



Capítulo 5

Desordens Nutricionais na Cultura da Seringueira: Critérios de Diagnose para Solo e Plantas e Correção de Deficiência

*Ismael de Jesus Matos Viégas^{1,3}
Janice Guedes de Carvalho²
Dilson Augusto Capucho Frazão¹*

Introdução

A desordem nutricional aparece quando ocorre deficiência ou excesso de nutriente no substrato, que, por não satisfazer às necessidades nutricionais das plantas, propicia o desenvolvimento anormal ou a baixa produção, por causa da desorganização do metabolismo bioquímico do vegetal.

Quando a deficiência é causada pela falta do nutriente no solo e/ou pelo seu fornecimento em quantidades inadequadas, trata-se de uma deficiência real.

¹ Pesquisador da Embrapa Amazônia Oriental, Belém, PA, Caixa Postal 48, CEP 66095-100 Belém, PA. E-mail: ismael@cpatu.embrapa.br

² Professora da Universidade Federal de Lavras (UFLA), Departamento de Solos, Lavras, MG.

³ Professor visitante da Faculdade de Ciências Agrárias do Pará (FCAP), Belém, PA.

Mesmo na presença de quantidades adequadas de nutrientes no solo, a deficiência pode ocorrer como consequência da ação de outros fatores que afetam a absorção, provocando desordens nutricionais. Nesse caso, trata-se de uma deficiência ou desordem induzida.

Neste capítulo serão abordadas as desordens nutricionais na cultura da seringueira, ocorridas principalmente nas áreas tradicionais, com a apresentação de resultados inéditos. Enfoca também os principais critérios de diagnose para solo e planta, bem como a correção das deficiências nutricionais.

Principais Causas de Deficiência de Nutrientes

Macronutrientes

Nitrogênio

Em solos arenosos ou argilosos mal drenados, solos pobres em matéria orgânica, em condições de seca ou chuva excessiva e particularmente em seringais com cobertura de gramíneas e em áreas onde a leguminosa é mal estabelecida, pode ocorrer deficiência de nitrogênio. Já em seringais da Amazônia, onde a cobertura acha-se bem estabelecida com a leguminosa *Pueraria phaseoloides*, não se observam plantas com sintomas de deficiência em nitrogênio.

Fósforo

A causa principal da deficiência em fósforo são os baixos teores de fósforo disponível nos solos. Na Amazônia, os seringais estão implantados principalmente na classe dos Latossolos Amarelos, que são pobres em fósforo e estão muito longe dos níveis considerados adequados para algumas culturas perenes. A Tabela 1 mostra os teores de fósforo disponível em alguns perfis de Latossolo Amarelo, segundo Vieira (1975), comprovando-se o baixo teor desse elemento nesses solos.

Potássio

A pobreza dos solos, reflexo do material originário, tem sido apontada como causa principal da deficiência de potássio. Os solos da Amazônia derivados de rochas ácidas são pobres em potássio. A calagem excessiva, com adubação pesada de magnésio, pode causar deficiência de potássio. A Tabela 1 mostra os teores de potássio trocável de alguns perfis da classe Latossolo, segundo Vieira (1975).

Cálcio

É pouco provável que ocorra deficiência de cálcio em seringais na Amazônia, em virtude do uso regular de superfosfato triplo que

Tabela 1. Teores de fósforo e potássio em três Latossolos Amarelos da Amazônia.

Profundidade (cm)	Horizonte	Textura	K (me/100 g)	P ₂ O ₅ (mg/100 g)
0-12	A ₁	Média	0,08	1,15
12-29	A ₃	-	0,06	1,40
29-45	B ₁	-	0,05	0,60
45-66	A ₂₁	-	0,01	0,60
66-105	A ₂₂	-	0,05	0,90
105-150	B ₃	-	0,01	0,35
0-8	A ₁ /A ₃	Argilosa	0,09	0,55
8-33	A ₃	-	0,04	0,55
33-63	B ₁	-	0,05	0,55
63-88	B ₂₁	-	0,06	0,55
88-120	B ₂₂	-	0,06	0,55
120-140	B ₃	-	0,05	0,55
0-7	A ₁	Muito argilosa	0,05	0,40
7-27	A ₃	-	0,03	0,14
27-66	B ₁	-	0,02	0,14
66-102	B ₂₁	-	0,03	0,14
102-143	B ₂₂	-	0,02	0,14
143-170	B ₃	-	0,03	0,14

Fonte: Vieira (1975).

contém 14% a 16% de CaO. Entretanto, essa deficiência é atribuída, comumente, à existência de solos ácidos pobres em cálcio.

Magnésio

São consideradas as principais causas das prováveis deficiências de magnésio em seringueira:

- baixo teor desse elemento na maioria dos solos da Amazônia onde se pratica a heveicultura;
- adubações “pesadas” com potássio; e
- facilidade de lixiviação desse cátion em razão das altas precipitações pluviais que ocorrem na região.

Enxofre

As principais causas e deficiência de enxofre são:

- solos ácidos pobres em matéria orgânica; e
- utilização de fertilizantes sem enxofre.

Não há recomendações para correção da deficiência de enxofre em seringais na Amazônia. Utilizando-se fertilizantes contendo enxofre, tais como sulfato de amônio e sulfato de magnésio, dificilmente ocorrerá deficiência desse elemento.

Micronutrientes

Boro

As condições de alta pluviosidade e altos graus de perdas por lixiviação reduzem a disponibilidade, notadamente em solos mais arenosos.

As condições de seca aceleram o aparecimento de sintomas de deficiência, que muitas vezes tendem a desaparecer quando a umidade do solo atinge níveis adequados. Dois fatores explicam tal comportamento:

- matéria orgânica, sendo uma importante fonte de boro para o solo. Sob condições de seca, a decomposição desta diminui, liberando menos boro para a solução do solo; e
- condições de seca reduzem o crescimento das raízes, induzindo a menor exploração do volume do solo, o que leva a um menor índice de absorção dos nutrientes, inclusive boro.

Uma vez que os limites entre deficiência e toxicidade de boro são muito estreitos, a aplicação de fertilizantes com esse micronutriente em sistemas de rotação que envolvem culturas com diferentes graus de sensibilidade deve ser feita com cuidado.

Cobre

Os solos orgânicos são os que têm mais probabilidade de apresentar deficiência de cobre. Tais solos geralmente possuem abundância desse micronutriente; entretanto, por formarem complexos tão estáveis com a matéria orgânica, somente pequenas quantidades são disponíveis para a planta.

Os solos arenosos com baixos teores de matéria orgânica podem tornar-se deficientes em cobre pelas perdas por lixiviação.

Os solos argilosos são menos passíveis de apresentar deficiência desse micronutriente.

A presença excessiva de íons metálicos como ferro, manganês e alumínio reduz a disponibilidade de cobre para as plantas. Esse efeito independe do tipo de solo.

Singh (1986a), avaliando os teores de cobre assimilável em solos da Amazônia, constatou que os solos deficientes em cobre pertenciam às classes Podzólico Vermelho-Amarelo (PV) e Latossolo Amarelo (LA); a Terra Roxa (TE) seguida do Latossolo Vermelho-Amarelo (LV) apresentaram teores mais elevados (Tabela 2).

Ferro

É provável que a deficiência de ferro seja causada, principalmente, pelo desequilíbrio em relação a metais, como o molibdênio e o cobre ou o manganês.

Tabela 2. Valores médios de cobre, ferro, zinco e manganês (ppm) assimiláveis extraídos de amostras superficiais de solos da Amazônia.

Solo	Cu*	Fe*	Zn*	Mn**
Podzólico Vermelho-Amarelo (PV)	0,46	137,77	0,56	7,92
Terra Roxa Estruturada (TE)	20,58	135,99	2,04	75,97
Latossolo Vermelho-Amarelo (LV)	2,20	51,44	0,19	51,13
Latossolo Amarelo (LA)	0,10	37,59	0,24	3,14
Gley Pouco Húmico (GPH)	1,78	734,82	2,81	80,42
Solo Aluvial (AL)	0,47	154,34	0,50	75,98

* Extraído com EDTA 0,005 M.

** Trocável, extraído com $\text{NH}_4\text{OAc N} - \text{pH } 4,6$.

Fonte: adaptada de Singh & Moller (1984); Singh (1986a); Singh (1986b).

Outros fatores que podem levar à deficiência desse micronutriente são: excesso de fósforo no solo, efeitos combinados de pH elevado, calagem excessiva, encharcamento, baixas temperaturas e altos níveis de bicarbonato.

Com o objetivo de determinar a disponibilidade de ferro em classes de solos dominantes na Amazônia, Singh (1996b) constatou que os teores mais elevados ocorreram no Gley Pouco Húmico (GPH) e no Solo Aluvial (AL), enquanto o Latossolo Vermelho-Amarelo (LV) e o Latossolo Amarelo (LA) apresentaram os menores valores (Tabela 2).

Manganês

Os solos orgânicos, pela formação de complexos muito estáveis entre matéria orgânica e manganês, tendem a apresentar problemas de deficiência.

A umidade do solo também afeta a disponibilidade de manganês. Os sintomas de deficiência são mais severos em solos com alto teor de matéria orgânica durante a estação fria, quando eles estão saturados de umidade. Os sintomas tendem a desaparecer à medida que o solo seca e a temperatura se eleva.

Solos arenosos, com baixa CTC e sujeitos a altos índices pluviométricos são mais propensos a apresentar problemas de deficiência desse micronutriente.

Desequilíbrios em relação a cálcio, magnésio e ferro podem também causar deficiências de manganês.

Uma das causas de deficiência de manganês é a baixa concentração desse elemento na maioria dos solos da Amazônia. Pesquisas realizadas por Singh (1984) mostraram que os solos Latossolo Amarelo (LA), Aluvial (AL) e Podzólico Vermelho-Amarelo (PV) são pobres em manganês, enquanto o Latossolo Vermelho-Amarelo (LV), o Gley Pouco Húmico (GPH) e a Terra Roxa Estruturada (TE) são ricos em manganês (Tabela 2).

Outra causa apontada pela carência de manganês é o antagonismo entre esse nutriente e o magnésio. O excesso de magnésio aplicado em porta-enxertos de seringueira cultivados em areia induziu sintomas de deficiência de manganês, como também pesadas adições de manganês ocasionaram redução na absorção de magnésio (Bolle-Jones, 1953). A calagem excessiva e a adubação orgânica pesada podem também provocar deficiência de manganês em seringueira.

Zinco

Alguns solos quando recebem doses de corretivos para elevar o pH acima de 6,0 podem desenvolver sérias deficiências de zinco, principalmente se forem arenosos.

Podem ocorrer deficiência de zinco quando se usam altas doses de fertilizantes fosfatados. Várias espécies de plantas já mostraram os efeitos da interação zinco-fósforo, entre as quais a seringueira. A interação complica-se ainda mais pelo efeito de valores de pH próximos à neutralidade.

Em Latossolo Amarelo textura média, dosagens a partir de 50 g/cova de superfosfato triplo para o clone Fx 3899 induziram sintomas visuais de deficiência de zinco, enquanto, para o clone IAN 3087, esses sintomas somente apareceram com dosagens a partir de 80 g/cova (Viégas & Alves, 1991).

