



I CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA

Energia e Sustentabilidade

23 a 26 de novembro de 2004 - Campina Grande - PB

DEFICIÊNCIA DE ENXOFRE E MICRONUTRIENTES NA MAMONA (*Ricinus communis* L.): DESCRIÇÃO E EFEITO SOBRE O CRESCIMENTO E A PRODUÇÃO DA CULTURA

Magna Maria Macedo Ferreira¹; Gilvan Barbosa Ferreira²; Adele Cristina Martins Santos³; Regina Monteiro Xavier⁴; Liv Soares Severino²; Napoleão Esberard de Macedo Beltrão²; José Pires Dantas³; Cássia Regina de Almeida Moraes⁴ (1)DCR da FAPESQ/CNPq, R. Sto. Antônio, 636, B. Sto. Antônio, 58103-355, Campina Grande-PB, e-mail: ferreira@bol.com.br; (2) Embrapa Algodão, R. Osvaldo Cruz, 1143, C.P. 174, Centenário, 58107-720, Campina Grande-PB, e-mail: gilvanbf@cnpa.embrapa.br; (3) Universidade Estadual da Paraíba; (2) Embrapa Algodão; (2)Embrapa Algodão; (3) Universidade Estadual da Paraíba; (4) DCR-CNPq.

RESUMO

A deficiência de enxofre (S), boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn), molibdênio (Mo) e zinco (Zn) pode ocorrer sob baixo uso de insumo no cultivo da mamona cultivada por agricultores familiares, reduzindo a produtividade. A diagnose visual da deficiência é um método eficaz para monitoramento do estado nutricional a baixo custo, necessitando de trabalhos básicos de caracterização dos sintomas iniciais e de sua evolução durante o cultivo. Este trabalho foi realizado em casa de vegetação, utilizando a diagnose por subtração. A mamona cresce lentamente sob deficiência de S, com pouca ou nenhuma redução sob deficiência de micronutrientes no substrato. A deficiência de S provoca clorose verde-amarelada, homogênea, no ponteiro que se expande e atinge toda a planta. Folhas em forma de copo no ponteiro e com bordas reviradas para baixo, com necrose, secamento e rompimento de tecido nas margens são típicos. A deficiência de boro se manifesta pela maior sensibilidade ao estresse hídrico, pecíolos quebradiços e falhas na fertilização e frutificação. Perdas substanciais de produtividade ocorrem sob deficiência de B, S e Cu. Os sintomas de deficiência dos demais micronutrientes não foram observados claramente, exceto o Mo que se verificou ligeira perda de cor esverdeada nas folhas inferiores. Fotos desses sintomas são mostradas no texto.

INTRODUÇÃO

A mamona (*Ricinus communis* L.) é uma planta resistente a estresse hídrico amplamente cultivada nas regiões semi-áridas do mundo, especialmente na China, na Índia e no Brasil, que concentra mais de 95% da produção e da área cultivada (cerca de 130 mil ha) no Estado da Bahia. Ela é típica de pequena agricultura no Brasil, sendo cultivada sob baixo a médio nível tecnológico, com pouco ou nenhum uso de adubos e corretivos (AZEVEDO et al., 1997, 2001). Nas condições experimentais no semi-árido tem-se obtido produtividade de até 1.500 kg/ha usando as cultivares BRS Paraguaçu e BRS Nordestina. Em condições comerciais, tem sido levantada pelo IBGE produtividade de 600 a 900 kg/ha. Essa baixa produtividade média regional tem sido explicada constantemente como imposição da falta de água e de problemas no manejo (consórcio, época de plantio, variedades, espaçamentos inadequados etc), se bem que as deficiências minerais podem estar contribuindo para esse quadro, ao menos nos anos de melhor pluviosidade. Os solos do semi-árido são, quase sempre, bem supridos de potássio, cálcio e magnésio, já aqueles das regiões de maior pluviosidade ou do Sudeste, Norte e Centro-



I CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA

Energia e Sustentabilidade

23 a 26 de novembro de 2004 - Campina Grande - PB

Oeste são ácidos e pobres em bases trocáveis. O baixo teor de matéria orgânica e a forte adsorção de metais (cobre-Cu, molibdênio-Mo e zinco-Zn, especialmente), ou pH elevado em algumas áreas, reduzem a capacidade desses solos em fornecer nitrogênio-N, enxofre-S, boro-B, cobre-Cu, ferro-Fe, manganês-Mn, molibdênio-Mo e zinco-Zn. O N, S e B são supridos pela mineralização da matéria orgânica, sendo o S um nutriente secundário no sulfato de amônio e no superfosfato simples e pode ser fornecido à planta concomitante com o fornecimento de N e fósforo-P usando as fontes citadas. A aplicação de gesso agrícola também fornece enxofre para a planta, podendo ser utilizado em regiões com acidez nas camadas inferiores do solo. O Mo é disponibilizado pelo aumento no pH, devido à calagem, e os demais, pela adubação com micronutrientes.

Nos Estados de São Paulo e Minas Gerais têm sido obtidas produtividades de até 2.500 kg/ha, sendo comum média de 1.800 kg/ha (CONAB, abril/2003). Neste caso, além do clima mais propício, o uso de alta tecnologia tem sido comum: variedades anãs, correção do solo com calcário e gesso e adubação com NPK (SAVY FILHO, 2001). A mamoneira exporta da área de cultivo cerca de 80 kg/ha de N, 18 kg/ha de P_2O_5 e 32 kg/ha de K_2O , 13 kg/ha de CaO e 10 kg/ha de MgO para cada 2000 kg/ha de baga produzida (CANECHIO FILHO e FREIRE, 1958; NAKAGAWA e NEPTUNE, 1971). Estes autores, entretanto, mostram que a absorção de nutriente da parte aérea aos 133 dias da germinação chega a 156, 12, 206, 19 e 21 kg/ha de N, P_2O_5 , K_2O , CaO e MgO, respectivamente. Isto mostra que a mamona tem alto requerimento de nutrientes, especialmente de potássio, para dar uma produtividade adequada. Não existe dados sobre extração de micronutrientes na literatura. Resposta a doses de 20 a 80 kg/ha de N, P_2O_5 e K_2O são mais comuns na literatura (AZEVEDO et al., 1997). Souza e Neptune (1976) mostraram que a aplicação de 2 t/ha de calcário dolomítico em um solo ácido de São Paulo, em conjunto com adubação 70-80-50 kg/ha de N- P_2O_5 - K_2O , permitiu alcançar uma produtividade de 1.256 kg/ha de semente de mamona, enquanto na ausência da calagem e da adubação a produtividade foi de apenas 70 kg/ha de semente.

Os teores foliares de 40-50, 3-4, 30-40, 15-25, 2,5-3,5 e 3-5 g/kg de N, P, K, Ca, Mg e S, respectivamente, no limbo da quarta folha do ramo principal no início do florescimento são considerados adequados (MALAVOLTA et al., 1989). Não existem dados na literatura sobre teores adequados de micronutrientes na mamona. O enxofre é componente importante de aminoácidos (cistina, cisteína, metionina e taurina), proteínas, coenzimas (tiamina e biotina) e ésteres com polissacarídeos. Tem sua ação mais comum na fotossíntese, na fixação não fotossintética de CO_2 , respiração e na síntese de gorduras e proteínas (MALAVOLTA et al., 1989; MARSCHNER, 1995). Não foram descritos sintomas de deficiência específico desses nutrientes na mamoneira. O boro é um elemento estrutural, ligando as



I CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA

Energia e Sustentabilidade

23 a 26 de novembro de 2004 - Campina Grande - PB

moléculas de ácidos poligalacturônicos na parede celular, dando-lhe flexibilidade para o crescimento; mantém a integridade da membrana plasmática ajudando-a manter sua permeabilidade seletiva; induz a produção de AIA, é necessário a formação de RNA, estar envolvido no transporte de açúcares; e, principalmente, orienta o ciclo das pentoses fosfato na direção da formação correta de materiais para a parede celular e regula o estoque de fenóis na planta; sua deficiência provoca, desorganização estrutural da parede celular, redução do estoque de RNA, acúmulo de fenóis, morte do meristema apical, falta de germinação do tubo polínico, fertilização deficiente e baixa formação de frutos, além de folhas com aspectos endurecidos e enrugados (MALAVOLTA et al., 1989; MARSCHNER, 1995). O Cu, Fe, Mn, Mo e Zn são grupos prostéticos de enzimas ou fazem parte da estrutura de moléculas importantes. Suas deficiências provocam cloroses internervais (Fe e Mn) ou não (Cu e Zn) nas folhas do ponteiro, reviramento de bordas e crescimento reduzido (Zn). A deficiência de Mo pode simular aquela de nitrogênio, porém com menor intensidade (MARSCHNER, 1995).

A caracterização visual dos sintomas de deficiência de S, B, Cu, Fe, Mn, Mo e Zn na mamoneira pode ser uma ferramenta eficiente e de baixo custo para o agricultor monitorar o estado nutricional dessa cultura no campo. Entretanto, não se tem na literatura descrições efetivas e bem ilustradas a esse respeito. Esse trabalho objetivou estudar o efeito da deficiência de fósforo e potássio sobre o crescimento e a produção da mamoneira e descrever o quadro sintomatológico em plantas pequenas e adultas em condições de casa de vegetação.

MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio foi conduzido em casa de vegetação da Embrapa Algodão, Campina Grande-PB, no período de janeiro a maio de 2004. Foi utilizada areia de fundo de rio vendida comercialmente na cidade de Campina Grande. Esse material foi peneirado em malha de 2 mm de espessura, acondicionado em vasos drenados de 10 litros e lavado com água de torneira para retirar o excesso de sais. Posteriormente, foram aplicados dois litros de uma solução de HCl 0,1 mol/L e deixado em repouso por 48 horas. Em seguida, procedeu-se uma lavagem com 6 L de água destilada, secou-se e acomodou-se os vasos na bancada para o cultivo. A capacidade de retenção de água da areia lavada era de 600 mL no vaso de 10 L usado.

O estudo constou de um ensaio de diagnose por subtração, onde se estudaram 13 tratamentos: um completo, com todos os nutrientes, e 12 tratamentos onde se retirou um dos nutrientes essenciais: N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn, Mo e Zn. Foi utilizada a solução de Hoaglan e Arnon (1950) modificada por Sarruge (1975). Foi aplicada uma solução $\frac{1}{4}$ da força normal da solução nutritiva e foram semeadas



I CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA

Energia e Sustentabilidade

23 a 26 de novembro de 2004 - Campina Grande - PB

10 sementes/vaso. Essa força foi mantida até os 10 dias após a germinação, ocasião em que se voltou a aplicar a solução em toda a sua força iônica. Diariamente foi reposta a água evaporada do vaso.

A cada três dias foi conferido o pH e mantido entre 6,0 a 6,5. A solução foi trocada a cada 10 dias nos primeiros 30 dias após a emergência (dae); posteriormente passou-se a trocar semanalmente até os 70 dae; daí até o final do ciclo da cultura, a troca foi feita duas vezes por semana. Foi feito um desbaste logo após a germinação deixando as duas plantas mais vigorosas por vaso. Após os 30 dias da germinação, deixou-se apenas uma planta/vaso. Os tratamentos foram dispostos em um delineamento inteiramente ao acaso, com três repetições. Foram avaliados aos 30 dias a altura, o peso de folha, a área foliar, o peso de caule e a matéria seca total da parte aérea. No final da cultura, foram avaliados a altura, o diâmetro do caule, o peso das folhas, do caule, da matéria seca total da parte aérea e dos frutos. Durante o decorrer do ensaio foram retiradas fotografias dos tratamentos e anotados a evolução dos sintomas de deficiência.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A deficiência de enxofre se manifestou por um lento crescimento inicial da planta (Figura 1A), cujo ponteiro se tornou verde limão aos 50-60 dae (Figura 1B) e logo a primeira folha mostrou intensa clorose verde-amarelada e formato de copo com os bordos endurecidos, com o maior deles voltado para baixo (Figura 1C). A clorose verde-limão avançou de cima para baixo deformando as folhas e revirando as bordas ora para cima (ponteiro, principalmente) ora para baixo (folhas mais velhas) e atingindo todas as brotações laterais existentes no caule (Figuras 1D, E e F). As folhas recém amadurecidas tiveram as pontas das bordas necrosadas de forma úmida e depois ressequidas, seguidas ou não de rachadura ou rompimento de tecidos (Figuras 1G, H e I) com posterior queda das folhas. A clorose avançou e alcançou toda a planta, dando-lhe um aspecto amarelado com as folhas inferiores caídas sobre o caule e facilmente destacável da planta, pelo vento ou por um leve toque (Figuras 1J, L e M).

