

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E
TECNOLOGIA- CAMPUS MUZAMBINHO
Curso Superior de Tecnologia em Cafeicultura**

FLÁVIO TOSSANI DE ANDRADE

MICRONUTRIENTES NA CAFEICULTURA

**Muzambinho
2009**

FLÁVIO TOSSANI DE ANDRADE

Micronutrientes na cafeicultura

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Graduação, em Cafeicultura, do Instituto Federal de educação, ciência e tecnologia, como requisito parcial à obtenção do grau de Tecnólogo em Cafeicultura.
Orientador: Prof. Dr. Marcelo Bregagnoli

**Muzambinho
2009**

COMISSÃO EXAMINADORA

Marcelo Bregagnoli

Francisco Vítor de Paula

José Mauro Costa Monteiro

Muzambinho, 17 de dezembro de 2009.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, a quem entrego meu caminho todos os dias da minha vida.
Pois é nele que deposito toda minha fé, e através dele que enxergo alguma
esperança

Agradeço ao meu orientador Dr. Marcelo Bregagnoli, pelas oportunidades,
ensinamentos, atenção pra que este trabalho se realizasse.

Agradeço aos meus amigos que me incentivaram e me apoiaram.

Agradeço esse trabalho a todas as pessoas que me incentivaram nesta
caminhada, entre eles meus professores e familiares, pela persistência e apoio
no caminho que tomei.

“Bom mesmo é ir à luta com determinação, abraçar a vida e viver com paixão, perder com classe e viver com ousadia. Pois o triunfo pertence a quem se atreve e a vida é muito bela para ser insignificante.”

(Charles Chaplin)

Andrade, Flávio Tossani de .**Micronutrientes na cafeicultura**. 2009. Trabalho de Conclusão do Curso Superior de Tecnologia em Cafeicultura (Graduação) - Instituto Federal de educação, ciência e tecnologia- Campus Muzambinho – 2009.

RESUMO

A planta para produzir necessita de luz, água, CO₂ e nutrientes. Alguns nutrientes são necessários em poucas quantidades por isso são chamados de micronutrientes. Pertencem a esse grupo o Boro (B), o Zinco (Zn), o Cobre (Cu), o Manganês (Mn) o Ferro (Fe), o Molibdênio (Mo), e o Cloro (Cl). E a falta desses micronutrientes pode comprometer a produção tanto quanto como a falta dos macronutrientes. Quando os nutrientes e os outros fatores de crescimento (luz, água, etc.) estão em níveis ótimos, as pragas e as doenças estão sob controle e, o clima favorável, as culturas respondem com altas produtividades. Pesquisas nas principais regiões cafeeiras têm demonstrado que um dos fatores limitantes de produção é a carência de micronutrientes, apontando a necessidade de informações concretas quanto às exigências nutricionais em diferentes condições de manejo, tipos de solo e estádios fisiológicos da planta. O presente estudo teve como propósito, mostrar as principais funções dos nutrientes na cafeicultura, o uso e manejo adequados pressupondo a melhoria da fertilidade, garantindo o crescimento radicular vigoroso do cafeeiro mantendo os nutrientes em quantidades e relações apropriada e conseqüentemente vai se ter uma boa produção com bastante rentabilidade.

PALAVRA CHAVE: *Micronutrientes, Nutrição das Plantas, Produção*

ANDRADE, Flavio Tossani de . Micronutrientes in coffee. 2009. Conclusion of the Course of Technology in Coffee Culture (Graduation) - Federal Institute of education, science and technology-Campus muzambinho-2009

ABSTRACT

The plant needs to produce electricity, water, CO₂ and nutrients. Regarding the latter, some are needed in large quantities, so they are called micronutrients. They belong to that group Boron (B), zinc (Zn), Copper (Cu), Manganese (Mn) Iron (Fe), molybdenum (Mo) and Chlorine (Cl). And the lack of these nutrients can compromise the production as much as the lack of nutrients. When nutrients and other growth factors (light, water, etc..) Are at optimal levels, pests and diseases are under control and the climate, crops respond with high yields. Research in the main coffee regions have shown that a major factor limiting production is the lack of micronutrients, suggesting the need for concrete information about the nutritional requirements for different management conditions, soil types and physiologic states of the plant. This study aimed to show the main functions of nutrients in coffee, the use and handling assuming improving fertility, ensuring vigorous root growth of coffee while the nutrients in appropriate quantities and relationships and therefore will have a good production quite profitable.

KEY WORDS: *Micronutrients, Nutrition of Plants, Production*

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	21
2 JUSTIFICATIVA.....	13
3 OBJETIVOS.....	14
4 REVISÃO DE LITERATURA.....	15
4.1 Nutrição Mineral do Cafeeiro	15
4.2 Micronutrientes.....	16
4.3 Boro	17
4.3.1 Solo	17
4.3.1.1 Origem	17
4.3.1.2 Formas e transformação.....	18
4.3.1.2.1 Adsorção	18
4.3.1.2.2 Retenção pela matéria orgânica.....	19
4.3.1.2.3 Conteúdo e distribuição	19
4.3.2 Plantas	19
4.3.2.1 Absorção	19
4.3.2.1.1 Transporte de redistribuição	20
4.3.3 Funções.....	21
4.3.4 Formação da Colheita.....	21
4.3.5 Adubação	21
4.3.5.1 Critérios para doses	21
4.3.5.1.1 Fontes	22
4.3.5.1.2 Solo	23
4.3.5.1.3 Folhas.....	23
4.3.6 Boro na Cafeicultura	24
4.4 Zinco.....	24
4.4.1 Solo	25
4.4.1.1 Origem	25
4.4.2 Planta.....	25
4.4.2.1 Absorção e redistribuição	25
4.4.2.1.1 Absorção	25
4.4.2.1.2 Redistribuição.....	26

4.4.3 Funções.....	26
4.4.4 Formação de colheita, relação com pragas e moléstias.....	27
4.4.5 Adubação.....	28
4.4.5.1 Critérios para doses.....	28
4.4.5.1.2 Principais fontes de zinco:.....	28
4.4.6 Zinco na cafeicultura.....	28
4.5 Cobre.....	29
4.5.1 No solo.....	29
4.5.1.2. Formas e transformações.....	30
4.5.2. Na Planta.....	31
4.5.3. Funções.....	32
4.5.4. Exigências.....	32
4.5.5. Formação da colheita.....	32
4.5.6. Relação com doenças.....	33
4.5.7. Aplicação.....	33
4.5.8 Cobre na cafeicultura.....	34
4.6 Ferro.....	35
4.6.1. Formas no solo.....	35
4.6.1.1 Formas, assimilação e papéis funcionais.....	36
4.6.2 Na Planta.....	37
4.6.3. Funções.....	38
4.6.4 Relação do Fe com a qualidade dos produtos agrícolas.....	38
4.6.5 Adubação.....	39
4.6.6 Modo de aplicação.....	39
4.6.7 Ferro na Cafeicultura.....	39
4.7. Manganês.....	40
4.7.1. No Solo.....	40
4.7.1.1. Origem.....	40
4.7.1.2. Formas, transformações e teores.....	41
4.7.3 Na Planta.....	43
4.7.4 Funções e formação da colheita.....	44
4.7.5 Exigências, deficiência e toxidez.....	46
4.7.6 . Adubação.....	47
4.7.6.1. Critérios para doses.....	47

4.7.6.2. Produtos.....	47
4.7.6.3. Aplicação.....	48
4.7.7. Respostas	49
4.7.8. Manganês na cafeicultura	49
4.8 Molibdênio.....	50
4.8.1.1 Origens.....	51
4.8.1.2 Formas, transformações, teores.....	51
4.8.2 Planta	52
4.8.2.1 Absorção, transporte, redistribuição.....	52
4.8.2.2 Funções	53
4.8.2.3 Principais fontes de molibdênio	53
4.8.3 Molibdênio na cafeicultura.....	53
4.9. Cloro.....	54
4.9.1. Solo	54
4.9.2.Planta.....	54
4.9.2.1. Absorção, transporte, redistribuição.....	54
4.9.2.2. Papéis fisiológicos.....	55
4.9.3. Formação da colheita	56
4.9.4. Relação com qualidade.....	56
4.9.5. Relação com doenças e pragas.....	57
4.9.6.Adubação	57
4.9.6.1. Critérios para doses	57
4.9.6.2. Produtos e aplicação.....	58
4.9.7 Cloro na Cafeicultura	59
5 Metodologia.....	60
6 Considerações Finais.....	61
Referências Bibliográficas.....	62

1 INTRODUÇÃO

Os fertilizantes minerais são essenciais para o aumento da produção e/ou para manutenção da cultura durante o ciclo. Os aumentos dos preços de insumos levam a aplicação de tecnologias que proporcionem maior produção equiparado com menores custos e maiores benefícios ao sistema solo-planta.

Em solos originariamente férteis, por várias décadas de cultivos e a exploração de áreas novas com solos de baixa fertilidade natural, sem reposição de nutrientes, tornam a agricultura dependente de forma crescente e irreversível de aplicações maciças de fertilizantes, que são essenciais para o aumento e a sustentação da produtividade das culturas. Contudo, os grandes aumentos verificados nos últimos anos nos custos desses insumos, tiveram uma maior participação no custo de produção das explorações agrícolas. É necessário evitar desperdícios e traduzir a aplicação de fertilizantes em máximo benefício para o agricultor, surge a necessidade do aprimoramento das técnicas de diagnose da deficiência de nutrientes nos solos (RAIJ; ROSAND; LOBATO, 1982).