Grande quantidade de zinco pode ser "fixada" pela fração orgânica do solo, induzindo deficiências. Esse micronutriente pode ser também temporariamente imobilizado nos corpos dos microorganismos do solo, especialmente quando da aplicação de esterco.

Baixas temperaturas associadas a excesso de umidade podem fazer com que as deficiências sejam mais pronunciadas; isso tende a se manifestar no estágio inicial de crescimento das plantas, mas geralmente os sintomas desaparecem mais tarde.

A sistematização do solo para irrigação por inundação induz a deficiência de zinco.

O zinco é fortemente adsorvido pelos colóides do solo, o que ajuda a diminuir perdas por lixiviação, aumentando o efeito residual. Entretanto, solos arenosos, com baixa CTC e sujeitos a chuvas pesadas podem apresentar problemas de deficiência.

Outra causa é a pobreza desse elemento nos solos da Amazônia. De acordo com Singh & Moller (1984), os solos oriundos de rochas ácidas (Podzólico Vermelho-Amarelo, Latossolo Amarelo, Latossolo Vermelho-Amarelo) e o solo Aluvial são pobres em zinco, o que não ocorre nos solos originados de rochas básicas, como a Terra Roxa Estruturada, e nos originados de material sedimentar holocênio ou recente, em condições de hidromorfismo, como o Gley Pouco Húmico (Tabela 2).

Em áreas recém-queimadas no Estado do Amazonas, na faixa de solo onde a queima é intensa, Berniz et al. (1980) constataram plantas de viveiro com sintomas de deficiência de zinco. Os resultados da análise química do solo nos locais onde se procedeu à queima como parte do preparo da área encontram-se na Tabela 3, observando-se modificações consideráveis nas características químicas do solo com a queima intensa.

Molibdênio

Deficiências de molibdênio são mais passíveis de ocorrer em solos ácidos (pH menor que 5,5 ou 5,0). Quando o solo recebe calagem

Tabela 3. Variação das características químicas do solo com relação à intensidade de queima.

Característica	Queima	Queima intensa
pH	3,7	6,3
Fósforo assimilável (ppm)	2	22
Potássio trocável (ppm)	10	110
Cálcio + magnésio trocáveis (meq/100 g/terra)	0,1	1,2

Fonte: Berniz et al. (1980).

adequada, haverá correção da deficiência, se os níveis desse micronutriente forem adequados.

Os solos arenosos apresentam com mais freqüência deficiência de molibdênio do que os solos de textura média ou argilosos.

Doses "pesadas" de fertilizantes fosfatados aumentam a absorção de molibdênio pelas plantas, ao passo que doses elevadas de fertilizantes contendo sulfato podem induzir deficiência de molibdênio.

Shorrocks (1961) constatou o antagonismo entre o manganês e o molibdênio em seringueira.

Crítérios para a Diagnose do Solo

Análise química do solo

A análise química do solo, pelo uso de extratores químicos, é uma das técnicas de avaliação da fertilidade do solo mais utilizada no país.

De acordo com Tisdale & Nelson (1975), a análise do solo para avaliação de fertilidade têm como objetivo:

- manter o nível de fertilidade de determinada área;
- avaliar a probabilidade de obter respostas lucrativas com o emprego de corretivos e fertilizantes;

- fornecer base para recomendação das quantidades de fertilizantes e corretivos; e
- avaliar o potencial de fertilidade de um Estado, município ou região.

Interpretação de resultados

Uma das fases críticas de um programa de avaliação de fertilidade do solo, tanto em relação a macro como a micronutrientes, é a calibração de métodos de análise de solos e a correlação com respostas de produção. Um resultado obtido de uma análise de solo não apresenta nenhum valor *per se* e pode ou não refletir a disponibilidade do nutriente em questão.

Os valores obtidos na análise de solos por um extrator somente tornam-se utilizáveis quando tiverem correlação com as respostas de produção das culturas. Tais correlações são, em geral, obtidas em dois níveis: um deles, considerado exploratório e desenvolvido em casa de vegetação com um grande número de solos que apresentam amplas variações em suas propriedades químicas, físicas e mineralógicas, por exemplo: textura, matéria orgânica, material de origem, etc.; e outro, considerado definitivo, conduzido no campo, envolvendo um menor número de solos cuidadosamente selecionados. O ponto que merece ser enfatizado é que uma boa correlação obtida em condições de casa de vegetação não prova a eficiência de um método particular de análise de solos; isso só pode ser definitivamente avaliado em experimentação no campo.

No Brasil, a grande maioria dos trabalhos de calibração e correlação que permitiram avaliar níveis críticos foi desenvolvida com os elementos fósforo, potássio, cálcio e magnésio. São raros estudos sistemáticos sobre avaliações de níveis críticos em análise de enxofre e micronutrientes no campo. Essa lacuna necessita ser preenchida a curto prazo, se se almeja fazer uso eficiente e inteligente de análises químicas do solo como instrumento para a diagnose de problemas de micronutrientes nas condições de solo, com culturas brasileiras.

Outros métodos

Além da análise química do solo ou da planta, existem outros métodos de avaliação da fertilidade do solo, bastante úteis em determinadas situações e aplicáveis à diagnose de problemas com micronutrientes. São os testes biológicos que envolvem experimentos de campo, cultivo em faixas e ensaios em vasos, em casa de vegetação.

Os experimentos de adubação no campo, embora mais caros e mais demorados (repetidos em várias épocas), são os melhores meios para determinar todos os fatores de produção de uma gleba com cultura específica. Quando conduzidos em condições variadas de clima, solo e cultura, permitem, além da solução de problemas locais com micronutrientes, estabelecer bases para programas regionais de correlação e calibração de análises de solo e planta.

O cultivo em faixas fornece, de maneira simplificada, informações sobre a deficiência ou não de determinado nutriente em um local. Consiste na aplicação do nutriente apenas em algumas faixas da cultura e, pela comparação com as faixas não tratadas, avalia-se a deficiência.

Os experimentos em vasos, em casa de vegetação, permitem obter informações em menor tempo, sobre um maior número de solos. O mais comum é o de “diagnose por subtração”, que consiste na comparação entre o aspecto e a produção de plantas submetidas a um tratamento “completo” e o aspecto e a produção de plantas submetidas a tratamentos com omissão de um nutriente de cada vez. Determinados os nutrientes mais limitantes, são feitos estudos de fontes, níveis e métodos de aplicação. A vantagem desse tipo de estudo é permitir uma triagem para futuros experimentos a serem levados ao campo.

Crítérios para a Diagnose da Planta

Na avaliação do estado nutricional das plantas, existem vários critérios de diagnose que são mais ou menos adequados a determinadas situações. Eles compreendem análise de plantas ou diagnose foliar, teste de tecidos, testes bioquímicos e diagnose visual.

Não há um sistema simples ideal para avaliar problemas nutricionais nas plantas, sendo sempre recomendável a utilização do maior número possível de instrumentos de diagnose.

Análise de plantas ou diagnose foliar

A capacidade das plantas de absorver e utilizar os elementos minerais reflete-se nos teores desses elementos e em seu equilíbrio nutricional, sobre os quais informações úteis podem ser colhidas por intermédio da análise química de certos tecidos.

Embora o solo seja, na maioria dos casos, o fornecedor ou o intermediário obrigatório de fornecimento de elementos minerais à planta, sua análise, largamente utilizada, informa somente as disponibilidades à nutrição vegetal. Só a análise do próprio vegetal é capaz de fornecer indicações sobre o seu estado nutricional. Portanto, além dos sintomas característicos de uma ou outra desordem que só se manifestam em casos graves, só é possível a avaliação do grau nutricional da planta pela sua análise química.

O órgão de controle é, de preferência, a folha, pois como ela é a sede do metabolismo, reflete bem, na sua composição, as mudanças na nutrição.

O uso da diagnose foliar baseia-se nas premissas de que existem, com restrições, relações diretas entre: a dose de adubo e a produção; a dose de adubo e o teor foliar; o teor foliar e a produção.

Relação entre a concentração do nutriente e o crescimento da planta

O conhecimento da relação entre a concentração do nutriente e o crescimento da planta é essencial à interpretação e à seleção do tecido adequado à análise. Uma representação esquemática, baseada em Smith (1962) e Ulrich (1976), é apresentada na Figura 1. O segmento "AB" representa uma zona na qual a produção cresce à medida que a concentração do nutriente decresce a níveis severos de deficiência. O problema dos efeitos Steenbjerg ou Piper-Steenbjerg ocorre

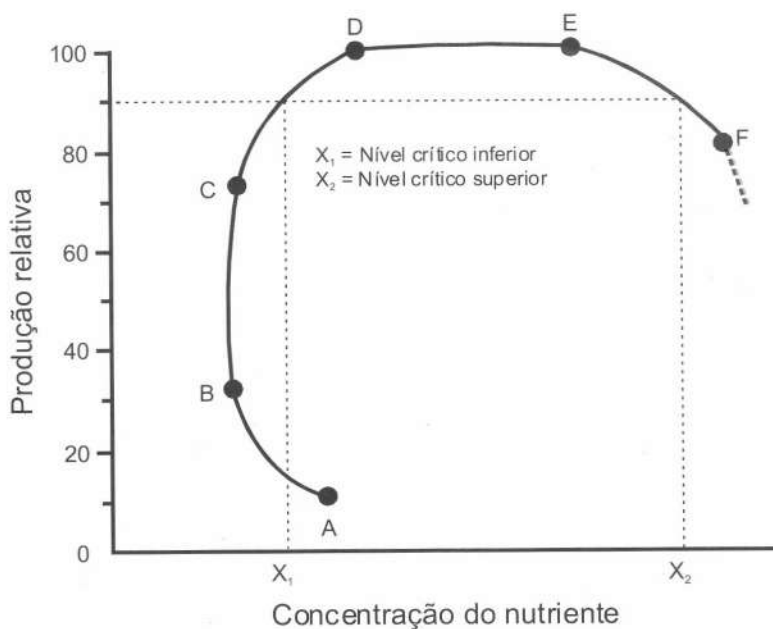


Fig. 1. Representação esquemática da relação entre a produção e a concentração do nutriente e os conceitos de níveis críticos.

Fonte: adaptada de Smith (1962) e de Ulrich (1976).

nessa zona (Steenbjerg, 1951; Loneragan, 1975). Bates (1971) identifica as curvas com zonas "AB" como "curvas em C". O segmento "BC" corresponde a uma zona de grande aumento de matéria seca, com pequeno incremento na concentração de nutrientes e equivale à "zona de deficiência" de Ulrich (1976). O segmento "CD" é a zona na qual a concentração do nutriente cresce à proporção que a produção aumenta a uma taxa relativamente menor; essa taxa corresponde à "zona de transição" de Ulrich (1976). A "DE" é uma zona na qual nenhum aumento de produção é observado, apesar de grande aumento na concentração de nutrientes; corresponde à "zona de consumo de luxo" de Macy (1936) ou à "zona adequada" de Ulrich (1976). Finalmente, no segmento "EF", encontra-se a zona considerada tóxica, onde as produções decrescem com o aumento da concentração do nutriente.