A deficiência de boro se manifestou apenas de forma marginal, crônica, típica de fome escondida. Não houve evidências visuais de redução no crescimento (Figura 2A e B), entretanto observou-se maior superbrotamento do caule (Figura 2C), maior sensibilidade ao estresse hídrico ocorrido entre as reposições de água no período de maior demanda de transpiração (Figuras 2C, D e E) e pecíolo quebradiço das folhas do ponteiro (Figura 2G). No florescimento, no entanto, a deficiência



I CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA

Energia e Sustentabilidade

23 a 26 de novembro de 2004 - Campina Grande - PB

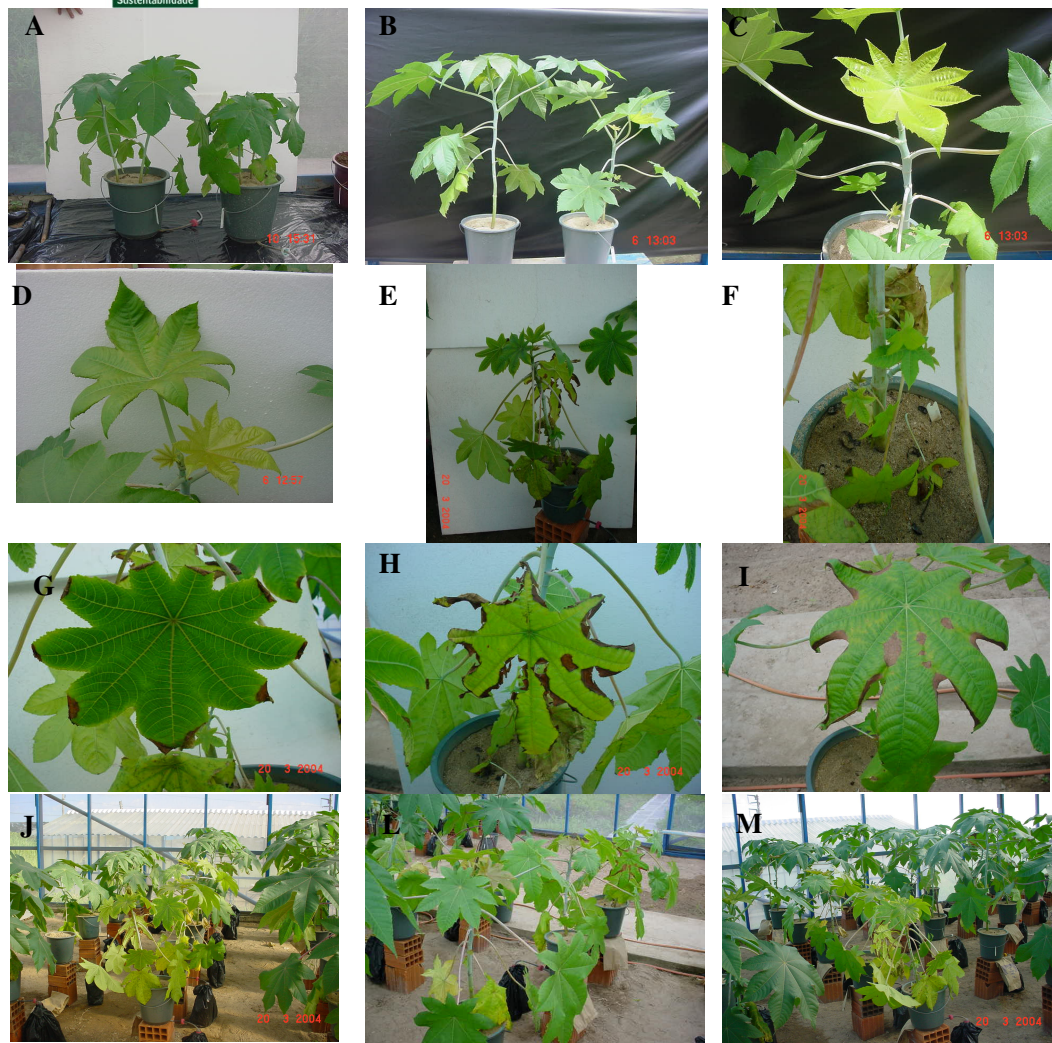


Figura 1. Efeito da deficiência de enxofre sobre o crescimento e o desenvolvimento da mamoneira. A e B – aos 30 e 60 dae, respectivamente, com o tratamento completo à esquerda; C – Clorose verde-amarelado intenso da folha do ponteiro, assumindo aspecto de copo com o borda do maior lóbulo revirado para baixo; D, E e F – Clorose verde-limão se estendendo em gradiente de cima para baixo, inclusive nas brotações laterais; G, H e I – necrose marginal com rompimento de tecido nas folhas recém-amadurecidas; J, L e M – Plantas completamente verde-amareladas em três visões distintas; J - ladeadas por plantas sob subtração de Ca e Mg (lado esquerdo), de B (ao fundo) e de Cu (à direita); M – contraste de plantas deficientes em S com plantas sob subtração de Cu (atrás e à direita). Campina Grande, PB, 2004.

foi verificada de forma devastadora, provocando baixa formação de frutos e freqüente seca do pedúnculo e queda de frutos em formação (Figuras 2H e I). O teor de B existente nas 10 sementes plantadas, assim como os resíduos de B presentes nos minerais primários presentes na areia lavada (era visível a presença de micas), foram suficientes para o crescimento da planta. Entretanto, já permitiram a ocorrência de dificuldade estrutural da parede celular e possível vazamento na membrana plasmática durante os déficit hídricos moderados pelas quais as plantas passaram; baixo crescimento



I CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA

Energia e Sustentabilidade

23 a 26 de novembro de 2004 - Campina Grande - PB

do tubo polínico pode ter sido a razão da pouca frutificação observada e a queda de frutos pequenos pode ser devido a dificuldade no seu enchimento por redução no transporte de carboidratos, como discutido por Malavolta et al. (1989) e Marschner (1995).

