

**EFEITO DA OMISSÃO DE NUTRIENTES NO
CRESCIMENTO DE MUDAS DE CAFEEIRO (*Coffea arabica* L.)
CULTIVADAS EM TERRA ROXA ESTRUTURADA¹**

**Paulo Wilson Rosa de PAULA²
Ismael de Jesus Matos VIÉGAS³
Dilson Augusto Capucho FRAZÃO⁴
Heráclito Eugênio Oliveira da CONCEIÇÃO⁴
Maria Alice Alves THOMAZ⁵
José Raimundo Natividade Ferreira GAMA⁴**

RESUMO: Com o objetivo de estudar as limitações nutricionais dos macronutrientes e micronutrientes no crescimento das plantas jovens de cafeeiro arábico Acaia do Cerrado, em Terra Roxa Estruturada (Nitossolo Vermelho) de Medicilândia, Pará, foi conduzido ensaio em condições de casa de vegetação na Embrapa Amazônia Oriental, Belém, Pará. Utilizou-se a técnica do elemento faltante e o delineamento experimental foi o inteiramente ao acaso, constituído de 15 tratamentos, com 4 repetições dispostos em vasos de plástico contendo 3 kg de solo. A avaliação do experimento foi realizada seis meses após o transplântio com base nas variáveis: altura das plantas, diâmetro do caule, número de folhas, produção de matéria seca nas folhas, caule, raízes e planta inteira. Os resultados permitem concluir que: a) o P afetou somente o crescimento em altura do cafeeiro, o Mo limitou o crescimento em altura e o diâmetro das plantas, enquanto o Zn restringiu o crescimento em altura, diâmetro e número de folhas; b) a produção de matéria seca nas folhas, caule, raízes e planta inteira do cafeeiro foi mais limitada pela omissão individual de P seguida de Zn, Mo, Cu, Fe e S.

TERMOS PARA INDEXAÇÃO: Mudanças de Cafeeiro, Crescimento, Matéria Seca, Terra Roxa Estruturada.

**NUTRIENT DEFICIENCIES OF COFFEE SEEDLINGS
(*Coffea arabica* L.) GROWN ON STRUCTURED TERRA ROXA**

ABSTRACT: The objective of this work was to determine nutrient deficiencies of young arabic coffee Acaia from Cerrado plants grown on Red Nitosol from Medicilândia, State of Pará, Brazil.

¹ Aprovado para publicação em 06.11.03.

Parte do trabalho de Dissertação de Mestrado do primeiro autor, para o Curso de Mestrado da FCAP/ em Solos e Nutrição de Plantas

² Engenheiro Agrônomo. M.Sc., Técnico da Secretaria de Estado de Agricultura - SAGRI

³ Engenheiro Agrônomo, Dr., Pesquisador da Embrapa Amazônia Oriental e Professor Visitante da UFRA, Cx. Postal 48, CEP 66017-970, Belém, PA. e-mail: ismael@cpatu.embrapa.br

⁴ Engenheiro Agrônomo, Dr., Pesquisador da Embrapa Amazônia Oriental

⁵ Engenheira Agrônoma. M.Sc., Técnica da Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Belém, SEMMA

The experiment was carried out in the greenhouse of Embrapa, Amazônia Oriental. The missing element technique was used in a randomized experimental design with fifteen treatments and four replicates. Data collected were height, diameter of stem, number of leaves, dry matter production of leaves, stems and roots, macro and micronutrients content in leaves, stems and roots. The results allowed the following conclusions: 1) Omission of P decreased height of coffee plants, of Mo decreased height and diameter of the plant and of Zn restricted overall growth of coffee seedlings; 2) Omission of P, Zn, Mo, Cu, Fe e S decreased dried matter production of the plant.

INDEX TERMS: Seedling, Coffee, Dry matter, Growth.

1 INTRODUÇÃO

A cafeicultura no Estado do Pará vem crescendo em torno de 5 % ao ano. O parque cafeeiro paraense, que em 2000 possuía 16 547 hectares de área plantada, atingiu 25 mil hectares em 2002, estando concentrado em 15 microrregiões abrangendo 50 municípios (RIBEIRO, 2002). A produção no ano de 2 000 foi de 50 mil toneladas de café em coco, sendo que cerca de 60% desta produção foi obtida pelo município de Medicilândia (PA), localizado no km 90 da rodovia Mário Andreazza, onde há predominância de Terra Roxa Estruturada. A cafeicultura paraense vem sendo cultivada a 28 anos em Terra Roxa Estruturada, sem a aplicação de fertilizantes, e a contínua exportação de nutrientes, ao longo destes anos, provavelmente esteja esgotando a fertilidade deste solo e, conseqüentemente, limitando a produtividade da cultura. Este fato foi observado por Vageler (1935), em 22 anos de cultivos sucessivos, com cafeeiro em Terra Roxa, sem adição de adubos, demonstrando ser necessária a reposição de nutrientes para manutenção da fertilidade. De acordo com Cruz et al. (1971), Matos (1977) e Morais

(1998), o P é o nutriente mais limitante em Terra Roxa Estruturada.