Segundo Bates (1971), as "curvas em C" causam problemas na interpretação da análise foliar. Dois tipos distintos dessa curva têm

sido observados: aqueles associados com baixas produções em razão da deficiência do elemento requerido (Steenbjerg, 1951); e aqueles associados à presença de um elemento em níveis inferiores ao mínimo necessário, isto é, quando outro elemento limita a produção de acordo com a "Lei do Mínimo" de Liebig (Terman et al., 1972). Problemas do primeiro tipo podem ser identificados, amostrando-se folhas recém-maduras logo após o aparecimento de sintomas (Bates, 1971). As causas dessa anomalia podem ser: senescência precoce, estímulo na produção de carboidratos que causam um efeito de diluição, toxidez por excesso de outro elemento a baixos níveis do elemento em questão ou redução no número de perfilhos em cereais (Moraghan, 1985). O segundo tipo está associado a respostas em crescimento causadas pela aplicação deficiente de um segundo elemento. A possibilidade de complicações devidas a deficiências múltiplas deve ser sempre considerada quando se têm dados analíticos de plantas com graves deficiências.

A situação ideal em análise de plantas é eliminar a possibilidade na zona AB. Variações acentuadas na "zona de transição" CD e na "zona tóxica" EF com valores críticos reproduzíveis e pouco afetados pela época de amostragem tornam o diagnóstico mais fácil. A análise da planta é de valor limitado, a menos que seja feita pesquisa adequada para interpretação e seleção de técnicas apropriadas de amostragem, preferivelmente com os genótipos de interesse. Existem grandes diferenças entre as cultivares de muitas espécies com relação à suscetibilidade à deficiência e à toxidez de micronutrientes. Os níveis críticos de deficiência de zinco no milho variam entre genótipos (Massey, 1971); e cultivares de trigo, algodão e soja mostram diferentes níveis críticos em toxidez de manganês (Foy et al., 1978).

Vários termos são empregados para descrever as relações quantitativas ou semiquantitativas em análise de plantas. Os valores críticos superiores e inferiores representam os níveis de nutrientes na zona CD e EF, respectivamente. Ulrich & Hills (1969) e Ohki (1975) associaram esses valores, inferior e superior, com reduções de 10% na produção. Outros pesquisadores definem o nível crítico inferior de várias maneiras: a) aquele no qual o nutriente está ligeiramente acima do ponto de crescimento limitante (Smith, 1962); b) o nível no qual pode ocorrer um estresse no crescimento (Melsted et al., 1969); c) o nível

correspondente ao crescimento máximo sob uma série de condições (Moore et al., 1957); e d) a concentração limiar do nutriente para o crescimento máximo (Ulrich, 1952).

Dow & Roberts (1982), em concordância com Smith (1962), preferem uma faixa crítica de nutriente, em vez de uma concentração crítica, já que é difícil estabelecer, experimentalmente, um ponto ou um único valor que possa variar sob diferentes condições. Os valores da composição foliar são também expressos por uma série de faixas classificadas como deficiente ou com sintomas de toxidez (Chapman, 1966; Leece, 1976; Ward et al., 1973).

Seleção da parte da planta e época de amostragem

A composição dos tecidos vegetais é influenciada pelos seguintes fatores:

- fatores da própria planta como: natureza da espécie ou cultivar, natureza do porta-enxerto, estágio vegetativo ou idade da planta, abundância, distribuição e funcionamento das raízes, volume de produção dos frutos;
- fatores do ambiente natural ou cultural como: variações climáticas, suprimento de água, estado sanitário da planta, natureza e manejo do solo, etc.; e
- interações entre os elementos minerais.

Considerações insuficientes dos efeitos relativos desses fatores sobre a composição mineral da planta é provavelmente a origem de certos fracassos registrados na utilização da análise foliar, no estabelecimento de programas de adubação.

Em virtude dos fatores anteriormente citados, a padronização na amostragem para análise foliar deve ser bastante detalhada. Com relação à escolha da parte da planta a ser amostrada, a maioria dos autores indica a folha recentemente madura como a mais satisfatória, pois, segundo Martin-Prevel et al. (1984), por ser a sede do metabolismo, ela reflete bem, na sua composição, as mudanças na nutrição. Entretanto, alguns pesquisadores preferem a análise da planta inteira (parte aérea) nos primeiros estádios de crescimento em culturas como trigo,

aveia e centeio (Melsted et al., 1969; Ward et al., 1973) e arroz (Trani et al., 1983).

Critérios que devem ser considerados na escolha da parte amostrada (Moraghan, 1985):

- a transição na curva de produção *versus* concentração de nutrientes entre as zonas “adequada”, “deficiente” e “tóxica” deve ser abrupta;
- a probabilidade de ocorrência de efeitos Steenbjerg, que resultam em valores de concentração no tecido maiores que aqueles associados com deficiência, precisa ser minimizada; Bates (1971) ensina que esse problema pode ser reduzido se a amostragem for restrita às plantas com sintomas recentemente desenvolvidos;
- a parte da planta a ser amostrada deve ser preferencialmente aquela cuja concentração de nutrientes foi pouco afetada pela época de amostragem; e
- facilidade de amostragem deve ser outro fator considerado na seleção da parte amostrada.

Uma amostragem adequada fornecerá o plano qualitativo da natureza exata da relação entre o objeto da análise e a população amostrada, e, no aspecto quantitativo, a intensidade dessas relações.

A recomendação para plantas jovens, de acordo com Bueno et al. (1979), deve ser de folhas expostas ao sol, coletando-se as duas folhas maduras maiores, sem os pecíolos, da base do penúltimo lançamento. Em seringueiras com ramificação, devem ser coletadas as folhas maiores do lançamento terminal, atentando-se para que a gema apical esteja em dormência. Em seringal em produção, devem ser coletadas as folhas sem pecíolos do último verticilo terminal e expostas à sombra do ramo no interior da copa. Vinte a trinta árvores deverão ser amostradas em uma parcela homogênea de 20 a 30 ha.

A época propícia para o Estado do Pará é no período de outubro a dezembro. Segundo Bataglia et al. (1987), para São Paulo e Estados vizinhos, no verão, é indicado o período de janeiro a março.

Preparo das amostras

Durante a preparação da amostra, devem ser observados os seguintes pontos (Moraghan, 1985):

- perdas por respiração devem ser evitadas durante o transporte da amostra até o laboratório;
- técnicas adequadas de subamostragem devem ser usadas antes e após a moagem;
- as amostras precisam ser efetivamente moídas no tamanho desejado de partículas;
- técnicas efetivas de secagem e armazenamento devem ser empregadas; e
- deve-se evitar a contaminação em todos os estádios.

Qualquer amostra que apresente sinais de deterioração durante o período de processamento deve ser descartada. A maioria das amostras que não pode ser processada em aproximadamente quatro horas deve ser acondicionada em sacos de papel, transportadas em recipientes com gelo, ou mantidas em refrigerador até que possam ser feitas a lavagem e a secagem.

Até 100 g de tecido pode ser moído convenientemente. A subamostragem do tecido seco antes da moagem tende a aumentar bastante os erros de subamostragem por causa da separação dos tecidos das nervuras e dos internervais. Se necessário, as amostras frescas podem ser cortadas com picadeiras ou facas de aço inoxidável, e misturadas uniformemente, ou então subamostradas. O material seco moído também precisa ser homogeneizado antes de as subamostras serem tomadas.

A maioria dos métodos recomendados de análise requer 0,5 g a 3 g do material moído. Esse material deve passar em peneiras de 20 a 40 meshes. O material mais fino é preferível, com amostras entre 0,5 g e 1 g. Moinhos tipo Wiley em aço inoxidável são freqüentemente usados; deve-se assegurar que todos os materiais da planta passem pela peneira. Como o material vegetal é heterogêneo, é necessário um tempo considerável para triturar os tecidos fibrosos. Smith et al. (1962), ao testarem partículas de tamanhos diversos que continham diferentes

teores de nutrientes, verificaram que os efeitos diferiam entre as espécies, comprovando assim que tanto a moagem quanto a homogeneização cuidadosas são essenciais.

A atividade enzimática é geralmente interrompida pelo aquecimento em estufas com ventilação forçada, preferivelmente dotadas de filtro para remover a poeira e mantidas entre 60°C e 70°C até a obtenção de peso constante. As folhas secam mais facilmente que os caules e os pecíolos, os quais freqüentemente precisam ser cortados em pedaços pequenos. O tecido da planta é higroscópico, e o pó, finamente moído, precisa ser secado novamente após a moagem, antes de ser submetido ao processo analítico. Uma secagem a 85°C, por 12 horas, do material já moído parece ser adequada na maioria das análises.

Problemas de contaminação

O conhecimento das prováveis causas de contaminação é essencial para aumentar a eficiência de um programa de análise de plantas, especialmente quando envolve micronutrientes. Por isso, deve-se obedecer aos seguintes procedimentos: remover qualquer superfície de contaminação; evitar a contaminação durante a coleta, a secagem, a moagem e o armazenamento do tecido de planta; e também evitar a contaminação durante as análises.

Qualquer superfície de contaminação que possa interferir nas análises deve ser removida logo após a coleta do tecido e antes da secagem ou da murcha. A lavagem do tecido requer a pronta disponibilidade de água destilada ou deionizada.

A contaminação com partículas de solo é removida mais facilmente que as pulverizações com micronutrientes aderentes ao tecido. O uso de detergente parece ser tão efetivo quanto o de HCl ou das misturas HCl-detergente para remover o solo, porém são recomendadas lavagens com HCl (detergente) se as plantas receberam pulverizações alcalinas contendo micronutrientes.

Entretanto, tais pulverizações são difíceis de remover, mesmo com detergente-ácido ou EDTA-detergente. Se detergentes forem

usados para lavagem, deve-se tomar cuidado para evitar contaminação com qualquer elemento de interesse.

Perdas pequenas ou desprezíveis ocorrem na maioria dos tecidos durante as lavagens de curta duração. Entretanto, quando folhas de maçã forem mergulhadas em HCl 1N por 10 minutos, para remover o Zn pulverizado e fortemente aderido, elementos como K, Mg e Mn parecerão ter-se perdido na água de lavagem (Orphanos, 1977).

A maioria dos trabalhos tem mostrado que, realizada com cuidado, a lavagem tem pequeno efeito sobre os teores de Cu, Zn, Mo e B de plantas não-pulverizadas. Entretanto, a lavagem tem provocado, ocasionalmente, pequenas reduções na concentração de Mn. Experiência e conhecimento da situação local são fatores a serem considerados na decisão de lavar ou não as amostras.

Uma sugestão prática sobre a lavagem das partes das plantas: se a planta não foi pulverizada, as folhas devem ser lavadas em água corrente e enxaguadas com água deionizada; caso contrário, o material vegetal deverá ser lavado com uma solução de detergente (1 mL/litro), enxaguado várias vezes com água corrente e, em seguida, com água deionizada.