Os nutrientes disponíveis para as plantas estão nas formas solúveis na solução do solo e grande parte adsorvido aos colóides lentamente disponível, de acordo com a característica do nutriente. Para um diagnóstico da fertilidade do solo é necessário determinar a disponibilidade de macro e micronutrientes e suas taxas de absorção e a relação entre os nutrientes no solo. A estas informações deve-se associar o conhecimento das fontes de nutrientes; características e necessidades das plantas; experiência do manejo e uso dos solos e de plantas, para então poder recomendar uma calagem ou adubação, procurando obter sempre o máximo rendimento econômico.

O uso de micronutrientes na adubação deve ser tratado como o de qualquer outro insumo para a produção. Se houver suspeita de deficiência de um micronutriente, isso pode ser comprovado mediante análise do solo, análise foliar, e/ou ensaios de demonstração de resultados no campo. As deficiências que mais tem sido constatadas no Brasil são as de B e Zn.

O desenvolvimento e a produção econômica dos cafezais dependem do fornecimento dos nutrientes necessários ao cafeeiro de forma equilibrada e eficiente, otimizando da melhor maneira possível os recursos. A matéria orgânica imobiliza os micronutrientes na forma de compostos orgânicos, protegendo-os, mas ao mesmo tempo, reduzindo sua disponibilidade às plantas devido à formação de quelatos.

Então, no café, deve-se dar ênfase aos micronutrientes pois as plantas respondem muito bem às aplicações dos mesmos. O café necessita principalmente dos micronutrientes zinco, boro, cobre, manganês, Ferro, cloro, molibidênio.

2 JUSTIFICATIVA

Os fertilizantes minerais são essenciais para o aumento da produção e/ou para manutenção da cultura durante o ciclo. E hoje em dia, Os micronutrientes em muitas das vezes estão sendo deixados de Lado na cafeicultura , devido ao fato de que os macronutrientes são de mais fácil disponibilização para a cultura. E devido ao fato deles serem usados em poucas quantidades pelas plantas não quer dizer que ele não seja importante, sua falta no entanto, pode acarretar grandes perdas na produtividade. Solos corretamente fertilizados podem fornecer todos os nutrientes que as plantas precisam para produzir com a qualidade exigida pelo mercado consumidor.

3 OBJETIVOS

Os micronutrientes são de grande importância tanto para o crescimento vegetativo quanto para a produção de um café de boa qualidade. O presente trabalho objetivou descrever um estudo sobre a importância, funções e principais fontes dos micronutrientes na cultura do cafeeiro.

4 REVISÃO DE LITERATURA

4.1 Nutrição Mineral do Cafeeiro

Para o estabelecimento de uma nutrição racional e equilibrada, é preciso considerar, além da exigência nutricional, outras características que afetam a disponibilidade e o suprimento dos nutrientes, que segundo Matiello (1991) são:

- Tipo de solo com suas características físicas e químicas;
- Condições climáticas, principalmente a distribuição de chuvas;
- Características do cafezal, como idade, espaçamento, variedade, condução anterior, potencial de produção, estado vegetativo;
- Qualidade e o tipo dos adubos ou corretivos utilizados;
- Períodos de maior consumo dos nutrientes pelo cafeeiro;
- Diagnose de carências (visual ou por análise foliar);
- Forma e utilização dos adubos (modo, época, etc.)

Os desequilíbrios nutricionais são comuns na cafeicultura, provocados por falta ou excesso de adubações e calagem, ou pelo uso de insumos impróprios.

O café é uma planta sensível a desequilíbrios nutricionais. Às vezes, basta que um nutriente esteja disponível ao cafeeiro em proporções contrárias as recomendadas, para que haja um desequilíbrio, desencadeando antagonismo, toxicidade e outros fenômenos prejudiciais do cafeeiro (MATIELLO, 1974).

Para se começar a conversar em nutrição de cafeeiro é preciso ter noção de quais são os nutrientes necessários, quantidades utilizadas e época de aplicação. Esse conhecimento é básico, para planejar que tipo de nutriente, proporções e quantidades a repor ao solo uma safra qualquer.

O cafeeiro e as plantas em geral necessitam para o ciclo de vida, dezesseis nutrientes essenciais, sendo três (C, H e O) vindos do ar e da água, que compõem aproximadamente 95% do total do peso de uma planta. Os treze nutrientes restantes são divididos em macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) e micronutrientes (Fe, Mn, Zn, Cu, B, Cl e Mo). Os nutrientes exercem funções

específicas na planta e podem ser divididos em estrutural, constituinte de enzimas, e ativador enzimático, que garantem adequado crescimento, desenvolvimento e produção, além de aumentar a resistência da planta ao ataque de pragas e doenças. Caso os nutrientes não estejam numa concentração adequada nos tecidos da planta, podem ocorrer sintomas de deficiência ou toxidez, devido a uma série de alterações significativas em nível bioquímico e celular (PRADO, 2004).

Por exemplo, o excesso de calagem pode causar deficiência de Fe e "fixar" o B tornando-o menos absorvível pelo cafeeiro. Ao contrário, a falta de correção do solo diminui a disponibilidade de Ca, dificultando o metabolismo de B no cafeeiro. O excesso de potássio pode provocar deficiência de Mg, Ca e, indiretamente, de B. E assim, outras interações entre nutrientes poderão afetar a nutrição do cafeeiro (MATIELLO, 1974).

Portanto, quando se refere à nutrição de café, o assunto deve ser considerado como um todo e, nunca isoladamente, para esse ou aquele nutriente. É claro que se houver deficiência de algum nutriente, essa deve ser corrigida, mas sempre com o cuidado de que essa correção não cause reações prejudiciais do aproveitamento de outros nutrientes. (SILVA, Bruno Ferreira, 2008).

4.2 Micronutrientes

Em anos recentes, os problemas de deficiência de micronutrientes têm aumentado de modo acentuado na agricultura de Minas Gerais. Os motivos para o aparecimento desses problemas são os seguintes:

- a) a expansão da ocupação dos solos da região dos cerrados, que são por natureza, deficientes em micronutrientes;
- b) o aumento da produtividade de inúmeras culturas com maior remoção de todos os nutrientes, incluindo os micronutrientes;
- c) a incorporação inadequada de calcário ou a utilização de doses elevadas, acelerando o aparecimento de deficiências induzidas;

- d) o aumento na produção e utilização de fertilizantes NPK de alta concentração, reduzindo o conteúdo incidental de micronutrientes nesses produtos;
- e) o aprimoramento da análise de solos e análise foliar como instrumentos de diagnose de deficiências de micronutrientes (RIBEIRO ,1999)

4.3 Boro

4.3.1 Solo

4.3.1.1 Origem

Segundo Loué 1993, a maior parte de boro no solo vem da turmalina. Uma porção considerável se encontra dispersa nos minerais silicatados e somente após longos períodos de intemperismo se tornam disponível, períodos que são ainda mais longos no caso da turmalina.

Existe uma forte correlação entre o teor de B nos solos e o das rochas mães conforme demonstrou MAURICE(1973) : B total no solo = 0,44 B e nas rochas =27.3 . o B é décimo segundo elemento em abundância na água do mar. O elemento passa para a atmosfera na forma de gotícula de água salgada e como vapor do ácido bórico sendo transportado para a terra (KRAUSKOF,1972) . A água da chuva contém 0,02 – 0,04 mg B/L o que pode contribuir para o teor no solo(BRASIL SOBRINHO , 1965).

Embora a turmalina seja o principal fornecedor de boro para o solo permanecendo resistindo ao intemperismo por sua insolubilidade, a maior fonte para a planta é a matéria orgânica da qual se liberta por mineralização, junto com o N e o S , como se viu(BERGER & PRATT, 1963) passando para a solução de onde é absorvido ou perdido por lixiviação e erosão. Há por isso correlação entre teor de matéria orgânica e de B .(ADRIANO, 1986)

4.3.1.2 Formas e transformação

Há 4 formas de B no solo: solúvel em água, absorvido, preso a matéria orgânica e fixado nas redes de argila e minerais. O B absorvido representa a fração precipitada ou concentrada na superfície das partículas do solo em equilíbrio com o B solução. Em condições normais é pequena a quantidade das duas primeiras formas. ADRIANO (1986).

O B pode ser aprisionado na rede das argilas substituindo os íons AL^{+3} e AL^{+4} . Entre os borossilicados do solo somente a turmalina e a axita podem ter relevância (KRAUSHOPF, 1972).

4.3.1.2.1 Adsorção

O B se encontra na solução do solo sob forma de ácido bórico não dissociado, H_2BO_3 , ou se o pH for suficientemente alto, como anion borato, $B(OH)_4^-$ – Predomina a espécie não dissociada na faixa de pH (H_2O) 4.0 - 0 o que ajuda a explicar a relativa facilidade com que lixivia. A formação do $B(OH)_4^-$ por hidrólise do H_3BO_3 , isto é $B(OH)_3 + H_2O \leftrightarrow B(OH)_4^- + H^+$ é dependente do pH acima de 8.0 (SHORROCKS, 1982).

A adsorção o caso das argilas se dá nas arestas quebradas predominantemente sendo mais semelhante a dos metais pesados que aquelas dos anions (HODGSON) 1963) obedecendo a ordem crescente : caolinita, montmorilonita, illita . Cresce com pH até 8,5-9,5 e depois diminuiu.