Kupper (1981) cita que a exigência nutricional do cafeeiro pode variar na ordem de extração de nutrientes, no crescimento e na redução de matéria seca, em decorrência de fatores climáticos e edáficos característicos da região onde a cultura encontra-se estabelecida. Corrêa, Garcia e Costa (1986) verificaram aos seis meses de idade, que os macronutrientes e micronutrientes contidos nas matérias secas totais das variedades Mundo Novo e Catuaí obedeceram a ordem decrescente $N > K > Ca > Mg > S = P$ e $Fe > Mn > B > Cu > Zn$.

Considerando-se que a pesquisa agrícola cafeeira paraense é ainda incipiente, há necessidade de se obter informações básicas a respeito da nutrição mineral do cafeeiro, com o propósito de atingir produções mais rentáveis para essa cultura. Diante deste fato, foi conduzida pesquisa com o objetivo de avaliar o crescimento, e determinar a produção de matéria seca nas folhas, caule, raízes e total de mudas de cafeeiro Acaia do Cerrado, cultivadas em Terra Roxa Estruturada do Município de Medicilândia, Estado do Pará.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação na Embrapa Amazônia Oriental, Belém (PA), no período de dezembro/98 a junho/99.

Amostras de solo classificado de Terra Roxa Estruturada, atualmente, Nitossolo Vermelho (EMBRAPA, CNPS, 1999) de classe textural argilosa, foram coletadas na camada arável de 0 a 20 cm no Município de Medicilândia, Estado do Pará. Vinte amostras simples ao acaso formaram uma amostra composta pesando 1 kg, que foi remetida ao laboratório de Química e Física da Universidade Federal de Lavras (UFLA), Estado de Minas Gerais, para caracterização química e granulométrica (Tabela 1).

O delineamento experimental foi em blocos inteiramente ao acaso com quatro repetições e 15 tratamentos, sendo: testemunha (sem adubação), completo (macro e micronutrientes), omissão de N, omissão de P, omissão de K, omissão de Ca, omissão de Mg, omissão de S, omissão de B, omissão de Cl, omissão de Cu, omissão de Fe, omissão de Mn, omissão de Mo e omissão de Zn

Devido a Terra Roxa Estruturada apresentar pH de 6,4, considerado adequado para o desenvolvimento das mudas do cafeeiro, não houve necessidade de corrigir a acidez do solo, utilizando-se como base somente a adubação recomendada por Malavolta (1980). As fontes e as quantidades de nutrientes constituintes do tratamento completo são apresentadas na Tabela 2.

Apesar dos altos teores de 228,5 mg/dm³ de Mn (Tabela 1), optou-se em aplicar apenas 20% de fertilizante à base de Mn, para garantir a nutrição mineral de cafeeiro devido à incerteza da disponibilidade imediata deste nutriente no solo, o possível desequilíbrio com Fe ou outros nutrientes e a curta duração do experimento.

Tabela 1 - Características químicas e físicas da Terra Roxa Estruturada na camada de 0 a 20 cm.

| Características químicas | Teores |
|--|--------|
| pH (H ₂ O) | 6,4 |
| P (mg/dm ³) | 3 |
| K (mmol _c /dm ³) | 3 |
| Ca (mmol _c /dm ³) | 78 |
| Mg (mmol _c /dm ³) | 7 |
| S (mg/dm ³) | 10,5 |
| Al (mmol _c /dm ³) | 0,0 |
| H + Al (mmol _c /dm ³) | 23 |
| Soma de bases - SB (mmol _c /dm ³) | 88 |
| CTC efetiva t (mmol _c /dm ³) | 88 |
| CTC a pH 7 (mmol _c /dm ³) | 111 |
| Saturação de Al m (%) | 0,0 |
| Saturação de bases V (%) | 79,0 |
| Carbono g/kg | 17 |
| Matéria Orgânica g/kg | 30 |
| B (mg/dm ³) | 0,5 |
| Cu (mg/dm ³) | 15,5 |
| Fe (mg/dm ³) | 29,7 |
| Mn (mg/dm ³) | 228,5 |
| Zn (mg/dm ³) | 10,3 |
| Físicas | Teores |
| Areia g/kg | 280 |
| Argila g/kg | 410 |
| Limo g/kg | 310 |

