



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO JOÃO *DEL-REI*
PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE GRADUAÇÃO
BACHARELADO EM ENGENHARIA FLORESTAL
CAMPUS SETE LAGOAS**

IGOR BIANCHI CAVAGLIERI

**LIMITAÇÃO NUTRICIONAL E CRESCIMENTO DE PLANTAS DE
Khaya grandifoliola EM FUNÇÃO DA OMISSÃO DE NUTRIENTES**

Sete Lagoas, MG

2024

IGOR BIANCHI CAVAGLIERI

**LIMITAÇÃO NUTRICIONAL E CRESCIMENTO DE PLANTAS DE
Khaya grandifoliola EM FUNÇÃO DA OMISSÃO DE NUTRIENTES**

Trabalho de Conclusão apresentado ao Curso de Engenharia Florestal da Universidade Federal de São João del-Rei, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Florestal.

Orientador: Prof. Glauciana da Mata Ataíde

Coorientador: Prof. Aline de Almeida Vasconcelos

Sete Lagoas, MG

2024

IGOR BIANCHI CAVAGLEIRI

**LIMITAÇÃO NUTRICIONAL E CRESCIMENTO DE PLANTAS DE
Khaya grandifoliola EM FUNÇÃO DA OMISSÃO DE NUTRIENTES**

Trabalho de Conclusão apresentado ao Curso de Engenharia Florestal da Universidade Federal de São João del-Rei, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Florestal.

Sete Lagoas, 02 de setembro de 2024.

Banca avaliadora:

Dra. Glauciana da Mata Ataíde, Orientador — UFSJ

Dra. Aline de Almeida Vasconcelos — UFS

Dr. Luiz Fernando Ganassali de Oliveira Junior — UFSJ

Eng. Isamara Trindade Goulart Santana — UFSJ

AGRADECIMENTOS

À amiga e professora Glauciana, que foi minha orientadora ao longo do projeto.

À amiga e professora Aline, que como coorientadora deu todo suporte ao longo do projeto.

Aos amigos Cristiano, William, Mayra, José, Gabriela e Carolina que ajudaram durante toda a execução do trabalho.

À EMBRABA milho e sorgo que forneceu água deionizada.

Aos funcionários da UFSJ-CSL que proporcionaram o transporte das soluções e da água deionizada.

RESUMO

As florestas plantadas são importantes para a economia nacional, além de contribuírem para a preservação das florestas nativas. *Khaya grandifoliola*, popularmente conhecido com mogno africano é uma árvore de rápido crescimento e alto valor no comércio internacional, estando em expansão em plantios no Brasil. Contudo, para alcançar seu potencial produtivo, a fertilização é essencial, especialmente em solos pobres em nutrientes. Este estudo investigou as necessidades nutricionais do mogno africano (*Khaya grandifoliola*) por meio da técnica hidroponia com omissão de nutrientes em soluções nutritivas. O estudo foi realizado em estufa na Universidade Federal de São João Del Rei, Minas Gerais, em Sete Lagoas, MG. Foram testados 13 tratamentos de omissão de nutrientes em soluções nutritivas, sendo eles o completo e com omissão de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Mn, Mo, Zn e Fe, com avaliações periódicas do crescimento e desenvolvimento das plantas. Os resultados revelaram sintomas de deficiência em todos os tratamentos, sendo a clorose o sintoma mais comum. Os nutrientes Nitrogênio (N) e Enxofre (S) tiveram o maior impacto no desenvolvimento das plantas, indicando sua importância. Outros nutrientes, como potássio (K), Cálcio (Ca) e magnésio (Mg), também mostraram sintomas graves de deficiência. A pesquisa ressalta a necessidade de fornecer os nutrientes corretos para o desenvolvimento adequado do mogno africano, visto seu valor econômico e potencial para a indústria florestal.

Palavras-chave: Mogno. Nutrientes. Omissão.

ABSTRACT

Planted forests are important for the national economy, in addition to contributing to the preservation of native forests. *Khaya grandifoliola*, commonly known as African mahogany, is a fast-growing tree with high value in international trade, and its plantations are expanding in Brazil. However, to reach its productive potential, fertilization is essential, especially in nutrient-poor soils. This study investigated the nutritional needs of African mahogany (*Khaya grandifoliola*) using the hydroponic technique with nutrient omission in nutrient solutions. The study was conducted in a greenhouse at the Federal University of São João Del Rei, Minas Gerais, in Sete Lagoas, MG. Thirteen treatments of nutrient omission in nutrient solutions were tested, including a complete solution and solutions with the omission of N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Mn, Mo, Zn, and Fe, with periodic evaluations of plant growth and development. The results revealed deficiency symptoms in all treatments, with chlorosis being the most common symptom. Nitrogen (N) and Sulfur (S) had the greatest impact on plant development, indicating their importance. Other nutrients, such as Potassium (K), Calcium (Ca), and Magnesium (Mg), also showed severe deficiency symptoms. The research highlights the need to provide the correct nutrients for the adequate development of African mahogany, given its economic value and potential for the forestry industry.

Key words: Mahogany. Nutrients. Omission.

SUMÁRIO

SUMÁRIO

2	INTRODUÇÃO	1
3	METODOLOGIA	2
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	4
5	CONCLUSÃO	22
6	REFERÊNCIAS	23
7	APÊNDICES E ANEXOS	26

1 INTRODUÇÃO

As florestas plantadas têm sido amplamente utilizadas como alternativa para garantir a preservação de florestas nativas sem prejuízo da produtividade de bens de origem florestal. De acordo com Simioni (2017), cada hectare plantado com espécies florestais de rápido crescimento preserva cerca de 10 hectares de florestas nativas. A cadeia produtiva florestal contribuiu em 2022 com R\$ 107,2 bilhões para o PIB nacional com uma arrecadação de tributos federais e estaduais de R\$ 25,3 bilhões e respondendo por 2,6 milhões de empregos diretos e indiretos (IBÁ, 2023).

O crescimento da demanda por produtos florestais incentivou o planejamento dos processos produtivos nas empresas, aumentando o grau de competitividade das mesmas. O consumo de materiais de origem madeireira como papel, carvão e outros, cresce a cada dia, juntamente com os estudos que visam aumentar a produtividade dos sítios florestais (TASIOR e TROJAN, 2015).

O mogno africano (*Khaya grandifoliola* C. DC.) é árvore de origem africana pertencente à família botânica Meliaceae, mesma família do mogno nativo, da andiroba e do cedro. Possui madeira nobre de grande potencial econômico para comercialização interna e externa, podendo ser empregada na indústria moveleira, naval, construção civil, painéis e laminados, entre outros usos (LUCENA JUNIOR et al., 2022). É uma árvore que vem se destacando em plantios florestais no Brasil, de grande importância devido ao seu alto valor no comércio internacional e crescimento relativamente rápido, promovendo a recuperação de áreas alteradas, além de oferecer resistência a algumas pragas, como a broca do ponteiro (*H. grandella*) (LEMMENS, 2008; VERZIGNASSI et al., 2009).

Para que uma planta se desenvolva e expresse todo o seu potencial produtivo, é necessário um correto suprimento de nutrientes. Neste contexto, a fertilidade do solo se destaca, uma vez que nas condições tropicais, o suprimento de água e nutrientes é o principal determinante da produção florestal (BARROS e COMERFORD, 2002). No Brasil, o mogno africano é geralmente cultivado em solos ácidos e pobres em nutrientes, como os solos do Cerrado, o que faz da fertilização uma prática essencial para obtenção de maiores produtividades. Para uma adequada fertilização, informações sobre as necessidades nutricionais das plantas são de suma importância para se conhecer a real demanda de cada nutriente, determinando-se as quantidades corretas dos fertilizantes a serem utilizados (SMIDERLE et al., 2018).