A adsorção pelos hidróxidos de Fe e Al tem muita importância no controle do equilíbrio B adsorvido \leftrightarrow B solução do solo. (GOLDBERG & GLAUBIG, 1985)

A adsorção tanto pelo Fe como AL aumenta com o pH com o máximo entre 8 e 9 para os hidróxidos de ferro e 7 para os de alumínio. Daí a correlação positiva entre a adsorção e a mudança da relação do solo causada pela calagem. O íon nitrato inibe a adsorção do B pelos sesquióxidos (WOJCIK. 2000).

4.3.1.2.2 Retenção pela matéria orgânica

Fração importante do B total está na matéria orgânica na qual foi visto se libera pela mineralização efetuada pelos microorganismos (SILLANPAA, 1972). [Nos solos ácidos absorção do boro pelas orgânicas sesquióxidos é relativamente pequeno aos colóides únicos constituem a reserva principal.

4.3.1.2.3 Conteúdo e distribuição

De acordo com Dantas (1991) o B total simplificado é a soma de todas as frações: dos minerais, contido na matéria orgânica adsorvida ou fixada e a da solução do solo para (BERGER e TRUOUG , 1940) menos de 5% do p total seria disponível. De um modo geral tanto o B total como o disponível parece maior teor na camada superficial onde também há mais matéria orgânica.

4.3.2 Plantas

4.3.2.1 Absorção

Não é bem explicado a absorção do B mais um quase consenso que considera um processo pacífico de difusão do B $(HO)_3$ através do plasmalema com a formação e ligações B – cis-diol com açúcares e outros compostos polihidroxilicos do citoplasma com a força motora para a entrada de elementos na célula(KOCHIAN,1991). Desse modo B depois de absorvido seria convertido numa forma não trocada ou não difusível(BROWN e HU , 1996).

Farias evidências são citadas para admitir o caráter passivo da entrada (BROWN e HU , 1996): teoricamente a impermeabilidade da membrana é muito alta para a espécie $B(OH)_3$ de modo que o boro pode passar livremente sem a necessidade de carregadores, bombas , canais ou energia; a absorção em culturas de células cresce linearmente com a concentração externa sem representar a conhecida tendência sigmoidal. Não sofrendo inibição por temperaturas baixas ou inibidoras. Desse modo o B parece ser o único elemento mineral que atravessa a membrana citoplasmática e o tonoplasto sem ocorrer a nenhum processo intermediado por uma proteína(WELCH , 1995).

4.3.2.1.1 Transporte de redistribuição

O B, com o Ca , é transportado predominantemente na corrente transpiratória na forma de H_3BO_3 (TIFFIN , 1972). Os processos que controlam o carregamento e a descarga desse elemento no suco xilema são semelhantes o da absorção.

Tradicionalmente, como lembra Brown (1998) , o B tem sido considerado imóvel na planta, isto é, não se move das folhas ou de outros órgãos para atender necessidade do crescimento: (1) sintomas de deficiências ocorrem em tecidos em crescimento – meristemas florais e vegetativos, pólen, fruto,raízes;(2) a toxidez de B se expressa nas folhas velhas (3) há um acumulo de B no tecido com a idade, aumentando o gradiente basipetalo de concentração. Entre tanto, com em agricultura a única regra geral é “ não há regra geral”, o B não é imóvel em todas as espécies e o transporte no floema pode não ser fator determinante no local onde a deficiência se manifesta.

4.3.3 Funções

Três frases servem de epigrafe para esta descrição do que o B faz na vida da planta: “o boro é o quebra-cabeça do fisiologista de plantas” (DUGGER, 1993). “Entretanto o papel exato do boro no crescimento é ainda matéria pra discussão” (CARMAK & ROMHELD, 1997). “Na ausência de evidencia conclusiva, entretanto o papel real do boro nas plantas permanece especulativo”(BLEVINS e LUKASZEWSKI, 1991).

4.3.4 Formação da Colheita

Os diferentes papéis do B na vida da planta divergem para o seu efeito geral no processo da formação da colheita que pode ser assim resumido: (1) absorção e transporte de água e de nutrientes; (2) Maior vegetação; (3) maior pegamento das folhas, menor esterilidade; (4) fixação biológica do N₂; (5) proteção contra doenças. (MALAVOLTA, Euripedes, 2006)

4.3.5 Adubação

4.3.5.1 Critérios para doses

Os teores de B no solo considerados críticos ou adequados, quando a extração é feita com água quente, são influenciados pelo tipo de solo, pela espécie vegetal, clima, teor de matéria orgânica e pH (SIMS & JOHNSON,

1991).A faixa de variação de teor crítico vai de 0,1 – 0,2 incluindo-se a colheita desejada com outra variável. Entre tanto, um valor de cerca de 0,5 Mg por Kg de solo deve separar com B adequando daqueles deficientes.

A interpretação usada em alguns estados brasileiros é da tabela 4-116. No caso particular do B entre tanto, tal folha não pode ser obrigatoriamente o melhor órgão devido a pouca ou quase nenhuma dependendo da espécie, mobilidade do Boro no floema: ela pode conter níveis satisfatórios enquanto as mais novas sofrem com a deficiência. Por esse motivo BROWN (1998) sugere amostragens diferentes: (1) espécies onde o B é imóvel – diagnose de deficiência pode ser feita em folha ou tecido jovem; diagnose de toxidez pode ser feito em órgãos maduros; (2) espécies as quais o B é móvel – a diferença pode ser avaliada nas folhas maduras a toxidez pode ser avaliada em folhas novas ou nos frutos.

4.3.5.1.1 Fontes

Baseada em Volkweiss (1991) , Loué (1993) E Lopes(1998) as principais fontes de Boro de uso agrícola são:

Borax, teor de B 11%.

Pentaborato, teor de B 18%.

Pentaborato - 46, teor de B 14%.

Tetraborato-45, teor de B 20%.

Solodor, teor de B 20%.

Octaborato, teor de B 21%.

Ácido Bórico, teor de B 17%.

Ulexita, teor de B 10%.

Colemanita, teor de B 10%.

Silicatos (“ fritas”) , teor de B 26%.

Complexos Orgânicos, teor de B 8%.

4.3.5.1.2 Solo

Tanto no caso das culturas temporárias e perenes é comum aplicar-se B no plantio como em cobertura, neste geralmente como N e o K ou somente como N. Com esse parcelamento evita-se perda por lixiviação e o risco da toxidez quando as doses são mais pesadas. Em se tratando de culturas temporárias a aplicação pode ser feita em pré-plantio, a lanço: com isto se reduz o perigo de toxidez mais se aumenta a dose quando se considera a alternativa de aplicação no sulco de plantio. As doses para o mesmo nível de B no solo são maiores nos solos argilosos que nos arenosos. É aconselhável tanto nas culturas anuais, quanto nas perenes, analisar solo e folhas todos os anos para estabelecer a dose, visto que o boro mostra efeito residual em partículas nos solos mais pesados. (MALAVOLTA, Euripedes, 2006)

4.3.5.1.3 Folhas

De acordo com Brown (1996) sugere que a aplicação foliar do B seja forma preferida no caso das espécies que apresentam mobilidade do elemento, sendo a aplicação no solo a indicada para aquelas onde o elemento não caminha no fluema. Quando se faz aplicações foliares, as doses fariam entre 0,1 e 0,5 kg B /ha. As três culturas extensivas onde a aplicação do solo é reforçada pelas foliares são, no Brasil: algodoeiro, o cafeeiro e o citrus. Em geral não se usa mais de 0,1- 0,2 kg B/Ha por aplicação e o total fica entre 0,1 – 0,5 kg por hectare, soma de 2-3 aplicações. Tanto no caso do cafeeiro como do citrus; entretanto nas plantas em produção a aplicação no solo parece ser a mais eficiente.

4.3.6 Boro na Cafeicultura

Influi no crescimento do cafeeiro e no pegamento (fecundação de flores), participando da divisão celular. Os sintomas de carências se apresentam nas folhas novas, que aparecem deformadas, com bordos arredondados. A “superfíciedas folhas novas fica granulada, ocorre morte de gemas apicais e superbrotamento, com brotações formando palmetas” ou leques. Em deficiências graves, as folhas recém nascidas apresentam pontuações negras e corticosas junto com a nervura principal, o que provoca seu entortamento (MATIELLO 2005). Ainda segundo o mesmo autor os ramos laterais ficam com as pontas encurvadas (para cima e para baixo), os secundários engrossam sua ligação com esses e muitos acabam se desprendendo. A deficiência de boro pode ser provocada pela carência no solo, pela falta de cobre, pelo excesso de calagem, excesso de chuvas, longos períodos de estiagem e excesso de potássio. Em época muito seca aparece um sintoma muito típico, o encurvamento do ramo lateral, na região do 3°-5° úl timos nós, para baixo e logo para cima. Também ramos secundários apresentam pequeno engrossamento junto a sua ligação no primário, pendem para baixo e se desprendem dele. O nível foliar 12 adequado é de 40 a 80 ppm, o excesso de boro causa toxidez, aparecendo folhas manchadas de verde-amarelo e em casos graves ocorrem queima nos bordos das folhas, sintomas observados visivelmente quando os teores de B ultrapassam 100 ppm ou ate mais (MATIELLO 2005).

4.4 Zinco

Segundo FAGERIA et al. (2002) a carência de zinco é limitante da produção agrícola em todo o mundo. Cerca de 50% dos solos usados para cereais no mundo inteiro tem pouco Zn disponível o que reduz a produção como também a qualidade nutricional dos grãos.