Tabela 2 - Fontes e quantidades de nutrientes constituintes do tratamento completo.

| Macronutrientes | Fonte | mg nutrientes/3 kg de solo |
|-----------------|---|----------------------------|
| N | Sulfato de amônio – (NH ₄) ₂ SO ₄ | 900 |
| P | Fosfato ácido de sódio – NaH ₂ PO ₄ .H ₂ O | 600 |
| K | Cloreto de potássio – KCl | 900 |
| Ca | Cloreto de cálcio – CaCl ₂ | 120 |
| Mg | Cloreto de magnésio – MgCl ₂ .6.H ₂ O | 120 |
| S | Sulfato de sódio – Na ₂ SO ₄ | 90 |
| Micronutrientes | Fonte | mg nutrientes/3 kg de solo |
| B | Ácido bórico – H ₃ BO ₃ | 1,5 |
| Cu | Cloreto de cobre – CuCl ₂ .2H ₂ O | 4,5 |
| Fe | Cloreto de ferro – FeCl ₂ .6H ₂ O | 1,5 |
| Mo | Molibdato de sódio – NaMoO ₄ .2H ₂ O | 1,5 |
| Mn | Cloreto de manganês – MnCl ₂ .4H ₂ O | 1,5 |
| Zn | Cloreto de zinco – ZnCl ₂ | 3,0 |

Transcorridos 30 dias da aplicação dos tratamentos nos vasos de plástico contendo 3 kg de solo, foram plantadas duas mudas de cafeeiro Acaia do Cerrado, pertencente a espécie *Coffea arabica*, procedentes de Lavras/MG, com 5 meses de idade que foram submetidas à aclimação. Aos 50 dias após o transplantio, foi realizado o desbaste permanecendo apenas uma planta por vaso. Desde a adaptação das mudas na casa de vegetação, até o terceiro mês de implantação do experimento, a luminosidade para as plantas foi reduzida, utilizando-se sombrite a 50%. O solo foi irrigado com água desmineralizada, obedecendo-se o controle da irrigação pelo método da pesagem dos vasos, para manter a umidade em torno de 80% do volume total dos poros. Devido a Terra Roxa Estruturada caracterizar-se como solo argiloso, efetuou-se a escarificação do solo, para facilitar a aeração e promover a distribuição uniforme da umidade após a irrigação. Seis meses após transplantio, as plantas foram mensu-

radas em altura, diâmetro do caule, número de folhas, cortadas rente ao solo e separadas em folhas, caule e raízes. Posteriormente, foram colocadas em sacos de papel, para secar em estufa com circulação forçada de ar à temperatura média de 70°C, até atingir peso constante, para determinação do peso da matéria seca das diferentes partes das plantas. Obtida a matéria seca da planta inteira, efetuou-se o cálculo do crescimento relativo (CR), utilizando-se a fórmula:

$$CR = (M.S.O.N / M.S.T.C.) \times 100$$

Onde: M.S.O.N. = matéria seca da planta inteira obtida em cada omissão de nutriente

M.S.T.C = matéria seca da planta inteira obtida no tratamento completo.

Os dados das variáveis, altura das plantas, diâmetro do caule, número de folhas, produção de matéria seca das folhas, caule, raízes e total foram submetidos à análise de variância, e, obtida a significância, realizou-se o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade para comparação das

médias obtidas nos tratamentos. As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o programa de estatística SANEST.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 CRESCIMENTO EM ALTURA DA PLANTA, DIÂMETRO DO CAULE E NÚMERO DE FOLHAS

Os resultados referentes à altura das plantas, diâmetro do caule e número de folhas, em função dos tratamentos, são apresentados na Tabela 3. Os tratamentos testemunha, omissão de P, Mo e Zn limitaram o crescimento do cafeeiro em altura, enquanto os demais tratamentos não apresentaram nenhum efeito, quando comparados com o completo. A exemplo do ocorrido com a variável altura das plantas, a omissão individual de Mo, Zn e o tratamento testemunha também limitaram o crescimento das plantas em diâmetro do caule em relação ao completo, sendo que

os demais tratamentos não foram limitantes. Com relação à variável número de folhas, somente a omissão de Zn foi limitante quando comparada ao completo, entretanto, a omissão isolada de Ca, Mg e Cl apresentou número de folhas superior à testemunha.