Deve-se tomar cuidado para que utensílios usados na coleta e no preparo da amostra não contaminem o material. Alguns sacos de papel contêm boro e causam contaminação (Winsor, 1957). As estufas de secagem devem, de preferência, ser construídas de aço inoxidável e pintadas com tinta epóxi de boa qualidade; bandejas galvanizadas não devem ser usadas por causa da provável contaminação com zinco. Durante a moagem, as partes em contato com a planta no moinho devem ser de aço inoxidável.

É necessário extremo cuidado para evitar a introdução sistemática ou acidental de elementos estranhos durante as várias operações analíticas. Sempre que possível, os reagentes devem ser armazenados em frascos de polietileno. É essencial a lavagem de vidraria com HCl 1 N e, em seguida, com água destilada ou deionizada.

A borracha usada na tubulação, em tampas, pinças de agitadores, etc. pode causar contaminação com zinco; assim, deve-se evitá-la (Mitchell, 1960). Bulbos de borracha ligados a pipetas podem causar contaminação com zinco, cobre e ferro (Baker et al., 1964). Como

vidros pyrex ou kimax contêm boro, qualquer solução usada para a análise desse elemento deve ser armazenada em garrafa de polietileno. Corrosão de superfícies metálicas no laboratório tem de ser evitada. Materiais de cobre e latão devem ser substituídos ou recobertos com tinta epóxi ou resina, uma vez que os sais básicos formados na superfície do cobre podem se espalhar facilmente em forma de poeira fina. A vidraria usada para análise de micronutrientes deve ser reservada para esse fim. As análises colorimétricas para fósforo freqüentemente contaminam o laboratório com molibdênio. Dessa forma, a determinação de molibdênio deve ser feita em outro laboratório que faça análise desse micronutriente. Prevenir-se contra a poeira no laboratório. Atenção cuidadosa deve ser dada ao sistema de água destilada deionizada. Borracha, latão, bronze ou cobre não devem entrar em contato com a água purificada; e frascos de polietileno devem ser usados para o armazenamento de água.

Crítérios de interpretação

O ajustamento dos dados de análise foliar segundo critérios do Rubber Research Institute of Malaya (1990) é mostrado a seguir.

Os teores foliares de nutrientes são relacionados à idade da folha. Ajustes dos níveis de nutrientes nas folhas para corresponder àquelas da idade ótima são necessários antes de se avaliar o estado nutricional das árvores.

Procedimento

A correção dos valores de nitrogênio, potássio e fósforo de acordo com a idade da folha é baseada no teor foliar de cálcio. Na maioria dos casos, somente o nitrogênio e o potássio são corrigidos conforme a idade.

Correção de nitrogênio

As porcentagens de Ca na idade ótima de 100 dias, a partir do *bud burst*, em diferentes clones, são as seguintes:

Clone	Ca na folha (%)
RRIM 501	0,4
PR 107	0,5
PB 86, RRIM 623, RRIM 600, GT 1, PBR/51, RRIM 605	0,6

Quando o teor foliar de cálcio excede 0,60% em clones comuns, exceto em RRIM 501 e PR 107, os valores de N observados devem ser acrescidos de 0,087% para cada 0,1% a mais de 0,60% do valor de cálcio. Se o teor de Ca for menor que 0,60%, os teores foliares de N devem ser reduzidos de maneira similar. Em clones RRIM 501 e PR 107, as correções são feitas quando os valores de Ca diferem de 0,40% e 0,50%, respectivamente. Fatores de ajuste dos últimos clones devem ser feitos quando possível.

Correção de potássio

Quando o teor de cálcio for maior que 0,60%, os valores de potássio observados devem ser aumentados de 0,052% para cada 0,1% a mais de 0,60% do valor de cálcio. O inverso deve ser subtraído (como em nitrogênio).

Correção de fósforo

Normalmente, as correções não são feitas no caso do teor de P. Entretanto, se necessário, as correções do teor de P de 0,004% de P para cada 0,1% de Ca, além de 0,60%, são algumas vezes consideradas.

Interpretação dos resultados foliares

Após o ajustamento dos dados, é avaliado o estado nutricional de um estande de árvores, baseado em análise foliar. Normalmente essa checagem é baseada em faixas de valores obtidos experimentalmente. O estado nutricional das árvores é agrupado em classes que variam de muito baixo a muito alto.

Dois conjuntos de padrões foliares são usados para a interpretação dos dados foliares: um para folhas expostas à luz (Tabela 4) e outro para folhas sombreadas (Tabela 5), conforme critérios do Rubber Research Institute of Malaya (1990).

A faixa de teores considerados adequados às folhas de seringueira com mais de quatro anos de idade, coletadas no último lançamento maduro, em ramos baixos da copa, em áreas sombreadas, segundo Raij et al. (1996), do Instituto Agrônômico de Campinas (IAC), é a seguinte:

- Macronutrientes (g/kg): 29-35 de N; 1,6-2,5 de P; 10-17 de K; 7-9 de Ca; 1,7-2,5 de Mg; 1,8-2,6 de S;
- Micronutrientes (mg/kg): 20-70 de B; 10-15 de Cu; 50-120 de Fe; 40-150 de Mn; 20-40 de Zn.

Na Amazônia, em seringal em produção (2 t/borracha seca/ha/ano), com área de estação seca definida, livre da ocorrência do *Microcyclus ulei*, no município de Açailândia-MA, a faixa de teores adequados às folhas sombreadas é a seguinte:

- Macronutrientes (g/kg): 28-30 de N; 1,3-2,0 de P; 9-14 de K; 4-9 de Ca; 3,0-5,0 de Mg; 1,9-2,5 de S;
- Micronutrientes (mg/kg): 22-95 de B; 7-27 de Cu; 50-250 de Fe; 27-130 de Mn; 25-50 de Zn.

Tabela 4. Interpretação dos teores foliares, em folhas expostas à luz.

Nutriente	MB	B	M	A	MA
N (%)	< 2,70	2,71-3,09	3,10-3,60	3,61-3,90	> 3,91
P (%)	< 0,15	0,16-0,17	0,18-0,25	0,26-0,29	> 0,30
K (%)	< 0,85	0,86-0,96	0,97-1,40	1,41-1,60	> 1,61
Mg (%)	< 0,19	0,20-0,21	0,22-0,28	0,29-0,31	> 0,32
Mn (ppm)	< 50	50-100	101-150	151-250	> 250

MB – muito baixo; B – baixo; M – médio; A – alto; MA – muito alto.

Fonte: Rubber Research Institute of Malaya (1990).

Tabela 5. Interpretação dos teores foliares (folhas à meia sombra).

Nutriente	Grupo	Clone	MB	B	M	A	MA
N (%)	I	Todos os clones, exceto aqueles do grupo II e III	< 2,90	2,90-3,20	3,21-3,50	3,51-3,70	> 3,71
	II	RRIM 600, GT 1 e outros clones da classe I	< 3,00	3,00-3,30	3,31-3,70	3,71-3,90	> 3,91
	III	Clones susceptíveis ao vento, como RRIM 623, 605, 501, 513, PB 5/63	< 2,70	2,70-2,80	2,81-3,20	3,21-3,40	> 3,41
P (%)	-	Sem diferenças clonais	< 0,17	0,17-0,19	0,20-0,25	0,26-0,27	> 0,27
K (%)	I	Todos os clones, exceto os do grupo II	< 1,10	1,10-1,25	1,26-1,50	1,51-1,65	> 1,66
	II	Clones classe I (i.e., RRIM 600, GT 1)	< 1,20	1,21-1,36	1,37-1,65	1,66-1,85	> 1,86
Mg (%)	-	Sem diferenças clonais	< 0,18	0,18-0,20	0,21-0,25	0,26-0,27	> 0,27
Mn (ppm)	-	Sem diferenças clonais	< 50	51-100	101-150	151-200	> 200

MB – muito baixo; B – baixo; M – médio; A – alto; MA – muito alto.

Fonte: Rubber Research Institute of Malaya (1990).

Diagnose visual

A diagnose visual é uma técnica baseada no fato de que plantas com toxicidade ou deficiência acentuada de um elemento mineral normalmente apresentam sintomas característicos dos distúrbios causados pela falta ou pelo excesso desse nutriente. Sua principal vantagem está no fato de que a planta age como integradora de todos os fatores de crescimento e constitui o produto final de interesse do produtor. Outra vantagem é que não requer equipamentos sofisticados e caros, podendo, ademais, ser usada como um suplemento às outras técnicas de diagnose da fertilidade do solo ou estado nutricional da planta.

A manifestação externa de carência ou excesso tóxico, segundo Malavolta (1980), pode ser concebida como o último passo de uma seqüência de fatos, conforme está resumido na Figura 2. Para melhor

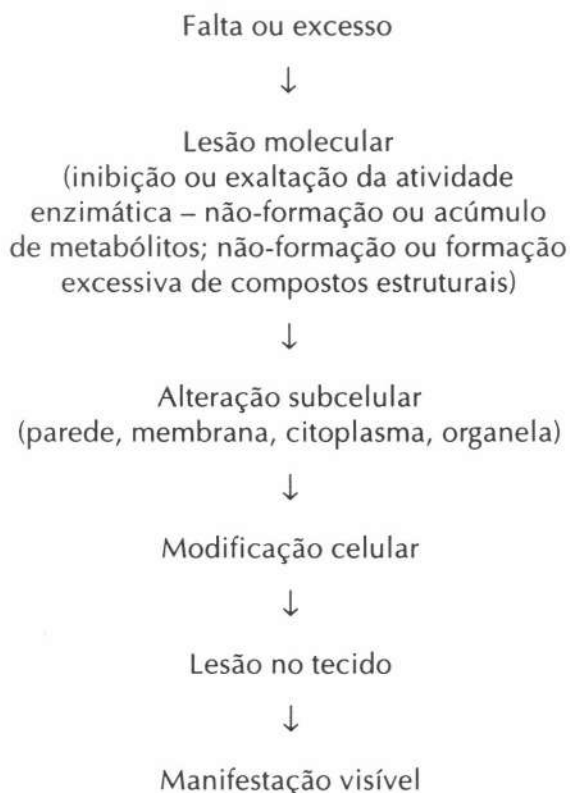


Fig. 2. Seqüência de acontecimentos que conduzem à anormalidade visível.

Fonte: Malavolta (1980).

entendimento, o mesmo autor cita um exemplo: o sintoma típico da deficiência de zinco é o encurtamento dos internódios; sabe-se que o zinco é necessário para a síntese do triptofano, precursor do ácido indol acético. Tem-se, então: lesão molecular = menor grau de auxina; lesão subcelular = paredes menos plásticas; lesão celular = células menores; lesão no tecido = conjunto de células menores; manifestação visível = internódios curtos.

A diagnose visual pode ser facilitada pela observação de plantas indicadoras de deficiências, as quais, por serem mais exigentes e

possuírem menor capacidade de absorção ou translocação de um determinado nutriente, mostram os sintomas, enquanto outras não o fazem. Já as espécies acumuladoras toleram concentrações de determinados nutrientes que seriam tóxicos para outras espécies.