Uma técnica funcional para a observação dos sintomas de deficiência de um nutriente específico é a análise da omissão do nutriente da solução nutritiva e assim observar o efeito no crescimento e desenvolvimento das plantas, tornando mais fácil ao produtor fazer a reposição do nutriente ao observar os sintomas visuais nas plantas (STEMKE, 2019). Esta técnica é simples e segura para a identificação de deficiências nutricionais (SOUZA et al., 2015). Consiste em avaliar o desenvolvimento de uma espécie através de um tratamento completo (com todos os nutrientes necessários e em doses adequadas) e uma série de tratamentos, nos quais é feita a omissão de um nutriente de cada vez (CARLOS et al., 2014). Assim, a diagnose por omissão, ou técnica do elemento faltante, fornece importantes informações relacionadas com os nutrientes que podem limitar o desenvolvimento da planta (MALAVOLTA, 1980) e, consequentemente, a produção.

Nesse contexto e diante da necessidade de estudar as limitações nutricionais e o crescimento de plantas de *Khaya grandifoliola*, são necessários estudos que forneçam informações precisas sobre como a deficiência de nutrientes afeta o desenvolvimento das plantas. Isso permitirá um melhor entendimento das principais exigências nutricionais para o desenvolvimento adequado dessa importante espécie, contribuindo para estratégias mais eficazes de manejo e conservação.

Dessa forma, o objetivo do presente trabalho foi avaliar, por meio de parâmetros qualitativos e quantitativos, os efeitos da deficiência de nutrientes no crescimento de *Khaya grandifoliola*, permitindo um entendimento mais aprofundado das necessidades nutricionais da espécie, bem como a identificação visual de como essas deficiências afetam o desenvolvimento das plantas, oferecendo uma base para práticas de manejo e fertilização mais eficazes.

2METODOLOGIA

O estudo foi realizado em estufa na Universidade Federal de São João Del Rei, campus Sete Lagoas (19,477S, 44,199W e 750m acima do nível do mar), em Minas Gerais, no período de 03/05/2023 a 28/11/2023, totalizando 209 dias.

As mudas de *Khaya grandifoliola* foram provenientes do viveiro de produção de mudas do Instituto Brasileiro de Florestas (IBF) em Pompéu/MG. As sementes da espécie foram esterilizadas por meio de imersão em solução de hipoclorito de sódio a 1%, por 5 minutos, e então semeadas em tubetes com substrato comercial seguindo os tratos culturais utilizados pelo viveiro. Após 100 dias as plantas foram selecionadas pela uniformidade e, seguindo a

metodologia de Batista et al. (2019), transferidas para vasos plásticos de 5 L de capacidade contendo areia lavada e recipiente coletor de solução, quando foram submetidas aos tratamentos, partindo-se da solução nutritiva de Hoagland & Arnon (AQUINO et al., 2019) completa, e omitindo-se um elemento de cada vez, com omissão individual de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Mn, Mo, Zn e Fe, totalizando 13 tratamentos de solução nutritiva para o cultivo das mudas conforme Tabela 1.

Foram aplicados 1 litro de solução em cada vaso, sendo que nos primeiros 42 dias as soluções continham 10% do nutriente omitido, conforme Batista et al. (2019), haja vista que as plantas poderiam não se desenvolver o suficiente para apresentar sintomas de deficiência. A força iônica das soluções foi aumentada gradualmente a fim de permitir que as plantas se adaptassem, partindo-se de 50% de força do dia 1 ao 14, 100% de força do dia 14 ao 28 e 150% de força no restante do experimento. Foi feita a circulação das soluções diariamente de forma manual e o volume completado utilizando água deionizada, semanalmente as soluções foram descartadas e substituídas por novas.

Durante o período de crescimento das plantas as manifestações dos sintomas visuais de deficiências nutricionais que ocorrerem nas folhas e caule, como por exemplo clorose, foram fotografadas e anotadas, foram feitas 6 avaliações a cada 35 dias de altura (H), diâmetro do coleto (D) e índice SPAD do terceiro par de folhas totalmente desenvolvidas a partir do ápice quando presente, para tais medições foram utilizadas respectivamente fita métrica, paquímetro digital e o clorofilômetro “SPAD-502 Plus”, segundo Mendes (2014) esse equipamento mede a transmissão de luz vermelha a 650 nm e de luz infravermelha a 940 nm, onde os valores obtidos são proporcionais ao teor de clorofila presente na folha.

Após as 6 medições as plantas foram separadas entre parte aérea e raiz e então levadas para estufa de circulação de ar forçada a 65°C até que atingissem massa constante, então foi aferida a massa seca das partes aéreas (MSPA), raízes (MSR) e total (MST). Com posse dos dados da última medição, aos 209 dias após o início do experimento, foram feitos cálculos da relação de altura e diâmetro (H/D), massas secas da parte aérea e raiz (MSPA/MSR), crescimento relativo da massa seca total em relação ao tratamento controle (CRA%) e índice de qualidade Dickson (IQD) por meio da equação
$$IQD = (MST) / \left(\left(\frac{H}{D} \right) + \left(\frac{MSPA}{MSR} \right) \right).$$

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, devido ao controle das condições ambientais como temperatura e fotoperíodo proporcionados pela estufa, com 5 repetições e 13 tratamentos, totalizando 65 unidades experimentais. Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), sendo a comparação entre os diferentes

tratamentos feita pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância. O teste de Scott-Knott foi escolhido devido ao grande número de tratamentos, sendo uma metodologia eficaz para distinguir grupos de médias de forma clara e precisa, facilitando a interpretação dos resultados.

Tabela 1. Composição das soluções nutritivas (100% da força iônica) e com 10% da concentração dos elementos omitidos (valores sublinhados). Sete Lagoas 2024.

Soluções estoque		Volume estoque para 1L de solução nutritiva												
Reagente	mol L ⁻¹	C	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Mn	Mo	Zn	Fe
KNO ₃	1	4.8	-	4.8	-	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8
Ca(NO ₃) ₂ ·4H ₂ O	1	3.2	<u>0.6</u>	3.2	3.2	<u>0.32</u>	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2
NH ₄ H ₂ PO ₄	1	0.8	-	-	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
MgSO ₄ ·7H ₂ O	1	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	<u>0.16</u>	<u>0.16</u>	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6
NH ₄ NO ₃	1	-	-	-	0.8	0.8	-	-	-	-	-	-	-	-
NaNO ₃	1	-	-	-	3.2	4.8	-	-	-	-	-	-	-	-
KH ₂ PO ₄	1	-	0.8	<u>0.08</u>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
K ₂ SO ₄	0.5	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
(NH ₄) ₂ SO ₄	1	-	-	0.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MgCl ₂ ·6H ₂ O	1	-	-	-	-	-	-	1.6	-	-	-	-	-	-
Na ₂ SO ₄	1	-	-	-	-	-	1.6	-	-	-	-	-	-	-
CaCl ₂ ·2H ₂ O	1	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
KCL	1	-	-	-	<u>0.48</u>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fe-EDTA*	0.04	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	<u>0.08</u>
H ₃ BO ₃	0.025	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	<u>0.08</u>	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
MnCl ₂ ·4H ₂ O	0.002	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	<u>0.08</u>	0.8	0.8	0.8
ZnCl ₂	0.002	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	<u>0.08</u>	0.8
NaCl	0.05	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
CuCl ₂ ·2H ₂ O	0.0005	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	<u>0.08</u>	0.8	0.8	0.8	0.8
H ₂ MoO ₄	0.0005	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	<u>0.08</u>	0.8	0.8

* FeCl₃ 6H₂O 40mM; Na₂ EDTA 40mM. Fonte: Aquino et al. (2019).