A limitação do P foi tão intensa, que a altura das plantas foi reduzida em até 55,54% em relação ao crescimento das que receberam o tratamento completo. A provável razão desta redução foi: teor de P no solo de apenas 3 mg/dm³, considerado muito baixo, quando comparado ao recomendado por Malavolta (1986) de 12 a 15 mg/dm³ de P, para atender à exigência nutricional do cafeeiro nesse nutriente.

Quanto à omissão de Mo, constatou-se que houve reduções acentuadas de 50,97% na altura das plantas e 41,82% no diâmetro do caule, quando comparadas ao tratamento completo (Tabela 3).

Tabela 3 - Crescimento em altura das plantas, diâmetro do caule, número de folhas e produção de matéria seca nas folhas, caule, raízes e planta inteira e crescimento relativo em mudas de cafeeiro, em função dos tratamentos.

| Tratamentos | Crescimento | | | Matéria seca g por planta | | | | | Crescimento Relativo (%) |
|---------------|-------------|------------------------|-----------------|---------------------------|---------|-----------|----------------|--------|--------------------------|
| | Altura (cm) | Diâmetro do caule (cm) | Número de folha | Folha | Caule | Raiz | Planta inteira | | |
| T | 24.75 bc | 0.34 bc | 16 cd | 1.39 f | 0.59 c | 0.48 de | 2.47 e | 22.61 | |
| C | 52.00 a | 0.55 a | 28 abc | 6.74 a | 2.99 a | 1.45 abc | 10.92 ab | 100.00 | |
| Omissão de N | 51.80 a | 0.55 a | 27 abc | 5.26 abcd | 2.88 a | 1.18 abcd | 9.33 abc | 85.43 | |
| Omissão de P | 23.12 c | 0.36 abc | 18 bcd | 1.40 f | 0.53 c | 0.41 e | 2.34 e | 21.42 | |
| Omissão de K | 46.87 a | 0.56 ab | 26 abcd | 6.24 ab | 3.20 a | 1.58 ab | 11.03 ab | 101.00 | |
| Omissão de Ca | 47.87 a | 0.49 abc | 30 ab | 6.61 a | 3.11 a | 1.62 ab | 11.35 ab | 103.93 | |
| Omissão de Mg | 44.37 ab | 0.50 abc | 30 ab | 6.68 a | 3.39 a | 1.84 a | 12.07 a | 110.53 | |
| Omissão de S | 34.37 abc | 0.42 abc | 21 abcd | 3.71 bcde | 1.27 bc | 0.68 de | 5.66 cde | 51.83 | |
| Omissão de B | 41.00 abc | 0.49 abc | 27 abc | 4.56 abcde | 2.01 ab | 0.78 cde | 7.22 bcd | 66.11 | |
| Omissão de Cl | 49.25 a | 0.51 abc | 32 a | 4.89 abc | 2.82 a | 1.10 bcde | 9.82 abc | 89.92 | |
| Omissão de Cu | 34.62 abc | 0.40 abc | 23 abcd | 3.05 def | 1.06 bc | 0.57 de | 4.68 de | 42.85 | |
| Omissão de Fe | 35.75 abc | 0.37 abc | 25 abcd | 3.24 cdef | 1.21 bc | 0.79 cde | 5.25 cde | 48.07 | |
| Omissão de Mn | 34.75 abc | 0.37 abc | 22 abcd | 2.56 ef | 1.04 bc | 0.71 de | 4.32 de | 39.56 | |
| Omissão de Mo | 25.50 bc | 0.32 c | 19 abcd | 1.68 f | 0.68 bc | 0.65 de | 3.02 de | 27.65 | |
| Omissão de Zn | 23.75 c | 0.33 bc | 14 d | 1.69 f | 0.65 bc | 0.40 e | 2.75 de | 25.18 | |
| C.V. % | 20.54 | 17.70 | 20.37 | 25.86 | 30.06 | 29.29 | 26.65 | | |

Valores com letras iguais, na mesma coluna, não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Verifica-se na Tabela 3, que a limitação de Zn afetou drasticamente as mudas de cafeeiro em 54,33% na altura das plantas, 41% no diâmetro do caule e em 50% o número de folhas, quando comparado ao tratamento completo. Apesar da Terra Roxa Estruturada usada no estudo apresentar teores de 10,3 mg/dm³ de Zn, suficientes para atender as necessidades do cafeeiro que, segundo Malavolta (1986), é de 1 a 2 mg/dm³, a nutrição das mudas de cafeeiro em Zn foi insuficiente, devido o solo conter teor excessivo de Mn, sendo 22,11 vezes maior que o de Zn. Arzolla (1955) constatou que o excesso de Mn no solo reduz a absorção de Zn, devido ao efeito antagônico entre esses íons, provocando a toxicidade de Mn nas plantas.

