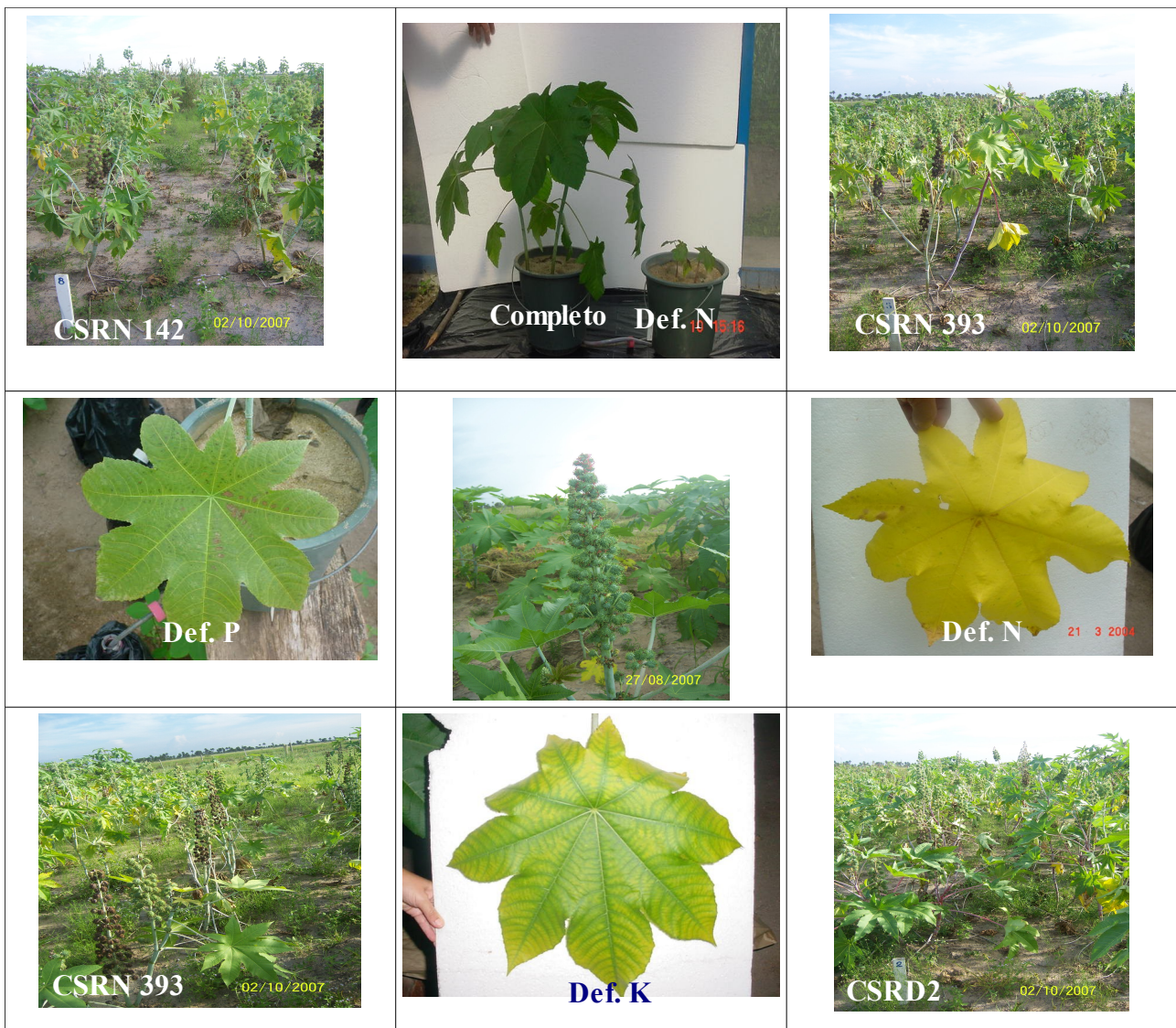


DIAGNOSE DE DEFICIÊNCIAS MINERAIS NA CULTURA DA MAMONA (*Ricinus communis* L.) E SEU CONTROLE



República Federativa do Brasil

Luiz Inácio Lula da Silva
Presidente

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

Reinhold Stephanes
Ministro

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

Conselho de Administração

Luis Carlos Guedes Pinto
Presidente

Silvio Crestana
Vice-Presidente

Alexandre Kalil Pires
Ernesto Paterniani
Hélio Tollini
Marcelo Barbosa Saintive
Membros

Diretoria-Executiva

Silvio Crestana
Diretor-Presidente

Tatiana Deane de Abreu Sá
José Geraldo Eugênio de França
Kepler Euclides Filho
Diretores-Executivos

Embrapa Roraima

Francisco Joaci de Freitas Luz
Chefe Geral

Marcelo Francia Arco-Verde
Chefe Adjunto de Pesquisa e Desenvolvimento

Miguel Amador de Moura Neto
Chefe Adjunto de Administração

Documentos 10

Diagnose de Deficiências Minerais na Cultura da Mamona (*Ricinus communis L.*) e Seu Controle

Gilvan Barbosa Ferreira
Adele Cristina dos Santos
Regina Monteiro Xavier
Liv Soares Severino
Napoleão Esberard de Macedo Beltrão
José Pires Dantas
Magna Maria Macedo Ferreira
Cássia Regina de Almeida Moraes
Oscar José Smiderle
Máira Milani
Valdinei Sofiatti

Exemplares desta publicação podem ser obtidos na:

Embrapa Roraima

Rod. BR-174 Km 08 - Distrito Industrial Boa Vista-RR

Caixa Postal 133.

69301-970 - Boa Vista - RR

Telefax: (095) 3626.7018

e-mail: sac@cpafrr.embrapa.br

www.cpafr.embrapa.br

Comitê de Publicações da Unidade

Presidente:

Secretário-Executivo: A

Membros:

Normalização Bibliográfica:

Editoração Eletrônica: Vera Lúcia Alvarenga Rosendo

1ª edição

1ª impressão (ano): 300

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação – CIP
Embrapa Roraima

Ferreira, Gilvan Barbosa.

Diagnose de eficiências minerais na cultura da mamona (*Ricinus communis* L.)e seu controle / Gilvan Barbosa Ferreira, Oscar José Smiderle [et al.]. - Boa Vista: Embrapa Roraima, 2008.

51 p. (Embrapa Roraima. Documentos, 10).

1. Mamona. 2. Eficiência Mineral. 3. I. Título. II. Embrapa Roraima.

CDD: 633.85

Autores

Gilvan Barbosa Ferreira,

Engenheiro Agrônomo, MSc. Solos e Nutrição de Plantas, Pesquisador da Embrapa Roraima, Rodovia BR 174, km 08, Distrito Industrial, Cx. Postal 133, Boa Vista – RR. E-mail: gilvan@cpafrr.embrapa.br.

Adele Cristina Martins dos Santos

Bióloga, R. Maximiliano Chaves, 141, Palmeira, CEP 58102-350, e-mail: cristinabiologa@hotmail.com.

Regina Monteiro Xavier

Bióloga, R. Siquera Campos, 1486, Conceição, CEP 58108-541, e-mail: reginamx@bol.com.br.

Liv Soares Severino

Engenheiro Agrônomo, MSc. em Fitotecnia, Pesquisador da Embrapa Algodão, R. Osvaldo Cruz, 1143, Centenário, Caixa Postal 174, Campina Grande-PB, CEP 58.107-720. E-mail: liv@cnpa.embrapa.br

Napoleão Esberard de Macedo Beltrão

Engenheiro Agrônomo, DSc. em Fitotecnia, Pesquisador da Embrapa Algodão, R. Osvaldo Cruz, 1143, Centenário, Caixa Postal 174, Campina Grande-PB, CEP 58.107-720. E-mail: liv@cnpa.embrapa.br

José Pires Dantas

Engenheiro Agrônomo, DSc. em Solos e Nutrição de Plantas, Professor da Universidade Estadual da Paraíba, Avenida das Baraúnas, 351, Campus Universitário, Bodocongó, Campina Grande – PB, CEP 58.109-753. E-mail: gpcnpq@terra.com.br.

Magna Maria Macedo Ferreira

Engenheira Agrônoma, DSc. em Fitotecnia, Professora da Universidade Federal de Roraima, Campus do Cauamé, Boa Vista – RR, CEP 69310-270. Email: magna.m.m.ferreira@bol.com.br.

Cássia Regina de Almeida Moraes

Engenheira Agrônoma, Dsc. em Fitotecnia, Professora da Universidade Federal do Piauí, Campus Professora Cinobelina Elvas. Bom Jesus, PI, CEP 64.900-000 e-mail: cramorae@ig.com.br.

Oscar José Smiderle

Engenheiro Agrônomo, DSc. em Fitotecnia, Pesquisador da Embrapa Roraima, Rodovia BR 174, km 08, Distrito Industrial, Cx. Postal 133, Boa Vista – RR. E-mail: ojsmider@cpafrr.embrapa.br.

Máira Milani

Engenheira Agrônoma, MSc. em Melhoramento de Plantas, Pesquisadora da Embrapa Algodão, R. Osvaldo Cruz, 1143, Centenário, Caixa Postal 174, Campina Grande-PB, CEP 58.107-720. E-mail: maira@cnpa.embrapa.br

Valdinei Sofiatti

Engenheiro Agrônomo, MSc. em Fitotecnia, Pesquisador da Embrapa Algodão, R. Osvaldo Cruz, 1143, Centenário, Caixa Postal 174, Campina Grande-PB, CEP 58.107-720. E-mail: sofiatti@cnpa.embrapa.br

SUMÁRIO

Introdução.....	2
O espaço multidimensional.....	4
Agrupamento, classificação e dissecação	6
Coeficientes e distâncias.....	11
Procedimentos de classificação.....	19
Referências bibliográficas.....	26
Apêndice I: Propriedades das distribuições multivariadas.....	31

Diagnose de Deficiências Minerais na Cultura da Mamona (*Ricinus communis* L.)

Gilvan Barbosa Ferreira
Adele Cristina dos Santos
Regina Monteiro Xavier
Liv Soares Severino
Napoleão Esberard de Macedo Beltrão
José Pires Dantas
Magna Maria Macedo Ferreira
Cássia Regina de Almeida Moraes
Oscar José Smiderle
Máira Milani
Valdinei Sofiatti

RESUMO – As deficiências de nutrientes são de ocorrência comum em condições de cultivo sob baixo uso de insumo, dada a forte demanda das cultivares por nutrientes e a ausência de reposição via adubação, reduzindo a produtividade da mamona cultivada por agricultores familiares. A diagnose visual 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 em casa de vegetação, utilizando a diagnose por subtração. A mamona tem forte demanda por nitrogênio para seu crescimento e produção de área foliar. Quando crescida sob deficiência, forte redução no crescimento e baixa estatura são observadas. As plantas adultas iniciam a deficiência visual por um amarelecimento nas folhas inferiores que podem ou não se iniciar pelas nervuras que ficam com clorose estrelada, mas invariavelmente alcança toda a folha, que tomba sobre o caule, fecha-se sobre a face superficial e cai. Forte gradiente de perda de cor das folhas inferiores para o ápice é observado, seguido de queda prematura da folhagem. A frutificação é fraca com poucos cachos e frutos com peso abaixo do esperado. A mamona cresce lentamente sob deficiência de P ou K. A deficiência de P aparece primeiro, com folhas fortemente esverdeada que sofrem clorose no tecido paralelo à nervura, isolando tecido internerval esverdeado; em seguida, as folhas viram os bordos para baixo, necrosam as margens, adquirem coloração verde-bronzeado, escurecem e caem. A deficiência visual de potássio, aparece após os 30 dias com clorose internerval, enrugamento da lâmina, clorose nas bordas superiores da folha, que avançam no sentido horário alcançando toda a lâmina, tornando-a amarelada; as folhas secam nas bordas, murcham e se enrolam sobre sua face superior e caem. Reduções de até 60% na produtividade foram observadas em condições de deficiência marginal. A deficiência de Ca e Mg promovem redução no crescimento da mamona. A deficiência de Ca se manifesta de forma parecida com a de enxofre, com clorose no ponteiro que se estende para baixo, porém mantém as nervuras esverdeadas e não

chega a atingir toda a planta. Morte das raízes finas, murchas de folhas e necrose marginal também foram observadas. A produtividade final foi reduzida em 91%. A deficiência de Mg se manifesta nas folhas inferiores por uma clorose interneval que avança sobre a folha, amarelando-a, ressecando-a e provocando sua queda. A clorose avança para cima na planta e provoca redução de 70% na produtividade de frutos. 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.) tem se provado uma importante opção de cultivo para produção de óleo e biodiesel em Roraima. Smiderle et al. (2001) mostraram que a cultura produziu de 700 a 1.800 kg/ha, em ensaios montados em 1999; em 2000, as cultivares de porte alto chegaram a produzir médias de 2750 a 6.200 kg/ha. Assim, Smiderle et al. (2002a, b) indicaram as variedades BRS Nordestina e BRS Paraguaçu para cultivo em Roraima, pois elas produziram médias de 1.850 e 1.585 kg/ha, respectivamente, em três anos de cultivos sucessivos na campo experimental Serra da Prata, município de mucajaí-RR, região de mata de transição em Roraima, onde as variedades de porte baixo (IAC 80, Guarani e Savana) produziram média de 1.117 kg/ha. Nas condições do cerrado, no campo experimental Monte Cristo, as cultivares indicadas para Roraima chegaram a produzir 3.288 e 3.350 kg/ha, respectivamente (Smiderle et al., 2001). Mais recentemente, Milani et al. (2007) lançaram a cultivar de porte baixo BRS Energia, que tem capacidade de produzir 1.800 kg/ha em sequeiro, com extensão para cultivo também no estado de Roraima e Smiderle & Ferreira (2008) tem comprovado a viabilidade, adequabilidade e bom comportamento produtivo deste material, assim como de outros materiais genéticos de porte baixo para cultivo extensivo no estado.

A mamoneira é apta para cultivo em ampla regiões do mundo e adapta-se bem a diversos tipos de solos e climas. Entretanto, trata-se de uma cultura exigente em solos

férteis e os descuido na correção e adubação destes podem trazer sérios transtornos produtivos tanto em condições semi-áridas (Macedo et al., 2005) quanto em condições de cerrado (Ferreira et al., 2006).