São fatores de restrição à diagnose visual:

- quando os sintomas chegam a se manifestar, a produção já está comprometida;
- exige pessoal altamente habilitado para reconhecimento dos sintomas aparentes;
- não se aplica à detecção da "fome" ou toxicidade (oculta situações em que o crescimento e a produção já foram afetados e a planta ainda não apresentou os sintomas visuais característicos); e
- no caso de deficiências múltiplas, o que ocorre na maioria dos casos, é difícil identificar os elementos que estão deficientes ou causam toxicidade.

Caracterização dos sintomas de deficiências em plantas de seringueira

Nitrogênio

Em seringais da Amazônia fertilizados com nitrogênio e com cobertura de leguminosas, os sintomas de deficiência de nitrogênio dificilmente ocorrem. Os sintomas de deficiência apresentam-se na forma de clorose das folhas mais velhas, manifestando-se posteriormente em todas as folhas da planta quando a deficiência torna-se severa (Figura 3). Em folhas expostas ao sol, os sintomas de deficiência são mais acentuados do que em folhas sombreadas. Em plantas deficientes de nitrogênio em viveiro de seringueira, na ilha do Mosqueiro (PA), além da clorose das folhas, constatou-se também diminuição da área foliar, altura reduzida e caules mais finos do que o comum. Amaral (1983), trabalhando com plântulas de seringueira em casa de vegetação, verificou que os primeiros sintomas de deficiência foram os de nitrogênio, com teores nas folhas de 1,94%. Já o excesso de nitrogênio

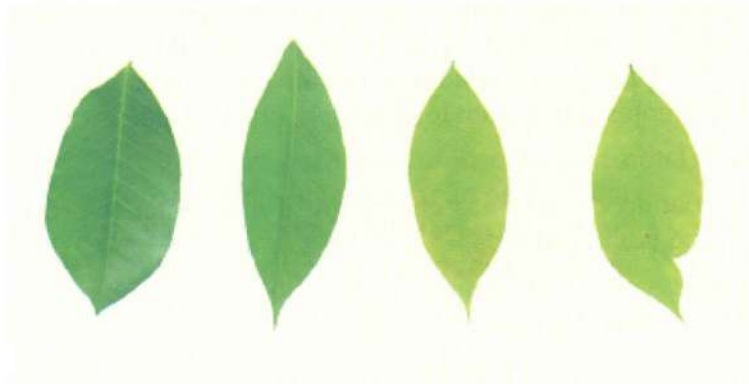


Foto: Ismael de Jesus Matos Viégas

Fig. 3. Folha normal à esquerda (sem deficiência) e com deficiência de nitrogênio à direita, oriundas de porta-enxertos de seringueira.

em porta-enxertos de seringueira induz um desenvolvimento exagerado da área foliar, provocando o encurvamento da planta. Isso foi constatado em viveiro instalado em Latossolo Amarelo, nas condições climáticas de Belém, com aplicação de 112 g/planta de nitrogênio.

Na Malásia, o nível crítico estabelecido por Yew (1979) e Sivanadyan (1981) de nitrogênio em plantas adultas com folhas sombreadas variou de 3,30% a 3,70%, e, em folhas expostas ao sol, de 3,20% a 3,60% de N.

Para a Amazônia Oriental, Viégas et al. (1990) indicam a faixa ótima de 2,90% a 3,50% de nitrogênio em porta-enxertos de seringueira, aos sete meses de idade.

Na Tabela 6, encontram-se os teores médios de nitrogênio de alguns clones em produção nas condições edafoclimáticas de Açailândia-MA, em seringal com um ano de idade, em Manaus, com resultados apresentados por Pereira et al. (1985), e de quatro anos em Mato Grosso, não sendo observados sintomas visuais de deficiência desse elemento. Observa-se que os teores de nitrogênio são baixos quando comparados com o nível crítico estabelecido na Malásia. Sabe-se que o nível crítico de um elemento é influenciado por muitos fatores; no caso da seringueira, poder-se-iam citar os seguintes: clone, solo, clima, manejo, pragas, doenças, etc. Entretanto, a explicação mais provável para os baixos teores do seringal de Açailândia está na

Tabela 6. Teores médios de nitrogênio em folhas normais de clones de seringueira.

Clone	Açailândia*	Manaus**	Mato Grosso**
	N (%)		
IAN 717	3,05	2,61	2,59
IAN 3044	3,00	-	-
IAN 3087	2,96	2,99	-
IAN 3248	2,85	-	-
Fx 3899	2,63	2,62	2,47
IAN 873	2,94	3,34	3,04

* Folhas sombreadas, analisadas no Laboratório de Química da Escola de Agricultura Luiz de Queiroz.

** Folhas expostas ao sol, analisadas no Laboratório da Embrapa Amazônia Ocidental.

pouca utilização de adubos nitrogenados e no fato de a cobertura do solo não ter leguminosa.

Fósforo

Em seringais adultos na Amazônia, nas condições normais de cultivo, os sintomas visuais de deficiência de fósforo não têm sido observados, mas podem ser detectados pela análise foliar.

O sintoma principal da deficiência de fósforo é um bronzeamento da folha, que ocorre geralmente do ápice até a parte média, com posterior secamento. Sintomas semelhantes foram descritos por Frazão (1983). Não se deve confundir o bronzeamento natural das folhas de árvores sadias (senescência) com o característico da deficiência de fósforo. A Figura 4 mostra os sintomas de deficiência de fósforo apresentados em condições experimentais, em folhas de seringueira, em viveiro, no Estado do Pará.

O nível crítico do fósforo, de acordo com Yew (1979) e Sivanadyan (1981), em plantas adultas, varia de 0,21% a 0,27% em folhas sombreadas e de 0,19% a 0,21% em folhas expostas ao sol.

Em porta-enxertos de seringueira, na ecorregião de Belém, a faixa ótima de concentração é de 0,14% a 0,25% de P (Viégas, 1985; Viégas et al., 1990).



Foto: Ismael de Jesus Matos Viegas

Fig. 4. Folha à esquerda, normal (sem deficiência), e à direita, com deficiência de fósforo, ambas oriundas de porta-enxertos de seringueira.

Na Tabela 7, estão contidos os dados dos teores médios de fósforo de alguns clones amazônicos nas condições de Açailândia-MA e de Manaus-AM, conforme Pereira et al. (1985), e de Mato Grosso-MT. Verifica-se, no geral, que os teores de fósforo são baixos quando comparados com os valores encontrados na Malásia, por Shorrocks (1979).

Potássio

Os sintomas de deficiência de potássio caracterizam-se por um amarelecimento nos bordos das folhas mais velhas, desde o ápice até a base da folha. Com a gravidade da deficiência, ocorre necrose dos tecidos (Figura 5). Sintomas semelhantes de deficiência de potássio em seringueira foram descritos por Frazão (1983). Em plantas jovens de seringueira, a falta de potássio reduz o crescimento, afetando, desse modo, o desenvolvimento da circunferência do tronco e o tamanho das folhas. Na fase adulta, reduz a produção. Sintomas de deficiência de potássio foram observados no Estado do Pará, em planta de viveiro, com 0,25% de K; em jardim clonal no Harb 1, com 0,31% de K; e em seringal em formação com o clone Fx 3899, com 0,22% de K. Nos Estados do Acre, de Rondônia e do Amapá, também observaram-se

Tabela 7. Teores médios de fósforo em folhas normais de clones de seringueira.

Clone	Açailândia*	Manaus**	Mato Grosso**
	P (%)		
IAN 717	0,20	0,15	0,18
IAN 3044	0,12	-	-
IAN 3087	0,10	-	-
IAN 3248	0,10	-	-
IAN 873	0,14	0,20	0,14
Fx 3899	0,19	0,15	0,12

* Folhas sombreadas.

** Folhas expostas ao sol.



Foto: Ismael de Jesus Matos Viegas

Fig. 5. À esquerda, folha normal (sem deficiência), e à direita, folhas com deficiência de potássio em porta-enxertos de seringueira.

plantas de seringueira com deficiência de potássio. No Estado do Amazonas, constataram-se sintomas de deficiência quando o elemento foi omitido na adubação com nitrogênio, fósforo, magnésio e micronutrientes. O nível crítico estabelecido por Yew (1979) e

Sivanadyan (1981) de potássio em plantas adultas com folhas sombreadas varia de 1,30% a 1,50%, e, em folhas expostas ao sol, de 1,20% a 1,40% de K.

A faixa ótima de potássio indicada por Viégas et al. (1990), em porta-enxertos de seringueira, em sacos de plástico no Estado do Pará, é de 0,75% a 0,96% de K.

Na Tabela 8, encontram-se os teores médios de potássio em alguns clones, nas condições de Manaus, segundo Pereira et al. (1985), em Açailândia e em Mato Grosso, sem sintomas visuais de deficiência desse elemento. A concentração de potássio nos clones IAN 717 e IAN 3044, nas condições edafoclimáticas do município de Açailândia, enquadra-se na faixa de teores considerada média pelo Rubber Research Institute of Malaya (1990), e nos demais clones, independentemente das localidades, nas classes baixa e muito baixa.

Cálcio

Nos seringais da Amazônia, ainda não se observaram sintomas visuais de deficiência de cálcio. De acordo com Shorrocks (1979), os sintomas de deficiência de cálcio não apresentam nenhum amarelecimento nas folhas; inicialmente é caracterizado pelo chamuscamento

Tabela 8. Teores médios de potássio em folhas normais de alguns clones amazônicos de seringueira.

Clone	Açailândia*	Manaus**	Mato Grosso**
	K (%)		
IAN 717	1,47	1,04	0,97
IAN 3044	1,27	-	-
IAN 3087	0,90	0,97	-
IAN 3248	1,23	-	-
Fx 3899	1,24	0,91	0,88
IAN 873	1,15	1,10	0,96

* Folhas sombreadas.

** Folhas expostas ao sol.

apical e marginal, em geral de coloração branca e castanho-clara. Em condições de casa de vegetação, Amaral (1983) observou que, com a omissão de cálcio, houve um ligeiro recurvamento das folhas mais novas da seringueira e, em um grau de carência mais acentuado, as folhas mais velhas apresentaram deformações. A concentração de cálcio nas folhas com omissão desse elemento foi de 0,59%.

A faixa ótima de cálcio para porta-enxertos de seringueira em sacos de plástico no Estado do Pará, de acordo com os resultados obtidos por Viégas et al. (1990), é de 0,85% a 0,96% de Ca.

Os teores médios de cálcio nas folhas de alguns clones de seringueira, nas condições de Manaus (Pereira et al., 1985), de Açailândia e Mato Grosso, sem sintomas visuais de deficiência desse elemento, encontram-se na Tabela 9.

Magnésio

A deficiência de magnésio na cultura da seringueira tem sido observada com freqüência na Amazônia. O sintoma de carência de magnésio é uma clorose entre as nervuras, com aspecto de espinha de peixe, que se inicia na margem dos folíolos, ou uma clorose localizada na parte central dos folíolos, entre as nervuras, seguida de necrose (Figura 6). Sintomas semelhantes de deficiência de magnésio em

Tabela 9. Teores médios de cálcio em folhas normais de clones de seringueira, em Açailândia, em Manaus e em Mato Grosso.