4.4.1 Solo

4.4.1.1 Origem

O teor de Zn na litosfera está na faixa de 10 – 300 mg/kg, com uma média de 50 mg. E o teor total no solo depende grandemente da composição do material de origem (KIEKENS, 1993): granitos – 40 mg/kg, basálticos – 100 mg/kg; sedimentares – 80 – 120 (folhetos e sedimentos argilosos), 10 – 30 (arenitos, calcários e dolomitas).

Os principais minerais do solo que contém zinco são: smithsonita – ZnCO_3 , esfarelita – ZnS , hemimorphita – $\text{Zn}(\text{OH})_2\text{Si}_2\text{O}_7 \cdot \text{H}_2\text{O}$. As outras fontes são: produtos contendo Zn usados para prevenir ou corrigir a deficiência; adubos fosfatos – 50 a 1450 mg/kg, calcários 10-50; adubos orgânicos 15 a 250; lodo de esgoto 100-4900 mg/kg. Atividade vulcânica, queima de carvão – 0,002-0,05 mg/dm^3 no Pólo Sul, 550-16000 na Alemanha. (MALAVOLTA, Euripedes, 2006)

4.4.2 Planta

4.4.2.1 Absorção e redistribuição

4.4.2.1.1 Absorção

O zinco é absorvido principalmente com cátion bivalente sendo de 0,05-0,25 mmol m⁻³ a concentração suficiente para as plantas. Acima de 3-6 mmol m⁻³ observa-se a toxidez. Na solução do solo a concentração varia entre 0,01 a 1,0 mmol⁻³ (KOCHIAN, 1991).

A absorção e o transporte do Zn pelas raízes e pelas folhas são influenciados pelo acompanhante. A absorção radicular obedece à seguinte ordem decrescente:

quelado (lignosulfonato) > nitrato = sulfato > cloreto

A absorção foliar, entretanto deu-se na ordem:

Cloreto > nitrato = quelado > sulfato

4.4.2.1.2 Redistribuição

A redistribuição do Zn é geralmente baixa, dependendo, entretanto, do nível do elemento na planta: até 25% do total das folhas do trevo podem ser mobilizados para as sementes (LONERAGAN, 1975).

Entretanto, a consequência da pequena redistribuição é o aparecimento dos sintomas de carência nas folhas ou órgãos mais novos. Por esse motivo a correção da deficiência exige quase sempre aplicações repetidas de produtos nas folhas. (MALAVOLTA, et al2006)

4.4.3 Funções

(1) Fotossíntese – A anidrase carbônica localizada no citoplasma e no cloroplasto pode facilitar a transferência do C para a fixação.

(2) Respiração – A atividade respiratória diminui quando falta Zn: uma enzima chave, aldolase, depende da sua presença para funcionar. Fica reduzida também a síntese de ATP como consequência, ao nível de glicólise e transporte eletrônico terminal.

- (3) Sínteses** – Menos produtos de fotossíntese e menor produção de amido e de esqueletos carbônicos para a síntese de aminoácidos e proteínas. O Zn inibe RNase e, por isso, em condições de deficiência cai a formação de proteínas por falta de RNAs mensageiro e transportador.
- (4) Controle hormonal** – Diminui o nível de AIA (ácido indolilacético) nas condições de carência de zinco seja porque há menor formação ou porque há maior oxidação do mesmo por maior atividade de peroxidase ou radicais de O_2 livres.
- (5) Desintoxicação de radicais de superóxido (O_2^-)** – Esses radicais não são dissipados (ou o são em menor grau) no tecido deficiente em Zn devido à menor atividade de CuZn. SOD. Em consequência ocorre uma exaltação em processos oxidativos. Estes atingem lipídeos das membranas que vazam, provocam clorose e necrose, degradam o AIA o que inibe o crescimento dos brotos novos e dos internódios.
- (6) Redução do nitrato** – Quanto há carência de Zn acumula-se o nitrato o que pode ser devido à falta de indução na síntese de nitrato ou menor produção da apoenzima por causa da falta de aminoácidos. (baseado em RAINS, 1976 e ROMHELD & MARSCHNER, 1991) .

4.4.4 Formação de colheita, relação com pragas e moléstias

Tem sido verificado que menos Zn disponível no solo acarreta maior esterilidade do grão de pólen do trigo e do milho, possivelmente como resultado do papel do elemento no metabolismo do RNA e das proteínas SHARMA et al., 1990).

A deficiência torna os cereais mais suscetíveis à podridão das raízes causadas por Rhizoctonia (THONGBAI et al., 1993). Possíveis explicações: menos AIA e RNA para o crescimento e “fuga” do patógeno, menos fenóis e

lignina; mais açúcares e aminoácidos livres, substrato para o patógeno; paredes desorganizadas (BERETTA et al., 1986).

4.4.5 Adubação

4.4.5.1 Critérios para doses

Em princípio há três critérios para se estabelecer as doses de Zn (ou de qualquer outro elemento) que devem ser usadas: (1) análise do solo; (2) análise de folhas; (3) experimentos de adubação no campo. Os últimos permitem generalizações limitadas quando associados aos dois primeiros.

4.4.5.1.2 Principais fontes de zinco:

Sulfato de zinco monhidratado, Idem Heptahidratado, Idem Básico, óxido de zinco, Carbonato de zinco, sulfeto de Zinco, Fritas, cloreto de zinco, nitrato de zinco e oxissulfatos, (MALAVOLTA, 2006).

4.4.6 Zinco na cafeicultura

Entre os micronutrientes, o Zn é o mais importante para o cafeeiro na região Sul de Minas Gerais. Sua deficiência provoca redução dos internódios, folhas pequenas e estreitas, formação de rosetas, morte de gemas terminais, menor vingamento floral, seca de ponteiros, superbrotamento, folhas mais novas coriáceas e quebradiças, frutos menores, queda de frutos antes do amadurecimento e produção reduzida (MALAVOLTA, et. al , 1961,) ; proporciona maior percentagem de grãos de peneira baixa e a toxidez provoca queda de Chumbinhos. Essa carência tem-se caracterizado como uma consequência do pH elevado, da adubação fosfatada excessiva, de pobreza do

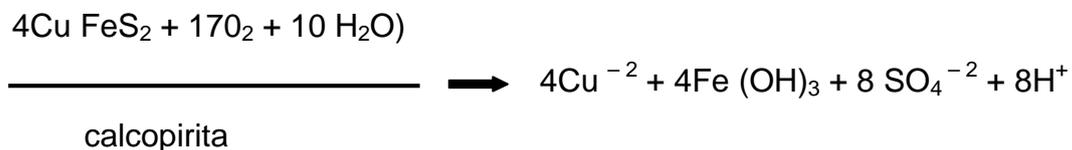
material de origem ou devido à extração ou remoção pelas colheitas (FAQUIN, 1994). Teor ideal é de 6-24 mg/kg (RIBEIRO, 1999).

4.5 Cobre

O Cobre ocorre na natureza como sulfetos, sulfatos, e sais diversos. Em condições redutoras, pode aparecer na forma metálica (BAKER, 1993).

4.5.1 No solo

Segundo Baker 1993, o cobre deixa o reino da Geologia e passa ao da Edafologia através do intemperismo assim exemplificado:



Outras adições de Cu são:

A-adubos minerais e orgânicos (principalmente o lodo de esgoto);

B-defensivos (sulfatado, oxiclreto, calda bordalesa, outros);

C-deposição atmosférica (poeiras e chuva, emissão fumaça industrial).

Em pomares de citrus na Flórida, EUA, videiras da França e bananeiras da América Central, há registros de que os resíduos de defensivos, contendo cobre se acumularam até níveis tóxicos para as plantas. A deposição atmosférica na Inglaterra chega a 100-480 g ha⁻¹ ano⁻¹ (BAKER, 1993).

4.5.1.2. Formas e transformações

Baker; 1993, afirma que existem seis reservatórios ou compartimentos de Cu no solo – (1) íons e complexos minerais e orgânicos solúveis na solução do solo. (2) trocável; (3) complexos orgânicos estáveis no húmus; (4) adsorvido a óxidos e hidróxidos de Al, Fé e Mn; (5) adsorvido ao complexo coloidal de argila e húmus; (6) rede cristalina dos minerais de cobre do solo. A repartição segue a ordem:

Orgânico > óxidos de Fe e Mn > minerais de argila

A solução do solo contém o Cu prontamente disponível. Nos solos ácidos aparecem $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_6]^{+2}$ e nos alcalinos $\text{Cu}(\text{OH})_2^0$. A disponibilidade está relacionada com o potencial de Cu, (p-Cu), semelhante ao pH, das diversas espécies iônicas. A concentração é muito baixa, (0,01 – 0,06 uM), devido à absorção aos colóides minerais e orgânicos(BAKER,1993)

O Cu apresenta absorção específica e fixação muito enérgica (alta estabilidade) no que resulta em pouco movimento no solo. A maior parte está presa à matéria orgânica, o que pode induzir a sua deficiência , que também é comum em solos arenosos . A toxidez pode ser corrigida, dependendo do grau, mediante elevação do pH pela calagem ou adição de matéria orgânica (ANDRADE, 1973).

Considera-se disponível, além do contido na solução do solo, o “lábil” que é medido por diluição isotópica, removido por agentes quelantes (EDTA, DTPA), extraído por resina trocadora de íons ou soluções ácidas diluídas. Corresponde ao Cu da solução do solo e o absorvido ,os teores total e solúvel, variando com o tipo de solo relacionando-se com o material de origem. Há uma tendência para acumulação na camada superficial devido ao efeito combinado da matéria orgânica ; da adição de adubos e defensivos e de resíduos industriais depositados pelo vento e chuva (MARINHO, 1988).