Ao final do período de condução do experimento, as imagens dos sintomas visuais de deficiências nutricionais foram processadas e analisadas, descrevendo-se os principais sintomas associados a cada omissão de nutriente para as plantas de *K. grandifoliola*.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da análise de variância indicam que os tratamentos de presença ou ausência de macro e micro nutrientes apresentaram efeitos significativos em todas as variáveis relacionadas ao desenvolvimento das plantas de *K. grandifoliola* a 5% de significância.

Na Tabela 2 são apresentados os resultados dos parâmetros de altura, diâmetro do coleto e índice SPAD de plantas de mogno africano submetidas aos tratamentos de presença ou ausência de macro e micro nutrientes aos 209 dias pós plantio. É possível observar que os tratamentos de omissão de nutrientes que mais afetaram as plantas foram o de nitrogênio (N) e enxofre (S), apresentando as menores médias em geral independente do parâmetro avaliado, semelhante aos resultados encontrados por Corcioli (2013) com mudas de *Khaya ivorensis*, Moretti et al. (2011) com mudas de *Toona ciliata* e Maffeis et al. (2000) com mudas de *Eucalyptus citriodora*. Portanto isso indica a grande exigência das plantas de *Khaya grandifoliola* com relação a esses dois nutrientes.

Tabela 2. Altura média, diâmetro médio e índice SPAD médio de plantas de mogno africano sob diferentes soluções nutritivas aos 209 dias pós plantio. Sete Lagoas 2024.

Tratamento	Altura (cm)	Diâmetro (mm)	Índice SPAD
Completo	48.62 a	12.59 a	41.52 a
Omissão de nitrogênio	38.52 b	10.54 b	17.8 b
Omissão de fosforo	44.16 b	11.95 a	27.38 b
Omissão de potássio	41.12 b	9.77 b	31.35 b
Omissão de cálcio	43.72 b	11.88 a	23.57 b
Omissão de magnésio	52.76 a	11.46 b	27.4 b
Omissão de enxofre	38.72 b	10.28 b	11.48 b
Omissão de boro	51.96 a	15.21 a	48.47 a
Omissão de cobre	52.4 a	12.55 a	38.45 a
Omissão de manganês	51.8 a	12.29 a	30.84 b
Omissão de molibdênio	46.32 b	13.72 a	41.15 a
Omissão de zinco	48.56 a	13.37 a	31.33 b
Omissão de ferro	44.44 b	12.48 a	31.53 b

Letras iguais na mesma coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 0,05%. Fonte: Autor, 2024

O S e o N são ambos constituintes essenciais de proteínas, com a deficiência dos mesmos ocorre inibição da síntese proteica, portanto ocorrem sintomas semelhantes como a clorose, sendo a deficiência por N se iniciando nas folhas mais novas devido sua alta mobilidade, ao contrário do S que é pouco móvel (SORREANO et al., 2012). A análise das médias de índice SPAD corroboram com os sintomas de clorose, onde N e S apresentaram as menores médias.

As omissões de K e Mg apresentaram baixas médias com relação ao parâmetro diâmetro de coleto, sendo que o K ainda apresentou baixas médias nos outros parâmetros estudados, indicando uma maior exigência pelas plantas de *Khaya grandifoliola* por esses nutrientes. Esses

nutrientes desempenham inúmeras funções, entre elas se tem como exemplo a contribuição no controle osmótico celular pelo K e ativação enzimática pelo Mg (SORREANO et al., 2012).

Com relação aos nutrientes N, S, K e Mg, Moretti et al. (2011) em experimento com cedro australiano encontraram resultados semelhantes onde N, P, K, S e Mg foram os maiores limitantes no crescimento inicial das mudas com relação à altura e diâmetro. Isso corrobora com a importância dos mesmos no desenvolvimento saudável das mudas, apesar de no presente experimento a omissão de P não ter apresentado médias significativamente baixas. Em trabalho com mudas de umbuzeiro Gonçalves et al. (2011) encontraram resultados semelhantes com relação à diminuição do diâmetro causada pelas omissões de K e N, onde a omissão de N também afetou negativamente a altura das plantas.

Dentre os micronutrientes, o tratamento de omissão de boro apresentou a maior média para o diâmetro do coleto, sendo superior ao tratamento completo. Isso se caracteriza como um dos sintomas da deficiência do mesmo, com o aumento do diâmetro do caule descrito por Marschner (1995) citado por (SORREANO et al., 2012). Para a altura, a omissão de cobre apresentou média superior aos demais, porém estatisticamente igual ao tratamento completo.

O B apresentou a maior média no parâmetro índice do SPAD provavelmente devido a grande deformação das folhas novas, impossibilitando a leitura correta das mesmas, com isso foi necessário a medição das folhas velhas que tinham tonalidade verde mais escura assim fazendo a média do mesmo subir. Já o Mg obteve maior média de altura provavelmente devido a variabilidade genética encontrada em plantas propagadas via semente, assim com repetições apresentando maiores alturas em relação a outras.

Outros elementos não apresentaram diferenças significativas sobre os parâmetros estudados, o que poderia demonstrar uma baixa exigência dos mesmos pelas plantas, no entanto expressaram sintomas visuais de deficiência, alguns, como a omissão de cálcio, com sintomas que poderiam resultar na morte da planta com o decorrer do tempo.

Na Tabela 3 são apresentados os resultados dos parâmetros de massas secas de parte aérea, raiz e total de plantas de mogno africano submetidas aos tratamentos de presença ou ausência de macro e micro nutrientes 209 dias pós plantio. É possível observar que os tratamentos de omissão que mais afetaram as plantas foram nitrogênio e enxofre, apresentando as menores médias em todas as avaliações, resultado semelhante ao encontrado na análise de altura e diâmetro. Isso corrobora o indício da grande exigência desses nutrientes por essa cultura.

A deficiência de nitrogênio nas plantas está diretamente relacionada à baixa produção de matéria seca, pois esse nutriente é essencial para a síntese de proteínas, ácidos nucleicos e

clorofila, elementos fundamentais para a fotossíntese e o crescimento vegetal (ZHANG et al., 2022; PENG et al., 2019). Em trabalho com mudas de cedro australiano, Moretti et al. (2011) encontraram resultados semelhantes em relação à omissão de nitrogênio (N) e enxofre (S), onde ambos apresentaram baixas médias na produção de matéria seca da parte aérea e massa seca total.

Em trabalho com mudas de *Khaya ivorensis* Corcioli (2013) observou resultados semelhantes no que diz respeito à produção de matéria seca no tratamento de omissão de nitrogênio. Esse tratamento foi o que mais impactou negativamente a produção, destacando a importância crítica do nitrogênio para o desenvolvimento adequado das plantas e a formação de biomassa.

Os tratamentos de omissão de magnésio e cálcio também apresentaram baixos valores de produção de massa seca, após os de N e S. Apesar do tratamento de omissão de magnésio ter atingido a maior média no parâmetro altura, isso não se refletiu na produção de massa seca. Sua ausência pode ter comprometido a eficiência na translocação de açúcares e a formação de biomassa, então a planta pode ter continuado a crescer em altura em um primeiro momento, mas sem o magnésio suficiente, o acúmulo de massa seca foi prejudicado, haja vista que o magnésio está envolvido no transporte de carboidratos (FARHAT et al., 2016).

