



I CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA

Energia e Sustentabilidade

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

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

Gilvan Barbosa Ferreira¹, Adele Cristina Martins Santos², Regina Monteiro Xavier², Magna Maria Macedo Ferreira³, Liv Soares Severino¹, Napoleão Esberard de Macedo Beltrão¹, José Pires Dantas², Cássia Regina de Almeida Moraes⁴. (1) Embrapa Algodão, R. Osvaldo Cruz, 1143, C.P. 174, Centenário, 58107-720, Campina Grande-PB, e-mail: gilvanbf@cnpa.embrapa.br, nbeltrao@cnpa.embrapa.br, liv@cnpa.embrapa.br, (2) Universidade Estadual da Paraíba; (3) Bolsista de DCR da FAPESQ/CNPq; (4) Eng. Agrônoma, DS, Bolsista DCR-CNPq.

RESUMO

A deficiência de fósforo e potássio ocorre em condições de cultivo sob baixo uso de insumo, dada a forte demanda das culturas por esses nutrientes, reduzindo a produtividade da mamona cultivada por agricultores familiares. 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 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. Fotos desses sintomas são mostradas no texto.

INTRODUÇÃO

A cultura da mamona 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 minerais podem estar contribuindo para esse quadro, ao menos nos anos de melhor pluviosidade. Depois do nitrogênio, o fósforo e o potássio são os elementos mais limitantes nos solos brasileiros.

Nos Estados de São Paulo e Minas Gerais têm sido obtidas produtividades de até 2.500 kg/ha, sendo comum a produtividade 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



I CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA

Energia e Sustentabilidade

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

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. Isto mostra que a mamona tem alto requerimento de nutrientes, especialmente de potássio, para dar uma produtividade adequada. 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).

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 (fosfolípidios), 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 foi 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



I CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA

Energia e Sustentabilidade

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

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). Não foi encontrada na literatura descrição de sintomas visuais da deficiência.

A caracterização visual dos sintomas de deficiência de fósforo e potássio 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. Portanto, objetivou-se, com este trabalho, 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 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 cultivados 10 repetições do tratamento completo até os 30 dae. A partir do qual, dois



I CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA

Energia e Sustentabilidade

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

vasos foram deixados sem reposição de N (C-N2), de P(C-P2) e de K (C-K2), para acompanhar os sintomas nas plantas adultas.

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.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A deficiência de P e K é visível quando comparada ao tratamento completo, cerca de 15 a 30 dias após a germinação da cultura. As plantas crescem lentamente sem aparentar qualquer sintoma visual de deficiência nas folhas (Figuras 1A e B, 2A). A deficiência de fósforo se manifesta primeiro do que a de potássio, ocorrendo um verde intenso nas folhas mais velhas (Figura 1C). A deficiência visual de potássio ocorre após os 30 dias, com o aparecimento de necrose molhada sobre a folha (Figura 2B) 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.

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 1A, 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 1D). Estas folhas adquirem uma tonalidade verde-bronzeada (Figura 1E), inclinam suas bordas para baixo e sofrem necrose marginal, escurecimento da lâmina foliar e se destacam da planta (Figuras 1F, 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 1I).





I CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA

Energia e Sustentabilidade

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

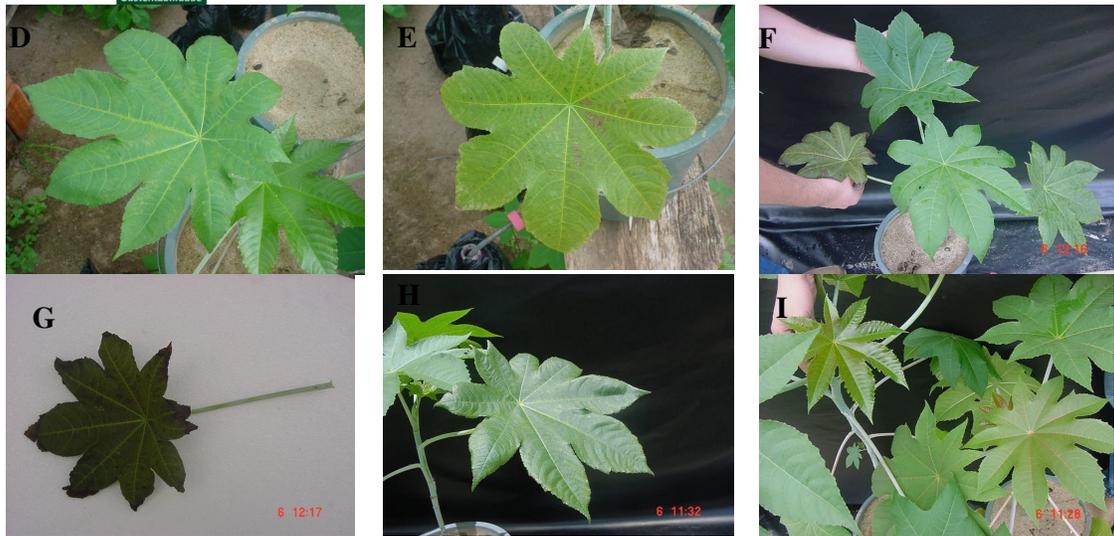


Figura 1. Efeito da deficiência de fósforo sobre o crescimento e o desenvolvimento da mamoneira. A e B – aos 30 e 60 dae, tratamento completo à esquerda; C – Coloração verde intenso da folhagem; D – Clorose mosqueada, com áreas de cor verde intenso ilhada por tecido clorótico, especialmente ao redor 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.