4.5.2. Na Planta

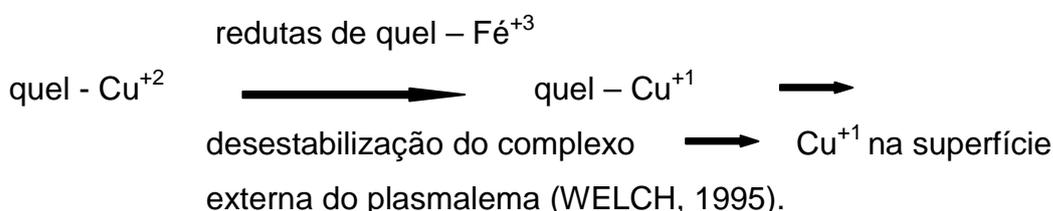
O contato com a raiz dá-se predominantemente por fluxo de massa. Entre os agentes quelantes presentes da solução do solo estarão; ácido cítrico, tartárico, málico, oxálico, metalóforos, ácidos hidroxâmicos, fenóis, polímeros do ácido 2-cetoglicônico, ácido mugineico (STEVENSON, 1991).

A absorção possível pode ocorrer como:

A - Cu^{+2} e $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_6]^{+2}$

B - quelado – entrada do mesmo ou somente Cu^{+2}

C - em condições de deficiência de Cu ou de Fe ou de Fé (somente entre essas) dá-se:



O processo de absorção é metabolicamente ativo, reduzido por inibidores respiratórios. É inibido competitivamente por Zn^{+2} e reduzido também por H_2PO_4^- , k^+ , Ca^{+2} e NH_4^+ (MARINHO; ALBUQUERQUE, 1978)

A absorção do Cu, assim como outros elementos, é aumentada por micorrizas vesiculares-arbusculares. As hifas aumentam a superfície absorvente ou ectoenzimas do fungo mobilizam nutrientes na rizosfera (MARSCHNER; DELL, 1994).

A absorção foliar dá-se por mecanismo(s) aparentemente semelhante(s) aos da absorção radicular. A correção da deficiência pode ser feita por aplicações foliares, no cafeeiro, em que a aplicação de oxicloreto, um defensivo para controle da ferrugem quase dobrou a produção (CARVALHO, 1980). Chama a atenção o alto teor foliar de Cu que atinge níveis tóxicos (ANDRADE, 1973). Porém, a produção não caiu, há duas possíveis explicações: (1) o Cu analisado achava-se na superfície da folha; (2) o elemento permaneceu em grande parte na cutícula não chegando ao citoplasma.

4.5.3. Funções

As folhas apresentam 70% do Cu nos cloroplastos como proteínas complexas representadas pela plastocianina. Esta participa do fluxo de elétrons na fase luminosa da fotossíntese, fazendo a ligação entre dois fotossistemas, participando da fase escura da fotossíntese, ativando a carboxilase de ribulose de fosfato, responsável pela entrada de CO₂ em composto orgânico (RICHTER, 1993).

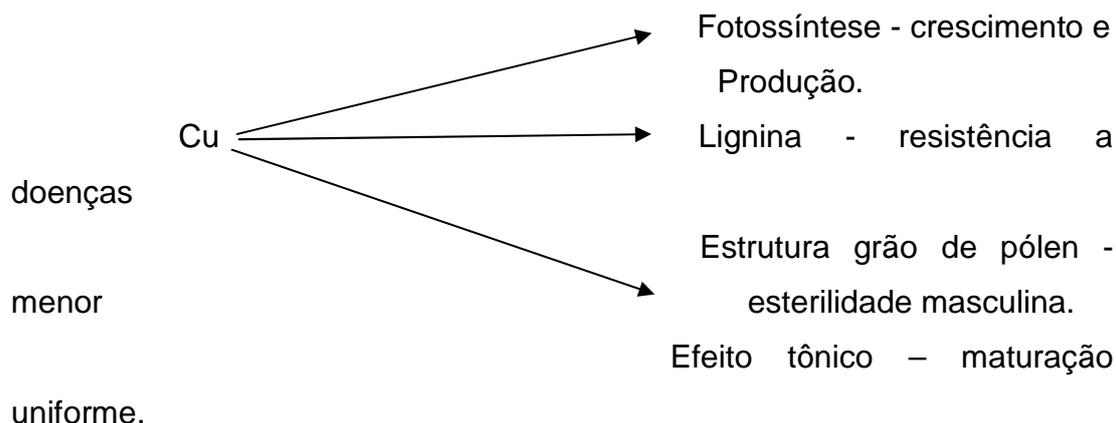
Nos grãos de café cru existe relação direta entre a atividade da polifenoloxidase e a qualidade da bebida (AMORIM; SILVA, 1968).

4.5.4. Exigências

De um modo geral, entre os micronutrientes, as necessidades de Cu são menores que de B, Fé e Mn, comparáveis às de Zn e maiores que as de Co e Mo, (GALRÃO; SOUZA, 1985).

4.5.5. Formação da colheita

Os papéis principais do Cu no processo de formação da colheita, segundo Pascholati. et. al. (1986) , podem ser assim resumidos:



Sais de Cu aplicados no cafeeiro, para o controle da ferrugem, fazem com que as folhas persistam por mais tempo e haja maturação mais uniforme dos frutos. É o chamado efeito tônico explicado por uma inibição na produção de etileno que, está implicado no processo da senescência (PASCHOLATTI et al. 1986, LIDON et al., 1995).

4.5.6. Relação com doenças

O Cu tem o papel fungistático e sua função na síntese de lignina que dificulta a entrada do patógeno na célula. Todavia quando o Cu é deficiente pode haver menos O_2 ativo, prejudicial ao patógeno, menos proteínas de parede, menor indução de alexinas, desorganização da parede celular e das membranas (oxidação dos lipídeos pelos radicais livres não dissipados) e falta do efeito tônico. O efeito favorável da calda bordalesa pode ser devido a aspectos nutricionais (ZAMBOLIM, 1998).

4.5.7. Aplicação

Vários defensivos cúpricos (óxidos, oxicloretos, Cu – orgânico) podem fornecer o elemento, corrigindo ou evitando a deficiência. O efeito notável do oxiclreto de cobre na produção do cafeeiro, além de

controlar a ferrugem deve ter o papel nutricional e o já referido efeito tônico (MARTENS; WESTERMANN, 1991).

Há dois modos de aplicação segundo Marinho (1988):

A -Solo – geralmente em formulação com macronutrientes:

lanço – 3,3 a 14,5 kg Cu ha⁻¹

localizada – 1 a 4 kg Cu ha⁻¹

B-Folha – 0,3 a 4,0 kg Cu ha⁻¹, associado ou não a outros elementos

Essas doses se referem a produtos minerais (óxidos, sais). Os quelados são usados em doses geralmente menores.

4.5.8 Cobre na cafeicultura

O cobre atua em vários processos fisiológicos das plantas, como a fotossíntese, a respiração, no metabolismo de proteínas e entra em processo de ativação de resistência das plantas (fitoalexitas), com deficiência de cobre as folhas novas apresentam uma ondulação, deixando as nervuras salientes na parte inferior. Com uma deficiência mais grave as folhas mais velhas ficam cloróticas e aparece uma área amarelada a partir do pecíolo, se alongando ao longo e ao lado da nervura principal, chegando a se tornar esbranquiçada (MATIELLO 2007).

As folhas deficientes são muito sensíveis à escaldadura pelo sol. As folhas ficam anormalmente voltadas para baixo. O cobre tem 3 funções principais no cafeeiro, beneficiando as lavouras de café através de seu efeito: a) como micronutriente, exigido para os processos de crescimento e produção do cafeeiro; b) como fungicida e bactericida, protegendo as plantas contra as suas principais doenças, a ferrugem e a cercosporiose, além de sua atividade, também contra eventuais ataques de *Pseudomonas*, *Colletotrichum* e outros fungos; c) como efeito tônico, atuando na supressão do efeito do etileno, produzido nos processos de necrose da folhagem ou pela morte de fungos epífitas que vivem sobre o cafeeiro.13, com isso o cobre evita queda das folhas,

promovendo maior retenção foliar (MATIELLO 2007). Ideal para cafeeiro no Sul de Minas é de 14-26 mg/kg (RIBEIRO1999).

4.6 Ferro

Ferro – atua na formação de aminoácidos e proteínas. Colabora na formação da clorofila. A deficiência aparece nas folhas mais novas que apresentam o que se chama de "clorose", que é a perda da cor verde passando ao amarelo ou branco entre as nervuras e depois em toda a folha que pode se tornar esbranquiçada. (MALAVOLTA, 2006)

O Fe é considerado um elemento ubíquo devido à frequência com que aparece no planeta Terra – das rochas aos seres vivos. É o quarto elemento mais abundante nas rochas da litosfera. Forma compostos estáveis com S, O e Si. Ocorre nos meteoritos e no magma interior (KRAUSKOPF, 1972),

4.6.1. Formas no solo

Os minerais mais comuns de Fe no solo, encontram-se nas mais diversas formas e compartimentos:

Tipos de minerais de Fe	
Geral	Nome e fórmula
Óxidos magnetita (Fe_3O_4)	Hematita (Fe_2O_3), goethita ($FeOOH$),
Sulfetos	Pirita (FeS_2), pirrolita ($Fe_{1-x}S$)
Carbonato	Siderita ($FeCO_3$)
Sulfatos	Jarosita [$KFe_3(OH)_6(SO_4)_4$] ₄
Silicatos de alta temperatura	Olivina ($(Mg Fe)_2 SiO_4$)
Silicatos hidratados de baixa temperatura	Chamosita, glauconita
Fonte: (Krauskopf, 1972),	

4.6.1.1 Formas, assimilação e papéis funcionais

Fases sólidas e lábil – óxidos e hidróxidos. No último o elemento aparece absorvido.