A mamona é uma planta resistente a estresse hídrico amplamente cultivadas 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 126 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, entretanto, 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 mineraias podem estar contribuindo para esse quadro, ao menos nos anos de melhor pluviosidade. Os solos do semi-árido são, quase sempre, bem supridos de cálcio (Ca) e magnésio (Mg), já aqueles das regiões de maior pluviosidade ou do Sudeste, Norte e Centro-Oeste são ácidos e pobres em bases trocáveis, necessitando de correção de acidez com calagem (fornece Ca e Mg) e gessagem (fornece Ca e enxofre - S), mais adubação com nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K). O baixo teor de matéria orgânica e a forte adsorção de metais (cobre – Cu, molibdênio – Mo e zinco – Zn, principalmente), ou pH elevado em algumas áreas, reduzem a capacidade desses solos em fornecer N, S, boro (B), Cu, ferro (Fe), manganês (Mn), Mo e Zn. O N, S e B são supridos pela mineralização da matéria orgânica, sendo S um elemento secundário no sulfato de amônio e no superfosfato simples e pode ser fornecido à planta concomitantemente com o fornecimento de N e P na adubação anual de manutenção ou produção, usando as fontes citadas. A aplicação de gesso agrícola também fornece S para a planta, podendo ser utilizado em regiões com acidez nas camadas inferiores do solo, como no estado de Roraima. O Mo é disponibilizado pelo aumento do pH, devido à calagem, e os demais, pela adubação com micronutrientes, seja em fontes contendo o conjunto (uso de FTE) ou naquelas com nutrientes específicos (mais comum como sulfato óxido, cloreto do elemento desejado).

Nos Estados de São Paulo e Minas Gerais têm -se obtidas produtividades de até 2.500 kg/ha, sendo comum a produtividade média de até 2.080 kg/ha (CONAB, 2008). Na média dos últimos 30 anos, São Paulo tem produzido 1.314 kg/ha. 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 (CANECCHIO FILHO e FREIRE, 1958), valores confirmados posteriormente por 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. Com isto, observa-se que a mamona tem alto requerimento de nutrientes para se obter uma produtividade adequada e recicla grandes quantidades de nutrientes, sendo interessante para rotação com outras culturas, como a soja, o milho e o algodão no cerrado. 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 sementes de mamona, enquanto na ausência da adubação e da calagem a produtividade foi de apenas 70 kg/ha de semente.

Os teores foliares de N chegam a 41,3 g/kg aos 64 dias da germinação e é comum se encontrar na torta da semente cerca de 45,0 g/kg desse nutriente (NAKAGAWA e NEPTUNE, 1971; RAIJ et al., 1996). O nitrogênio faz parte da estrutura da planta, sendo componente de aminoácidos, proteínas, enzimas, RNA, DNA, ATP, clorofila dentre outras moléculas. Sua deficiência na maioria das plantas reduz o crescimento, torna a planta amarelada pela perda da clorofila, provoca amadurecimento precoce, perda de produtividade e qualidade dos frutos colhidos (MALAVOLTA, 1989; MARSCHNER, 1995). Na mamoneira, tem-se observado que a maior parte do $N-NO_3^-$ é reduzido e assimilado nas raízes, com contribuições crescentes da parte aérea à medida que seus teores são aumentados na solução do solo; praticamente todo o $N-NH_4^+$ absorvido pelas raízes é assimilado neste órgão (PEUKE et al., 1996).

Os teores foliares de P e K chegam a 1,0 e 46,1 g/kg, respectivamente, aos 64 dias da germinação e é comum se encontrar na torta da semente cerca de 7 e 11 g/kg desses nutrientes (NAKAGAWA e NEPTUNE, 1971; RAIJ et al., 1996). O fósforo faz parte da estrutura da planta e de várias moléculas-chaves no metabolismo, sendo componente das membranas (fosfolipídios), do RNA, DNA, ATP, ésteres de carboidratos dentre outras moléculas. Sua deficiência na maioria das plantas reduz o crescimento, provoca acúmulo de amido nos cloroplastos, reduz o transporte de carboidratos e a atividade de todas as enzimas

que dependem de fosforilação, em especial aquelas envolvidas na absorção ativa de nutrientes; seus sintomas principais são coloração azul ou avermelhada na planta, coloração verde intenso nas folhas mais velhas, clorose marginal nas folhas inferiores, redução no crescimento, amadurecimento precoce, perda de produtividade e qualidade dos frutos colhidos (MALAVOLTA, 1989; MARSCHNER, 1995). Na mamoneira, tem-se observado que o crescimento é paralisado sob forte deficiência de fósforo três dias após o elemento ser retirado do meio, a absorção e a assimilação de nitrato é fortemente inibida, a fotossíntese líquida é dramaticamente inibida e a partição de assimilado é alterada e o carbono é dirigido para as raízes, aumentando a relação raiz:parte aérea (JESCHKE et al., 1996), a redução do nitrato é fortemente inibida na raiz e a assimilação de fósforo nas folhas novas permanece com alta atividade, provocando retranslocação substancial do nutriente presente nas folhas mais velhas (JESCHKE et al., 1997).

O potássio induz a atividade de mais de 60 enzimas, mantendo a turgescência da folha, sendo essencial no transporte interno de açúcares e no equilíbrio eletroquímico da planta. Sob deficiência de potássio, ocorre redução na atividade fotossintética das folhas, aumento da respiração radicular, direcionamento de carbono para as raízes que aumentam a relação raiz:parte aérea; a absorção de nitrato é reduzida e aumentada a de sódio, cálcio e magnésio; maior proporção do nitrato é reduzido e assimilado nas raízes e maior biossíntese (265%) de ácido abscísico ocorre neste órgão, maior deposição radicular (193%), maior transferência para a parte aérea (4,6 vezes a mais), juntamente com forte degradação desse ácido na parte aérea; há redução no crescimento dos brotos e aumento no crescimento radicular (PEUKE et al., 2002).

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) e é comum se encontrar na torta da semente cerca de 18 g/kg de Ca (RAIJ et al., 1996). O Cálcio elemento estrutural, que fazendo parte da lamela média da parede celular; dá estabilidade à membrana plasmática e funciona como mensageiro iônico interno na planta, estando envolvido nos sinais internos emitidos pela planta sob condições de variados tipos de estresses (MALAVOLTA et al., 1989; MARSCHNER, 1995). Sua deficiência provoca retardo no crescimento e morte dos ponteiros. O Magnésio é parte estrutural da clorofila e está envolvido em todos os processos de fosforilação; age na absorção iônica, respiração celular, armazenamento e transferência de energia, além de permitir melhor balanço eletrolítico e dá estabilidade aos ribossomas; Também modula a atividade de várias enzimas importantes (MALAVOLTA et

al., 1989). Sua deficiência provoca clorose internerval nas folhas inferiores, redução no crescimento e na produtividade da planta.

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 CO₂, respiração e na síntese de gorduras e proteínas (MALAVOLTA et al., 1989; MARSCHNER, 1995). O boro é um elemento estrutural, ligando as 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 dos macro e micronutrientes na mamoneira pode ser uma ferramenta eficiente e de baixo custo para o agricultor monitorar o estado nutricional dessa cultura no campo. Entretanto, as descrições de sintomas específico e bem ilustradas a esse respeito estão em diversos papers publicados em revistas e anais de congresso de difícil consulta por pessoas não ligadas às pesquisas. Este trabalho objetiva sintetizar as informações sobre os efeitos das deficiências nutricionais de macro e micronutrientes sobre o crescimento e a produção da mamoneira e descrever o quadro sintomatológico em plantas pequenas e adultas em condições de casa de vegetação. Alguns diagnósticos obtidos no campo também são mostrados.

Deficiência de Nitrogênio

A deficiência de nitrogênio se manifesta inicialmente por forte atraso no desenvolvimento da planta. Elas se tornam raquíticas e não conseguem acompanhar as demais (Tabela 1 e Figura 1A). Até os 30 dias após a emergência (dae), a planta

deficiente produziu apenas 5-6% do peso seco de folha, de caule, total da parte aérea e da área foliar alcançada pelas plantas sem deficiência.

Após a supressão do nitrogênio em plantas com 30 dae, elas amarelaram as folhas inferiores, que perderam a sua estruturação arqueada habitual, deitaram sobre o caule e caíram (Figuras 1C, D, E e F). A coloração da planta total é atingida e fica com aspecto verde-amarelo-claro de baixo para cima (Figura F). As perdas de folhas se intensificam e a planta fica com apenas as três folhas do ponteiro, com uma frutificação rala que rapidamente conduz ao final do ciclo da planta.

As folhas tem um padrão de amarelecimento peculiar (Figuras 1H e I). Ora o amarelecimento era homogêneo nas folhas inferiores, que se intensificavam até atingir o completo amarelecimento, a partir do qual a folha deita sobre o caule e se fecha sobre sua face superior, secando ou caindo ao chão. Ora, o amarelecimento se inicia sobre as nervuras centrais em forma de estrela com clorose amarelada. A partir das nervuras a clorose se irradia e alcança toda a folha dando-lhe um aspecto totalmente amarelado.

As folhas velhas de mamona comumente amarelecem e caem. O fenômeno é um mero amadurecimento fisiológico da folha e se diferencia por não haver clorose ou perda de cor nas folhas imediatamente vizinhas. Quando ocorre essa clorose na maioria das folhas inferiores, trata-se quase certamente de deficiência de nitrogênio.

Sintomas típicos também foram obtidos para N e demais macronutrientes por Lavres Jr. et al. (2005, Figura 2). Os sintomas com nitrogênio são os que mais rápido se estabelecem e estão fortemente relacionados com os teores de clorofila, podendo ser monitorado com o uso de clorofilômetro. Maiores detalhes dos sintomas em condição protegida podem ser vista no documento protegido de Malavolta e Moraes (2007), disponível na web no endereço: <http://www.malavolta.com.br/pdf/1184.pdf>. A deficiência se instala muito rapidamente e se manifesta por um clorose intensa nas folhas mais velhas que rapidamente alcança toda a planta (Figura 2). Aos 30 dias da emergência a diferença de crescimento da folha recém expandida podem ser vista na figura 3.

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 aos 30 dias da germinação submetida à diagnose por subtração de nutrientes em areia lavada. Campina Grande, PB, 2004

Tratamento	PFOL	%PFOL	AFOL	%AFOL	PC	%PC	MSTPA	%PTT
C	5,67	100	1809	100	4,21	100	9,89	100
C-N	0,26	5	83	5	0,23	6	0,49	5
CV(%)	28,5	-	28,5	-	32,9	-	26,2	-
DMS 5% Tukey	1,66	29,3	528	29,2	1,16	27,6	2,45	24,8

Obs.: C-completo; -N: completo sem nitrogênio. %PFOL, %CC, %DC, %PC, %MSTPA e %PFRUT: valor percentual do tratamento tendo como base (100%) o tratamento completo em nutrientes.

Fonte: Santos et al. (2005a).

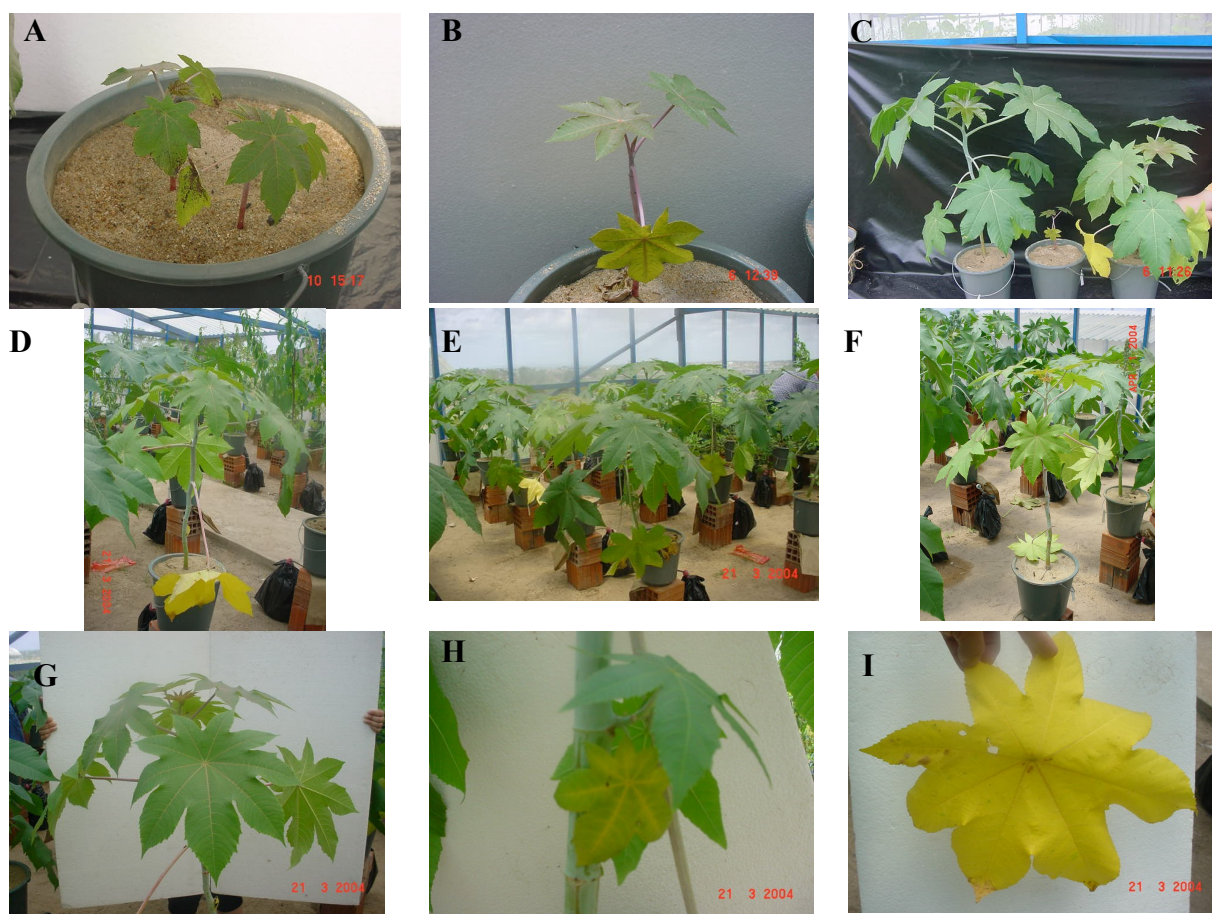


Fig 1. Efeito da deficiência de nitrogênio sobre o crescimento e o desenvolvimento da mamoneira. A – aos 30 dae; B e C: aos 60 dae, tratamento completo à esquerda e com supressão de N a partir dos 30 dias, à direita; D, E, F e G – perda da coloração verde escura característica e perda das folhas inferiores; H – padrão de amarelecimento inicial das folhas, estrela de nervuras amareladas; I – fase final da deficiência, perda total da clorofila da folha, com amarelecimento completo da folha (Santos et al., 2005a)

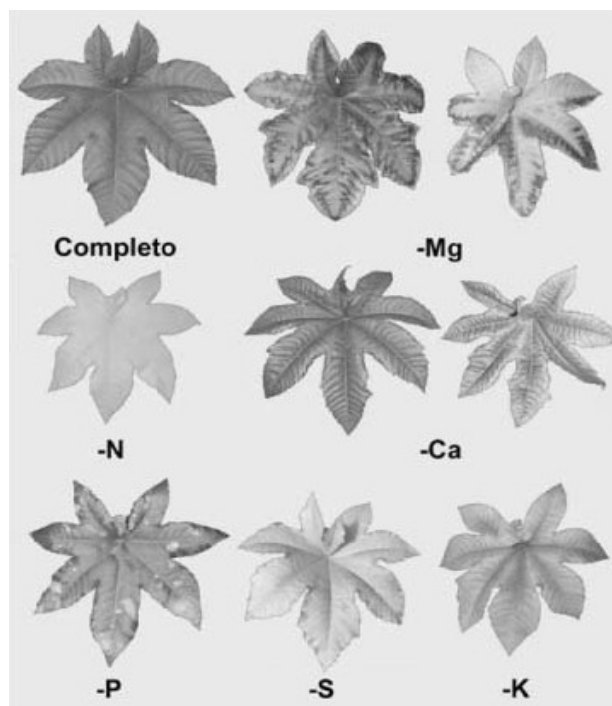


Fig. 2. Sintomas de deficiências de macronutrientes no híbrido Íris, desenvolvida em solução nutritiva completa e com deficiências de N, P, K, Ca, Mg e S isoladamente (LAVRES JR. et al., 2005).