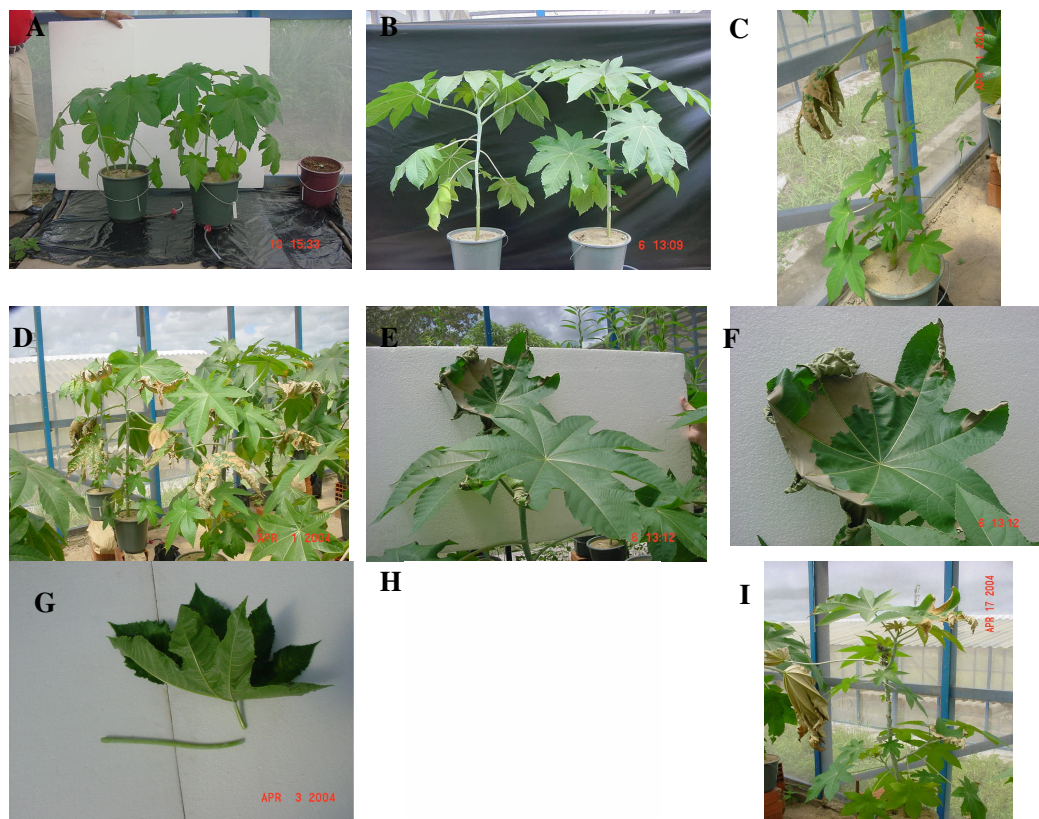


Figura 2. Efeito da deficiência de boro sobre o crescimento e o desenvolvimento da mamoneira. A e B – aos 30 e 60 dae, respectivamente, tratamento completo à esquerda; C – superbrotamento do caule; D – secamento de folhas por maior sensibilidade ao déficit hídrico; E, F – detalhe da sensibilidade ao secamento de folhas; G – pecíolos quebradiços; H e I – falha na frutificação, com abortamento, secamento ou queda de frutos. Campina Grande, PB, 2004.

A deficiência visual de Cu, Fe, Mn, Mo e Zn não foi observada com clareza (Figuras 3A, B, C, D e F). A subtração de molibdênio provocou ligeira perda de cor nas folhas inferiores, com descoloração homogênea em todo o limbo foliar (Figura 3E). Entretanto, não houve maiores danos ao crescimento e à produção da planta.

Apenas as subtrações de S, B e Cu provocaram redução na matéria seca de folha, caule e total da parte aérea das plantas nos primeiros 30 dias de crescimento inicial (Tabela 1), apesar de não ser visível (Figura 2A). Apesar de haver diferença no crescimento e produção de folhas e caules entre os tratamentos usados, a deficiência de B, S e Cu foram as que provocaram redução na produção de



I CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA

Energia e Sustentabilidade

23 a 26 de novembro de 2004 - Campina Grande - PB

frutos. Isso mostra que se deve tomar cuidado com os teores nativos de B e Cu no solo, assim como fornecer S via adubação NPK para evitar perdas de produtividade por “fome escondida”.