O Fe no solo, apresenta-se em duas valências, o Fe^{+2} (ferroso) solúvel e Fe^{+3} (férico) . A absorção é ativa, obedece à cinética de Michaelis – Menten, com uma ou duas isoterma (MOORE ,1972).

Solução do solo: em condições aeróbicas, isto é, o O_2 presente aparecem Fe_2O_3 coloidal e complexos com ligantes orgânicos. Quando há muita matéria orgânica presente, surge Fe na solução como complexos e a fase lábil mostra Fe^{+2} . Em condições anaeróbicas (várzeas, arroz inundado) dá-se a redução do Fe^{+3} na seqüência termodinâmica . O Fe forma complexos com compostos orgânicos que ocorrem tanto na fase sólida (lábil) e em solução do solo como ácidos orgânicos (cítrico, málico, oxálico e fenóis) formando complexos solúveis que são liberados na matéria orgânica em de composição , aumentando assim a mobilidade e a disponibilidade do elemento (FAGERIA, et. al. 2002).

Em condições anaeróbicas, o Fe^{+3} passa a Fe^{+2} ocorrendo toxidez para a cultura, como é o caso do arroz inundado, particularmente em solos mais pesados. O teor total de Fe no solo é em consequência do conteúdo no material de origem. Dado o alto teor de Fe total, a deficiência do elemento é consequência geralmente da atuação dos fatores que afetam a sua disponibilidade. Além do potencial de redox, que favorece a conversão do Fe^{+3} em Fe^{+2} , o pH afeta a disponibilidade, medida pela concentração ou atividade na solução do solo mais do que a de outro micronutriente qualquer. De fato, a elevação de uma unidade de pH causa as seguintes variações .

Ferro	-	1000 vezes
Manganês	-	100 vezes
Zinco	-	100 vezes

Cobre	-	100 vezes
Molibdênio	-	100 vezes

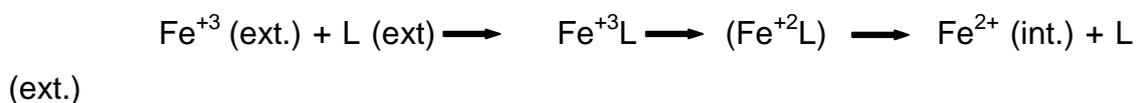
(LINDSAY.1972).

4.6.2 Na Planta

As plantas podem usar três estratégias para absorver Fe:

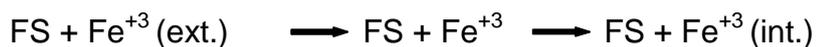
A- acidificação do meio por liberação de H^+ ou exsudação de ácidos orgânicos que causa a dissolução de compostos de Fe^{+3} ; com absorção direta ou depois de quelatização, com ou sem redução a Fe^{+2} ; e a redução na superfície externa do plasmadema com elétrons doados pelos citocromos ou flavinas. O quelato, ao que parece, se dissocia antes de modo que somente o Fe é absorvido;

B- dicotiledôneas e monotiledôneas não gramíneas:



Onde L = quelado

C-Gramíneas



Onde FS = fitosideríforo

(BROWN & JOLLEY, 1988).

Quando se fornece Fe (ou outro cátion) via solo, o elemento é menos sujeito às reações de fixação ou precipitação, pois a carga residual do quelado é negativa. Por essa razão, é menor a fixação do metal pela argila e pelos sesquióxidos também carregados negativamente (WALLACE, 1971).

Em solos cultivados com inundação (arroz) ou sujeitos ao encharcamento, seja pela água da chuva, irrigação (má drenagem) ou pelo lençol freático muito alto, dá-se o consumo de O_2 por microrganismos o que causa queda no potencial de redox para menos de 200 mV e redução de Fe^{+3}

para Fe^{+2} . A concentração de Fe chega a 50 e até 1680 mg L^{-1} é tóxico (BARBOSA FILHO, 1991).

Devido à baixa redistribuição os sintomas de carência aparecem em primeiro lugar nas folhas e órgãos mais novos (TIFFIN, 1957).

O excesso de Fe causa menor absorção de P, K, Ca, Mg e Mn. Há diversidade genética na tolerância à oxidez. Em solos calcários, ocorre a clorose calcária, isto é, a clássica deficiência de Fe. A absorção do Fe é influenciada por K, Ca e Mg que, dependendo da concentração, podem provocar sinergismo ou inibição. Cu, Mn e Zn e outros metais pesados podem induzir a deficiência por inibição competitiva (MENGEL, 1994).

4.6.3. Funções

Segundo Mengel (1994), as funções são :

Respiração – enzimas do ciclo do ácido cítrico são ativadas pelo Fe, os citocromos que fazem o fluxo de elétrons nas oxidações terminais nos mitocôndrios possuem Fe.

Fotossíntese – necessário para a síntese da clorofila; os cloroplastos tem 75% do Fe das células das folhas; além disso participa do transporte eletrônico nos processos de redução via citocromos e ferredoxina.

Participação da assimilação e da FBN.

4.6.4 Relação do Fe com a qualidade dos produtos agrícolas

Alguns exemplos mostram a consequência da falta de Fé em: café, grãos de âmbar (amber beans) e citrus ,que ocasionam o menor tamanho do fruto (MOURÃO FILHO, 1994) a couve-flor pode apresentar o crescimento retardado e o tomate apresenta frutos descoloridos (SASAKI; SENO, 1994).

Práticas culturais, variedades e adubação são utilizadas para aumentar o teor de Fe e outros micronutrientes, como o Cu e Zn, na parte

comestível das culturas tendo em vista a alimentação humana (WELCH ,1995). Por outro lado, já foi produzido arroz transgênico mais rico em ferro (MIFFIN, 2000).

4.6.5 Adubação

As doses de Fe utilizadas são baseadas nas análises de solo ou folhas. A análise de flores também está sendo usada, embora em escala reduzida (ABADIA et. al. 2000)

4.6.6 Modo de aplicação

MALAVOLTA, 2006 disse que no Brasil, muito raramente se emprega o Fe, as recomendações oficiais muitas vezes o Fe é omitido.

Algumas situações em que isso é feito:

A- abacaxi - pulverizações foliares de sulfato ferroso ou quelato;

B- cafeeiro, cacaueteiro- aplicações foliares dos mesmos produtos no viveiro;

C- geral – fritas contendo Fe podem fazer parte de formulações empregadas para fornecer macronutrientes;

D- leguminosas – produtos contendo Co, Mo e Fe são usados no tratamento das sementes.

4.6.7 Ferro na Cafeicultura

Uma das principais funções do Fe na planta é agir como catalisador na produção de clorofila. A falta de Fe é a mais específica e facilmente identificável de todas as deficiências minerais das plantas, facilmente notada pela observação das folhas novas em crescimento, consistindo os primeiros estágios, geralmente, de coloração verde-pálida. O estágio seguinte consiste

de clorose das folhas na parte entre as nervuras. A característica desta clorose é a aguda distribuição entre as nervuras verdes e os tecidos amarelos entre elas (FAQUIN, 2005).

Para o café o Fe é importante na formação da clorofila e na respiração. É um nutriente de difícil translocação das partes mais velhas para as mais novas do café, podendo ocorrer deficiência quando o crescimento da planta é rápido. Os sintomas de deficiência são a clorose no parênquima das folhas permanecendo, porém as nervuras bem verdes. Por ser um nutriente pouco móvel na planta os sintomas aparecem principalmente em folhas novas (GUIMARÃES; MENDES, 1997).

4.7. Manganês

A essencialidade do Mn foi demonstrada para fungos (1863), plantas superiores (1923) e para animais em (1931) (MALAVOLTA et. al, 1985).

4.7.1. No Solo

4.7.1.1. Origem

Todo o Mn do solo vem praticamente das rochas que deram origem os silicatos ferromagnesianos (olivina, piroxênio, anfibólio, biotita, clorita, serpentina) ricos em Mn (em geral 2.000 – 3.000 mg kg⁻¹). Outros silicatos como a muscovita, feldspato – K, feldspato – Ca, quartzo possuem entre 200 e 1006 mg Kg⁻¹. Não silicatos (magnetita, ilmenita, sifeno, cromita) tem 700 – 4.000 mg kg⁻¹. As faixas de concentrações nas rochas são segundo GILKES & Mckenzie ,(1988)

A- Ígneas

Vulcânicas – 600 – 1500 mg kg⁻¹

Ultramórficas – 950 – 1200 mg.Kg⁻¹

Máficas e intrusivas intermediárias – 2.000 – 1.400 mg Kg⁻¹

Intrusivas graníticas – 400 – 600 mg Kg⁻¹

B- Metamórficas

(gneiss, granulita e outras) – 600 a 1.500 mg Kg⁻¹

C Sedimentar

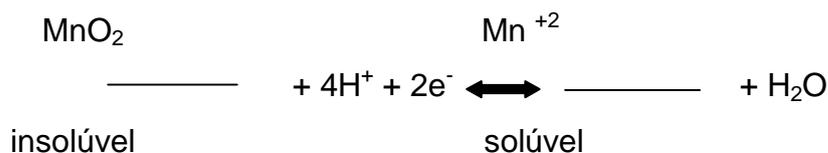
(arenitos, folhelhos, calcários) 170 – 550.mg kg⁻¹

Na litosfera, de onde o Mn passa ao solo mediante o processo de intemperismo das rochas (e dos minerais que o contém) o teor total é 0,09%, pode existir em estados de oxidação o Mn (II) e Mn (VII). Os estados II, III e IV ocorrem em combinações principalmente com O (pirolusita, MnO₂), CO₃ (rodocrosita, MnCO₃) e sílica (rodonita Mn Si O₃)(GILKES ; MCKENZIE, 1988).