A falta de nitrogênio impede o aumento da estrutura da planta, visto que esse elemento é componente de aminoácidos e proteínas e isto impede o crescimento inicial por impossibilidade de incorporar carbono. À medida que a planta cresce, falta nitrogênio para construir maior quantidade de clorofila, maior quantidade da enzima Ribulose-1,5-bisfosfato carboxilase (Rubisco) e até mesmo limita a regeneração da Rubisco existente (MARSCHNER, 1995). Com o crescimento apical da planta, parte do nitrogênio é mobilizada das folhas inferiores e dirigidas para aqueles órgão de forte atividade metabólica. Essa redistribuição provoca forte clorose nas folhas inferiores e, ao aumentar o tamanho da planta e a quantidade de carbono incorporada na parte aérea, dilui o pouco nitrogênio e clorofila existente, provocando um amarelecimento simultâneo e gradativo com intensidade crescente em direção aos sítios de máxima atividade metabólica da planta (MALAVOLTA et al, 1989).

O peso de matéria seca das diversas partes da planta sob deficiência de nitrogênio desde o início do cultivo não ultrapassa 12 % do obtido nas plantas bem supridas (Tabela 2). Mesmo naquelas que tiveram nitrogênio durante a fase inicial de crescimento

recuperaram apenas 33,6 do total de massa seca na parte aérea do tratamento completo. A produtividade caiu 58 a 95% dependendo da intensidade da deficiência.

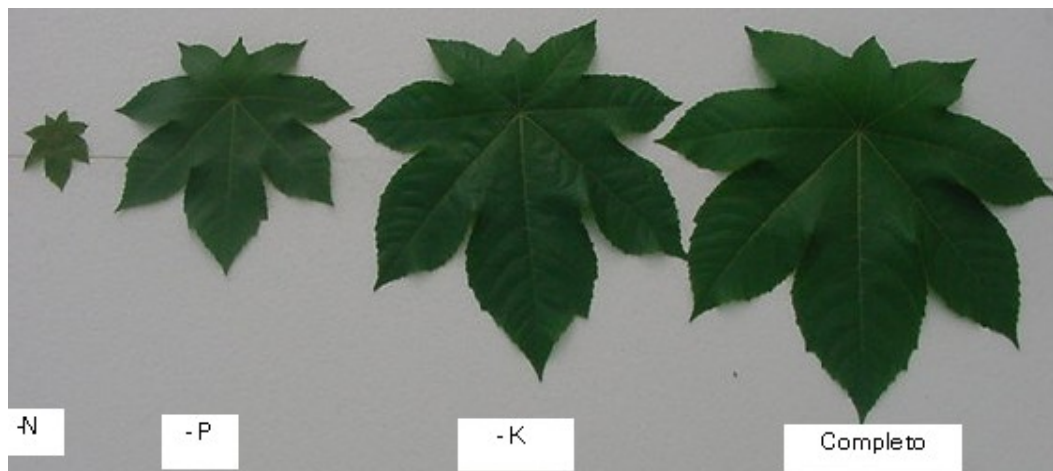


Fig. 3. Tamanho da folha recém expandida aos 30 dae em plantas de mamoneira crescidas sob condições de deficiências em areia lavada. Campina Grande, PB, 2004.

Em todos os resultados observa-se que a mamona é uma planta que demanda grande quantidade de nitrogênio para obter um crescimento e produção compatível com o esperado pelo seu cultivo racional. O descuido na adubação ou no manejo da fertilidade do solo pode levar o produtor a comprometer a rentabilidade da exploração comercial e diminuir a qualidade da produção formada.

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 no final do ciclo submetida à diagnose por subtração de nutrientes em areia lavada. Campina Grande, PB, 2004

Tratamento	PFOL	%PFOL	CC	%CC	DC	%DC	PC	%P C	MSTPA	%MSTPA	PFRUT	%PFRUT
C	116,1	100,0	100,6	100,0	26,8	100,0	74,1	0	190,2	100,0	113,7	100,0
C-N1	10,1	8,7	19,7	19,5	8,9	33,1	1,2	1,7	11,3	5,9	6,2	5,4
C-N2	41,6	35,8	85,5	85,0	14,8	55,1	22,3	30,0	63,9	33,6	47,4	41,7
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, -N: completo sem nitrogênio (1-durante todo o ciclo; 2-supressão após os 30 dias da germinação). %PFOL, %CC, %DC, %PC, %MSTPA e %PFRUT: valor percentual do tratamento tendo como base (100%) o tratamento completo em nutrientes.

Fonte: Santos et al. (2005a).

A deficiência de fósforo e potássio

A deficiência de P e K é visível quando comparada ao tratamento completo, cerca de 15 a 30 dias após a germinação da cultura (Figura 2). As plantas crescem lentamente sem aparentar qualquer sintoma visual de deficiência nas folhas (Figuras 4A e B, 5A). A deficiência de fósforo se manifesta primeiro do que a de potássio, ocorrendo um verde intenso nas folhas mais velhas (Figura 4C). A deficiência visual de potássio ocorre após os 30 dias, com o aparecimento de necrose molhada sobre a folha (Figura 5B) que podem evoluir rapidamente para necrose, seca do tecido internerval e rompimento de tecido, especialmente se alguma pulverização com micronutrientes ou outro cátion for feita sobre a folha, provocando desequilíbrio iônico interno nas células foliares. Lavres Jr. et al. (2005) observaram clorose interneval evoluindo muito rapidamente da margem para o centro da folha, com coloração amarelo-bronzeada brilhante (Figura 3).

Na deficiência de fósforo, as plantas têm crescimento inicial lento, provavelmente devido a redução na absorção de nutrientes, da taxa fotossintética e da translocação interna de carboidratos, que se acumulam no cloroplasto (Figuras 4A, B e C). Em seguida, as folhas de verde intenso passam a ter a presença de uma clorose verde-amarelada ou verde-bronzeada que segue paralela às nervuras e isolam o tecido internerval (Figura 4D). Estas folhas adquirem uma tonalidade verde-bronzeada (Figura 4E), inclinam suas bordas para baixo e sofrem necrose marginal, escurecimento da lâmina foliar e se destacam da planta (Figuras 4F, G e H). Podem perder também a cor verde-oliva brilhante da folha do ponteiro e aparecer uma coloração vermelho-roseado nas nervuras das folhas jovens (Figura 4I). Manchas nos limbos foliares também foram observados por Lavres Jr. et al. (2005) e figura 2.

A deficiência marginal de P afeta mais fortemente o crescimento inicial da planta do que o de K, fazendo com que a planta somente alcance 26 a 32% da massa seca foliar, de caule e total (Tabela 3). A deficiência marginal de K ainda permite o alcance de 49 a 72% do peso dos órgãos citados acima. A deficiência de fósforo fez com que a planta crescesse muito lentamente e produzisse menor MSPA do que a de potássio, entretanto devido a maior facilidade em translocação de carboidratos (pela presença de K suficiente no tecido), as plantas deficientes em fósforo produziram mais do que aquelas deficientes em potássio. Apesar da menor demanda por fósforo, esse elemento é essencial à mamona para seu crescimento e acumulação de carbono, pois se trata de uma planta de forte consumo de energia para se obter um dossel suficiente para acumular óleo em suas

sementes. O maior efeito do P comparado com o K sobre o metabolismo da planta foi demonstrado por Jeschke et al. (1996, 1997) e Peuke et al. (2002), como discutido anteriormente.



Fig. 4. Efeito da deficiência de fósforo sobre o crescimento e o desenvolvimento da mamoneira. A e B – aos 30 e 60 dae, tratamento completo à esquerda; C – Coloração verde intenso da folhagem; D – Clorose mosqueada, com áreas de cor verde intenso ilhada por tecido clorótico, especialmente ao redor das nervuras; E – clorose verde-bronzeada com algumas áreas necróticas na lâmina; F – planta anã com poucas folhas, as do ponteiro com cor verde intenso e as inferiores com escurecimento verde-bronzeado, virada para baixo e necrose das bordas; folha facilmente destacável; G – folha clorótica com bordas necrosadas e inclinadas para baixo; H – folha de cor verde intenso com bordas reviradas para baixo; I – perda do brilho verde-oliva nas folhas do ponteiro (completo a esquerda; C-P, a direita) e aparecimento de uma coloração róseo-avermelhada nas nervuras das folhas deficientes; J – folha com verde intenso

característico com manchas necróticas esparsas pelo limbo; e L – manchas necróticas no limbo foliar (Ferreira et al., 2005a; Severino et al., 2008a).

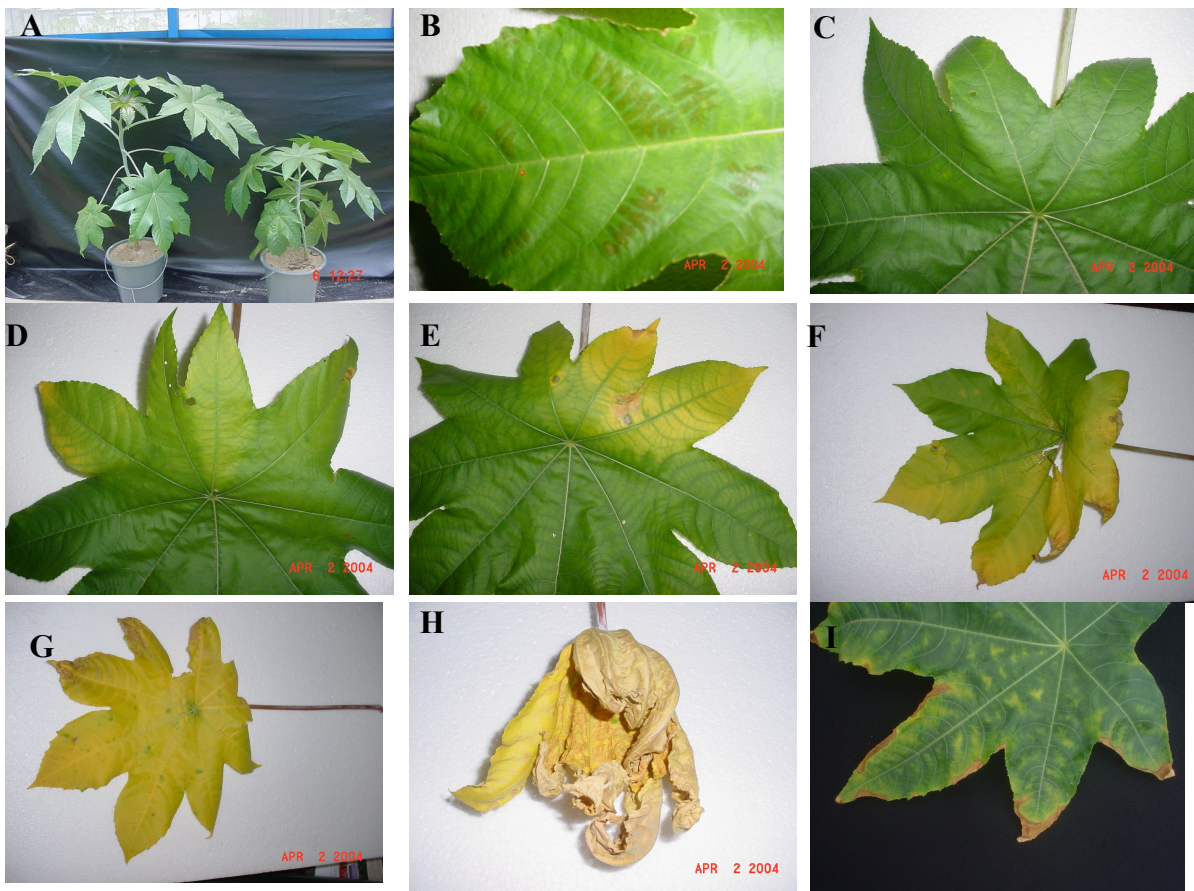


Fig. 5. Efeito da deficiência de potássio sobre o crescimento e o desenvolvimento da mamoneira. A – aos 60 dae, tratamento completo à esquerda; B – necrose molhada entre as nervuras que evoluem para morte, secamento do tecido e rompimento, formando furos na folha; C – Clorose interneval com enrugamento da folha; Coloração verde intenso da folhagem; D, E, F e G – Clorose nos lóbulos superiores que evoluem no sentido horário e toma toda a folha; H – secamento das bordas e enrolamento da folha, que deita sobre o caule e cai da planta; I – pode haver necrose na margem também (Ferreira et al., 2005a; Severino et al., 2008a).

Tabela 3. 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 (MSPA, g/planta) da mamoeira aos 30 dae submetida à diagnose por subtração de nutrientes em areia lavada. Campina Grande, PB, 2004

Tratamento	PFOL	%PFOL	AFOL	%AFOL	PC	%PC	MSPA	%PTT
C	5,67	100	1809	100	4,21	100	9,89	100
C-P	1,84	32	587	32	0,72	17	2,56	26
C-K	4,06	72	1293	72	2,06	49	6,12	62
CV(%)	29	-	29	-	32,9	-	26,2	-
DMS 5%			528,0					
Tukey	1,66	29	4	29	1,16	28	2,45	25

Obs.: C-completo, -P e -K: completo sem fósforo e potássio, respectivamente. %PFOL, %CC, %DC, %PC, %MSTPA e %PFRUT: valor percentual do tratamento tendo como base (100%) o tratamento completo em nutrientes.

Fonte: Ferreira et al. (2005a).

Tabela 4 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 no final do ciclo submetida à diagnose por subtração de nutrientes em areia lavada. Campina Grande, PB, 2004

Tratamento	PFOL	%PFOL	CC	%CC	DC	%DC	PC	%PC	MSPA	%MSPA	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-P1	50,3	43,3	98,2	97,6	20,3	75,7	38,1	51,4	88,4	46,5	53,1	46,7
C-P2	60,5	52,1	116,0	115,3	24,9	93,0	53,5	72,2	114,0	59,9	59,9	52,7
C-K1	100,2	86,3	99,5	98,9	24,7	92,4	48,8	65,8	149,0	78,3	40,7	35,8
C-K2	46,0	39,6	99,4	98,8	25,5	95,1	79,0	106,5	124,9	65,7	44,4	39,0
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; -P e -K: completo sem fósforo e sem potássio (1-durante todo o ciclo; 2-supressão após os 30 dias da germinação), respectivamente. %PFOL, %CC, %DC, %PC, %MSTPA e %PFRUT: valor percentual do tratamento tendo como base (100%) o tratamento completo em nutrientes.