Clone	Açailândia*	Manaus**	Mato Grosso**
	Ca (%)	Ca (%)	Ca (%)
IAN 717	0,39	0,56	0,39
IAN 3044	0,48	-	-
IAN 3087	0,54	0,71	-
IAN 3248	0,82	-	-
Fx 3899	0,49	0,70	0,60
IAN 873	0,90	0,79	1,25

* Folhas sombreadas.

** Folhas expostas ao sol.



Foto: Ismael de Jesus Matos Viégas

Fig. 6. Deficiência de magnésio em porta-enxertos de seringueira.

seringueira foram descritos por Frazão (1983). Sintomas de deficiência de magnésio em seringueira têm sido encontrados nos Estados do Amazonas, do Pará, do Acre, de Rondônia e do Amapá.

A Tabela 10 apresenta os teores de magnésio nas folhas de alguns clones, nas condições de jardim clonal, no Estado do Pará.

De acordo com Yew (1979) e Sivanadyan (1981), o nível crítico de magnésio em plantas adultas, em folhas sombreadas é de 0,25% a 0,28%, e em folhas expostas ao sol é de 0,32% a 0,28% de Mg. A faixa ótima de magnésio para porta-enxerto de seringueira nas condições de saco de plástico, de acordo com Viégas et al. (1990), é de 0,30% a 0,33% de Mg.

A Tabela 11 apresenta os teores médios de magnésio de alguns clones amazônicos em seringal, em produção no município de Açailândia e no Estado de Mato Grosso e em seringal em desenvolvimento em Manaus, segundo Pereira et al. (1985), onde as plantas não manifestaram sintomas visuais de deficiência de magnésio. Nos clones amazônicos estabelecidos em Açailândia, observam-se teores acima do estabelecido como nível crítico para clones orientais recomendados na Malásia, enquanto, nas condições de Manaus e Mato Grosso, os teores são baixos, com exceção do IAN 873, em Mato Grosso.

Tabela 10. Teores de magnésio em folhas de clones de seringueira, com e sem deficiência de magnésio, em jardim clonal, no Estado do Pará.

Clone	Sem deficiência de magnésio	Com deficiência de magnésio
	(%)	
Fx 3899	0,19	0,07
Fx 616	0,15	0,04
Fx 606	0,15	0,05
IAN 6323	0,26	0,04
IAN 3087	0,14	0,04
IAN 3193	0,21	0,05
IAN 2909	0,13	0,04
Harb 1	0,14	0,03

Tabela 11. Teores médios de magnésio em folhas normais de alguns clones de seringueira cultivados em diferentes regiões da Amazônia.

Clone	Açailândia	Manaus	Mato Grosso
	Mg (%)	Mg (%)	Mg (%)
IAN 717	0,43	0,17	0,16
IAN 3044	0,38	-	-
IAN 3087	0,31	0,17	-
IAN 3248	0,46	-	-
IAN 873	0,51	0,17	0,33
Fx 3899	0,38	0,20	0,18

Enxofre

Nos seringais de cultivo da Amazônia, não se constataram ainda plantas com sintomas de deficiência de enxofre, provavelmente em razão do uso de fertilizantes contendo o nutriente. Há suspeitas de plantas com deficiência desse elemento no Estado do Amazonas. A deficiência do enxofre, segundo Shorrocks (1979), é muito semelhante

à do nitrogênio. Há um amarelecimento uniforme das folhas acompanhado de uma redução; posteriormente desenvolve-se extensa necrose no ápice das folhas. Folhas com esses sintomas apresentaram 0,11% de S. Em porta-enxertos de seringueira cultivados em sacos de plástico, valores entre 0,14% e 0,17% de S são adequados para o desenvolvimento das plantas (Viégas, 1985). Os sintomas de deficiência de enxofre foram descritos por Amaral (1983). De acordo com esse autor, os sintomas mais característicos apareceram nas folhas mais novas, sendo o amarelecimento semelhante ao da deficiência de nitrogênio.

Os teores médios de enxofre em alguns clones de seringueira, nas condições do Pará e de Mato Grosso, sem sintomas aparentes de deficiência, encontram-se na Tabela 12.

Boro

As plantas deficientes em boro apresentam folhas retorcidas, coriáceas, mas a deformação da folha não segue nenhum padrão definido (Figura 7). Não ocorre clorose e ocasionalmente as nervuras são mais largas que o normal. Nos Estados do Pará e do Amazonas, têm sido observados sintomas de deficiência de boro em jardim clonal de

Tabela 12. Teores de enxofre em folhas normais de clones de seringueira.

Clone	Pará	Mato Grosso
	S (%)	
IAN 3087	0,21*	-
IAN 873	-	0,46*
IAN 3193	0,19*	-
IAN 6323	0,21*	-
IAN 6486	0,24*	-
IAN 717	0,19**	0,29*
Fax 3899	0,25**	0,29*
Harb 1	0,14*	0,03*

* Jardim clonal.

** Seringal em produção.



Foto: Ismael de Jesus Matos Viégas

Fig. 7. Planta de seringueira com deficiência de boro.

seringueira. Em condições de casa de vegetação, Amaral (1983) observou, em plantas com omissão de boro, a formação de gemas terminais com reduzido desenvolvimento, sendo o teor desse elemento na folha de 31,3 ppm de B.

Após seis meses de condução de um experimento em casa de vegetação, onde se estudavam os efeitos da omissão de Zn e Mn em planta do clone RRIM 600, em que o B foi omitido das soluções nutritivas, Bueno et al. (1987) verificaram sintomas visuais de carência nutricional, que consistiam em atrofia e paralisação do crescimento do meristema apical, com engrossamento do caule e exsudação de látex. Como essa sintomatologia é semelhante à descrita por Shorrocks (1979) como deficiência de cobre, tentou-se, sem sucesso, suprir a falta desse nutriente. Por causa disso, foi aplicado 0,1 ppm de B ao substrato e, em cinco dias, houve a emissão de novas brotações vigorosas, assim como o reinício de crescimento das tenras brotações

que estavam paralisadas, retomando as plantas o ritmo de crescimento normal.

A Tabela 13 apresenta os resultados dos teores médios de boro em seringal em produção, em jardim clonal e em viveiro sem sintomas visuais de deficiência de boro, nas condições edafoclimáticas de Belém.

Na Malásia, não há confirmação de deficiência de boro; casos suspeitos têm sido atribuídos a um tipo de crescimento em extensão denominado "escova-de-garrafa" (*bottle busch*), que, segundo Shorrocks (1979), não é uma indicação segura de deficiência de boro. Nas condições de jardim clonal em Mosqueiro-PA, foram coletadas amostras de folhas do clone IAN 7002 que apresentavam esse tipo de crescimento. Os resultados da análise foliar apresentaram teores de 42,8 ppm de boro na planta com "escova-de-garrafa" e de 48,4 ppm naquelas sem esse crescimento, indicando que esse tipo de sintoma realmente não tem nenhuma relação com a deficiência de boro.

Sintomas de toxicidade de boro foram observados por Haag et al. (1986), em plantas em condições de casa de vegetação, a partir de 0,5 ppm de boro no substrato, manifestando-se com mais intensidade nas folhas mais velhas com teores entre 316 e 1.300 ppm; no caule e nas raízes, os teores foram de 21 e 85 ppm, respectivamente.

Tabela 13. Teores de boro em folhas de clones de seringueira sem sintomas visuais de deficiência, em plantios no município de Belém, PA.

Clone	Local de coleta	Teor de boro (ppm)
IAN 2909	Jardim clonal	67,2
IAN 3193	Jardim clonal	96,0
IAN 6323	Jardim clonal	92,0
Fx 985	Jardim clonal	78,0
Harb 1	Jardim clonal	60,4
Seedlings (viveiro)	Viveiro	58,0
IAN 717	Seringal em produção	32,2
Fx 3899	Seringal em produção	22,0

Em porta-enxertos cultivados em saco de plástico, no Amazonas, observou-se toxicidade de boro na faixa de 40-49 ppm no primeiro verticilo e de 473 ppm nos verticilos inferiores.

Os sintomas iniciais ocorrem nas folhas mais novas e caracterizam-se por uma necrose na área distal do limbo foliar. Os sintomas mais severos de toxicidade aparecem nas folhas mais velhas e iniciam-se por uma clorose no ápice foliar, evoluindo de forma irregular por todo o limbo foliar. Com a intensificação da toxicidade, apresentam coloração branca e posteriormente a tonalidade creme-ferruginosa, seguindo-se a sua queda. Haag et al. (1986) concluem que a seringueira é muito sensível à toxicidade de boro, devendo ser dada uma atenção especial a esse micronutriente nas plantações.

Cobre

Sintomas de deficiência de cobre induzidas pelo excesso de fósforo e nitrogênio em plantas de viveiro foram verificados pela primeira vez na Amazônia, por Viégas et al. (1983). Segundo esses autores, a deficiência de cobre inicia-se com o secamento das folhas mais novas, seguida da queda das folhas, verificando-se também o engrossamento do caule na parte tenra do lançamento terminal, à semelhança de um charuto (Figura 8). No caso de deficiência aguda, com a queda total das folhas, pode ocorrer a morte da gema apical, com surgimento posterior de várias ramificações. Os teores de cobre encontrados nas folhas de plantas deficientes foram de 3 ppm. Na Tabela 14, estão contidos os teores de cobre encontrados em folhas de clones de seringueira sem sintomas visuais de deficiência, em seringueiras de Manaus (Pereira et al., 1985), de Açailândia (MA) e em Mato Grosso. Sintomas de deficiência de cobre em viveiro de seringueira também já foram observados em Manaus. Em áreas sujeitas à incidência de doenças, principalmente de *Thanatephorus cucumeris*, não é comum a deficiência de cobre em viveiro em virtude das freqüentes pulverizações realizadas com produtos à base desse elemento, no combate à enfermidade.



Foto: Ismael de Jesus Matos Viegas

Fig. 8. Porta-enxerto de seringueira com deficiência de cobre.

Tabela 14. Teores médios de zinco, boro, cobre, ferro e manganês em folhas normais de clones de seringueira.

Clone	Açailândia*				Manaus**				Mato Grosso**				
	Zn	Cu	Fe	Mn	Zn	Cu	Fe	Mn	Zn	Cu	Fe	Mn	B
	(ppm)				(ppm)				(ppm)				
IAN 717	53,83	11,33	158,16	68,0	86,33	70,00	86,67	172,17	16,0	9,0	71,0	107,0	48,7
IAN 3044	50,33	22,33	164,25	52,33	-	-	-	-	-	-	-	-	-
IAN 3087	36,66	27,33	185,00	72,00	87,33	8,33	62,83	201,67	-	-	-	-	-
IAN 2909	36,66	16,66	251,33	136,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
IAN 873	26,83	6,66	144,66	77,66	85,83	7,67	91,50	139,50	23,10	9,0	115,5	163,0	48,7
Fx 3899	32,83	13,16	50,75	27,16	76,83	9,00	57,00	118,83	14,9	11,0	76,5	311,5	12,8

* Seringal em produção.