Outro fator que contribuiu para o baixo valor de massa seca total (MST) na omissão de magnésio foi a intensa desfolha e desrama que se iniciaram por volta dos 170 dias. Assim, mesmo com o desenvolvimento inicial em altura, aos 209 dias, a planta já havia sofrido uma perda significativa de massa.

Os melhores resultados de produção de massa seca foram encontrados no tratamento de omissão do molibdênio, é possível observar na Tabela 4 que o tratamento obteve uma produção de massa seca de 6.73% maior que o do controle. Portanto apesar de apresentar sintomas visuais de deficiência a produção de massa seca não foi afetada dentro do período avaliado.

Tabela 3. Massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR) e massa seca total (MST) de plantas de mogno africano sob diferentes soluções nutritivas 209 dias pós plantio. Sete Lagoas 2024.

Tratamento	MSPA (g)	MSR (g)	MST (g)
Completo	46.51 a	30.61 a	76.16 a
Omissão de nitrogênio	20 b	21.17 b	41.15 b
Omissão de fosforo	27.94 b	23.74 b	51.42 b
Omissão de potássio	28.37 b	21.26 b	49.38 b
Omissão de cálcio	24.84 b	20.07 b	44.71 b
Omissão de magnésio	24.66 b	20.04 b	44.49 b

Omissão de enxofre	21.91 b	19.6 b	41.32 b
Omissão de boro	43.08 a	28.17 a	70.88 a
Omissão de cobre	34.62 b	22.08 b	54.95 b
Omissão de manganês	46.68 a	25.92 a	69.01 a
Omissão de molibdênio	50.68 a	30.71 a	81.93 a
Omissão de zinco	44.43 a	26.15 a	66.76 a
Omissão de ferro	37.88 a	24.92 a	61.27 a

Letras iguais na mesma coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 0,05%. Fonte: Autor, 2024

Na Tabela 4 são apresentados os resultados dos parâmetros da relação entre massa seca da parte aérea e raiz, relação entre altura e diâmetro, índice de qualidade de Dickson e crescimento relativo da MST em relação ao controle. É possível observar que novamente os tratamentos de omissão que mais afetaram as plantas foram nitrogênio e enxofre, apresentando as menores médias em MSPA/MSR e CRA%. Com relação a H/D os tratamentos não apresentaram diferenciação entre si no teste Scott-Knott.

Os baixos valores dos tratamentos N e S na relação das massas secas indica que as plantas alocaram proporcionalmente mais recursos em comparação as outras para o desenvolvimento das raízes, o que pode acontecer em condições de deficiência nutricional conforme descrito por Liu et al. (2018) em plantas sob deficiência de nitrogênio.

Com relação ao IQD a omissão de magnésio apresentou a menor média seguida de S>K>N. Essas plantas não possuem uma proporção equilibrada entre altura, diâmetro do colo e massa seca, portanto esse desequilíbrio pode levar as mudas a apresentarem problemas estruturais ou de desenvolvimento que podem comprometer seu crescimento e sobrevivência a longo prazo (GALLEGOS-CEDILLO et al., 2021). Isso indica que a deficiência desses nutrientes tem um impacto direto na estrutura e na qualidade das mudas, o que é refletido nos valores do IQD.

Considerando-se o crescimento relativo da massa seca total em relação ao tratamento completo (CRA%), observou-se que os tratamentos de omissão dos macronutrientes refletiram em perdas de produção entre 33 e 46,68%, para fósforo e nitrogênio, respectivamente, reiterando a importância dos macronutrientes para a produção de biomassa nas plantas de *K. grandifoliola*. Para os micronutrientes, um ganho de 6,73% foi observado nas plantas sob tratamento com omissão de molibdênio, enquanto a omissão de cobre resultou em perda de 25,97% da produção de massa seca. Portanto o crescimento relativo (CRA%) obedeceu à seguinte ordem: Mo>C>Mn>B>Zn>Fe>Cu>P>K>Ca>Mg>S>N.

Resultados semelhantes foram encontrados por Viégas et al. (2008) em trabalho com açaizeiro (*Euterpe oleracea* Mart.), que observaram uma redução de massa seca em relação ao tratamento completo de 62,28% na omissão de nitrogênio, 60,06% na omissão de magnésio e 45,47% na omissão de enxofre.

Em um estudo com mudas de ipê-rosa e cedro, Paula (2014) observou resultados divergentes no que diz respeito à omissão de nitrogênio, onde este não afetou a produção de massa seca em relação ao tratamento completo em ambas as espécies.

Tabela 4. Relação massa seca parte aérea e raiz (MSPA/MSR), relação altura e diâmetro (H/D), índice de qualidade Dickson (IQD) e crescimento do MST em relação ao controle (CRA%) de plantas de mogno africano sob diferentes soluções nutritivas 209 dias pós plantio. Sete Lagoas 2024.

Tratamento	MSPA/MSR	H/D	IQD	CRA%
Completo	1.49 a	3.93 b	14.14 a	100.00
Omissão de nitrogênio	0.95 b	3.67 b	8.96 b	53.32
Omissão de fosforo	1.17 b	3.77 b	10.48 b	67.00
Omissão de potássio	1.32 b	4.29 a	8.83 b	64.27
Omissão de cálcio	1.23 b	3.7 b	9.08 b	58.00
Omissão de magnésio	1.22 b	4.65 a	7.6 b	58.00
Omissão de enxofre	1.11 b	3.82 b	8.42 b	53.88
Omissão de boro	1.52 a	3.47 b	14.29 a	92.44
Omissão de cobre	1.5 a	4.25 a	9.64 b	74.03
Omissão de manganês	1.68 a	4.27 a	11.64 a	95.01
Omissão de molibdênio	1.71 a	3.42 b	16.17 a	106.73
Omissão de zinco	1.6 a	3.63 b	12.86 a	91.84
Omissão de ferro	1.48 a	3.6 b	12.2 a	81.91

Letras iguais na mesma coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 0,05%. Fonte: Autor, 2024

Sintomas visuais de deficiência

Considerando ser o nitrogênio um elemento essencial para a síntese de aminoácidos, proteínas, ácidos nucleicos e clorofila, ele atua diretamente no crescimento vegetativo e na fotossíntese (TAIZ; ZEIGER, 2009; EPSTEIN; BLOOM, 2006; ALFENAS et al., 2009), as plantas de *K. grandifoliola* submetidas ao tratamento de omissão de nitrogênio apresentaram clorose nas folhas (Figura 1A), se iniciando nas folhas mais velhas e progredindo até que resultasse em necrose, essa se iniciando no ápice das folhas e progredindo para sua base, as folhas mais novas apresentaram coloração vermelho-pálida (Figura 1B). As plantas também apresentaram baixa estatura e tamanho de folhas reduzido. Resultados semelhantes com os

encontrados por Silveira et al. (2002) e Maffeis et al. (2000) utilizando *Eucalyptus*, Wallau et al. (2008) utilizando mogno e Motomiya et al. (2009) com algodoeiro.

Figura 1. Plantas submetidas ao tratamento de omissão de nitrogênio. Sete Lagoas 2024.



