (DKB 599) em função dos dias após a emergência (DAE).



Os teores de Cu nas plantas, foram relativamente baixos e apresentaram intensa absorção aos 38 DAE estendendo-se até os 77 DAE, observações que concordam com os dados de Cavalcante, 2018. Em relação ao Zn, o micronutriente apresentou grande marcha de absorção, atingindo a máxima de acúmulo a partir dos 45 DAE. Santos et al. (2009) justifica o fato, pela sensibilidade do sorgo à deficiência de zinco.

A absorção de Mn apresentou melhores resultados depois da diferenciação floral a partir dos 31 DAE, corroborando com os resultados de BRANDÃO et al. (2016). Rosolem, (1981) indica a relação entre o acúmulo de manganês e a idade da planta, observações que podem explicar a máxima atingida de Mn nos estádios finais da cultura. No entanto, Santi et al. (2005) afirma que altas contrações de Fe podem limitar o acúmulo de Mn, o que não foi observado no presente estudo. O B não apresentou estabilização em seus acúmulos no final do ciclo.

4 CONCLUSÃO

A demanda total de absorção de micronutrientes pela cultura do sorgo foi na seguinte ordem:

Mn > Fe > B > Zn > Cu.

5 REFERÊNCIAS

- AGROLINK. Dekalb promove lançamento de sementes de milho e sorgo. 17 mar. 2005. Disponível em: https://www.agrolink.com.br/noticias/dekalb-promove-lancamento-de-sementes-de-milho-e-sorgo_24392.html. Acesso em 03 dez. 2022, às 20:30h.
- BARBOSA, A. P. R.; SILVA, P. S. L. Avaliação dos rendimentos de grãos e forragem de cultivares de sorgo forrageiro. Caatinga, Mossoró, v. 15, n. 1/2, p. 7-12, 2002.
- BORGES, D. I. et al. Macronutrients accumulation in off-season grain sorghum. Revista Brasileira de Milho e Sorgo, v. 15, n. 2, p. 294–304, 2016.
- BRANDÃO, L. M. et al. Acúmulo de macronutrientes primários , na safra e rebrota , em plantas de sorgo forrageiro . Xxxi Congresso Nacional De Milho E Sorgo, n. 1, p. 341–345, 2016.
- CAVALCANTE, T. J. et al. Macro and micronutrients uptake in biomass sorghum. Pesquisa Agropecuaria Tropical, v. 48, n. 4, p. 364–373, 2018.
- Craufurd, P. Q., Flower, D. J. & Peacock, J. M. (1993). Effect of heat and drought stress on sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench). I. Panicle development and leaf appearance. Experimental Agriculture 9:61–76.
- HIROCE, R.; FURLANI, A. MC.; LIMA, M. Extração de nutrientes na colheita por populações e híbridos de milho. Campinas: Instituto Agrônomo, 1989. 24 p. (Boletim Científico, 17).
- LANE, H.C.; WALKER, H.J., 1961. Mineral accumulation and distribution in grain sorghum. MP-533. Texas Agric. Exp. Sta., 9p.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2. ed. Piracicaba: Associação Brasileira de Potassa e do Fósforo, 1997. 319 p.
- MAGALHÃES, P. C.; SOUZA, T. C. DE; SOUZA, K. R. D. DE. Biologia e fisiologia do sorgo. In: Melhoramento Genético de Sorgo. [s.l: s.n.]. p. 81–114.
- Magalhaes, F.M.M., D. Patriquin and J. Doberein (1979). Infection of field grown maize with *Azospirillum* spp. Rev. Brasil. Biol., 39 (3): 587-596.
- QUEIROZ, V. A. V. et al. Sorgo para alimentação humana. In: QUEIROZ, V. A. V. et al. (Eds.). . Melhoramento Genético de Sorgo. [s.l: s.n.].
- Rosolem, C., Malavolta, E., & Machado, J. R. (1981). Acumulação de micronutrientes pelo sorgo sacarino . Anais Da Escola Superior De Agricultura Luiz De Queiroz, 38(1), 243-256. <https://doi.org/10.1590/S0071-12761981000100019>
- SANTI, A. et al. DEFICIÊNCIAS DE MICRONUTRIENTES EM SORGO (*Sorghum bicolor*). Revista de Ciências Agro-Ambientais, p. 54–63, 2005.

SILVA, D. F. DA et al. Características morfológicas, melhoramento genético e densidade de plantio das culturas do sorgo e do milho: uma revisão. *Research, Society and Development*, v. 10, n. 3, 2021.

SILVA, L. A. DA; OLIVEIRA, G. P. DE. Tratamento de sementes com micronutrientes na cultura do milho (*Zea Mays* L.). *Revista Brasileira Multidisciplinar*, v. 24, n. 2, p. 130–135, 2021.

VICENTE, G. J. Micronutrientes na cultura do feijão. [s.l.] UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ, 2021.