4.7.1.2. Formas, transformações e teores

Nos solos ácidos, como são os brasileiros, há interrelações entre as diferentes formas de Mn: oxidado, orgânico solúvel, orgânico disponível como quelado ou metalóforos (MALAVOLTA, et. al, 1985).

Segundo Norvell (1988), a disponibilidade de Mn é em função do pH, possivelmente o fator mais importante, condições de óxido-redução, microorganismos e exsudados de raízes, podendo ser representada de modo simplificado pela reação:



A-pH: É conhecido o efeito acidificante dos adubos nitrogenados amoniacais e amídicos, que aumentam o Mn no solo podendo chegar a níveis tóxicos. O fosfato monocálcico dos superfosfatos, ($\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$) acidifica o solo perto do local de aplicação , aumentando a disponibilidade, de Mn ,fazendo com que ele movimente daí pra fora (NORVELL, 1988). Ao contrário, a calagem pode diminuir a disponibilidade seja por reações de precipitação (formação de hidróxidos menos solúveis), seja por promover a auto oxidação.

B-Potencial de redox: As condições de privação de O_2 , causam a redução da valência mais alta,(IV, para II), de acordo com a sequência termodinâmica , com ou sem a intervenção de microrganismos.

C-Microorganismos. De acordo com Ghiorse (1988) , a oxidação é influenciada por microrganismos do solo e, em dadas condições pode estar totalmente sob controle biológico “o mesmo, porém, não pode ser dito de redução”. As bactérias oxidantes como as do genero *Arthrobacter* tem um pH ótimo entre 5,7 e 7,5 e, por isso, a velocidade de oxidação em solos muito ácidos pode ser diminuída(NORVELL,1988).

D-Exsudados das raízes. A rizosfera apresenta quantidades apreciáveis de C orgânico, no caso dos cereais pode chegar a 14-40% do total do carbono fixado que pode solubilizar óxidos de Mn pelo efeito no pH.

Os teores totais de Mn em solos brasileiros variam de 514 a 200 mg kg^{-1} . A amplitude da variação é muito grande (CATANI ; GALLO ,1951). Isso talvez explique, porque em solos do cerrado onde somente se conhecia a toxidez de Mn (MALAVOLTA et. al, 1976).

4.7.3 Na Planta

O contato do Mn da solução do solo com a raiz, se faz em maior proporção por difusão e interceptação, exceto em solos muito ricos no elemento em que o fluxo de massa tem participação maior. A absorção é diminuída pela presença de cátions bivalentes como Ca^{+2} e Zn^{+2} e principalmente o Fe inibe competitivamente a absorção do Mn e a recíproca é verdadeira. (MOREIRA, 1999; HEINRICHS, 2002).

O Mn entra na raiz e se coloca em três compartimentos ou reservatórios “pools”: o lábil alimenta a corrente transpiratória sendo ocupado mais rapidamente que o trocável; ambos estão em equilíbrio lento com o não lábil. O transporte a longa distância se dá via xilema cujo suco o Mn está presente principalmente como Mn^{+2} em equilíbrio com os compostos orgânicos pouco estáveis. Move-se livremente na corrente transpiratória e, quando o suprimento é adequado, acumula-se nas raízes, caules e folhas sendo classificado usualmente como “imóvel no floema”. Entretanto, move-se para às sementes em desenvolvimento mas, ao que parece, não o fazendo às raízes. Quando as plantas que receberam um alto suprimento de Mn, são privadas do mesmo, o acumulado nas folhas não é mobilizado, embora muito dele possa ser removido por lavagem com água. O Mn contido nas raízes e caule, pode ser redistribuído, mas o seu valor como fornecedor do elemento varia com a espécie. A exemplo, o tremoceiro que acumulou Mn nas raízes e depois deixa de fazê-lo, é capaz de o fornecer às sementes em desenvolvimento num processo dirigido (MUNNS et al., 1963).

O comportamento complexo e variável do Mn, não permite colocá-lo nas categorias de elementos que são móveis, imóveis e intermediários no floema (LONERAGAN, 1988).

O Mn é o elemento que mais se acumula nas flores do cafeeiro *Coffea arabica*, especialmente nas variedades Mundo Novo e Catuaí. E

entre os macros, essa posição é ocupada pelo Mg. De onde vêm ambos – solo, outro órgão – não é conhecido (MALAVOLTA, Euripedes, 2006)

4.7.4 Funções e formação da colheita

A planta tem proteínas não enzimáticas que contém o elemento, como a manganina e a concanavalina “A”. Deve-se ter presente que Mn e Mg são intersubstituíveis na ativação de muitas dessas enzimas (BURNEL,1988)

A - Fotossíntese.

O Mn participa da fotólise da água (reação de Hill) em que os elétrons da H₂O são transferidos para a clorofila:



Em seguida:



A proteína que catalisa a decomposição da água está localizada na membrana tilacóide. É oxidada pelo fotossistema II, oxidando a água liberando O₂ molecular. A proteína tem 4 átomos de Mn no seu centro ativo. A deficiência de Mn prejudica a estrutura dos cloroplastos. Como esta é essencial para a captura inicial da energia luminosa durante a fotossíntese, a fluorescência da folha tem sido ensaiada como uma possibilidade de monitorar o estado da planta em relação ao Mn (BURNELL, 1988). Várias enzimas da fase escura de fotossíntese são ativadas pelo Mn, tanto em plantas que fixam o C via C₃, quanto naquelas que o fazem via C₄. A enzima málica e a carboxiquinase fosfoenolpirúvica parecem ter exigência absoluta por ele (BURNELL, 1988).

B - Respiração

Enzimas que atuam na glicólise e no ciclo do ácido cítrico são ativadas pelo Mn (deshidrogenases, quinases, descarboxilases) embora, como já mencionado, a exigência possa não ser absoluta. (BURNELI, 1988).

C - Controle hormonal

O Mn funciona como cofator na regulação do sistema e oxidação do ácido indolacético (AIA) A nutrição mangânica, por exemplo, afeta o nível de oxidase do AIA no algodoeiro. Plantas com níveis tóxicos de Mn, têm maior atividade de enzima e menor do seu inibidor. Plantas com deficiência apresentam alta atividade da oxidase e nenhuma do inibidor (BURNELI, 1988).

D - Metabolismo do N

A redutase do nitrito e da hidroxilamina são ativadas pelo Mn. A sintetase da glutamina que catalisa a entrada de NH, em um composto orgânico, pode ter o Mn^{+2} , embora com menor eficiência. A nodulação das leguminosas é afetada pelo nível do AIA, depende do Mn e da oxidase. (BURNELI, 1988).

E - Compostos secundários.

O Mn é cofator importante em reações – chaves envolvidas na biossíntese de metabólitos secundários pouco modificada (BURNELL, 1988).

O Mn, segundo Grahan & Webb (1991) é entre todos os micronutrientes, o mais importante no desenvolvimento da resistência da planta às doenças fúngicas das raízes e folhas”. Entre elas a ferrugem do cafeeiro, que apresentou menor incidência quando o Mn foliar ficou entre 200 e 300 ppm (CASALE, 2000)⁽¹⁾.

Possíveis mecanismos do efeito favorável do Mn (MALAVOLTA 1998):

A - lignificação – ativação da síntese de desoxi-D-arabino heptulosanato – 7-p → via ácido shiquímico → lignina → barreira física à entrada do patógeno; → menos Mn → menos fenóis solúveis = menor resistência às doenças; → Mn = cofator da liase de fenilalanina e amônia → produção de ácido → cinâmico e de outros fenóis; cofator de peroxidases → polimerização de álcoois → lignina fenóis e ligninas = defesas primárias contra infecção por fungos;

B - inibição de aminopeptidases pelo Mn – menos aminoácidos livres para o crescimento do fungo;

C - inibição da metilesterase da pectina pelo Mn – enzima do fungo bloqueada → → manutenção da integridade da parede celular dificuldade para a entrada do patógeno;

⁽¹⁾ -(H. CASALE, 2000, comum, particular).

D - inibição direta – exigência de Mn da planta = 100 X maior que a do fungo → toxidez para o patógeno exsudação de redutores ou de substratos para microorganismos → aumento concentração Mn disponível → na rizosfera toxidez para o fungo.

4.7.5 Exigências, deficiência e toxidez

O Mn é o segundo micronutriente mais exigido pelas culturas (depois do Fe) A causa mais comum da deficiência de Mn nas condições brasileiras, se deve a elevação do pH pela calagem excessiva ou pela má distribuição do calcário (MALAVOLTA, 1998).