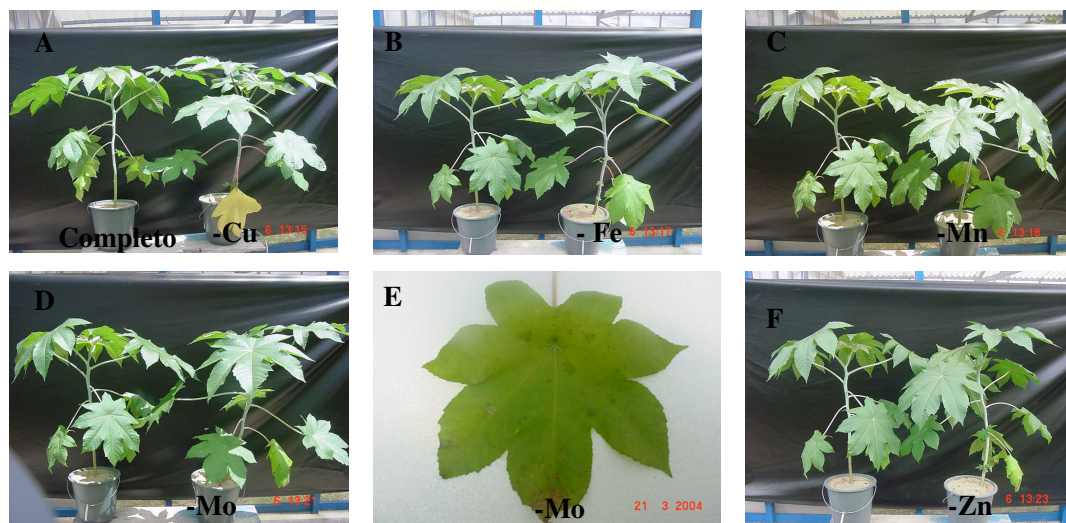


Figura 3. Efeito da subtração de Cobre-Cu, Ferro-Fe, Manganês-Mn, Molibdênio-Mo e Zinco-Zn sobre o crescimento e o desenvolvimento da mamoneira. Completo (C)-Cu (A), -Fe(B), -Mn(C), -Mo(D) e -Zn(F) aos 60 dae, tratamento completo sempre à esquerda; E – clorose homogênea no limbo foliar com pontuações marrons espaciais, provável deficiência de molibdênio. Campina Grande, PB, 2004.

Tabela 1. Peso de folha (PFOL, g/planta), área foliar por planta (AFOL, cm²/planta), peso do caule (PC, g/planta) e matéria seca total da parte aérea (MSTPA, g/planta) da mamoeira submetida à diagnose por subtração de nutrientes em areia lavada. Campina Grande, PB, 2004

Tratamento	PFOL	%PFOL	AFOL	%AFOL	PC	%PC	MSTPA	%MSTPA
C	5,67	100	1809	100	4,21	100	9,89	100
C-S	5,72	101	1825	101	2,91	69	8,63	87
C-B	4,77	84	1520	84	2,50	59	7,26	73
C-Cu	5,28	93	1682	93	3,07	73	8,34	84
C-Fe	7,09	125	2260	125	4,01	95	11,10	112
C-Mn	6,53	115	2081	115	3,98	94	10,51	106
C-Mo	5,81	102	1852	102	3,53	84	9,34	94
C-Zn	5,72	101	1823	101	4,07	97	9,79	99
CV(%)	29	-	29	-	33	-	26	-
DMS 5% Tukey	1,66	29	528	29	1,16	28	2,45	25

Obs.: C-completo; -S, -B, -Cu, -Fe, -Mn, -Mo e -Zn: completo sem enxofre, boro, cobre, ferro, manganês, molibdênio e zinco, respectivamente. %PFOL, %CC, %DC, %PC, %MSTPA e %PFRUT: valor percentual do tratamento tendo como base (100%) o tratamento completo em nutrientes.

CONCLUSÕES

A mamona cresce lentamente sob deficiência de S, com pouca ou nenhuma redução sob deficiência de micronutrientes no substrato. A deficiência de S provoca clorose verde-amarelada, homogênea, no ponteiro que se expande e atinge toda a planta. Folhas em forma de copo no ponteiro



I CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA

Energia e Sustentabilidade

23 a 26 de novembro de 2004 - Campina Grande - PB

e com bordas reviradas para baixo, com necrose, secamento e rompimento de tecido nas margens são típicos. A deficiência de boro se manifesta pela maior sensibilidade ao estresse hídrico, pecíolos quebradiços e falhas na fertilização e frutificação. Perdas substanciais de produtividade ocorrem sob deficiência de B, S e Cu. A deficiência dos demais micronutrientes não foi observada claramente.