Em relação à avaliação dos efeitos ocorridos nas plantas da testemunha, constatou-se que foram reduzidas em 52,41% em altura e em 38,18% no diâmetro do caule, quando foram comparadas com o tratamento completo, inferindo-se que a fertilidade natural da Terra Roxa Estruturada apresenta limitação em alguns nutrientes.

Analisando-se o desempenho do crescimento das plantas pertencentes ao tratamento completo, observou-se que foi 2,10 vezes superior em altura, 1,61 vezes em diâmetro do caule e 1,75 vezes em número de folhas, quando comparadas à testemunha (Tabela 3). Através desta avaliação, demonstra-se que a adubação utilizada atendeu às necessidades nutricionais do cafeeiro, comprovando-se ser indispensável aplicar fertilizantes na

Terra Roxa Estruturada, para serem alcançados desempenhos satisfatórios, como constatados nas plantas do tratamento completo.

Mediante a avaliação dos 15 tratamentos com omissão de nutrientes obtidos nas mudas de cafeeiro cultivadas em Terra Roxa Estruturada com base nas variáveis biométricas, verificou-se que dos macronutrientes estudados, o P limitou somente o crescimento em altura, devido aos teores baixos desse nutriente. Quanto aos micronutrientes, o Mo restringiu o crescimento em altura das plantas e diâmetro do caule. A omissão de Zn provocou limitação nutricional em todas as variáveis estudadas devido, em grande parte, aos teores excessivos de Mn.

3.2 PRODUÇÃO DE MATÉRIA SECA NAS FOLHAS, CAULE, RAÍZES E PLANTA INTEIRA

Estudando-se o comportamento da produção de matéria seca nas diversas partes das plantas, verifica-se pelos resultados apresentados na Tabela 3, que à exceção da omissão de Fe nas raízes, a testemunha e as omissões individuais de P, S, Cu, Fe, Mn, Mo e Zn limitaram a produção de matéria seca em todas as partes da planta, enquanto os demais tratamentos não diferiram estatisticamente do tratamento completo.

Quando o P foi omitido, a produção de matéria seca foi reduzida drasticamente em 79,23% na folhas; 82,28% no caule; 71,73% nas raízes e 78,58% na planta inteira, em relação ao tratamento completo. As prováveis razões para estas reduções

foram decorrentes dos baixos teores de P no solo, refletindo numa baixa assimilação deste nutriente pela planta, causando prejuízos nas funções vitais e, conseqüentemente, na produção de matéria seca do tratamento com a omissão de P, assim como na testemunha.

Pesquisas conduzidas por Cruz, Sousa e Bastos (1971), com o objetivo de avaliar a fertilidade da Terra Roxa Estruturada com 6 mg/dm³ de P, tendo como planta indicadora o milho, por Matos (1977) cultivando o arroz, com teor no solo de 2 mg/dm³ de P e Morais (1988) com cacaueteiro, com teor no solo de 3 mg/dm³ de P, concluíram que o P foi o nutriente mais limitante e somente obtiveram colheitas promissoras quando aplicaram fertilizantes fosfatados. Infere-se, portanto, que os resultados obtidos nesta pesquisa, com mudas de cafeeiro, são concordantes com os obtidos pelos autores citados.

Com relação aos efeitos prejudiciais causados pela omissão de S, constata-se (Tabela 3) que as diminuições nas produções de matérias secas foram de 44,96% nas folhas, 37,53% no caule, 53,10% nas raízes e 48,27% na planta inteira, quando comparadas ao tratamento completo. Essas reduções podem ser explicadas pelo teor de 10,5 mg/dm³ de S disponível apresentado pela Terra Roxa Estruturada utilizada no estudo, que se encontra abaixo dos teores considerados adequados, de 15,0 a 30,0 mg/dm³ de S disponível, estabelecidos por Malavolta (1986), não sendo, portanto,

suficientes para atender a necessidade nutricional do cafeeiro. Essa redução do teor de S pode ser explicado pelo excesso de Mn apresentado pela Terra Roxa Estruturada, pois, de acordo com pesquisas realizadas em solos de Cote D'Ivoire na África por Forestier e Beley⁶ (1966 apud Boyer, 1971), o excesso de Mn induziu carência de S em cafeeiros.