Fonte: Ferreira et al. (2005a).

A produção de matéria seca de folha, caule e frutos é fortemente afetada pela deficiência marginal de P e K imposta pelos tratamentos. Mesmo com suprimento inicial de P e K até os 30 dias a produtividade não alcançou mais 40% do completo para as deficiências de potássio e mais de 53% para a deficiência de fósforo. As condições de lavagem da areia usada não permitiram exaustão completa desses nutrientes e o forte poder de extração da mamona permitiu apenas a ocorrência de deficiência marginal, daí as plantas terem alcançado a produtividade mostrada na Tabela 4. Elas não chegam a frutificar sobre condições de forte deficiência. As condições desse trabalho, entretanto, simulam razoavelmente bem o que deve ocorrer nas condições de cultivo normal de um solo pobre em nutriente, sem o uso de adubo mineral ou orgânico. A produtividade é insatisfatória para o potencial que tem a cultura.

Deficiência de Cálcio e Magnésio

O substrato utilizado tinha presença visível de mica, fonte de Ca, Mg e K para as plantas. Entretanto a subtração de Ca e Mg do meio provocaram redução do crescimento da planta, quando comparado com a presença de todos os nutrientes em solução nutritiva (Figuras 6A e B, 7A e B).

A deficiência de Ca foi muito parecida com a de enxofre (S), exceto pela presença constante nas folhas das plantas deficientes em Ca de nervuras esverdeadas e ausência de necrose nas margens das folhas (Figura 6A a I). A partir dos 70 dias após a emergência (dae), observou que a folha do ponteiro apresentou-se endurecida, com clorose verde-amarelada, as nervuras esverdeadas e as margens dos lóbulos enrugados (Figura 6C). Os lóbulos foliares eram finos, parecidos com a mão espalmada com aspecto geral estrelado das folhas fortemente contrastando o fundo amarelo do limbo com as nervuras verde-escura (Figuras 6D e E). Os sintomas evoluíram do ponteiro para as cinco primeiras folhas do ponteiro, com clorose e mosqueamento decrescente (Figuras 6F, G e H) até o encurvamento de bordos das folhas maduras e ausência de clorose (6 I).

As raízes finas de duas repetições morreram e provocaram murcha da maior parte das folhas inferiores, além de necrose úmida das folhas recém maduras que permaneceram túrgidas (Figuras 6J, L e M). Apesar dos sintomas serem parecidos com ataque de fusariose, o escurecimento do vaso foi muito fraco para caracterizar essa doença e esses sintomas somente ocorreram na ausência de Ca no substrato.

A deficiência de Mg se manifestou após os 60 dias com as plantas mostrando folhas deitadas sobre o caule (Figura 7C) e uma leve clorose internerval nas folhas inferiores (Figura 7D) que logo progrediram para clorose amarelada com as nervuras verdes bem distintas (Figuras 7E e F). Em seguida, as folhas perderam a coloração interna (Figura 7G), murcharam as bordas e os tecidos internervais (Figuras 7H e I) e caíram.

A produção de matéria seca de folha, caule, parte aérea total e área foliar foram inicialmente mais afetadas com a deficiência de Mg (Tabela 5), que reduziu para 62% do total a produção de matéria seca da parte aérea. Nesse período, a deficiência de Ca ainda permitiu a produção de 86% de MSTPA. No final do ciclo, entretanto, as coisas se inverteram com as plantas deficientes em Ca produzindo menos MSTPA do que aquelas deficientes em Mg (Tabela 6). A produtividade de frutos foi reduzida em 70% nas plantas deficientes em Mg e em 92% nas deficientes em Ca. Isto mostra que solos ácidos e com

poucas bases trocáveis são improdutivos para a cultura da mamona e devem ser evitados ou corrigidos com calagem e gesso, confirmando os dados de Souza e Neptune (1976) obtidos no campo. Eles 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-P₂O₅-K₂O, 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.

A deficiência de cálcio promove a virada para baixo das margens das folhas, que adquirem uma clorose amarelada nas bordas das folhas novas (Figura 3). Há morte dos ponteiros e paralisação do crescimento da planta. Já na deficiência de Mg a clorose internerval ocorre nas folhas inferiores e muito rapidamente toma conta de toda folha, podendo dar-lhe uma coloração amarelo-bronzeada com alguns pigmentos esverdeados nos tecidos internervais (Lavres Jr. et al., 2005).

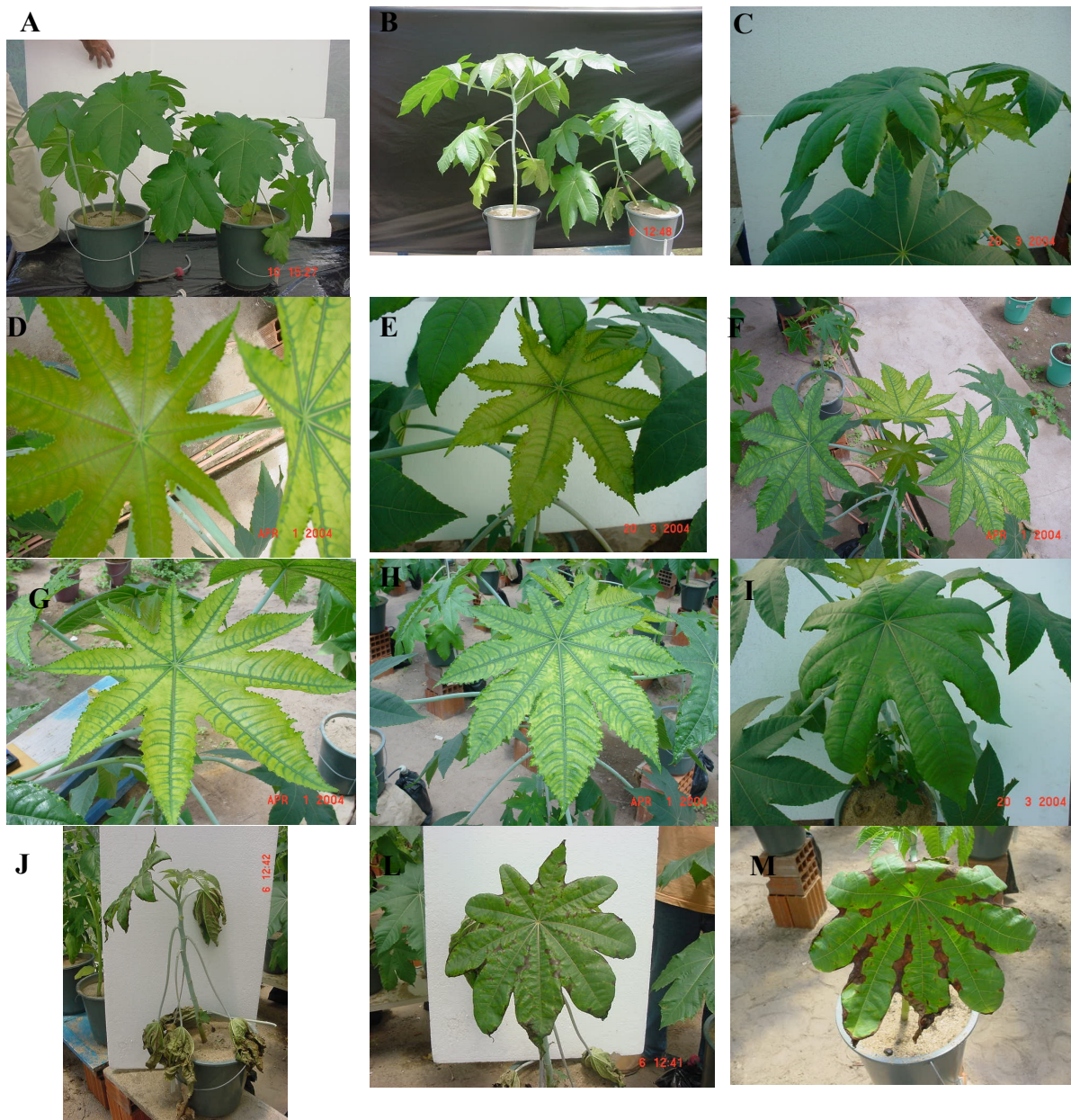


Fig. 6. Efeito da deficiência de cálcio sobre o crescimento e o desenvolvimento da mamoneira. A e B – aos 30 e 60 dae, tratamento completo à esquerda; C – sintomas iniciais, com clorose do ponteiro e bordos inclinados para baixo nas folhas recém-maduras; D e E – Detalhe de clorose nas duas folhas abertas do ponteiro, mostrando a presença de nervura esverdeada sob fundo verde-amarelado; E – clorose verde-bronzeada com algumas áreas necróticas na lâmina; F, G, H e I – Visão geral dos sintomas na planta inteira, com a evolução dos sintomas do ponteiro às folhas já amadurecidas, cujas bordas e margens se voltam para baixo; J – Morte de raízes finas, com subsequente aparecimento de pontuações escuras, murcha e queda das folhas inferiores; L e M - necrose úmida do tecido das folhas remanescentes que avança e toma toda a folha (Santos et al., 2005b).



Fig. 7. Efeito da deficiência de Magnésio sobre o crescimento e o desenvolvimento da mamoneira. A – aos 60 dae, tratamento completo à esquerda; B – necrose molhada entre as nervuras que evoluem para morte, secamento do tecido e rompimento, formando furos na folha; C – Clorose internerval com enrugamento da folha; Coloração verde intenso da folhagem; D, E, F e G – Clorose nos lóbulos superiores que evoluem no sentido horário e toma toda a folha; H e I – secamento das bordas e enrolamento da folha, que deita sobre o caule e cai da planta (Santos et al., 2005b).

Tabela 5. 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 aos 30 dias 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-Ca	5,33	94	1700	94	3,15	75	8,48	86
C-Mg	3,64	64	1160	64	2,48	59	6,12	62
CV(%)	28,5	-	28,5	-	32,9	-	26,2	-
DMS 5% Tukey	1,66	29	528	29	1,16	28	2,45	25

Obs.: C-completo, -Ca e-Mg: completo sem cálcio e magnésio, respectivamente. %PFOL, %CC, %DC, %PC, %MSTPA e %PFRUT: valor percentual do tratamento tendo como base (100%) o tratamento completo em nutrientes. Fonte: Santos et al. (2005b).

Tabela 6. 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-Ca	73,4	63,2	98,8	98,1	26,6	99,3	54,8	73,9	128,2	67,4	10,0	8,8
C-Mg	83,6	72,0	89,9	89,4	22,9	85,7	52,7	71,0	136,3	71,6	34,9	30,7
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; -Ca e -Mg: sem cálcio e sem magnésio, respectivamente. %PFOL, %CC, %DC, %PC, %MSTPA e %PFRUT: valor percentual do tratamento tendo como base (100%) o tratamento completo em nutrientes.

Fonte: Santos et al. (2005b).

Deficiência de enxofre e micronutrientes

A deficiência de enxofre se manifesta por um lento crescimento inicial da planta (Figura 8A), cujo ponteiro se tornou verde limão aos 50-60 dae (Figura 8B) 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 8C). 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 8D, 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 8G, 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 8J, L e M). Esses sintomas também foram verificados por Lavres Jr. et al. (2005). Em condições mais intensa de deficiência, sob cultivo em solução nutritiva, a deficiência de S mostra coloração verde limão típica, menor desenvolvimento da planta e clorose progredindo de cima para baixo (Figura 3).

A deficiência de boro se manifestou apenas de forma marginal, crônica, típica de fome escondida. Não houve evidências visuais de redução no crescimento (Figura 9A e B), entretanto observou-se maior superbrotamento do caule (Figura 9C), maior sensibilidade ao estresse hídrico ocorrido entre as reposições de água no período de maior demanda de transpiração (Figuras 9C, D e E) e pecíolo quebradiço das folhas do ponteiro (Figura 9G). No florescimento, no entanto, a deficiência foi verificada de forma devastadora, provocando baixa formação de frutos e freqüente seca do pedúnculo e

queda de frutos em formação (Figuras 9H 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 do tubo polínico pode ter sido a razão da

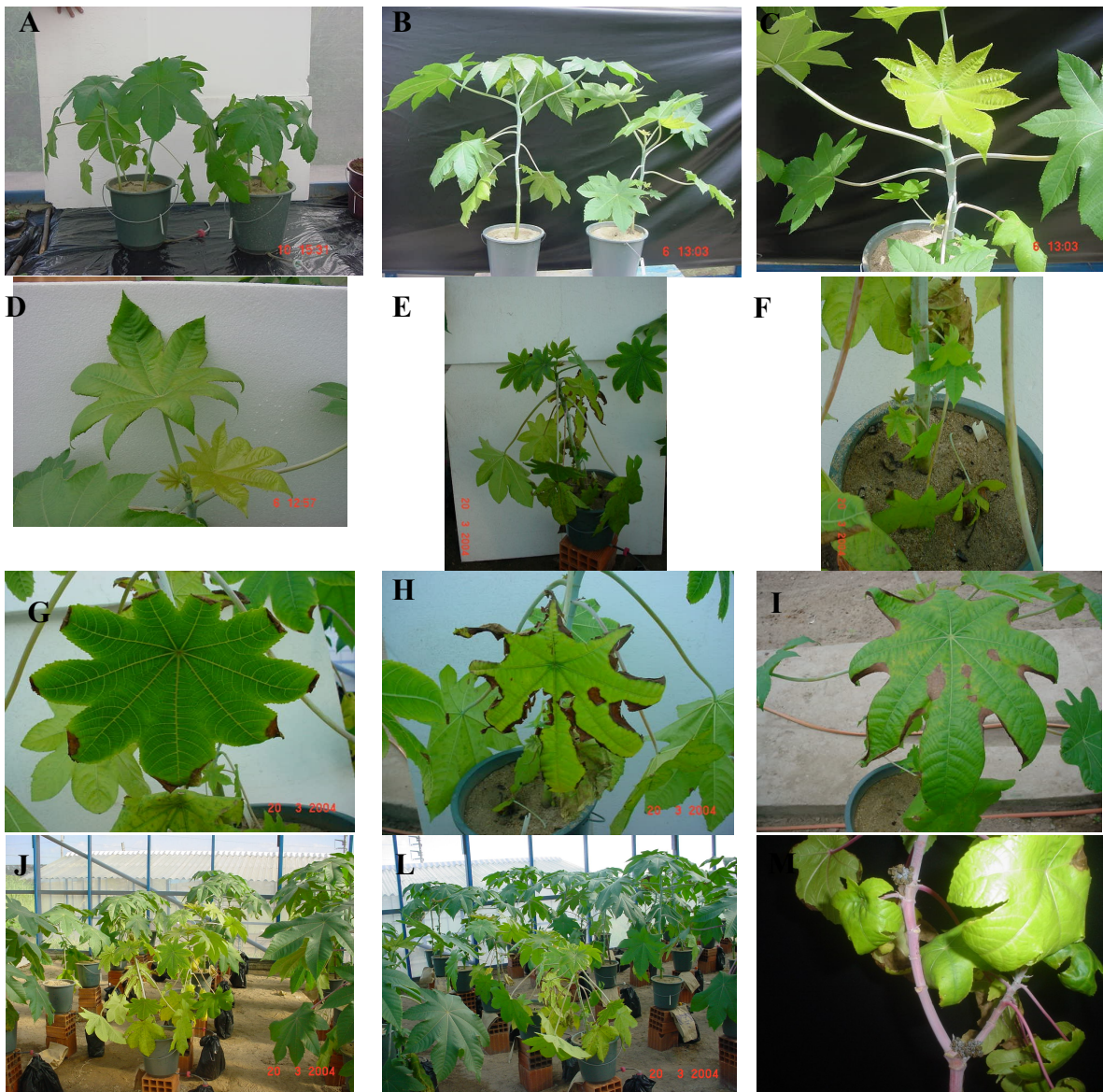


Fig. 8. Efeito da deficiência de enxofre sobre o crescimento e o desenvolvimento da mamoneira. A e B – aos 30 e 60 dae, respectivamente, com o tratamento completo à esquerda; C – Clorose verde-amarelado intenso da folha do ponteiro, assumindo aspecto de copo com o borda do maior lóbulo revirado para 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 e L – Plantas completamente verde-amareladas, ladeadas por plantas sob subtração de Ca e