Tabela 2. Peso de folha (PFOL, g/planta), comprimento do caule (CC, cm), diâmetro do caule (DC, mm), peso do caule (PC, g/planta), matéria seca total da parte aérea (MSTPA, g/planta) e peso de frutos (PFRUT, g/planta) da mamoeira submetida à diagnose por subtração de nutrientes em areia lavada. Campina Grande, PB, 2004

Tratamento	PFOL	%PFOL	CC	%CC	DC	%DC	PC	%PC	MSTPA	%MSTPA	PFRUT	%PFRUT
C	116,1	100,0	100,6	100,0	26,8	100,0	74,1	100,0	190,2	100,0	113,7	100,0
C-S	56,4	48,6	85,0	84,5	24,2	90,3	51,3	69,3	107,7	56,6	45,0	39,5
C-B	121,2	104,3	108,7	108,0	29,2	108,9	99,9	134,7	221,0	116,2	3,9	3,4
C-Cu	94,1	81,0	116,3	115,6	26,7	99,6	88,2	119,0	182,3	95,8	50,1	44,1
C-Fe	82,9	71,4	144,0	143,1	28,1	104,8	81,0	109,3	164,0	86,2	119,5	105,1
C-Mn	60,7	52,3	126,3	125,5	26,8	100,2	74,8	101,0	135,6	71,3	105,8	93,0
C-Mo	101,3	87,2	122,3	121,6	24,3	90,6	69,1	93,2	170,3	89,5	124,0	109,1
C-Zn	44,8	38,6	117,0	116,3	25,7	96,1	67,4	91,0	112,3	59,0	117,8	103,6
DMS 5% Tukey	33,0	28,4	15,3	15,2	2,2	8,2	17,9	24,2	44,6	23,4	28,5	25,1
CV(%)	36,5	-	12,3	-	7,4	-	24,1	-	27,1	-	37,0	-

Obs.: C-completo; -S, -B, -Cu, -Fe, -Mn, -Mo e -Zn: completo sem enxofre, boro, cobre, ferro, manganês, molibdênio e zinco, respectivamente. %PFOL, %CC, %DC, %PC, %MSTPA e %PFRUT: valor percentual do tratamento tendo como base (100%) o tratamento completo em nutrientes.

REFERÊNCIAS

Excluído: BIBLIOGRAFIA CITADA

- AZEVEDO, D.M.P. de; LIMA, E.F.; BATISTA, F.A.S.; LIMA, E.F.V. **Recomendações técnicas para o cultivo da mamona (*Ricinus communis* L.) no Brasil**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 1997. 52p (Embrapa Algodão. Circular Técnica, 25).
- AZEVEDO, D.M.P. de; NÓBREGA, L.B. da; LIMA, E.F.; BATISTA, F.A.S.; BELTRÃO, N.E. de M. Manejo Cultural. In: AZEVEDO, D.M.P.de; LIMA, E.F. (Eds.) **O Agronegócio da mamona no Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2001. p.121-160.
- CANECHIO FILHO, V.; FREIRE, E.S. Adubação da mamoneira: experiências preliminares. **Bragantia**, v.17, p. 243-259, 1958.
- CONAB. **Quarto levantamento de safra: Abril/2003**. Brasília, 2003.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. de. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Potafos, 1989. 201p.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2.ed. London: Academic Press, 1995. 889p.
- NAKAGAWA, J.; NEPTUNE, A.M.L. Marcha de absorção de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio na cultura da mamoneira (*Ricinus communis* L.) cultivar "Campinas". **Anais da ESALQ**, v.28, p. 323-337, 1971.
- SAVY FILHO, A. Mamoneira: técnicas de cultivo. Campinas, **O Agrônomo**, v. 53, n.1, 2001.
- SOUZA, E.A.; NEPTUNE, A.M.L. Resposta da cultura de *Ricinus communis* L à adubação e calagem. **Cientifica**, v. 4, n. 3, p. :274-281, 1976.