Fonte: Autor, 2024

Considerando ser o fósforo um elemento fundamental para a transferência de energia nas células, ele atua na formação de ATP, fosfolipídios e ácidos nucleicos (TAIZ; ZEIGER, 2009; EPSTEIN; BLOOM, 2006; ALFENAS et al., 2009), as plantas submetidas a omissão de fósforo se caracterizaram por folhas velhas com coloração verde-escura (Figura 2A), quando comparada com o controle, posteriormente apresentando leve clorose na região da nervura central (Figura 2B) e necrose em seus ápices. As folhas mais novas apresentaram inicialmente coloração levemente verde-arroxeadas e nervura central com coloração avermelhada, posteriormente se tornaram verdes. Os sintomas visuais não foram tão intensos como descritos na literatura, no entanto o tratamento afetou de forma significativa segundo o teste de Scott-Knott a 0,05% os parâmetros de desenvolvimento da planta como altura, índice SPAD, produção de massa seca e IQD.

Figura 2. Plantas submetidas ao tratamento de omissão de fósforo. Sete Lagoas 2024.



Fonte: Autor, 2024

Considerando ser o potássio um elemento necessário para a regulação osmótica, ativação de enzimas e manutenção do potencial hídrico, ele atua na abertura estomática, síntese de proteínas e fotossíntese, sua deficiência provoca clorose marginal e necrose nas folhas mais velhas, além de afetar a resistência da planta ao estresse hídrico (TAIZ; ZEIGER, 2009; EPSTEIN; BLOOM, 2006; ALFENAS et al., 2009). Nas plantas com omissão de potássio a deficiência se caracterizou pela necrose marginal das folhas mais velhas e intermediárias (Figura 3A), se iniciando com pequenas manchas nas bordas e progredindo em formato de “V” de forma generalizada, resultando na queda das mesmas (Figura 3B), as plantas no geral apresentaram diâmetro do coleto e altura reduzidos conforme Tabela 2. Resultados semelhantes foram descritos por Moretti et al. (2011), Corcioli (2013), Gonçalves et al. (2006) e Sorreano et al. (2012).

Figura 3. Plantas submetidas ao tratamento de omissão de potássio. Sete Lagoas 2024.



Fonte: Autor, 2024

Considerando ser o cálcio um elemento estrutural importante na formação da parede celular e envolvido na regulação de sinais celulares, ele atua na manutenção da integridade das membranas celulares e na divisão celular, sua deficiência pode levar à necrose de tecidos meristemáticos, além de comprometer o desenvolvimento das raízes e a formação de novos tecidos (TAIZ; ZEIGER, 2009; ALFENAS et al., 2009). As plantas no tratamento de ausência de cálcio tiveram a deficiência caracterizada pela necrose das folhas mais novas (Figura 4A), se iniciando com manchas cloróticas e progredindo para necrose generalizada, resultando no secamento das folhas e colapso do pecíolo, também ocorreu a morte da gema apical (Figura 4B). Posteriormente as folhas velhas passaram a apresentar manchas necróticas. Segundo o teste de Scott-Knott a 0,05% a altura e a produção de massa foram afetadas de forma significativa. Resultados semelhantes foram descritos por Wallau et al. (2008), Gonçalves et al. (2006), Moretti et al. (2011) e Sorreano et al. (2012).

Figura 4. Plantas submetidas ao tratamento de omissão de cálcio. Sete Lagoas 2024.



Fonte: Autor, 2024

Considerando ser o magnésio um constituinte central da molécula de clorofila e um ativador enzimático, ele atua no transporte de fosfato e na fotossíntese, sua deficiência resulta em clorose internerval, especialmente em folhas mais velhas, afetando diretamente a produção de energia e o crescimento da planta (TAIZ; ZEIGER, 2009; EPSTEIN; BLOOM, 2006). A deficiência no tratamento de omissão de magnésio se caracterizou por leve clorose na região da nervura central das folhas mais velhas e presença de manchas necróticas (Figura 5B), resultando em desfolha e desrama, que foi se intensificando com o decorrer do tempo. Também ocorreu a diminuição no diâmetro do coleto. Resultados semelhantes foram descritos por Sorreano et al. (2012), Corcioli (2013) e Moretti et al. (2011).

Figura 5. Plantas submetidas ao tratamento de omissão de magnésio. Sete Lagoas 2024.



Fonte: Autor, 2024

Considerando ser o enxofre um componente de aminoácidos essenciais como cisteína e metionina, além de participar na formação de proteínas, ele atua na síntese de compostos que afetam o metabolismo celular, a deficiência de enxofre resulta em clorose uniforme nas folhas mais jovens, já que, ao contrário do nitrogênio, o enxofre é pouco móvel na planta (TAIZ; ZEIGER, 2009; ALFENAS et al., 2009; SORREANO et al., 2012; EPSTEIN; BLOOM, 2006). No tratamento de ausência de enxofre os sintomas de deficiência se caracterizaram pela clorose uniforme das folhas mais jovens (Figura 6A), com posterior surgimento de necrose a partir da ponta e progredindo até o desfolhamento (Figura 6B), ocorreu redução da altura e diâmetro do coleto. O tratamento afetou de forma significativa o desenvolvimento das raízes (Figura 13G). Os sintomas foram similares aos encontrados no tratamento de omissão de nitrogênio. Resultados semelhantes aos encontrados por Moretti et al. (2011) e Corcioli (2013).

Figura 6. Plantas submetidas ao tratamento de omissão de enxofre. Sete Lagoas 2024.



Fonte: Autor, 2024

Considerando ser o boro um elemento importante para a formação da parede celular e no transporte de carboidratos, ele atua no processo de divisão e desenvolvimento celular e no crescimento do tubo polínico, sua deficiência resulta em deformações nas folhas jovens, morte dos meristemas apicais e queda prematura de flores e frutos (TAIZ; ZEIGER, 2009; EPSTEIN; BLOOM, 2006; SORREANO et al., 2012). Os sintomas de deficiência no tratamento de ausência de boro se caracterizaram principalmente pelas folhas mais novas que apresentaram alta deformação, clorose e aspecto coriáceo (Figura 7A). O caule apresentou um maior diâmetro com relação aos outros tratamentos. As folhas intermediárias também apresentaram deformações indicando a alta imobilidade do nutriente na planta e alta exigência do mesmo (Figura 7B). Em algumas repetições também ocorreu a perda da dominância apical com emissão de várias gemas laterais. Sintomas semelhantes aos descritos por Sorreano et al. (2012), Corcioli (2013) e Andrade (2010).

Figura 7. Plantas submetidas ao tratamento de omissão de boro. Sete Lagoas 2024.



Fonte: Autor, 2024

Considerando ser o cobre um componente de enzimas envolvidas na fotossíntese e na lignificação, ele atua na formação de lignina e na redução de oxigênio durante a respiração. Sua deficiência pode causar clorose, distúrbios no desenvolvimento da lignina e descoloração das folhas jovens (SORREANO et al., 2012; ALFENAS et al., 2009). No tratamento de ausência de cobre os sintomas de deficiência se caracterizaram pela clorose internerval, progredindo para clorose uniforme, e deformação das folhas mais novas (Figura 8A e 8B). Posteriormente ocorreu necrose e perda das mesmas, com perda da dominância apical, semelhante ao ocorrido no tratamento de omissão de cálcio. Sintomas semelhantes aos descritos por Andrade (2010), Sorreano et al. (2012), Wallau et al. (2008) e Silva et al. (2009).

Figura 8. Plantas submetidas ao tratamento de omissão de cobre. Sete Lagoas 2024.