Mg (lado esquerdo), de B (ao fundo) e de Cu (à direita); M – morte e enegrecimento das infloresc (Ferreira et al., 2005b; Severino et al., 2008a). A 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). Em fase aguda, a deficiência de B leva ao engrossamento, deformação e redução do número de lóbulos; as folhas ficam pequenas e podem ocorrer necrose nas pontas dos lóbulos e nas margens do limbo foliar (Figura 9J); há superbrotamento e encurtamento dos entrenós (Figura 9L); e as necrose pode atingir a base da folha, na junção da lâmina com o pedúnculo (Figura 9M).

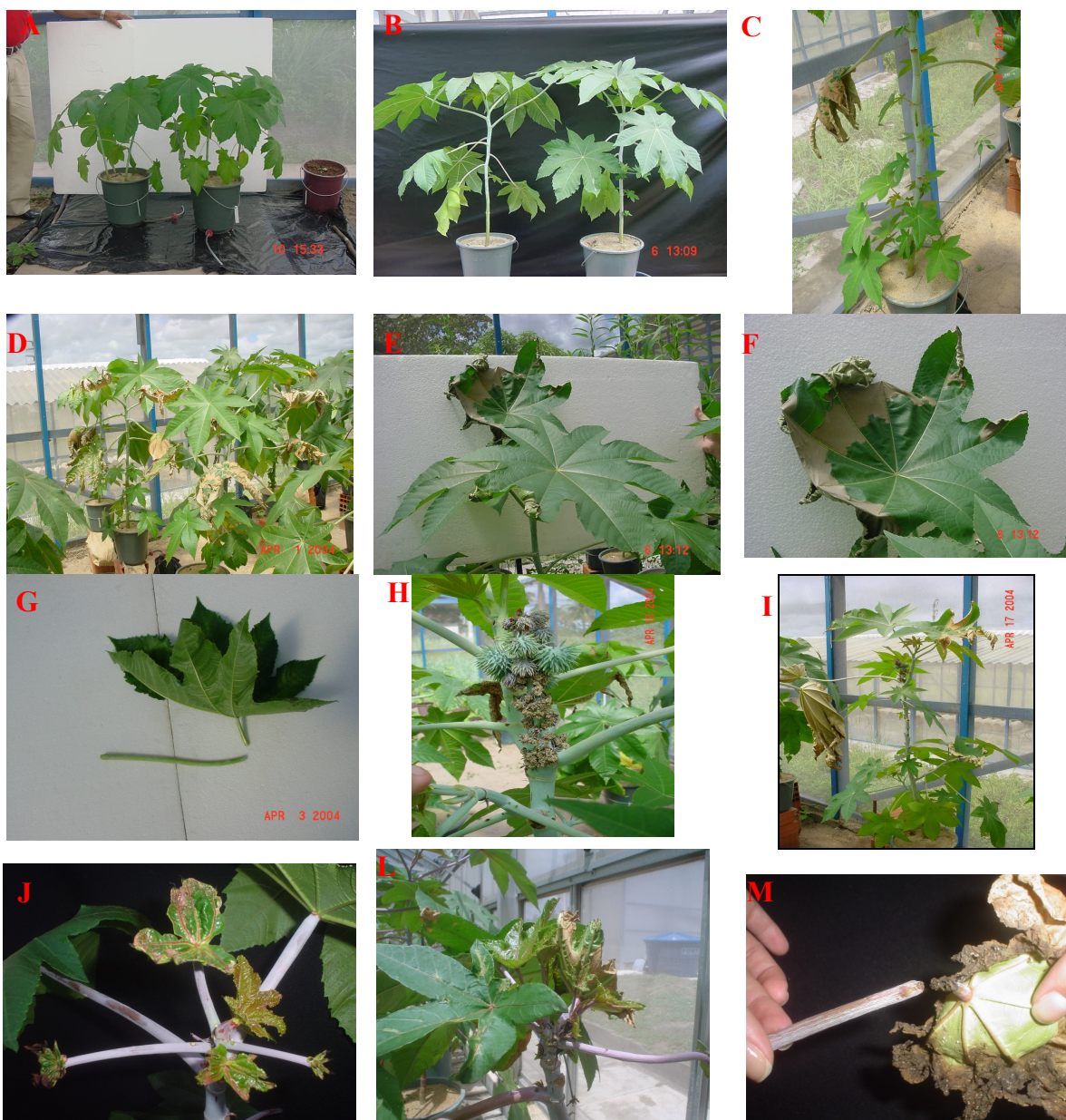


Fig. 9. Efeito da deficiência de boro sobre o crescimento e o desenvolvimento da mamoneira. A – aos 60 dae, tratamento completo à esquerda; B – idem anterior, aos 70 dae; C – superbrotamento do caule; D – secamento de folhas por maior sensibilidade ao déficit hídrico; E, F – detalhe da sensibilidade ao secamento de folhas; G – pecíolos quebradiços; H e I –

falha na frutificação, com abortamento, secamento ou queda de frutos; J – deformação e engrossamento nas folhas do ponteiro; L – encurtamento de internódios e superbrotamento; M – necrose da margem e da base da folha (Ferreira et al., 2005b; Severino et al., 2008b).

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 10E). 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 planta nos primeiros 30 dias de crescimento inicial (Tabela 7), apesar de não ser visível (Figura 9A). 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 frutos (Tabela 8). 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”.

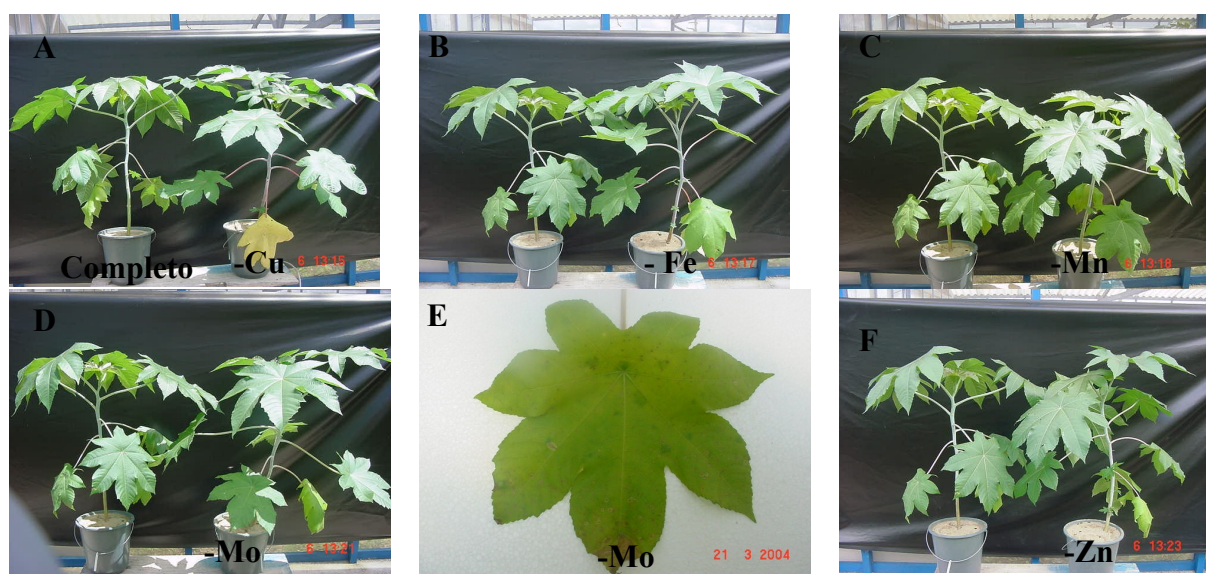


Fig. 10. Efeito da subtração de Cobre-Cu, Ferro-Fe, Manganês-Mn, Molibdênio-Mo e Zinco-Zn sobre o crescimento e o desenvolvimento da mamoneira. Completo (C)-Cu (A), -Fe(B), -Mn(C), -Mo(D) e -Zn(F) aos 60 dae, tratamento completo sempre à esquerda; E – clorose homogênea no limbo foliar com pontuações marrons espaças, provável deficiência de molibdênio. (Ferreira et al., 2005b).

Sintomas de deficiência de boro foram detectadas no campo por Paulo et al. (1989) no estado de São Paulo. Porém, foi Lange et al. (2005) quem mostrou em detalhe a evolução e os teores de nutrientes nas folhas em condição de deficiência dos micronutrientes (Figura 11). Os autores mostram que sob condição de deficiência aguda de micronutrientes os sintomas de Mn e Fe aparecem primeiro; na sequência aparecem os sintomas de B. Os sintomas de Cu, Zn e Mo são mais difíceis de serem caracterizados

Tabela 7. 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.

Fonte: Ferreira et al. (2005b).

Tabela 8. 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. Fonte: Ferreira et al. (2005b).

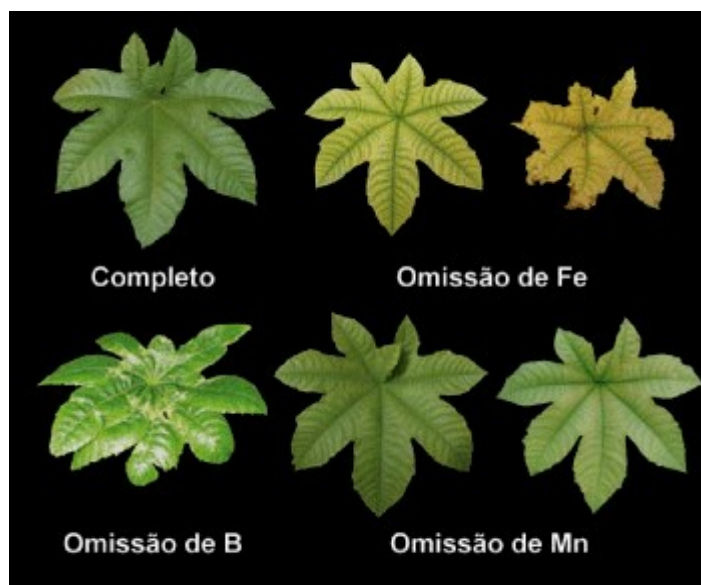


Fig. 11. Sintomas de deficiências de micronutrientes na cultura da mamona quando cultivadas em solução nutritivas completas e com omissão de B, Fe e Mn (Lange et al., 2005).

Os sintomas agudos de deficiência de boro se manifesta por deformação do limbo foliar, cujos lóbulos têm dificuldades em se diferenciar (Figura 11). As folhas do ponteiro têm crescimento reduzido, torna-se mais grossa e áspera ao tato e, então, há morte da gema apical. Na deficiência de ferro, as folhas mais novas desenvolve uma clorose amarelada com evidentes coloração verde das nervuras, numa típica rede fina sobre um fundo amarelo. Um pouco menos intensa, a deficiência de manganês desenvolve uma clorose internerval típica com uma rede verde mais grossa ao redor da nervura e um fundo verde-amarelado nos tecidos internervais. A deficiência de Cu desenvolve uma clorose variegada sobre a folha, com característica verde limão muito próxima da mostrada pela deficiência por enxofre e sem clorose interneval bem definida, como as mostradas por Fe e Mn. Ao contrário destes, a coloração não avança rapidamente de cima para baixo, amarelando toda a planta, como a deficiência de enxofre; também, não evolui de forma similar as deficiências de Fe e Mn. Malavolta e Freitas (2007), mostram fotos do experimento de Lange et al. (2005) onde fica clara que a deficiência de Molibdênio se manifesta de forma similar a de nitrogênio, com clorose generalizada de cima para baixo e perda de coloração verde nas folhas superiores da planta; as folhas inferiores se tornam arqueada e despencam sobre o caule, antes de se soltar do caule.

O resumos dos principais sintomas de deficiências e excessos na mamoneira são mostradas nas tabelas 9 e 10, onde também se faz uma primeira chave de identificação de deficiência na cultura da mamona.