A omissão de Cu ocasionou severa redução na produção de matéria seca, sendo de 54,75% nas folhas; 64,55% no caule; 60,69% nas raízes e 57,13% na planta inteira, em relação ao tratamento completo (Tabela 3). Esses resultados não eram esperados, pelo fato do teor de Cu no solo ter sido de 15,3 mg/dm³ de Cu, considerado alto quando se compara com os teores adequados de 1 a 3 mg/dm³ para o cafeeiro, segundo Malavolta (1986). Portanto, o teor de Cu no solo era suficiente para atender as necessidades da planta e não deveria ter ocorrido limitação desse micronutriente. Esse resultado pode ter sido conseqüência do alto teor de Mn no solo da ordem de 228,5 mg/dm³, portanto excessivo, e 14,90 vezes maior que o de Cu. Esse fato também foi observado em cafeeiro plantados em solos da África por Forestier e Beley⁶ (1966 apud Boyer, 1971), onde o excesso de Mn provocou deficiência de Cu e absorção exagerada de K e Ca. Excesso de manganês (30 mg/L) na solução nutritiva, reduzindo a absorção de Cu em plantas de pimenta do reino, também foi constatado por Veloso et al. (1995).

⁶ FORESTIER, J.; BELEY, J. Teneurs en soufre et em oligo-éléments des feuilles du café Robusta em Lobaye. *Café, Cacao, Thé*, Paris, v. 10, p. 17-27, 1966.

A omissão de Fe causou severa redução na produção de matéria seca nas plantas, sendo de 51,93% nas folhas, 59,53% no caule, 45,52% nas raízes e 51,96% na planta inteira, quando comparados ao completo (Tabela 3). As justificativas para estas reduções foram, também, os baixos teores da ordem de 29,7 mg/dm³ de Fe no solo Terra Roxa Estruturada de Medicilândia, que estão abaixo dos teores adequados, de 40 a 60 mg/dm³, recomendados por Malavolta (1986). Evidenciou-se, portanto, que ocorreu limitação muito intensa na assimilação do Fe, prejudicando a nutrição e o metabolismo da planta, a tal ponto que afetou as produções de matéria seca em todas as variáveis com omissão de Fe e também na testemunha.

Outro fato marcante refere-se aos teores excessivos de Mn no solo, da ordem de 228,5 mg/dm³, cuja relação Mn/Fe, o Mn encontra-se 7,67 vezes maior, e como existe inibição competitiva entre esses micronutrientes, a assimilação do Fe foi prejudicada, fato também constatado por Malavolta (1993). Verificou-se, ainda, que a concentração excessiva de Mn provocou toxidez, com pontuações marrons nas folhas dos tratamentos com omissão de Fe, semelhantes àquelas observadas por Malavolta (1993), nos tratamentos com omissão de Mn.

No tratamento com omissão de Mn, ocorreu redução na produção de matéria seca nas plantas de cafeeiro em 62,02% nas folhas, 65,22% no caule, 51,04% nas raízes

e 60,44% na planta inteira, quando se comparou ao tratamento completo (Tabela 3), devido o Mn encontrar-se excessivo com 228,5 mg/dm³ na Terra Roxa Estruturada, em relação ao considerado adequado, de 5 a 10 mg/dm³ para o cafeeiro, segundo pesquisa de Malavolta (1986). Teores elevados de Mn provocam distúrbios fisiológicos no metabolismo da planta, com reflexos na redução da produção de matéria seca do cafeeiro.

Segundo Vale, Guilherme e Guedes (1995), há estreita relação entre os micronutrientes catiônicos, Cu, Fe, Mn e Zn, os quais necessitam manter-se em quantidade equilibrada no solo e na planta para serem evitados distúrbios.

Teores excessivos de Mn em Terra Roxa Estruturada da Amazônia também foram constatados por Singh (1984) com 3 467 mg/dm³ de Mn na camada de 0 a 20 cm, concluindo que o Mn nessa quantidade poderia provocar toxidez nos vegetais.

A omissão de Mo na Terra Roxa Estruturada ocasionou diminuição na produção de matéria seca do cafeeiro em 75,08% nas folhas, 77,26% no caule, 55,17% nas raízes e 77,35% na planta inteira em relação ao tratamento completo (Tabela 3). As possíveis explicações para estes fatos embasam-se nos baixos teores de Mo, que não atendem às exigências do cafeeiro. Ainda é possível ter ocorrido fixação deste nutriente nas argilas do tipo caulinita, predominantes na Terra Roxa Estruturada, segundo pesquisa realizada por Bataglia (1991).