Fonte: Autor, 2024

Considerando ser o manganês um ativador enzimático que participa na fotossíntese, ele atua em reações redox e no transporte de elétrons no cloroplasto, sua deficiência provoca clorose internerval nas folhas jovens e pode afetar o desenvolvimento geral da planta (EPSTEIN; BLOOM, 2006; ALFENAS et al., 2009). Nas plantas submetidas a ausência de manganês as deficiências se caracterizaram pelas folhas novas e intermediárias apresentando clorose internerval com nervuras bem delimitadas (Figura 9B). Necrose no ápice das folhas velhas (Figura 9A). Sintomas semelhantes aos descritos por Rosolem e Ferelli (2000), Sorreano et al. (2012) e Silva et al. (2009).

Figura 9. Plantas submetidas ao tratamento de omissão de manganês. Sete Lagoas 2024.



Fonte: Autor, 2024

Considerando ser o molibdênio um componente essencial da enzima redutase do nitrato, ele atua no metabolismo do nitrogênio, sua deficiência compromete a assimilação de nitratos, levando a clorose e à redução do crescimento (TAIZ; ZEIGER, 2009; EPSTEIN; BLOOM, 2006). No tratamento de omissão de molibdênio as deficiências se caracterizaram pelas folhas novas apresentando clorose internerval com nervuras bem delimitadas (Figura 10), semelhante ao ocorrido no tratamento de deficiência de manganês. O desenvolvimento das raízes não foi afetado (Figura 13K). Sintomas semelhantes, de forma parcial, aos descritos por Sorreano et al. (2012).

Figura 10. Plantas submetidas ao tratamento de omissão de molibdênio. Sete Lagoas 2024.



Fonte: Autor, 2024

Considerando ser o zinco um cofator enzimático essencial para a síntese de auxinas e na expressão gênica, sua deficiência pode resultar em clorose internerval e deformação das folhas jovens (TAIZ; ZEIGER, 2009; EPSTEIN; BLOOM, 2006; ALFENAS et al., 2009). No tratamento de omissão de zinco as deficiências se caracterizaram pelo encurtamento dos internódios no ápice do caule formando rosetas de folhas (Figura 11A). As folhas novas e intermediárias apresentaram coloração verde clara (Figura 11B). Sintomas semelhantes aos descritos por Corcioli (2013), Andrade (2010), Sorreano et al. (2012) e Silva et al. (2009).

Figura 11. Plantas submetidas ao tratamento de omissão de zinco. Sete Lagoas 2024.



Fonte: Autor, 2024

Considerando ser o ferro um componente chave das proteínas envolvidas na fotossíntese e na respiração, ele atua na síntese de clorofila, sua deficiência causa clorose internerval nas folhas jovens (TAIZ; ZEIGER, 2009; ALFENAS et al., 2009; SORREANO et al., 2012). No tratamento sobe deficiência de ferro os sintomas visuais se caracterizaram pelas folhas mais novas apresentando clorose, inicialmente internerval (Figura 12B) e posteriormente se tornando uniforme (Figura 12A), as plantas apresentaram redução na altura. Sintomas semelhantes aos descritos por Rosolem e Ferelli (2000), Andrade (2010), Wallau et al. (2008), Sorreano et al. (2012) e parcialmente com Silva et al. (2009).

Figura 12. Plantas submetidas ao tratamento de omissão de ferro. Sete Lagoas 2024.

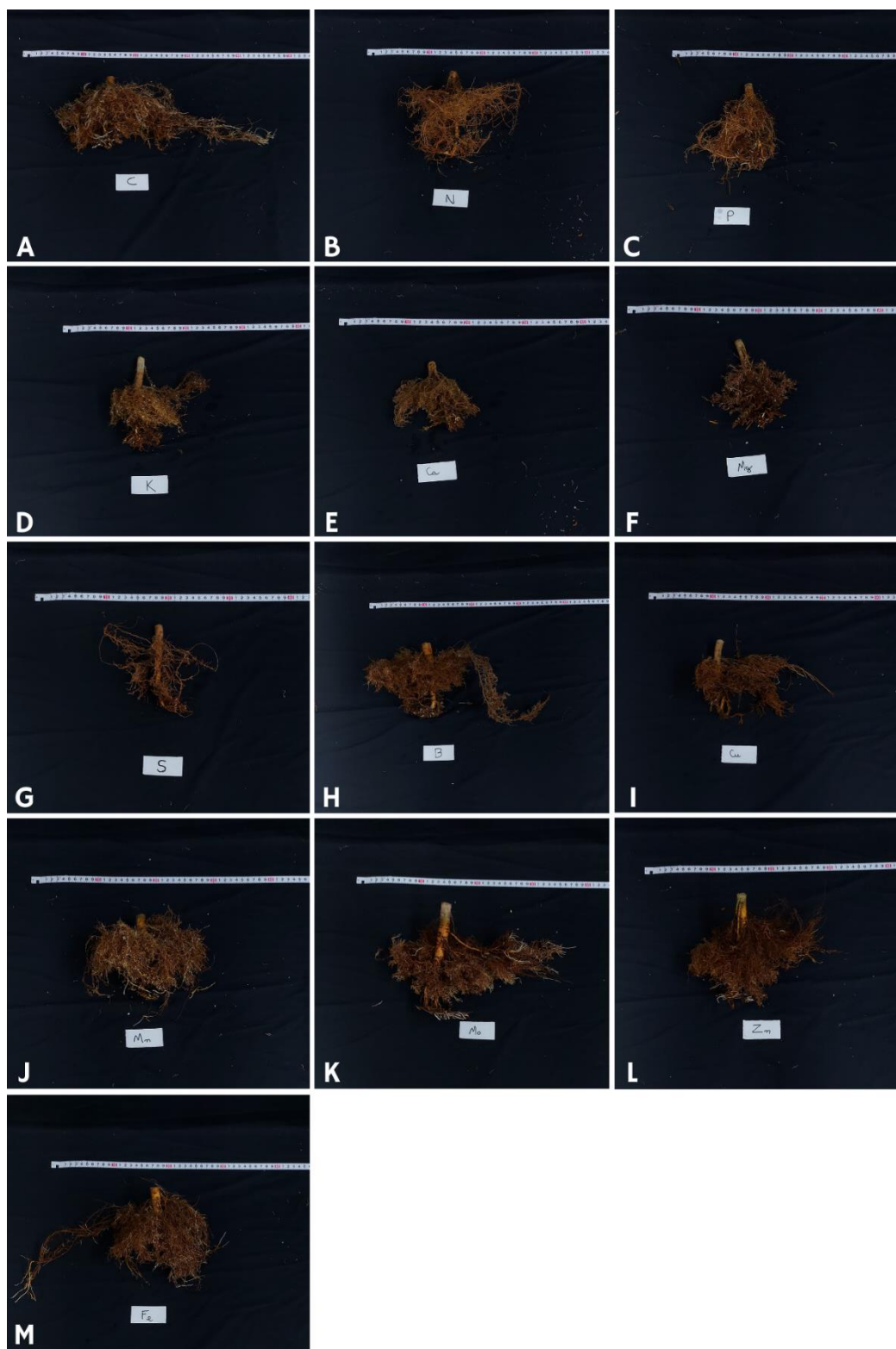


Fonte: Autor, 2024

O desenvolvimento das raízes das plantas de *K. gandifoliola* em função dos tratamentos com omissão de nutrientes indica que os nutrientes que mais afetaram seu desenvolvimento foram em ordem crescente: S>Mg>Ca>N>K>Cu>P. Portanto o tratamento que mais impactou no seu desenvolvimento foi o de omissão de enxofre (S) conforme observado na Figura 13G.