Tabela 9. Resumo das deficiências de nutrientes na cultura da mamona

Nutriente	Sintomatologia
N	Forte redução do crescimento inicial ou mesmo sua paralização; clorose generalizada nas folhas mais velhas, com ou sem ilhas de pigmentos verde-escuros sobre o limbo; forte desfolhamento e clorose ascendente até o ponteiro. Morte da planta ou forte redução na produtividade.
P	Redução moderada no crescimento inicial; folhas com coloração verde-escura que rapidamente evolui para clorose amarelo-bronzada, com pigmentos esverdeados distribuído de forma razoavelmente homogênea sobre o limbo. Necrose nas bordaduras e enegrecimento das pontuações antes esverdeadas, seguida de amarelecimento e/ou queda das folhas. Pode haver ou não manchas esparsas no limbo da folha, que podem coalescer e tomar toda a folha. Morte da planta ou forte redução na produtividade.
K	Redução moderada no crescimento inicial. Clorose internerval nas folhas mais velhas, que rapidamente progride para clorose generalizada, com fechamento da folha, secamento, necrose e queda. Os sintomas continuam progredindo de baixo para cima até o ponteiro. Há grande desfolhamento e forte queda de produtividade.
Ca	Redução de crescimento. Morte acentuada das raízes. Clorose internerval nas folhas superiores novas, nas quais os bordos viram para a baixo. As folhas velhas rapidamente murcham e aparece mancha molhadas entre os lóbulos das folhas. Eventualmente, os lóbulos podem se diferenciar corretamente mas não consegue crescer normalmente.
Mg	Redução no crescimento. Clorose internerval nas folhas mais velhas, que avançam em direção ao centro de forma persistente, eventualmente há clorose no limbo com os bordos mantidos claramente mais esverdeados. A clorose pode progredir e tomar toda a folha, que fica arqueada sobre o caule, murcha, seca e caem. Eventualmente, as folhas ficam amareladas com pontuações esverdeadas nas regiões internervais.
S	Redução no crescimento. A folha mais nova adquire coloração verde-limão que logo se expande para as vizinhas maiores. A folha menor toma formato de taça ou copo e a clorose se acentua; as folhas vizinhas tem seus bordos virados para baixo e formato típico de chapéu de palhaço; as folhas podem ter necrose na ponta dos lóbulos, que evoluem para toda a margem, podendo provocar rasgadura. A clorose verde limão avança de cima para baixo, amarelando toda a planta. Há superbrotamento abundante na planta. A inflorescência enegrece e morre.
B	Em fase aguda, o crescimento é reduzido. As folhas mais novas se espessam e tornam-se ásperas ao tato e quebradiças; o pecíolo se quebra com facilidade. Os lóbulos não conseguem se diferenciar corretamente. O broto terminal morre. As folhas mais velhas tornam-se ressecadas com qualquer estresse hídrico. Mesmo em fase crônica, os frutos não se sustentam no cacho; há falha na fertilização das flores, na formação e na manutenção dos frutos no cacho. Eventualmente, o cacho pode ser mostrar retorcido. Em mamoneiras de porte médio, sob deficiência aguda, as primeiras folhas do ponteiro se enrugam, endurece e deformam, poucos lóbulos se desenvolve; há necrose nos ápices do lóbulos e/ou nas margens do limbo e/ou na base das folhas, que acabam caindo. Os internódios ficam curtos e ocorrem superbrotamento. O florescimento e frutificação é impedido ou fortemente prejudicado.
Cu	As folhas do ponteiro adquirem coloração verde-limão menos intensa do que na deficiência de enxofre, porém a clorose não avança. Não há o desenvolvimento de clorose internerval clara, como na deficiência de Fe e Mn.
Fe	As folhas do ponteiro ficam cloróticas e a clorose avança na região internerval deixando uma rede fina de nervuras verdes sobre um fundo amarelo.
Mn	As folhas do ponteiro ficam cloróticas e a clorose avança na região internerval deixando uma rede grossa de nervuras sobre um fundo amarelo-esverdeado.
Mo	Ocorre um clorose leve de baixo para cima na planta, que evolui muito lentamente. As folhas mais velhas tem clorose generalizada, similar a deficiência de nitrogênio. Em seguida, arqueiam sobre o caule, murcham e caem.

Tabela 10. Chave analítica para identificar problemas nutricionais na mamoneira

Sintomas	Causa provável
- Clorose generalizada nas folhas mais velhas	-N, -Mo, -K, -Mg
- Crescimento muito lento ou travado	-N, -P ou -K
- Clorose generalizada nas folhas mais velha, com rápida e acentuada queda de folhas e sem presença de clorose internerval típicas noutras folhas mais novas.	-N
- Clorose generalizada nas folhas mais velhas, com presença de clorose internerval, avançando pelas margens dos bordos em direção ao centro da folha. Próximo a margem do limbo, a clorose torna-se generalizada.	-K
- Manchas foliares oleosas nas folhas mais velhas associado com intensa falha na emergência; perda intensa de folhas velhas e manchas aquosas nas novas.	+N ou K
- Crescimento reduzido da planta, porém com folhas intensamente mais verde-escuro. Surgimento de pontuações negro-esverdeada sobre o limbo; clorose amarelo-bronze-enferrujada; necrose das margens das folhas; queda acentuada de folhas cloróticas, com manchas ferruginosas.	-P
- Clorose generalizada nas folhas mais velhas com presença de clorose internerval típica e persistente por toda a folha.	-Mg
- Clorose generalizada nas folhas mais velhas que avança muito lentamente para cima, com pouco desfolhamento, ligeira perda de cor verde de baixo para cima e ausência de folhas com clorose internerval.	-Mo
- Folha recém expandida com reviramento de bordo e clorose amarelada persistente; baixo crescimento; com superbrotamento; arqueamento de folhas sobre o caule, murchamento e queda. Folhas típicas de chapéu de palhaço, com presença de manchas aquosas entre os lóbulos.	- Ca
- Clorose verde-limão típica na folha mais nova que avança muito rapidamente para as folhas vizinhas, a qual podem adquirir o aspecto de chapéu de palhaço com bordos revirados para baixo. A folha mais nova tem aspecto de copo ou taxa. Plantas com crescimento reduzido.	- S
- Folhas mais novas com lóbulos indiferenciados, grossas e ásperas, com morte de gema apical ou superbrotamento visível; plantas adultas cujas folhas não resistem a murcha do meio-dia, não consegue se rehidratar e seca; quebra fácil do pecíolo. Cachos muito pequenos, com visível falha na fertilização; queda intensa de frutos novos; cacho tortuoso.	-B
- Folhas mais novas com clorose acentuada, formando uma rede fina típica sobre um fundo amarelado.	- Fe
- Folhas mais novas com clorose mediana a leve, formando uma rede grossa sobre um fundo verde-amarelado.	- Mn
- Folha recém expandida com lóbulo maior excessivamente desenvolvido, na forma de dedos; ligeira clorose na folha, com ou sem pontuações amareladas na região internerval.	- Zn
- Crescimento reduzido sem causa nutricional aparente	Compactação do solo
- Morte das raízes e murchamento da planta	Excesso de água
- Baixo crescimento, com sintomas generalizado de deficiência de diversos nutrientes no campo	Acidez excessiva
- Planta pequenas com raízes curtas, grossas e coralóides	+ Al

Diagnósticos de problemas nutricionais no campo

Em condições de campos, os problemas nutricionais aparecem de forma simultânea com outros fatores que também influenciam o desenvolvimento da planta e a produtividade. A ação desses fatores sobre a planta pode gerar quadro sintomático similar aos observados quando elas estão sob estresses nutricionais. Os principais fatores são: compactação do solo, excesso de água, ataque de doenças e pragas e, até mesmo, excesso de sol e falta de água. Abaixo são mostrados alguns casos comuns.

A planta de mamona tem crescimento rápido, assim é relativamente comum que os nutrientes móveis (N, K, P e Mg) das folhas mais baixas sejam remobilizados para a parte aérea, ocasionando um quadro de deficiência de nitrogênio (Figura 12 A). Neste caso, entretanto, as folhas mais acima permanecem com seu verde intenso característico. O mesmo ocorre quando há remobilização dos nutrientes para enchimento dos frutos (Figura 12 B). Nesses casos, a deficiência não é preocupante.



Fig. 12 – sintomas de deficiências ocasionado por redistribuição do nitrogênio das folhas mais velhas, tanto em plantas com rápido crescimento (A), como naquelas em fase de enchimento dos frutos (B). Campo Experimental Água Boa, Embrapa Roraima, Boa Vista/RR, 2007.

Em plantas submetidas a condições de anoxia leve (alagamento frequente, porém de curto prazo ou menor que cinco dias), as folhas mais velhas adquirem uma clorose generalizada e as plantas tem crescimento reduzido (Figuras 13 A e B). Esses sintomas também podem aparecer em plantas acometidas de ataque de cercóspora e antracnose, especialmente em solos arenosos pobres em matéria orgânica (Figuras 13 C e D). Neste

caso, uma adubação nitrogenada minora a situação da cultura, obviamente se associada a um controle efetivo da doença.



Fig. 13 – sintomas de deficiências ocasionado por redistribuição do nitrogênio das folhas mais velhas, em plantas sob estresse hídrico moderado (A e B) e em plantas sob ataque de cercóspora/antracnose, em solo arenoso com moderada deficiência de nitrogênio (C e D). Santa Cruz de la Sierra, Bolívia, 2005.

Tanto o alagamento permanente (> 7 dias consecutivos) quanto a compactação do solo podem levar a morte da planta ou em profunda atrofia no seu crescimento (Figura 14 A e B). Neste caso, deve manejar o solo para que não haja áreas de acumulação de água nem compactação ou adensamento natural. Geralmente, as plantas crescem normalmente nas áreas com adensamento natural, mas a partir do primeiro veranico seu crescimento radicular e da parte aérea é paralisado e elas podem morrer por falta de água. Isso é muito comum nas áreas menos chuvosas e de solos siltosos de Santa Cruz de la Sierra, Bolívia.



Fig. 14 – Redução do crescimento e morte de plantas de mamona sob condição estremada de anoxia durante alagamento prolongado (A) e em solo naturalmente compactado (B). Santa Cruz de la Sierra, Bolívia, 2005.

A cultura da mamona é exigente em correção da acidez do solo. Mesmo em áreas bem adubadas e manejadas, a ausência de correção em parte da gleba é facilmente percebida pela redução no crescimento das plantas (Figura 15 A e B).



Fig. 15 – área com faixa sem correção de acidez, com visível redução do crescimento das plantas jovens (A) e adultas (B). Campo Experimental Água Boa, Embrapa Roraima, Boa Vista/RR, 2007

A aplicação de nutrientes em cobertura, especialmente, N e K é importante para o pleno crescimento e produção da mamoneira, porém deve ser feito com cuidado para evitar toxidez na planta. O contato da uréia com as folhas ou mesmo a absorção exagerada de nutrientes postos muito próximo ao caule pode levar a um quadro de manchas molhadas nas folhas, que evoluem para necrose de parte ou de toda a folha, especialmente aquelas folhas ou regiões que mais transpiram (Figura A e B).

Adicionalmente, em solos pobres em magnésio, ou com teor muito próximo de $0,5 \text{ cmol/dm}^3$, a aplicação de doses elevadas de potássio pode levar a um quadro de deficiência temporária em magnésio (Figuras 16 C e 17 A a F) e, até mesmo, a necrose nas regiões marginais e internervais das folhas mais velhas. A aplicação de adubo em cobertura na mamona deve ser feita em sulco ou faixa paralela a linha de plantio, em uma distância superior a 30 cm do caule da planta. Apesar de um profundo sistema radicular pivontante, a mamoneira dispõe de extenso sistema radicular lateral, que podem alcançar mais de 1,5 m de distância da planta. Assim, não há necessidade de se por muito próximo o adubo da planta. A população de plantio da mamoneira é baixa, variando comumente de 3.333 a 10.000 indivíduos por hectare. Assim, a distribuição de adubo tende a levar quantidades muito alta de fertilizantes solúveis para cada planta, podendo até matá-la por toxidez e salinidade excessiva, sendo isto mais comum em solos arenosos.

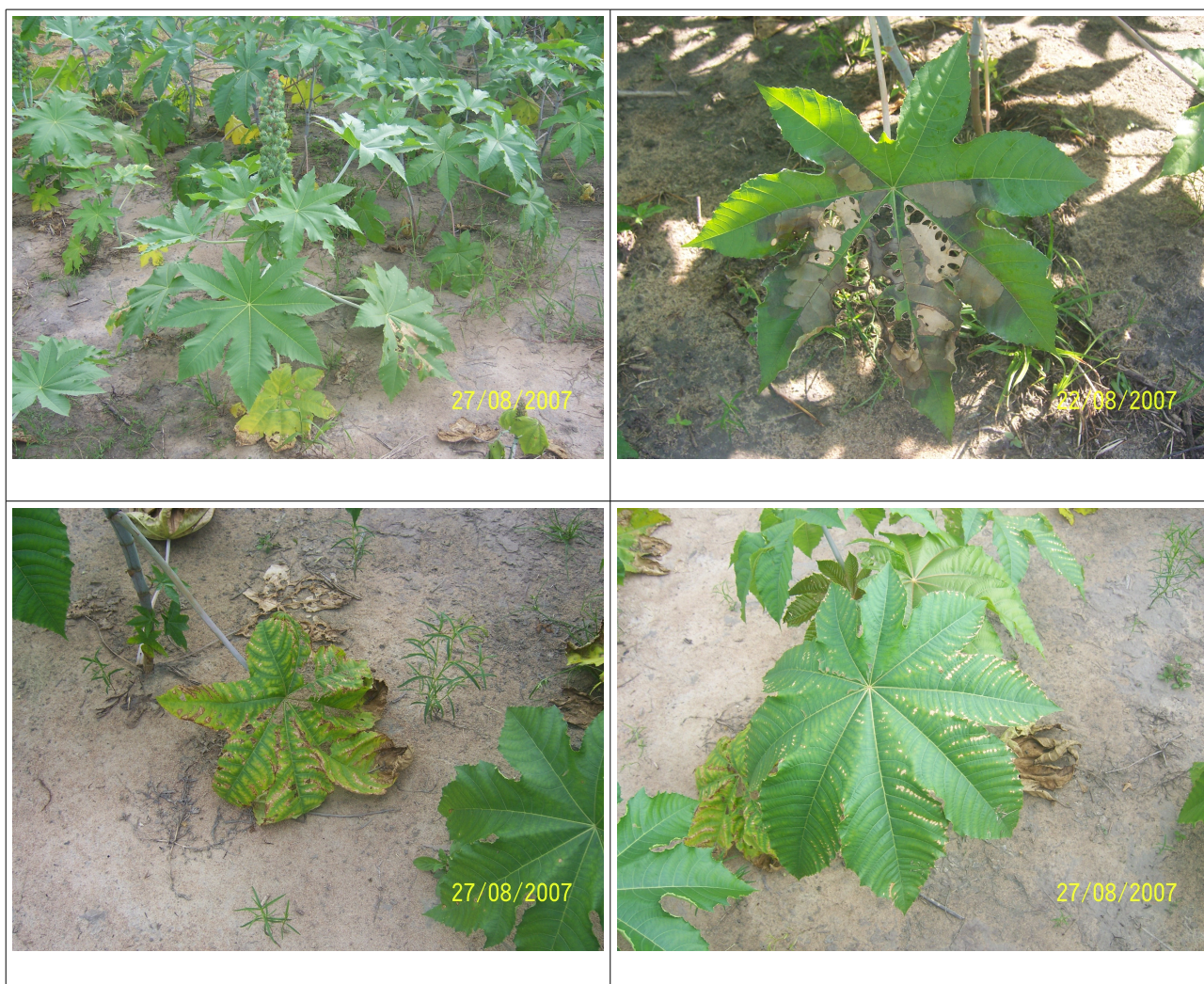


Fig. 16 – Aplicação de dose excessiva de uréia e cloreto de potássio em cobertura ou em contato com as folhas de mamona. A e B – Manchas necróticas, com halo molhado e escurecido, seguido de rachadura dos lóbulos nos tecidos internervais e morte das folhas; C – deficiência de magnésio induzida por excesso de potássio; D – necrose internerval e

interlobular devido ao excesso de potássio posto pela adubação próximo da planta. Campo Experimental Água Boa, Embrapa Roraima, Boa Vista/RR, 2007.