Quando se omitiu o Zn, ocorreu redução na produção de matéria seca nas folhas do cafeeiro, de 74,03%, 78,26% no caule, 72,42% nas raízes e 74,84% na planta inteira, quando comparado ao tratamento completo (Tabela 3). Os teores excessivos de Mn na planta provocaram distúrbios no metabolismo do cafeeiro, afetando drasticamente a produção da matéria seca, no tratamento com omissão de Zn, em todas as variáveis. Quanto à avaliação do comportamento das plantas do tratamento testemunha, constata-se pelos dados apresentados na Tabela 3, que as partes estudadas foram atingidas drasticamente, sendo de 79,38% nas folhas, de 80,27% no caule, de 66,90% nas raízes e de 77,38% na planta inteira em relação ao tratamento completo. De acordo com estes resultados, constatou-se que os baixos teores de P, S,

Cu, Fe, Mo, Zn e excesso de Mn no solo provocaram baixos rendimentos na produção de matéria seca do cafeeiro.

Avaliando-se o desempenho dos resultados da produção de matéria seca do tratamento completo, verifica-se valor superior de 4,60 vezes nas folhas, 5,06 no caule, 3,02 nas raízes e 4,42 na planta inteira, quando comparado à testemunha. Com base nesses resultados, infere-se que a adubação atendeu às exigências nutricionais do cafeeiro, demonstrando ser imprescindível adicionar fertilizantes para se obter maiores produções.

A Figura 1 apresenta os resultados das limitações de crescimento observadas em raízes do cafeeiro Acaia do Cerrado nas omissões de P, S, B, Cu, Mn, Mo e Zn, quando comparadas ao tratamento completo.

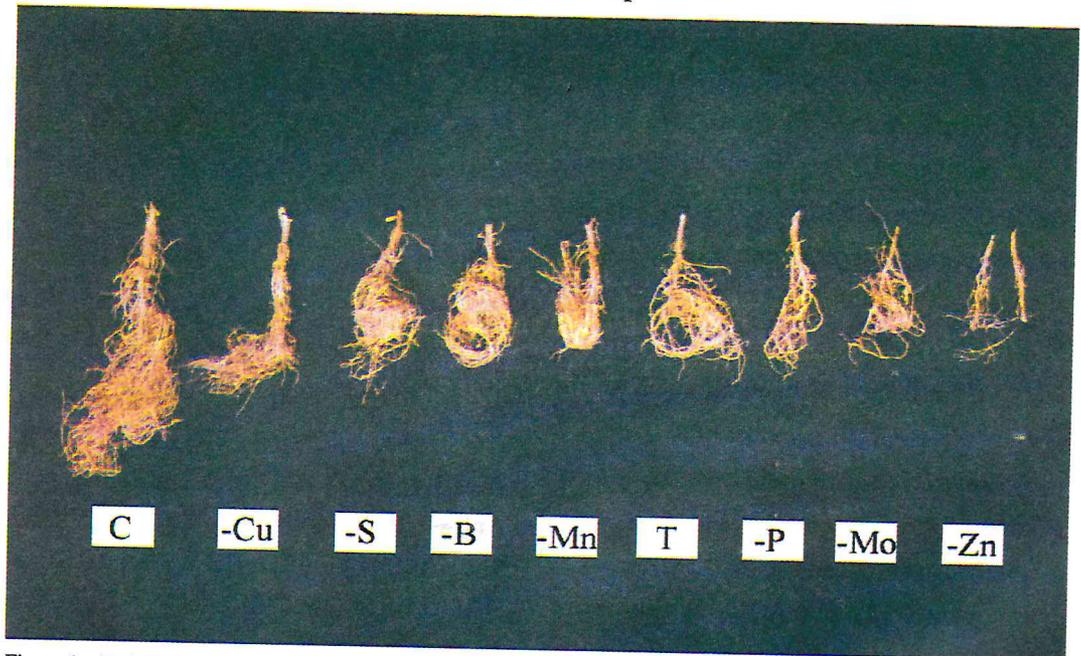


Figura 1 - Raízes do cafeeiro à direita com as omissões de cobre (-Cu), enxofre (-S), boro (-B), manganês (-Mn), fósforo (-P), molibdênio (-Mo) e zinco (-Zn), comparadas com o tratamento completo (C) e testemunha (T).

Conforme os dados apresentados na Tabela 3, observa-se que foram obtidos no tratamento completo, 10,92 g de matéria seca na planta inteira do cafeeiro Acaí do Cerrado, durante o período de seis meses de idade. Esse resultado é semelhante ao de 10,40 g de matéria seca total, obtido por Corrêa, Garcia e Costa (1986) na variedade Mundo Novo.

Avaliando-se a produção de matéria seca obtida nas várias partes do cafeeiro no tratamento completo (Tabela 3), observa-se que a ordem decrescente foi a seguinte: folhas > caule > raízes.