Moretti et al. (2011), ao estudarem a biomassa radicular em cedro australiano (*Toona ciliata*), observaram que a omissão de calcário e de enxofre foram as mais limitantes ao seu desenvolvimento. Dessa forma, e como observado na Tabela 3, a omissão de enxofre resultou na menor média na produção de massa seca de raízes.

Figura 13. Raízes de plantas com solução completa (A) e submetidas ao tratamento de omissão de nitrogênio (B), fosforo (C), potássio (D), cálcio (E), magnésio (F), enxofre (G), boro (H), cobre (I), manganês (J), molibdênio (K), zinco (L) e ferro (M) 209 dias pós plantio. Sete Lagoas 2024.



Fonte: Autor, 2024

A Tabela 5 traz um resumo dos principais sintomas de deficiência encontrados de acordo com o tratamento de omissão de cada nutriente ao longo do experimento.

Tabela 5. Resumo dos principais sintomas de deficiência associados aos tratamentos de presença ou ausência de nutrientes em plantas de mogno africano. Sete Lagoas 2024.

Elemento	Resumo principais sintomas de deficiência
N	Clorose uniforme nas folhas velhas seguida de necrose se iniciando no ápice, folhas mais novas com coloração vermelho-pálida, plantas com altura e diâmetro reduzido.
P	Coloração verde-escura com posterior clorose leve na região da nervura central e necrose se iniciando nos ápices das folhas velhas, nas folhas mais novas coloração verde-arroxeadas inicialmente que posteriormente se tornaram verdes.
K	Necrose das margens das folhas velhas e intermediárias, diâmetro do coleto reduzido.
Ca	Manchas cloróticas progredindo para necrose generalizada nas folhas novas, resultando no secamento das folhas e colapso do pecíolo. Posteriormente manchas necróticas nas folhas velhas.
Mg	Clorose na região da nervura central das folhas mais velhas e presença de manchas necróticas.
S	Clorose uniforme seguida de necrose a partir do ápice em folhas novas, plantas com altura e diâmetro reduzido.
B	Clorose, alta deformação e aspecto coriáceo em folhas novas e intermediárias, maior diâmetro do caule.
Cu	Clorose internerval, progredindo para clorose uniforme, e deformação das folhas mais novas com posterior necrose e perda das mesmas, perda da dominância apical.
Mn	Clorose internerval com nervuras bem delimitadas em folhas novas e intermediárias, necrose no ápice das folhas velhas.
Mo	Clorose internerval com nervuras bem delimitadas em folhas novas e intermediárias.
Zn	Encurtamento dos internódios no ápice do caule formando rosetas de folhas, folhas novas e intermediárias com coloração verde-clara.
Fe	Folhas mais novas apresentando clorose, inicialmente internerval e posteriormente se tornando uniforme, redução do diâmetro do coleto.

Fonte: Autor, 2024

4 CONCLUSÃO

As omissões de macro e micro nutrientes induziram a sintomas de deficiência em todos os tratamentos, sendo a clorose o sintoma mais comum. Alguns tratamentos apresentaram poucos sintomas visuais como nos casos do P e Mo, o que indicam que até os 209 dias pós plantio as plantas ainda tinham reservas satisfatórias desses nutrientes, já outros apresentaram sintomas bem característicos e mais graves, como na omissão de N, S, K, Ca, Mg e Cu.

Com relação aos parâmetros de desenvolvimento avaliados os nutrientes N e S foram os que mais afetaram de forma geral as plantas, seguidos por K, Ca e Mg, demonstrando grande importância dos mesmos para o desenvolvimento adequado de *Khaya grandifoliola*. A ausência

desses nutrientes resultou em deficiências significativas, afetando diretamente o crescimento e a vitalidade das plantas.

Embora alguns tratamentos não tenham apresentado efeitos significativos nos parâmetros avaliados, observou-se que nutrientes como B, Mo, Mn, Zn e Cu, quando deficientes, causaram sintomas visuais consideráveis nas plantas. Caso o experimento fosse prolongado esses sintomas provavelmente resultariam em diferenças significativas nos resultados ou até na morte das plantas, evidenciando a importância desses micronutrientes para a sobrevivência e saúde das plantas em longo prazo.

5 REFERÊNCIAS

- ALFENAS, A. C.; ZAUZA, E. A. V.; MAFIA, R. G.; ASSIS, T. F. Clonagem e doenças do eucalipto. 2. ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2009. 500 p.
- ANDRADE, Marcelo Leandro Feitosa de. Deficiência nutricional em três espécies florestais nativas brasileiras. Dissertação (Mestrado em Biologia na Agricultura e no Ambiente) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010.
- AQUINO, S. T. M.; SANTOS, R. F.; BATISTA, K. D. Nutritional deficiency symptoms of young ‘Cedro Doce’ plants grown under macronutrient omission. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 23, n. 4, p. 264- 270, 2019.
- BARROS, N.F.; COMERFORD, N.B. Sustentabilidade da Produção de Florestas Plantadas na Região Tropical. In: *Tópicos em Ciência do Solo (Topics in Soil Science)* - Vol. II. Sociedade Brasileira Ciência Solo, Viçosa, Minas Gerais, Brazil. 2002, p. 487- 592.
- BATISTA, K. D.; AQUINO, S. T. M. de; SANTOS, R. F. dos; PEDROZO, C. A.. Metodologia para o Cultivo Hidropônico de Plantas para Pesquisa Científica. Comunicado Técnico 89. Embrapa - Roraima, 2019.
- CARLOS, L.; VENTURIN, N.; MACEDO, R.L.G.; HIGASHIKAWA, E.M.; GARCIA, M.B.; FARIAS, E.S. Crescimento e nutrição mineral de mudas de pequi sob efeito da omissão de nutrientes. *Ciência Florestal*, v.24, n.1, p.13-21, 2014.
- CORCIOLI, G.. Indução de deficiências nutricionais em mudas de mogno africano (*Khaya ivo-rensensis* A. Chev.). 2013. 132 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2013.
- EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas. 2. ed. Londrina: Planta, 2006.
- FARHAT, N., ELKHOUNI, A., ZORRIG, W. et al. Effects of magnesium deficiency on photosynthesis and carbohydrate partitioning. *Acta Physiol Plant* 38, 145. 2016.

FERNANDES, M. S. Nutrição mineral de plantas. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006.

GALLEGOS-CEDILLO, V. M.; DIÁNEZ, F.; NÁJERA, C.; SANTOS, M. Plant agronomic features can predict quality and field performance: a bibliometric analysis. *Agronomy*, v. 11, n. 11, p. 2305, 2021.

GONÇALVES, F. C.; NEVES, O. S. C.; CARVALHO, J. G. de. Deficiência nutricional em mudas de umbuzeiro decorrente da omissão de macronutrientes. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 41, n. 6, p. 1053-1057, 2006.

IBÁ - Indústria Brasileira de Árvores. Relatório anual 2023. Brasília: IBÁ, 91p, 2023.

LEMMENS, R.H.M.J. *Khaya ivorensis* A.Chev [online]. Wageningen: PROTA; 2008.

LIU, W.; LIAO, Y.; WANG, X.; HUANG, J. Nutrient deficiency effects on root architecture and root-to-shoot ratio in arable crops. *Frontiers in Plant Science*, v. 9, p. 1-12, 2018.