Os sintomas de deficiência de magnésio, induzidos por altos teores de potássio nas proximidades do sistema radicular da mamona (Figura 17 A-F), devem ser evitados através da elevação dos teores desse nutriente pela calagem, usando-se o calcário dolomítico. O teor de Mg trocável deve ser sempre superior a $0,7 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ e a aplicação de potássio deve ser feita sempre a lanço ou em linha contínua na lateral da linha de plantio. Idealmente, ele deve ser incorporado juntamente com o nitrogênio para evitar a perda deste último por volatilização. Entretanto, as raízes da mamoneira são superficiais e qualquer implemento que se aprofunde no solo mais de 3 cm pode facilmente provocar grandes danos ao sistema radicular. Assim, preferir aplicar os nutrientes a lanço quando houver umidade no solo suficiente para dissolvê-lo; se o controle do mato for manual, deve-se fazer a adubação imediatamente antes para poder cobrir os adubos com a enxada. Em geral, o sintoma se manifesta por uma clorose internerval persistente nas folhas mais velhas, que progride para cima, em direção do meristema apical da planta. A deficiência pode durar mais de 30 dias após a aplicação do potássio, porém tende a desaparecer com o crescimento normal do sistema radicular da planta. Perda de produtividade associada a esses sintomas ainda não foram quantificados, porém é possível que ocorra, especialmente nas variedades e híbridos de porte anão.

Sintomas de deficiência de micronutrientes é relativamente incomum nos campos de produção de mamona, entretanto eles podem ocorrer, seja pela indução por outros problemas (Figura 18 A a F), seja por deficiências do solo cultivado (Figura 19 e 20), especialmente para boro.

A ocorrência de pragas (cupins e broca), associado ou não com fusariose ou com encharcamento de solo, que danificam o sistema radicular e/ou o sistema vascular da planta leva a quadros diversos de deficiência de nutrientes na mamoneira. Na Figura 18 A e B mostra uma visão de campo onde houve excesso de água, ataque de fusariose (Figura 18 C) e ataque de cupim na mamoneira de porte anã. Observar que o sistema radicular é seriamente danificado, levando a morte da planta (Figura 18 C) e ao aparecimento de quadro sintomatológico de deficiência de cálcio (Figuras 18 D e E), de ferro (Figura 18 F, à esquerda) e de manganês (Figura 18 F, à direita). Neste caso, é necessário observar que a deficiência ocorre em pontos isolados da área e estão associados a áreas de alagamento ou a genótipos sensíveis a fusarium. Não são necessários tomar medidas de controle direta da deficiência, mas deve-se evitar áreas alagadas no campo e usar

genótipos tolerantes ou resistentes a fusariose e, possivelmente, nematóides. Em todo caso, é sempre bom corrigir o pH do solo (em água) para 5,5 a 6,5 e fazer uma boa

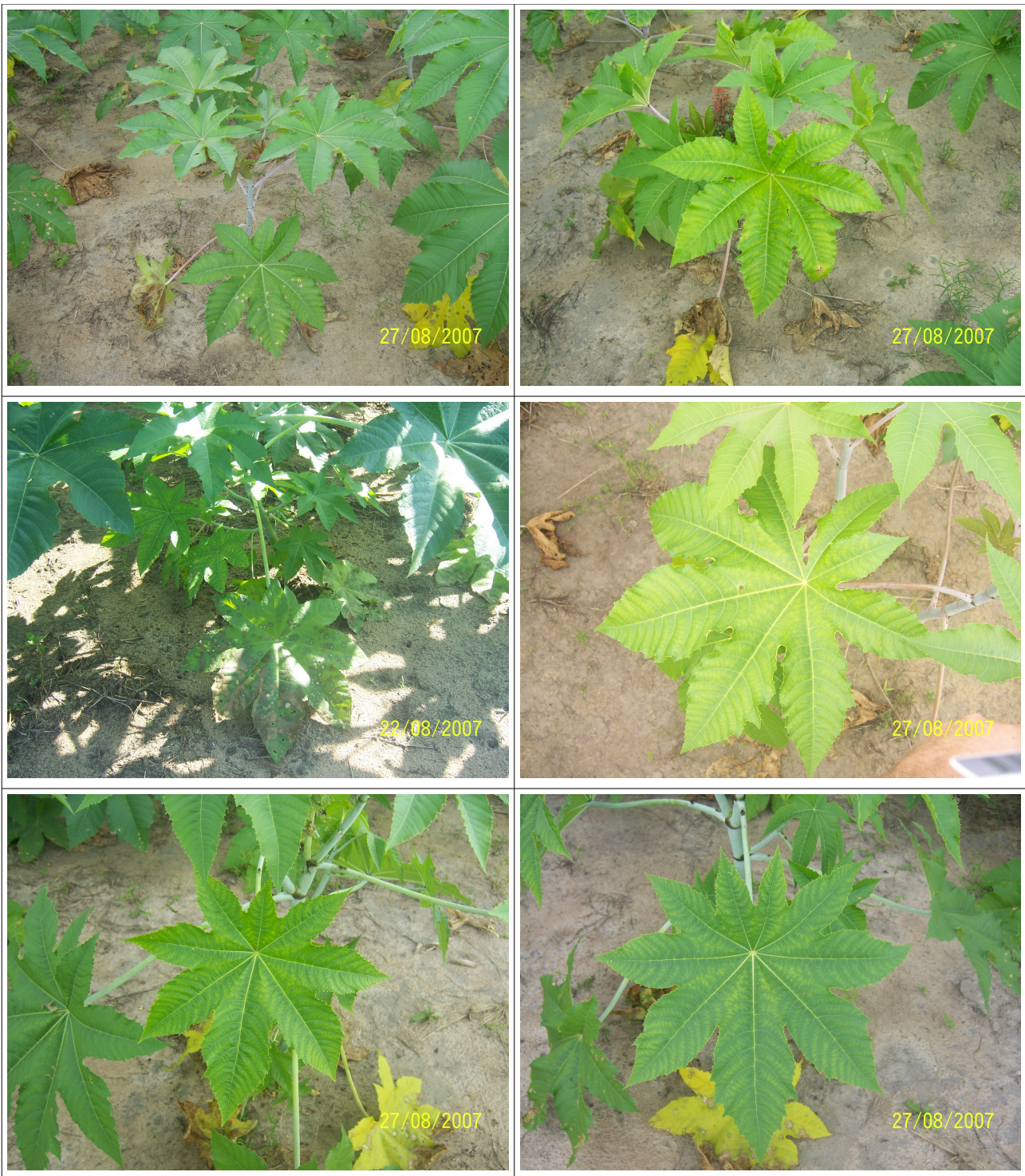


Fig. 17 – Clorose internerval nas folhas mais velhas possivelmente associada com dose alta de potássio em cobertura em solo com baixo teor de magnésio. Gradiente de baixo para cima (A, B e C), clorose internerval típica persistente desde a margem até o centro da folha, em todos os lóbulos (D, E e F). As folhas queimadas por excesso de nitrogênio denotam aplicação recente de adubação NK em cobertura. Campo Experimental Água Boa, Embrapa Roraima, Boa Vista/RR, 2007.



Fig. 18 – Morte de plantas de mamona associada à ocorrência de excesso de água, com possível ataque de fusariose e cupim. A – visão geral do genótipo mais sensível; B – Morte do sistema radicular, associado ao ataque de cupim; C – aspecto típico de planta atacada por fusariose; D, E – planta com sintomas típicos de deficiência de Cálcio, clorose marginal, folhas do ponteiro deformada, com pontas necrosadas. Clorose internerval, com rendilhamento típico de deficiência de Mn. F – planta com clorose amarelada em reticulado fino sobre fundo amarelado, típica de deficiência de Fe (planta da direita); e planta com reticulado grosso sobre fundo clorótico verde amarelado, típico de deficiência de manganês (à direita).

adubação de base com micronutrientes baseado na análise da terra. Se não tiver disponível, a aplicação de 2 kg/ha de B e de Cu, 5 kg/ha de Mn e Zn e 0,4 kg/ha de molibdênio é suficiente para um cultivo por longos anos sem maiores aborrecimento, exceto pela reaplicação anual de 0,5 a 1,0 kg/ha de boro na adubação de plantio..

A deficiência de boro é relativamente mais comum no campo, embora não tenha ocorrido de forma sistemática em toda a gleba cultivada do Campo Experimental Água Boa. Possivelmente, a distribuição do adubo de fundação, que continha FTE BR – 12 (25 kg/ha, 1,8% de B), não foi homogênea na área, ocasionando plantas com deficiência no nutriente (Figuras 19 A e B). O sintoma típico de deformação da folha, endurecimento de tecido, indiferenciação correta dos nódulos é relativamente comum no genótipos testados. No híbrido savana também se encontrou esse sintoma em Santa Cruz de la Sierra, Bolívia, em visita técnica feita naquela região em 2005 (Figura 20 A).



Fig. 19 – Deficiência crônica de boro em solo de cerrado de Roraima. Campo Experimental Água Boa, Embrapa Roraima, Boa Vista/RR, 2007.

Também foram encontrados na Bolívia, em cultivos extensivos, a presença de deficiências prováveis de ferro e manganês (Figura 20 B e C, respectivamente), porém ocorrendo em plantas isoladas na área e em frequência muito pequena. Clorose das folhas mais novas, associadas a necrose e manchas esverdeadas também foram observadas em algumas plantas do híbrido savana. Provavelmente são mutações genéticas não necessariamente associadas a ocorrência de deficiência nutricional.



Fig. 20 – Possível deficiência de boro (A), ferro (B), manganês (C) anomalia genética em plantas de mamoneira, híbrido savana, solos arenosos. Santa Cruz de la Sierra, Bolívia, 2005.

Controle de deficiências minerais na cultura da mamona

O melhor controle de deficiências de nutrientes na cultura da mamona é feita pela adubação mineral e orgânica baseada na análise do solo, aplicada no plantio e em cobertura, no período do florescimento. Não há dados na literatura sobre adubação foliar na cultura e o uso de pulverizações devem ser restrita a condições bem específicas para evitar queima generalizada das folhas. Usar sempre soluções mais diluídas do que o recomendado para outras culturas até que se tenha trabalhos mais detalhados com indicações de concentrações específicas.

Em geral, é necessário que se faça uma boa correção da acidez do solo para que a mamona possa desenvolver todo seu potencial. Assim, o uso de calcário para corrigir a camada superficial do solo, para atingir uma saturação por bases trocáveis (Ca, Mg e K) de 60% da CTC a pH 7,0, é obrigatório se se deseja ter boas produtividades em solos

ácidos; em havendo veranicos na região, é essencial corrigir o perfil com gesso agrícola, onde se recomenda aplicar 50 kg de $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ para cada 1% de argila do solo.

Para as condições de solo de região semi-árida e cultivo em sequeiro, o uso das doses de nutrientes especificadas na Tabela 11 permite a obtenção de boas produtividades. Porém, para condições de solos ácidos típicos de mata e cerrado brasileiros o uso das adubações prescritas nas Tabelas 12 e 13 é mais apropriada. Em todo caso, é recomendado aplicar uma adubação corretiva de micronutrientes e, onde o solo apresentar mais de 3% de matéria orgânica, deve-se suspender a adubação mineral nitrogenada no plantio e só aplicar em cobertura se o crescimento da planta for menor do que o esperado.

Tabela 11. Recomendação de adubação para a região semi-árida do Brasil

Teor no solo	Plantio	Cobertura
	----- kg/ha -----	
	Nitrogênio (N)	
(Não analisado)	15	20
	Fósforo (P_2O_5)	
---- mg/dm^3 de P_Mehlich-1----		
<11	50	-
11-20	40	-
>20	30	-
	Potássio (K_2O)	
--- cmol/dm^3 de P_Mehlich-1--		
<0,12	40	-
0,13-0,23	30	-
>0,23	20	-

Obs.:

1. A fertilização de cobertura deverá ser realizada 50 a 80 dias após a germinação (ou no início do florescimento), utilizando o sulfato de amônio, preferencialmente.

2. Aplicar boro (1,0 kg/ha), cobre (0,5 kg/ha), manganês (1 kg/ha), molibdênio (0,4 kg/ha) e zinco (1 kg/ha) no primeiro ano de plantio em área nova; repetir a aplicação de 1 kg/ha/ano de boro até que a análise de solo acuse valor de B maior ou igual a 0,5 mg/dm^3 .

3. Se disponível, o autor recomenda a aplicação de até 15 m^3/ha de esterco curtido ou 2-4 m^3/ha de esterco de galinha ou torta de mamona. Neste caso, suspender a adubação nitrogenada ou aplicar apenas metade do previsto em cobertura.

Fonte: Fontes & Coutinho (1998); Severino et al. (2006), com adaptações.

Tabela 12. Recomendação de adubação para a cultura da mamoneira

P_Resina, mg/dm ³	K ⁺ , mmol/dm ³		
	0,0-0,7*	0,8- 1,5	>1,5
	----- kg/ha de N-P ₂ O ₅ -K ₂ O-----		
0-6*	15-80-40	15-80-30	15-80-20
7-15	15-60-40	15-60-30	15-60-20
>15	15-40-40	15-40-30	15-40-20

*Extrator Resina de troca iônica

OBS.:

1.a adubação de cobertura é feita na quantidade de 30 a 60 kg/ha de N, aplicado aos 50 dias da germinação (preferencialmente, na emissão da inflorescência). A calagem é recomendada com base na saturação de bases, para 60%, e deve ser feita com a antecipação de dois a três meses antes do plantio.

2.Deve-se aplicar uma correção com micronutrientes de: boro (2,0 kg/ha), cobre (2 kg/ha), manganês (6 kg/ha), molibdênio (0,4 kg/ha) e zinco (6 kg/ha) no primeiro ano de plantio em área nova; aplicar a lanço em área total ou aplicar 1/3 da dose indicada no sulco de plantio por três anos consecutivos; repetir a aplicação de 1 kg/ha/ano de boro até que a análise de solo acuse valor de B maior ou igual a 0,5 mg/dm³. Reaplicar todos os nutrientes após 4 anos de cultivo sucessivo no área ou quando os teores da análise de solo ou de planta estiverem baixo.

Fonte: Savy Filho (2005a); Galrão (2004), com adaptações.

Tabela 13. Interpretação e recomendação de adubação com micronutrientes para o cerrado*

Teor	Interpretação*				Recomendação de adubação***			
	Boro	Cobre	Manganês	Zinco	Boro	Cobre	Manganês	Zinco
	----- mg/dm ³ -----				----- kg/ha -----			
Baixo	0-0,2	0-0,4	0-1,9	0-1,0	0,7	0,7	2,0	2,0
Médio	0,3-0,5	0,5-0,8	2,0-5,0	1,1-1,6	0,5	0,5	1,5	1,5
Alto	>0,5	>0,8	>5,0	>1,6	0	0	0	0

Obs.: *Adubação feita na linha de plantio. **Boro (extrator água quente); cobre, manganês e zinco (Mehlich-1).