** Seringal em desenvolvimento.

Ferro

Na Amazônia brasileira, os sintomas de carência de ferro em seringueiras ainda não foram constatados. Isso se deve principalmente ao alto teor de ferro nesses solos. Na Malásia, observaram-se seringueiras com deficiência de ferro em solos ricos em matéria orgânica, arenosos ou muito argilosos, com altos teores de cálcio.

Os sintomas de deficiência de ferro, segundo Shorrocks (1979), iniciam-se com uma clorose foliar generalizada, semelhante à deficiência de manganês. Com a intensificação da deficiência, a folha apresenta uma coloração de amarelo-pálida a branca. Por causa da pouca mobilidade do ferro dentro da planta, os sintomas de carência aparecem nas folhas mais novas. A Tabela 14 apresenta teores de ferro em clones de seringueira com folhas sem sintomas de deficiência, observando-se altos teores nas folhas, provavelmente por conta da riqueza em ferro dos solos amazônicos.

Manganês

Os sintomas de deficiência de manganês caracterizam-se por pequenas manchas cloróticas que se iniciam nos bordos das folhas, entre as nervuras secundárias. Essas manchas cloróticas se unem e formam faixas cloróticas que se estendem em direção à nervura principal. As nervuras secundárias permanecem verdes. Em Belém, tem-se verificado que alguns híbridos de *pauciflora* são sensíveis à deficiência de manganês (Figura 9). A concentração média de manganês em híbridos com mais de 20 anos de idade nas folhas deficientes foi de 21 ppm. A Tabela 14 apresenta os teores médios de manganês de alguns clones de seringueira em folhas sem deficiência desse elemento.

Molibdênio

Sintomas de deficiência em molibdênio ainda não foram observados na Amazônia. Ocorreram suspeitas de deficiência desse micronutriente em condições de casa de vegetação, utilizando areia como substrato. Com a deficiência desse elemento, ocorreu queima dos bordos, preferencialmente no ápice das folhas, com coloração



Foto: Ismael de Jesus Matos Viégas

Fig. 9. Folhas de híbrido de *pauciflora* com deficiência de manganês.

marrom-pálida. A concentração média em folhas de *seedlings* com deficiência de molibdênio encontrada por Bolle Jones (1956) foi de 0,07 ppm de Mo.

Zinco

Sintomas de deficiência de zinco têm sido observados em áreas de viveiro, em jardim clonal e em seringal em desenvolvimento. A característica principal da deficiência de zinco é a redução do tamanho dos lançamentos, fazendo com que as folhas de vários internódios fiquem muito próximas umas das outras e no mesmo plano, à maneira de uma roseta (Figura 10). As folhas apresentam-se pequenas e estreitas, e freqüentemente a lâmina foliar torna-se retorcida e ondulada, há amarelecimento entre as nervuras, e, em casos de deficiência aguda, ocorre morte do meristema apical. Em jardim clonal, quando a deficiência de zinco é severa, há uma redução considerável na quantidade de borbulhas em razão do pouco alongamento dos internódios. Nos Estados do Maranhão, de Rondônia, do Acre, do Amazonas, de Mato



Foto: Ismael de Jesus Matos Viegas

Fig. 10. Clone IAN 3087 com deficiência de zinco nas folhas inferiores e sem deficiência nas superiores, após correção com 0,5% de sulfato de zinco.

Grosso e de São Paulo, têm sido observadas plantas de seringueira com sintomas de deficiência de zinco.

Na Tabela 14, estão contidos os teores de zinco obtidos em clones de seringueira nas condições edafoclimáticas de Manaus, determinados por Pereira et al. (1985), de Açailândia (MA) e de Mato Grosso.

Na Tabela 15, estão registrados os teores de zinco encontrados nas folhas de alguns clones com e sem deficiência de zinco, nas condições de jardim clonal, em Belém, constatando-se que os teores de deficiência de zinco variam de acordo com o clone.

Correção das Deficiências

A aplicação de fertilizantes nitrogenados, principalmente com sulfato de amônio e uréia, corrige a deficiência de nitrogênio em plantas

Tabela 15. Teores de zinco em folhas de cinco clones de seringueira, com e sem deficiência de zinco, no Estado do Pará.

Clone	Sem deficiência de Zn	Com deficiência de Zn
	----- ppm -----	
Fx 3844	15,2	9,0
Fx 617	20,2	11,5
IAN 6323	19,6	7,0
CNS-AM 7904	19,2	10,6
Fx 985	16,8	12,4

de seringueira. A escolha de uma das fontes depende principalmente do preço do fertilizante.

Em seringal em desenvolvimento no Estado do Pará, em áreas com a leguminosa *Pueraria phaseoloides*, a adubação nitrogenada recomendada é de 20 g/planta de N para o ano do plantio e de 20 g/planta de N para o primeiro ano.

A correção da deficiência de fósforo deve ser feita pela aplicação de adubos fosfatados. O superfosfato triplo e o fosfato diamônico são as fontes de fósforo mais utilizadas nos seringais de cultivo da Amazônia.

As quantidades recomendadas para corrigir as deficiências de fósforo em seringal em desenvolvimento no Estado do Pará encontram-se na Tabela 16.

As deficiências de potássio devem ser corrigidas com aplicação de adubos potássicos, sendo o cloreto de potássio a fonte mais utilizada em seringais da Amazônia.

Na Tabela 17, estão contidas as quantidades recomendadas para corrigir deficiência de potássio em seringal em desenvolvimento no Estado do Pará.

Não há indicação na Amazônia de correção de deficiência de cálcio, entretanto o calcário dolomítico com 25% a 30% de CaO pode ser aplicado em doses que podem variar de 1 a 2 kg por árvore adulta.

Tabela 16. Quantidade de superfosfato triplo para correção das deficiências de fósforo em seringal em desenvolvimento no Estado do Pará.

Idade (anos)	Quantidade (g/planta)	
	P ₂ O ₅	Superfosfato triplo (c/45% P ₂ O ₅)
0	142	315
1	147	326
2	420	933
3 e 4	294	653
5 e 6	210	466

Tabela 17. Quantidade de cloreto de potássio para a correção de deficiência de potássio em seringal em desenvolvimento no Estado do Pará.

Idade (anos)	Quantidade (g/planta)	
	K ₂ O	Cloreto de potássio (c/45% P ₂ O ₅)
0	42	70
1	42	70
2	126	210
3 e 4	252	420
5 e 6	210	350

As recomendações para correção de deficiência de magnésio em seringal em formação no Estado do Pará encontram-se na Tabela 18.

Nas condições de viveiro, Viégas et al. (1983) avaliaram seis fontes de magnésio e não encontraram diferença significativa, podendo, desse modo, ser utilizada a fonte mais econômica. Em seringal em desenvolvimento, as fontes mais utilizadas no Estado do Pará têm sido o sulfato de magnésio e o sulfato duplo de potássio e magnésio.

Não há recomendações para correção da deficiência de enxofre em seringais na Amazônia. Utilizando fertilizantes contendo enxofre,

Tabela 18. Quantidade de calcário dolomítico e de sulfato de magnésio para correção de deficiência de magnésio em seringal em desenvolvimento no Estado do Pará.

Idade (anos)	Quantidade (g/árvore)		
	MgO	Calcário dolomítico (14% MgO)	Sulfato de magnésio (18% MgO)
0	10	71	56
1	12	71	56
2	32	228	178
3 e 4	63	450	350
5 e 6	53	378	294

tais como sulfato de amônio e sulfato de magnésio, dificilmente ocorrerá deficiência desse elemento.

A deficiência de boro pode ser corrigida com aplicações foliares de ácido bórico a 0,25%, ou bórax a 0,5%. A aplicação no solo deve ser cuidadosa, pois a seringueira é muito sensível à toxicidade de boro. Nas condições de Manaus, a aplicação de 5 g/planta provocou toxicidade de boro.

Na correção das deficiências de cobre, pulverizações de 0,3% de sulfato de cobre têm sido utilizadas com sucesso em viveiro de seringueira e em jardim clonal.

Shorrocks (1979) recomenda que, para as correções de deficiência de ferro, podem ser utilizadas pulverizações com sulfato de ferro a 0,2% e com quelatos de ferro a 0,1%.

Na Amazônia, não há recomendações da pesquisa para a correção da deficiência de manganês em seringueira. Entretanto, nas condições da Malásia, Shorrocks (1979) recomenda aplicações de sulfato de manganês no solo (Tabela 19).

Na correção da deficiência de molibdênio, Shorrocks (1979) recomenda, nas condições da Malásia, 2 a 6 g/árvore adulta de molibdato de sódio; entretanto, essas quantidades, segundo o autor, não são recomendadas para uso regular.

Tabela 19. Quantidade recomendada de sulfato de manganês para suprir a deficiência de manganês em seringueira.

Idade da árvore (anos)	Quantidade (g/árvore)	
	Mn	Sulfato de manganês (30% a 32% Mn)
0 - 3	4,5 - 8,8	14 - 28
3 - 5	17,6 - 35,2	57 - 113
Maior que 5	35,2 - 52,7	113 - 170

Fonte: Shorrocks (1979).

A deficiência de zinco pode ser corrigida com a aplicação foliar de 0,5% de sulfato de zinco, ou por adubações no solo com F.T.E. BR 15, com doses de 10 a 50 g/planta, a depender da idade.

Considerações Finais

As pesquisas com a seringueira no Brasil na área de nutrição, antes da década de 80, foram incipientes. Para se ter uma idéia, o livro sobre caracterização de sintomas de deficiência em seringueira, publicado por Shorrocks (1965), foi traduzido para o português com a permissão do autor, e pelo RRIM (Rubber Research Institute of Malaya), pela Sudhevea, para servir de orientação no diagnóstico de deficiência nutricional, uma vez que não se dispunha de informações nessa área. Somente em 1983, a caracterização dos sintomas de deficiência nutricional foi publicada no livro "Nutrição e Adubação da Seringueira no Brasil".

A partir de 1983, em virtude, principalmente, dos incentivos à pesquisa proporcionado pela ex-Sudhevea, os trabalhos com nutrição foram intensificados com pesquisas conduzidas principalmente na Amazônia, em São Paulo e em Minas Gerais.

Com a extinção do Centro Nacional da Pesquisa da Seringueira, que coordenava as pesquisas no país, e da Sudhevea, houve a desativação quase total das pesquisas com seringueira.

Espera-se que, com a expansão da heveicultura para áreas não-tradicionais, aliada aos interesses do governo em produzir borracha natural, as pesquisas com a seringueira, especialmente na área de nutrição mineral, voltem a ser intensificadas.