Com base no crescimento relativo da matéria seca da planta inteira, constatou-se que os tratamentos mais limitantes foram a omissão de P com 21,42 %, testemunha com 22,61 %, omissão de Zn com 25,18 % e omissão de Mo com 27,65 %, quando comparados ao tratamento completo. Os tratamentos que não afetaram o crescimento relativo foram, omissão de K, Ca e Mg em relação ao tratamento completo.

4 CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos no estudo, é permitido concluir que:

a) a omissão de P afetou o crescimento em altura do cafeeiro; o Mo limitou o crescimento em altura e diâmetro, enquanto o Zn restringiu o crescimento em altura, diâmetro do caule e número de folhas;

b) a produção de matéria seca nas folhas, caule, raízes e planta inteira do cafeeiro Acaí do Cerrado quando cultivado em Terra Roxa Estruturada é mais limitada pela omissão de P seguida de Zn, Mo, Cu, Fe e S.

c) o teor de Mn na Terra Roxa Estruturada provocou toxidez reduzindo a produção de matéria seca nas folhas, caule, raízes e planta inteira.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARZOLLA, J.D.P. *Contribuição ao estudo da absorção e da translocação do radiozinco no cafeeiro (Coffea arabica L.)*. 1955. 38p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 1955.
- BATAGLIA, O.C. Avaliação do estado nutricional da planta e disponibilidade no solo: análise química da planta. In: FERREIRA, M. E. (Ed.). *Simpósio Sobre Micronutrientes na Agricultura*. Piracicaba: POTAFOS / CNPq, 1991. 734 p.
- BOYER, J. *Propriedades dos solos e fertilidade*; programa de textos didáticos. Salvador: Universidade Federal da Bahia, 1971. 196 p.
- CORREA, J.B.; GARCIA, A.W.R.; COSTA, P.C. Extração de nutrientes pelos cafeeiros Mundo Novo e Catuaí. Resumo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA CAFEEIRA, 13., 1986, São Lourenço. *Anais...* Rio de Janeiro: IBC/GERCA, 1986. p 35-41.

- CRUZ, E. de S.; SOUSA, G.F.; BASTOS, J.B. *Influência de adubação NPK no milho em Terra Roxa estruturada (Altamira – zona do rio Xingu)*. Belém: IPEAN, 1971. 17p. (IPEAN Boletim de Pesquisa, v.1, n.3).
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. Brasília, DF: Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412p.
- KUPPER, A. Fatores climáticos e edáficos na cultura do cafeeiro. In: MALAVOLTA, E. et al. (Ed.) *Nutrição e adubação do cafeeiro*. Piracicaba: Instituto da Potassa e Fosfato, 1981. p. 27-53.
- MALAVOLTA, E. *Elementos de nutrição mineral de plantas*. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980. 254p.
- _____. Nutrição, adubação e calagem para o cafeeiro. In: RENA, A.B. et al. *Cultura do cafeeiro: fatores que afetam a produtividade*. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e Fosfato, 1986 p. 165-274.
- _____. *Nutrição mineral e adubação do cafeeiro*. São Paulo: Ceres, 1993. 210p.
- MATOS, A. O. *Avaliação da fertilidade de três solos de Altamira / Pará, pela técnica do elemento faltante*. 1977. 39p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa (MG), 1977.
- MORAIS, F.I.O. Resposta do cacauzeiro à aplicação de N, P e K em dois solos da Amazônia Brasileira. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa (MG), v.22, n.1, p.63-69, 1998.
- RIBEIRO, S.I. A cafeicultura no Estado do Pará, situação atual e perspectivas. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DO AGRONEGÓCIO DO CAFÉ NA AMAZÔNIA, 2002, Ji-Paraná. 1CD-ROM.
- SINGH, R. *Disponibilidade de micronutrientes em classes dominante de solos do trópico úmido brasileiro. II-manganês*. Belém: IPEAN, 1984. 42p. (IPEAN. Boletim de Pesquisa, 62).
- VAGELER, P. *Relatório da Seção de Solos do Instituto Agronômico do Estado*. Campinas: Instituto Agronômico, 1935.
- VALE, F.R. do; GUILHERME, L.R.G., GUEDES, G.A. de A. *Fertilidade do solo: dinâmica e disponibilidade dos nutrientes de plantas*. Lavras: ESAL, 1995. 171p.
- VELOSO, C.A.C.; MURAOKA, T.; MALAVOLTA, E.; CARVALHO, J.G. de. Influência do manganês sobre a nutrição mineral e crescimento da pimenta do reino (*Piper nigrum*, L.). *Scientia Agricola*, Piracicaba, v. 52, n. 2, p. 376-383, maio/ago. 1995.