***Aplicar também 0,4 kg de molibdênio, em área total, ou no período de 3 anos consecutivos.

Fonte: Galrão (2004).

Deve-se fazer o acompanhamento do estado nutricional da cultura para ajuste na adubação, se for necessário. Em geral, os teores mostrados no limbo da folha recém expandida do caule principal, no início do florescimento, com os valores apresentados na Tabela 14 são considerados adequados.

Tabela 14. Teores de Macro e micronutrientes no limbo da folha recém expandida, na época do florescimento, considerados adequados para o estado nutricional da mamoneira

Status	N	P	K	Ca	Mg	S
	----- g/kg -----					
Adequado	40-50	3,0-4,0	30-40	15-25	2,5-3,5	3,0-4,0
	B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn
	20-30	4-10	25-100	20-150	-	15-40

Fonte: Oliveira (2004).

Resumo e Conclusões

A cultura da mamona é exigente em nutrientes e mostra facilmente sintomas de deficiência de macro e micronutrientes quando cultivada sob solo pobre. Apesar de alguns sintomas se manifestarem sob condições diversas daquelas causadoras da deficiência em grandes áreas, seus sinais visíveis são razoavelmente acurados para diagnóstico do nutriente deficiente.

A mamona tem forte demanda por nitrogênio para seu crescimento e produção de área foliar. Quando crescida sob deficiência, forte redução no crescimento e baixa estatura são observadas. As plantas adultas iniciam a deficiência visual por um amarelecimento nas folhas inferiores que podem ou não se iniciar pelas nervuras, mas invariavelmente alcança rapidamente toda a folha, que tomba sobre o caule, fecha-se sobre a face superficial e cai. Forte gradiente de perda de cor das folhas inferiores para o ápice é observado, seguido de queda prematura da folhagem. A frutificação, quando ocorre, é fraca com poucos cachos e frutos com peso abaixo do esperado.

A mamona cresce lentamente sob deficiência de P ou K. A deficiência de P aparece primeiro, com folhas fortemente esverdeada que sofrem clorose no tecido paralelo à nervura, isolando tecido internerval esverdeado; em seguida, as folhas viram os bordos para baixo, necrosam as margens, adquirem coloração verde-bronzeado, escurecem e caem. Manchas verdes também podem ocorrer no limbo foliar. A deficiência visual de potássio, aparece após os 30 dias com clorose internerval e enrugamento da lâmina, seguida de clorose nos bordos superiores da folha, que avançam no sentido horário e alcançam toda a lâmina, tornando-a amarelada; as folhas secam nas bordas, murcham e se enrolam sobre sua face superior, caem sobre o caule e se destacam da

planta. Clorose marginal avançando para o centro da folha também é comum em condição de deficiência aguda. Reduções de até 60% na produtividade de frutos já foram observadas em condições de deficiência marginal.

A deficiência de Ca e Mg promovem redução no crescimento da mamona. A deficiência de Ca se manifesta de forma parecida com a de enxofre, com clorose no ponteiro que se estende para baixo, porém mantém as nervuras esverdeadas e não chega a atingir toda a planta. Morte das raízes finas, murchas de folhas e necrose marginal também foram observados. Clorose marginal com encurvamento dos bordos para baixo também é comum e um leve clorose internerval pode aparecer. A produtividade final pode ser reduzida em 91%. Sintomas típicos podem se confundir com os sintomas de fusariose, porém este ocorre em reboleiras ou áreas alagadas. A deficiência de Mg se manifesta nas folhas inferiores por uma clorose internerval que avança sobre a folha, amarelando-a, ressecando-a e provocando a sua queda. Algumas vezes a clorose toma toda a folha, deixando pigmentos esverdeados sobre a região internerval. A clorose avança de baixo para cima na planta e provoca redução de até 70% na produtividade de frutos. Possível deficiência de magnésio, em solos pobres, induzidas por adubação potássica tem sido observada no campo.

A mamona cresce lentamente sob deficiência de S, com pouca ou nenhuma redução sob deficiência de micronutrientes no substrato, exceto em condições de deficiência crônica. A deficiência de S provoca clorose limão 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. Enegrecimento da inflorescência e falha na frutificação pode acontecer. A deficiência de boro se manifesta pela maior sensibilidade ao estresse hídrico, pecíolos quebradiços e falhas na fertilização e frutificação. Enrugamento, endurecimento, deformação, aparecimento de poucos lóbulos ou sua falta de diferenciação adequada, com necrose das pontas dos lóbulos e nas margens do limbo, seguida de morte do ponteiro. A deficiência de ferro ocorre nas folhas do ponteiro e se caracteriza por uma rede fina de nervuras sobre um fundo de tecidos cloróticos; a deficiência de manganês se caracteriza por uma rede grossa de nervuras sobre um fundo clorótico levemente esverdeado. A deficiência de cobre se manifesta por um perda de coloração verde típica, similar a clorose verde-limão da deficiência de enxofre, porém com progressão muito lenta e o tecido com coloração variegada, com áreas mais verdes e áreas mais amareladas. A deficiência de molibdênio ocorre de forma muito parecida com a de nitrogênio, porém em estágio mais avançado na planta e sem redução inicial de

crescimento. Perdas substanciais de produtividade ocorrem sob deficiência de B, S e Cu. A deficiência de Zn não foi observada claramente ainda na literatura.

A chave apropriada para diagnóstico visual de deficiência em mamona foi estabelecida, assim como tabelado as principais causas de distúrbio nutricional na cultura.

A correção da acidez do solo e a adubação adequada com macro e micronutrientes são as formas mais apropriadas para se manter a cultura dentro do estado nutricional adequado. Sintomas de distúrbio nutricional no campo podem ser razoavelmente interpretados com os dados reunidos neste trabalho.

BIBIOGRAFIA 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. Campina Grande: Embrapa Algodão; Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2001. p.121-160.

BELTRÃO, N.E. de M.; CARTAXO, W.V.; PEREIRA, S.R. de P.; SOARES, J.J.; SILVA, O.R.R.F. O cultivo sustentável da mamona no semi-árido brasileiro. Campina Grande, PB: Embrapa Algodão, 2005. 23p. (Embrapa Algodão. Circular técnica, 84).

CANECCHIO FILHO, V.; FREIRE, E.S. Adubação da mamoneira: experiências preliminares. *Bragantia*, 17:243-259, 1958.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Primeiro Levantamento de Safra_2008/2009: indicação de plantio. Outubro/2008. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/1_levantamento_out2008.pdf> Acessado em: 02.12.2008.

FERREIRA, G.B.; BELTRÃO, N.E. de M.; SEVERINO, L.S.; GONDIM, T.M. de S.; PEDROSA, M.B. A cultura da mamona no cerrado: riscos e oportunidades. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2006. 70p. (Embrapa Algodão. Documentos, 149)

FERREIRA, Magna Maria Macedo, FERREIRA, G.B., SANTOS, Adele Cristina Martins, XAVIER, Regina Monteiro, SEVERINO, Liv Soares, BELTRÃO, Napoleão Esberard de

Macedo, DANTAS, José Pires, MORAES, Cássia Regina de Almeida
DEFICIÊNCIA DE ENXOFRE E MICRONUTRIENTES NA MAMONA (*Ricinus communis* L.): DESCRIÇÃO E EFEITO SOBRE O CRESCIMENTO E A PRODUÇÃO DA CULTURA
In: I Congresso Brasileiro de Mamona: Energia e Sustentabilidade, 2004b, Campina Grande – PB.

FERREIRA, G.B., SANTOS, Adele Cristina Martins, XAVIER, Regina Monteiro, FERREIRA, Magna Maria Macedo, SEVERINO, Liv Soares, BELTRÃO, Napoleão Esberard de Macedo, DANTAS, José Pires, MORAES, Cássia Regina de Almeida
DEFICIÊNCIA DE FÓSFORO E POTÁSSIO NA MAMONA (*Ricinus communis* L.): DESCRIÇÃO E EFEITO SOBRE O CRESCIMENTO E A PRODUÇÃO DA CULTURA In: I Congresso Brasileiro de Mamona: Energia e Sustentabilidade, 2004a, Campina Grande - PB.

GALRÃO, E.Z. Micronutrientes. In: SOUSA, M.G. de; LOBATO, E. **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2.ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p.185-226.

HOAGLAN, D.R. & ARNON, D.I. The water culture methods for growing plants without soil. Calif. Agric. Expeta. Sta. Bull. 766, 32p. , 1950.

JESCHKE, W., KIRKBY, E. , PEUKE, A., PATE, J., HARTUNG, W. Effects of P deficiency on assimilation and transport of nitrate and phosphate in intact plants of castor bean *Ricinus communis* L. Journal of Experimental Botany, 48: 75-91, 1997.

JESCHKE, W., PEUKE, A., KIRKBY, E., PATE, J., HARTUNG, W. Effects of P deficiency on the uptake, flows and utilization of C, N and H₂O withim intact plants of *Ricinus communis* L. Journal of Experimental Botany, 47: 1737-1754, 1996.

LANGE, A.; MARTINES, A.M.; SILVA, MAC.; SORREANO, M.C.M.; CABRAL, C.P.; MALAVOLTA, E. Deficiências de micronutrientes no estado nutricional da mamoneira cultivar íris. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.40, n.1, p.145-151, 2005.

LAVRES JR., J.; BOARETTO, R.M.; SILVA, M.L.S.; CORREIA, D.; CABRAL, C.P.; MALAVOLTA, E. Deficiências de macronutrientes no estado nutricional da mamoneira cultivar Íris. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.40, n.2, p.145-151, 2005.

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.

MILANI, M. NÓBREGA, M.B. de; GONDIM, T.M. de S. et al. BRS Energia. Campina Grande, PB: Embrapa Algodão, 2007. Folder.

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, 28: 323-337, 1971.

OLIVEIRA, S.A. de. Adubação foliar. In: SOUSA, M.G. de; LOBATO, E. **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2.ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p.245-256.

PEUKE, A.; GLAAB, J.; KAISER, W., JESCHKE, W. The uptake and flow of C, N and ions between roots and shoots in *Ricinus communis* L. IV. Flow and metabolism of inorganic nitrogen and malate depending on nitrogen nutrition and salt treatment. Journal of Experimental Botany, 47, 377-385, 1996.

PEUKE, A.D., JESCHKE, W.D., HARTUNG, W. Flows of elements, ions and abscisic acid in *Ricinus communis* and site of nitrate reduction under potassium limitation. Journal of Experimental Botany, 53(367): 241-250, 2002.

RAIJ, B.V., CANTARELLA, H., QUAGGIO, J.A., FURLANI, A.M.C. (Eds). Recomendação de adubação e calagem para o estado de São Paulo. 2.ed. Campinas: Instituto Agrônomo e Fundação IAC, 1996. 285p. (Boletim Técnico, 100)

SANTOS, Adele Cristina Martins, FERREIRA, G.B., XAVIER, Regina Monteiro, FERREIRA, Magna Maria Macedo, SEVERINO, Liv Soares, BELTRÃO, Napoleão Esberard de Macedo, DANTAS, José Pires, MORAES, Cássia Regina de Almeida DEFICIÊNCIA DE CÁLCIO E MAGNÉSIO NA MAMONA (*Ricinus communis* L.): DESCRIÇÃO E EFEITO SOBRE O CRESCIMENTO E A PRODUÇÃO DA CULTURA In: I Congresso Brasileiro de Mamona: Energia e Sustentabilidade, 2004b, Campina Grande – PB.

SANTOS, Adele Cristina Martins, FERREIRA, G.B., XAVIER, Regina Monteiro, FERREIRA, Magna Maria Macedo, SEVERINO, Liv Soares, BELTRÃO, Napoleão Esberard de Macedo, DANTAS, José Pires, MORAES, Cássia Regina de Almeida

DEFICIÊNCIA DE NITROGÊNIO NA MAMONA (*Ricinus communis* L.): DESCRIÇÃO E EFEITO SOBRE O CRESCIMENTO E A PRODUÇÃO DA CULTURA In: I Congresso Brasileiro de Mamona: Energia e Sustentabilidade, 2004a, Campina Grande - PB. FONTES, R.V.; COUTINHO, J.L.B. Mamona (*Ricinus communis* L.). In: CAVALCANTI, F.J. de. A.; SANTOS, J.C.P. dos; PEREIRA, J.R. et al. **Recomendações de adubação para o estado de pernambuco – 2a. Aproximação.** 2. ed. rev. Recife: IPA, 1998. p.155.

SAVY FILHO, A. Mamona: tecnologia de produção. Campinas: EMOPI, 2005a. 105p.

SAVY FILHO, A. Mamoneira: técnicas de cultivo. Campinas, O Agrônomo, 53(1), s/p, 2001.

SEVERINO, L.S.; FERREIRA, G.B.; MORAES, C.R.de; GONDIM, T.M. de S.; FREIRE, W.S. de A.; CASTRO, D.A. de; CARDOSO, G.D.; BELTRÃO, N.E. de M.

SEVERINO, Liv Soares, SANTOS, F.D.S. dos, FERREIRA, G.B., MORAES, Cássia Regina de Almeida, SAMPAIO, L.R., FREIRE, M.A.O., ALMEIDA, D.M., SOFIATTI, V., BELTRÃO, Napoleão Esberard de Macêdo. Descrição dos sintomas de deficiência nutricional na mamoneira. 1 Nitrogênio, Fósforo, Enxofre e Magnésio In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 3., 2008, Salvador, BA.

SMIDERLE, Oscar José ; FERREIRA, Gilvan Barbosa . Competição de genótipos de mamona em área de cerrado de Roraima. In: Congresso Brasileiro de Plantas Oleaginosas, Óleos, Gorduras e Biodiesel, 5, 2008, Lavras. Anais Completos. Lavras : UFLA, 2008.

SMIDERLE, Oscar José ; NASCIMENTO JUNIOR, Alfredo ; DUARTE, Otoniel Ribeiro . Cultivo da mamoneira nas savanas de Roraima. (Comunicado Técnico, 4). Boa Vista: Embrapa Roraima, 2001.

SMIDERLE, Oscar José ; NASCIMENTO JUNIOR, Alfredo ; MATTIONI, José Alberto M . Indicações técnicas para o cultivo da mamoneira no estado de Roraima. (Circular Técnica, 04) . Boa Vista: Embrapa Roraima, 2002b.

SMIDERLE, Oscar José ; NASCIMENTO JUNIOR, Alfredo . Indicação de Cultivares de Mamona para Cultivo em Roraima. (Comunicado Técnico, 03). Boa Vista: Embrapa Roraima, 2002a.

SOUZA, E.A.; NEPTUNE, A.M.L. Resposta da cultura de *Ricinus communis* L à adubação e calagem. Científica, 4(3):274-281, 1976.

Embrapa

Roraima

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA,
PECUÁRIA E ABASTECIMENTO