Referências Bibliográficas

- AMARAL, W. do. *Deficiências de macronutrientes e de boro em seringueira (Hevea brasiliensis L.)*. Piracicaba: ESALQ, 1983. 44p. Dissertação de Mestrado.
- BAKER, D.E.; GORSLINE, G.W.; SMITH, C.B.; THOMAS, W.I.; GRUBE, W.E.; RAGLAND, J.L. Technique for analysis of corn leaves for eleven elements. *Agronomy Journal*, v.56, p.133-136, 1964.
- BATAGLIA, O.C.; CARDOSO, M.; CARRETERO, M.V. Situação nutricional de seringais produtivos no Estado de São Paulo. *Bragantia*, v.47, n.1, p.109-123, 1987.
- BATES, T.E. Factors affecting critical nutrient concentration in plants and their evaluation: a review. *Soil Science*, v.112, p.116-130, 1971.
- BERNIZ, J.M.J.; VIÉGAS, I. de J.M.; BUENO, N. *Deficiência de zinco, boro e cobre em seringueira*. Manaus: Embrapa-CNPDS, 1980. 21p. (Embrapa-CNPDS. Circular Técnica, 1).
- BOLLE-JONES, E.W. Visual symptoms of mineral deficiencies of *Hevea brasiliensis*. *Journal of the Rubber Research Institute of Malaya*, v.14, p.493, 1956.
- BOLLE-JONES, E.W. A magnesium-manganese interrelationship in the mineral nutrition of *Hevea brasiliensis*. *Journal of the Rubber Research Institute of Malaya*, p.15-22, 1953.
- BUENO, N.; BERNIZ, J.M.J.; VIÉGAS, I. de J.M. *Amostragem de solo e folha para análise e recomendações de adubação em seringueira*. Manaus: Embrapa-CNPDS, 1979. 13p. (Embrapa-CNPDS. Comunicado Técnico, 8).
- BUENO, N.; PEREIRA, J. da P.; HAAG, H.P. *Nutrição mineral de seringueira V. Deficiência e correção de boro em Hevea brasiliensis*. [S.l.: s.n.], 1987. Nota prévia.

- CHAPMAN, H.D. *Diagnostic criteria for plants and soils*. Riverside: Univ. California. Div. Agr. Sci., 1966. 793p.
- DOW, A.I.; ROBERTS, S. Proposal: critical nutrient ranges for crop diagnosis. *Agronomy Journal*, v.74, p.401-403, 1982.
- FOY, C.D.; CHANEY, R.L.; WHITE, M.C. The physiology of metal toxicity in plants. *Annual Review of Plant Physiology*, v.29, p.511-566, 1978.
- FRAZÃO, D.A.C. Efeito dos elementos e suas deficiências. In: HAAG, H.P., coord. *Nutrição e adubação da seringueira no Brasil*. Campinas: Fundação Cargill, 1983. p.41-48 il.
- HAAG, H.P.; BUENO, N.; VIÉGAS, I. de J.M.; PEREIRA, J.P. Nutrição mineral de seringueira. IV. Toxicidade de boro em *Hevea brasiliensis*. *Anais da ESALQ*, v.43, p.219-229, 1986.
- LEECE, D.R. Diagnosis of nutrition disorders of fruit trees by leaf and soil analyses and biochemical indices. *Journal of the Australian Institute of Agricultural Science*, v.42, p.3-19, 1976.
- LONERAGAN, J.F. The availability and absorption of trace elements in soil-plant systems and their relation to movement and concentration of trace elements in plants. In: NICHOLAS, D.J.D.; EGAN, A.R., ed. *Trace elements in soil-plant animal systems*. New York: Academic Press, 1975. p.109-134.
- MACY, P. The quantitative mineral nutrient requirements of plants. *Plant Physiology*, v.11, p.749-764, 1936.
- MALAVOLTA, E. Elementos de nutrição mineral de plantas. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980. 251p.
- MARTIN-PREVEL, P.; GAENARD, J.; GAUTIER, P. L'analyse végétale dans le contrôle de l'alimentation des plantes tempérées et tropicales. Paris: Technique et Documentation, 1984.
- MASSEY, H.F. Interstrain variation as a factor to be considered in soil and plant studies of zinc deficiency in maize. *Agronomy Abstracts*, 1971. 92p.

- MELSTED, S.W.; MOTTO, H.L.; PECK, T.R. Critical plant nutrition composition values useful in interpreting plant analysis data. *Agronomy Journal*, v.61, p.17-20, 1969.
- MITCHELL, R.L. Contamination problems in soil and plant analysis. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v.11, p.553-560, 1960.
- MORAGHAN, J.T. Plant tissue testing for micronutrient deficiencies and toxicities. *Fertilizer Research*, v.7, p.201-219, 1985.
- MOORE, D.P.; HARWARD, M.E.; MASON, D.D.; HADER, R.J.; LOTT, W.L.; JACKSON, W.A. Na investigation of some of the relationships between copper, iron and molybdenum in the growth and nutrition of lettuce. *Soil Science Society of America Proceedings*, v.21, p.65-74, 1957.
- OHKI, K. Lower and upper critical zinc levels in relation to cotton growth and development. *Physiologia Plantarum*, v.35, p.96-100, 1975.
- ORPHANOS, P.I. Removal of zinc residues from apple leaves by hydrochloric acid and leaching of other nutrients in the process. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v.28, p.643-646, 1977.
- PEREIRA, E.B.C.; PEREIRA, A.V.; MORAES, V.H.F.; CONCEIÇÃO, H.E.O.; ARNDT, E. *Composição mineral de folhas de seis clones de seringueira*. Manaus: Embrapa-CNPDS, 1985. 12p. (Embrapa-CNPDS. Pesquisa em Andamento, 29)
- RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C., ed. *Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo*. 2.ed. Campinas: Instituto Agrônomo / Fundação IAC, 1996. 285p. (Boletim Técnico, 100).
- RUBBER RESEARCH INSTITUTE OF MALAYA (Kuala Lumpur, Malásia). *Manual for diagnosing nutritional requirements for Hevea*. Kuala Lumpur, 1990. 23p.
- SHORROCKS, V.M. *Deficiências minerais em Hevea e plantas de cobertura associada: Hevea brasiliensis, Pueraria phaseoloides*,

Centrosema pubescens, *Calopogonium mucunoides*. Brasília: SUDHEVEA, 1979. 76p.

- SHORROCKS, V.M. Some effects of fertiliser applications on the nutrient composition of leaves and latex of *Hevea brasiliensis*. In: NATURAL RUBBER RESEARCH CONFERENCE, 1960, Kuala Lumpur. *Proceedings...* Kuala Lumpur, 1961. 118p.
- SINGH, R. *Disponibilidade de micronutrientes em classes dominantes de solos do trópico úmido brasileiro. II. Manganês*. Belém: Embrapa-CPATU, 1984. (Embrapa-CPATU. Boletim de Pesquisa, 62).
- SINGH, R.; MOLLER, M.R.F. *Disponibilidade de micronutrientes em classes dominantes de solos do trópico úmido brasileiro. I. Zinco*. Belém: Embrapa-CPATU, 1984. (Embrapa-CPATU. Boletim de Pesquisa, 55).
- SINGH, R. Micronutrient availability in dominant soil types of brazilian humid tropics. III. Copper. In: SIMPÓSIO DO TRÓPICO ÚMIDO, 1., 1984, Belém. *Anais...* Belém: Embrapa-CPATU, 1986a. v.I, p.245-257.
- SINGH, R. Micronutrient availability in dominant soil types of brazilian humid tropics. IV. Iron. In: SIMPÓSIO DO TRÓPICO ÚMIDO, 1., 1984, Belém. *Anais...* Belém: Embrapa-CPATU, 1986b. v.I, p.245-270.
- SIVANADYAN, K. Variation in leaf nutrients contents and their interpretation. In: RUBBER RESEARCH INSTITUTE OF MALAYA (Kuala Lumpur, Malasia). *RRIM training manual on soils, management of soils and nutrition of Hevea*. Kuala Lumpur, 1981. p.101-114.
- SMITH, J.H.; CARTER, D.L.; BROWN, M.J.; DOUGLAS, C.L. Differences in chemical composition of plant samples fractions resulting from grinding and screening. *Agronomy Journal*, v.60, p.149, 1962.
- SMITH, P.F. Mineral analysis of plant tissues. *Annual Review of Plant Physiology*, v.13, p.81-108, 1962.
- STEENBJERG, F. Yield curves and chemical plant analysis. *Plant and Soil*, v.3, p.97-109, 1951.

- TERMAN, G.L.; NOGGLE, J.C.; ENGELSTAD, O.P. Concentration of N and P in young Corn plants as affected by various growth-limiting factors. *Agronomy Journal*, v.64, p.384-388, 1972.
- TISDALE, S.L.; NELSON, W.L. Soil fertility and fertilizers. New York: MacMillan, 1975. 649p.
- TRANI, P.E.; HIROCE, R.; BATAGLIA, O.C. *Análise foliar: amostragem e interpretação*. Campinas: Fundação Cargill, 1983. 18p.
- ULRICH, A. Physiological bases for assessing the nutritional requirement of plants. *Annals Review of Plant Physiology*, v.3, p.207-228, 1952.
- ULRICH, A. Plant tissue analysis. In: REISENAUER, H.M., ed. *Soil and plant – tissue testing in California*. California: Univ. California, Div. Agron. Sci., 1976. p.1-4. (Bull., 1879).
- ULRICH, A.; HILLS, F.J. *Sugar beet nutrient deficiency symptoms: a color atlas and chemical guide*. California: Univ. California – Div. Agr. Sci., 1969. 36p.
- VIÉGAS, I. de J.M. *Doses de NPK em viveiro de Hevea spp. na obtenção de plantas aptas para enxertia em Latossolo Amarelo textura média, na Ilha do Mosqueiro-PA*. Piracicaba: ESALQ, 1985. 71p. Dissertação de Mestrado.
- VIÉGAS, I. de J.M.; ALVES, R.M. *Efeito do fósforo no desenvolvimento de clones de seringueira e sua ação na disponibilidade de zinco*. Belém: Embrapa-CPATU, 1991. 18p. (Embrapa-CPATU-Boletim de Pesquisa, 116).
- VIÉGAS, I. de J.M.; CUNHA, R.L.M.; CARVALHO, R.A. Avaliação de fontes de magnésio em porta-enxertos de seringueira. Belém: Embrapa-Uepae de Belém, 1990. 12p. (Embrapa-Uepae de Belém. Boletim de Pesquisa, 7).
- VIÉGAS, I. de J.M.; VIÉGAS, R.M.F.; CUNHA, R.L.M. Adubação foliar em viveiro de seringueira. *Boletim da Faculdade de Ciências Agrárias do Pará*, Belém, n.13, p.1-17, 1983.
- VIEIRA, L.S. *Manual da ciência do solo*. São Paulo: Agronômica Ceres, 1975. 464p.

- WARD, R.C.; WHITNEY, D.A.; WESTFALL, D.G. Plant analysis as an fertilizing small grains. In: WALSH, L.M.; BEATON, J.D. ed. *Soil Testing and plant analysis*. Madison: Soil Science Society of America, 1973. p.339-488.
- WINSOR, H.W. Boron contamination of soil samples collected in paper bags. *Soil Science*, v.84, p.389-394, 1957.
- YEW, F.K. Nutrient levels in Rubber leaves. In: RUBBER RESEARCH INSTITUTE OF MALAYA. (Kuala Lumpur, Malásia). *RRIM training manual on soil and foliar analysis*. Kuala Lumpur, 1979. p.168-78.