Nas plantas de mamona com suprimento de fósforo até 30 dae, não se verificaram sintomas visuais subsequente de deficiência de fósforo, exceto pelo crescimento reduzido quando comparado com o tratamento completo.

Os sintomas visuais nas folhas de deficiência de K se estabelecem a partir dos 30 dae, especialmente em plantas que tiveram suspenso o suprimento desse nutriente. As folhas inferiores começam a aparentar uma clorose interveinal verde-amarelo-claro (Figura 2C), que evoluem para clorose nos lóbulos superiores das folhas (Figura 2D). Essa clorose evolue no sentido horário e alcança toda a folha (Figura 2D, E, F e G), a qual resseca as bordas, murcha e se fecha sobre sua face superior (Figura 2H e I). Em seguida, destaca-se da planta e cai.





I CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA

Energia e Sustentabilidade

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

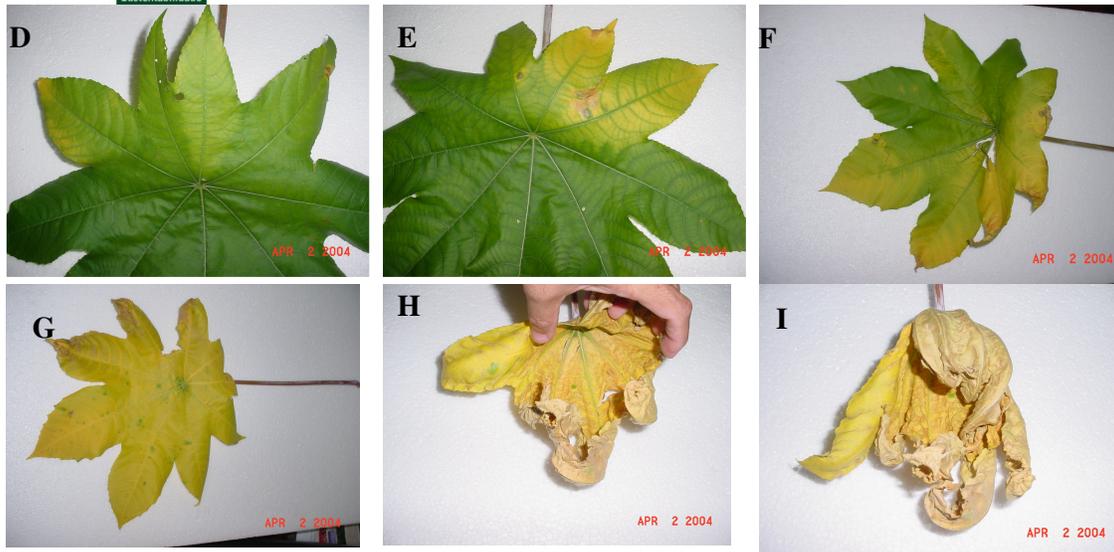


Figura 2. Efeito da deficiência de potássio sobre o crescimento e o desenvolvimento da mamoneira. A – aos 60 dae, tratamento completo à esquerda; B – necrose molhada entre as nervuras que evoluem para morte, secamento do tecido e rompimento, formando furos na folha; C – Clorose interveinal com enrugamento 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.

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 1). 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.

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 (MSPA, g/planta) da mamoneira 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% Tukey	1,66	29	528,04	29	1,16	28	2,45	25



I CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA

Energia e Sustentabilidade

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

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.

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	%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.

A produção de matéria seca de folha, caule e frutos foi 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 2. 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.

CONCLUSÕES

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 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. Reduções de até 60% na produtividade de frutos foram observadas em condições de deficiência marginal.



I CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA

Energia e Sustentabilidade

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

REFERÊNCIAS

- 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.
- CANECCHIO 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.
- 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**, v. 48, p. 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 within intact plants of *Ricinus communis* L. **Journal of Experimental Botany**, v. 47, p. 1737-1754, 1996.
- 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**, 28: 323-337, 1971.
- 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**, v. 53, n. 367, p.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/ IAC, 1996. 285p. (Boletim Técnico, 100)
- SAVY FILHO, A. Mamoneira: técnicas de cultivo. **O Agrônomo**, v.53, n.1, 2001.