LUCENA JUNIOR, A.; SILVA2, A.; DIONÍSIO, L.F.S.; SILVA, G.R.; SOUSA, G.O.; MORAES, C.B. Quality of African mahogany seedlings in substrates with soils from the Cerrado biome. *Ciência e Agrotecnologia*, v.46, n.221, p.1-13, 2022.

MAFFEIS, A. R.; SILVEIRA, R. L. V. de A.; BRITO, J. O. Reflexos das deficiências de macronutrientes e boro no crescimento de plantas, produção e qualidade de óleo essencial em *Eucalyptus citriodora*. *Scientia Forestalis*, Piracicaba, n. 57, p. 87-98, 2000.

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

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2. ed. Piracicaba: Potafós, 1997. 319p.

MENDES, Emanuely Melo de Oliveira. Influência do sombreamento parcial e da cobertura do solo sobre o desenvolvimento da planta de abacaxi gigante-de-Tarauacá. Tese de Doutorado. UEMA. 2014.

MORETTI, B. da S.; FURTINI NETO, A. E.; PINTO, S. I. do C.; FURTINI, I. V.; MAGALHÃES, C. A. de S. Crescimento e nutrição mineral em mudas de cedro australiano (*Toona ciliata*) son omissão de nutrientes. *Cerne*, Lavras, v. 17, n. 4, p. 453- 463, 2011.

MOTOMIYA, A. V. de A., MOLIN, J. P., & CHIAVEGATO, E. J.. Utilização de sensor óptico ativo para detectar deficiência foliar de nitrogênio em algodoeiro. *Revista Brasileira De Engenharia Agrícola E Ambiental*, 13(2), 137–145. 2009.

NEVES, O. S. C., CARVALHO, J. G. de ., MARTINS, F. A. D., PÁDUA, T. R. P. de ., & PINHO, P. J.. Uso do SPAD-502 na avaliação dos teores foliares de clorofila, nitrogênio, enxofre, ferro e manganês do algodoeiro herbáceo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 40(5), 517–521. 2005.

PAULA, Israel Ferreira de. Crescimento de mudas de Ipê Rosa e Cedro submetidas à calagem e omissão de nutrientes. 2014. 84 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2014.

PENG, S. B. et al. Effects of Nitrogen Fertilizer Applications on Photosynthetic Production and Yield of Japonica Rice. *International Journal of Plant Production*, 2019.

ROSOLEM, C. A.; FERELLI, L. Resposta diferencial de cultivares de algodão ao manganês em solução nutritiva. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 24, p. 355-361, 2000.

Silva, E. de B., Tanure, L. P. P., Santos, S. R., & Resende Júnior, P. S. de. Sintomas visuais de deficiências nutricionais em pinhão-mansão. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 44, n. 4, 392-397. 2009.

SILVEIRA, R. L. V. de; MOREIRA, A.; TAKASHI, E. N.; SGARBI, F.; BRANCO, E. F. Sintomas de deficiência de macronutrientes e de boro em clones híbridos de *Eucalyptus grandis* com *Eucalyptus urophylla*. *Cerne*, Lavras, v. 8, n.2, p.107-116, 2002.

SIMIONI, F.J.; MOREIRA, M.A.P.; FACHINELL, A.L.; BUSCHINELLO, C.A.; MATSUURA, M.I.S.F. Evolução e concentração da produção de lenha e carvão vegetal da silvicultura no Brasil. *Ciência Florestal*, v. 27, n. 2, p. 731-742, 2017.

SMIDERLE, O.J.; SOUZA, A.G.; CHAGAS, E.A.; ALVES, M.S.; FAGUNDES, P.R.O. Parâmetros de crescimento e curva de absorção de nutrientes de mudas de mogno africano com e sem solução nutritiva. *Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável*, v.8, n.4, p.83-91, 2018.

SORREANO, M. C. M.; RODRIGUES, R. R.; BOARETTO, A. E.. Guia de nutrição para espécies florestais nativas. São Paulo: Oficina de Textos. 2012.

SOUZA, G.A.; PINHO, P.J.; BASTOS, A.R.R.; BOTREL, E.P.; CARVALHO, J.G. Caracterização de sintomas, índices biométricos e teores de nutrientes em mamoneira sob deficiência de micronutrientes. *Revista Caatinga*, v.28, n.1, p.100-108, 2015.

STEMKE, L.E. Sintomas de deficiência de nutrientes em morangueiro cultivado em solução nutritiva. Trabalho de Conclusão de Curso de Agronomia. Universidade Alto Vale do Rio do Peixe. Caçador/SC, 2019, 43p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia vegetal. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

TASIOR, J.; TROJAN, D.G. Uso de diferentes fertilizantes na cultura do *Eucalyptus dunni*. *TecnoEng*, v. 1, n. 11, p. 1-13, 2015.

VERZIGNASSI, J.R., POLTRONIERI, L.S., BENCHIMOL, R.L. Mancha-alvo em mogno africano no Brasil. *Summa Phytopathologica*, v. 35, n. 1, p. 70-71, 2009.

VIÉGAS, Ismael de Jesus Matos et al. Efeitos das omissões de macronutrientes e boro na sintomatologia e crescimento em plantas de açaieiro (*Euterpe oleracea* Mart.). *Revista de Ciências Agrárias Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences*, v. 50, n. 1, p. 129-142, 2008.

WALLAU, R. L. R. de; BORGES, A. R.; ALMEIDA, D. R. de; CAMARGOS, S. L. Sintomas de deficiências nutricionais em mudas de mogno em solução nutritiva. *Cerne*, Lavras, v. 14, n. 4, p. 304-310, 2008.

ZHANG, G. et al. Effect of the Rate of Nitrogen Application on Dry Matter Accumulation and Yield Formation of Densely Planted Maize. *Sustainability*, v. 14, n. 22, p. 14940, 2022.

6 APÊNDICES E ANEXOS



Universidade Federal
de São João del-Rei

ANEXO A

Termo de autorização para publicação no Repositório Institucional da UFSJ

Eu _____, RG _____
Org. Exp._____, CPF _____, e-mail: _____,
telefone _____, na qualidade de titular dos direitos de autor que
recaem sobre minha produção:

() trabalho de conclusão de curso () dissertação de mestrado () tese de doutorado
() _____ (outro)

Título: _____

_____ ,
defendida em: ____/____/_____, no programa de () Graduação () Pós-Graduação em
_____, com fundamento nas disposições
sobre direitos autorais (Lei nº 9.610 de 19 de fevereiro de 1998), autorizo a Universidade
Federal de São João del-Rei a disponibilizar gratuitamente a obra citada, sem ressarcimento de
direitos autorais, para fins de leitura e impressão, a título de divulgação da produção científica
gerada pela universidade, a partir desta data. Autorizo a liberação:

() Total
() Parcial (serão disponibilizados apenas resumo, palavras-chave, e os dados: autor, título, membros
da banca examinadora, data de defesa, entre outros).
Motivo: _____.

Obs.:

- No caso de liberação parcial, a dissertação/tese impressa não poderá ser consultada no acervo.
- Estou ciente que, em caso de liberação parcial, o documento será mantido nesta opção durante 1 (um) ano a partir da data de autorização da publicação. Para ampliação deste prazo, devo manifestar-me junto a Dibib/UFSJ. Para liberação antes do prazo estipulado, formalizarei a autorização. Se não houver manifestação, o texto completo da dissertação/tese será liberado em sua totalidade e a versão impressa será disponibilizada para consulta.
- O conteúdo disponibilizado é de minha inteira responsabilidade.

Sete Lagoas, MG, ____ de _____ de _____.

Assinatura do Autor