A clorose internerval das folhas novas é consequência da mobilidade geralmente baixa do Mn; pela diminuição na atividade de dismutase de superóxido, o que deixa os cloroplastos sem proteção contra os radicais livres; o desarranjo nas membranas tilacóides liberta e ativa a polifenoloxidase que oxida vários produtos os quais causam danos metabólicos, inclusive a destruição da clorofila (CAMPBELL; NABLE, 1988)

A eficiência de absorção do Mn em baixas concentrações no meio e à tolerância à toxidez são características da planta que estão sob controle genético (MALAVOLTA; SANTOS, 1996) .

4.7.6 . Adubação

4.7.6.1. Critérios para doses

A quantificação nem sempre está disponível nos solos brasileiros, o que dá uma indicação das doses a usar, isto é, quanto menor o teor maior a dose. A análise das folhas pode também dar indicações e às vezes possível corrigir a deficiência no próprio ano agrícola mediante aplicações foliares (EMBRAPA SOJA, 2003).

4.7.6.2. Produtos

A obtenção de adubos que servem como fonte de Mn é discutida em detalhe por Wallace, (1971), que descreve os vários processos que são usados para incorporá-los diretamente em formulações ou indiretamente como bases geralmente fosfatadas, como é caso do superfosfato simples, que é enriquecido com Mn e depois “diluído” na formulação N PK.

Não é necessário que 100% de Mn seja solúvel em água para aplicação via solo. Pode-se aceitar que o produto será eficiente desde que tenha 70% do seu total do elemento solúvel em água, citrato de amônio ou ácido cítrico (EMBRAPA SOJA, 2003).

4.7.6.3. Aplicação

O Mn pode ser fornecido de diversas maneiras, dependendo das condições de solo, cultura e disponibilidade de recursos financeiros da parte do produtor (NORVELI, 1988). São elas:

A - a lanço com incorporação – trata-se do fornecimento do Mn associado ou não a outros macro e micronutrientes, o que exige doses pesadas, sendo por isso uma via cara;

B - sulco ou cova de plantio – mais comumente empregado, estando o Mn na formulação usada para fornecer NPK ou PK. As doses usadas são menores, devido ao menor contato com as partículas do solo ocorrendo menos fixação;

C - foliar – muito usada para corrigir deficiência em culturas temporárias (soja, milho.) ou perenes (cafeeiro, citrus e pastagens). Culturas com folhas caducas são pulverizadas durante a dormência, esta maneira de fornecer Mn é considerada mais eficiente (aumento na produção por kg de elemento aplicado) que as demais, desde, evidentemente que seja viável fazê-la.

D - semente – podem ser tratadas por pós, soluções ou peletizadas, pouco usado.

Convém lembrar que há defensivos contendo Mn, como por maneb, são eficientes no fornecimento do elemento.

Outra alternativa, indireta, é a acidificação do solo que promove a mobilização do Mn.

4.7.7. Respostas

O efeito notável no cafeeiro demonstra que a produção aumentou quase 4 vezes frente a aplicação de Mn. O fornecimento foliar foi mais eficiente que a aplicação no solo e que a acidificação devida ao sulfato de amônio, como mostra a abaixo:

Resposta do cafeeiro para corrigir a deficiência de manganês.
(Matielo;Vieira 1993)

- 1) Sulfato de manganês 10 gL^{-1} , 2 vezes, na folha 388% de produção relativa.
- 2) Sulfato de manganês 10 gL^{-1} + sulfato ferroso 20 gL^{-1} , idem 357% de produção relativa.
- 3) Sulfato de manganês 100 g/planta, solo 314% de produção relativa.
- 4) esterco curral 20 L/cova 119% de produção relativa.
- 5) sulfato de amônio – 200 g/cova 238% de produção relativa.
- 6) testemunha ,100% de produção relativa.

4.7.8. Manganês na cafeicultura

O Mn é o micronutriente mais abundante no solo depois do Fe. A principal forma de Mn para a nutrição de plantas é o Mn^{2+} , que pode encontrar-se adsorvido aos colóides, solúvel na solução do solo na forma iônica (pequena concentração) ou na forma de quelato. Análises da solução do solo tem demonstrado que mais de 90% do Mn está complexado a compostos orgânicos (FAQUIN, 2005).

As funções bioquímicas do Mn são semelhantes ao Mg, entretanto, a concentração do Mg é aproximadamente 100 vezes maior que a do Mn. A função do Mn mais estudada em plantas é a sua participação, juntamente com o Cl, na evolução do O₂ no processo fotossintético (quebra fotoquímica da água no fotossistema III), na reação de Hill (FAQUIN, 2005).

Sua deficiência ocorre principalmente em solos com pH alcalino ou no caso de calagens excessivas, que insolubilizam o Mn e/ou de alto teor de matéria orgânica. Cuidados devem ser tomados em relação ao excesso de Mn, pois o seu excesso afeta a absorção de Zn. A carência do Mn aparece primeiro nas folhas novas (GUIMARÃES; MENDES, 1997).

A carência de manganês causa amarelecimento forte chegando a esbranquiçado e ligeira redução do tamanho das folhas novas (dois a três pares terminais), que ficam mais lisas (nervuras menos salientes) que apresentam manchas verdes irregulares. O teor foliar adequado deve ser superior a 50 ppm. Abaixo de 50 ppm aparecem sintomas de deficiência (MATIELLO 2005).

4.8 Molibdênio

4.8.1 No solo

O Mo, juntamente com Cl e o Se, é incomum entre os micronutrientes por ser um ânion no solo que tem a disponibilidade aumentada com o pH. Na litosfera aparece em estados de oxidação de Mo⁺³ a Mo⁺⁶. Em condições redutoras predominam Mo⁺⁴ e, nas aeróbicas Mo⁺⁶ (MALAVOLTA, 2006)

4.8.1.1 Origens

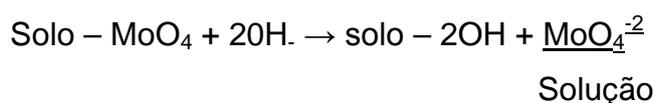
De acordo com KRAUSKOPF (1972) os principais minerais que contém Mo são: sulfeto - molibdenita MoS_2 ; óxido – ilsemanita $\text{Mo}_3\text{O}_8 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$; molibdatos – wulfenita PbMoO_8 ; powellita CaMoO_8 , fenilmolibdita $\text{Fe}_2(\text{MoO}_4)_3 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$.

4.8.1.2 Formas, transformações, teores

Em parte pelo menos a deficiência encontrada em solos ácidos pode ser devida ao pH baixo. Em solos com alto teor de matéria orgânica e pH também baixo a carência pode ocorrer devido à pouca disponibilidade.

Na solução do solo a concentração é de menos de 10 microgramas por litro e, para cada unidade de pH que cai, aquela concentração se torna 10 vezes menor (BARBER, 1995).

Simplificando o efeito do pH na disponibilidade pode ser assim descrito:



Muitas vezes – mas a regra não é geral – a calagem, fazendo o pH subir, aumenta a disponibilidade e evita ou cura a deficiência. E, por outro lado, como lembram Rosolem et al. (2001) “em solos ácidos, somente a aplicação de molibdênio não é suficiente para a obtenção de altas produtividades de soja, sendo a calagem indispensável.”

Numa escala mundial os teores totais de Mo estão geralmente na faixa de 1-2 mg/kg.

Embora pouco comum o Mo pode atingir concentrações altas nos solos os quais induzem, deficiência de Cu nos animais que se alimentam de

forrageiras com altos níveis do primeiro provocados, por exemplo, pela calagem (FLEMING, 1980).

4.8.2 Planta

4.8.2.1 Absorção, transporte, redistribuição

O processo contacto entre o Mo e a raiz depende da sua concentração na solução do solo, quando em altas (0,04 micromolar/L), fluxo de massa; em baixas, a difusão tem lugar seguindo-se a absorção ativa (KANNAN & ROMONI, 1978).

A absorção aumenta em plantas deficientes em fósforo (HEUWINKEL, et al., 1992): haveria mais sítios disponíveis do P, não ocupados por este elemento, os quais se prestariam à absorção do molibdato.

De acordo com FLEMING (1980) há um antagonismo mútuo entre Cu e Mo. Há também antagonismo Fe-Mo e Mn-Mo. Em solos ácidos a calagem pode ter o duplo efeito de aumentar a disponibilidade do Mo e diminuir a do Mn, deste modo evitando o efeito desfavorável do segundo no processo de absorção e suas conseqüências.

O transporte à longa distância dá-se nas formas de MoO_4^{-2} livre, HMoO_4^- e como compostos Mo-SH de aminoácidos ou Mo-OH de polióis (TIFFIN, 1972; WELCH, 1995).

No floema a forma predominante, devido ao pH da seiva, é oxianion. Há também a possibilidade da ligação a compostos orgânicos contendo grupos sulfidrílo (SH) como nos aminoácidos cisteína, glutatone e na fitoquelatina. A mobilidade no floema, entretanto, parece depender da espécie, a julgar pelo aparecimento dos sintomas: no cafeeiro as folhas mais velhas são as primeiras a serem afetadas, enquanto no tomateiro são as mais novas. (TIFFIN, 1972)

4.8.2.2 Funções

O Mo é componente de pelo menos cinco enzimas distintas que catalisam reações muito inversas participando em processos de transferência eletrônica (NICHOLAS, 1975): nitrogenase, redutase do nitrato, oxidase da xantina, oxidase de aldeído e oxidase de sulfato. Tais enzimas são complexas e cada uma tem grupos adicionais não protéicos (apoenximas) que também são transportadores de elétrons.

4.8.2.3 Principais fontes de molibdênio

Molibdato de sódio(anidro), idem hidratado, Molibdato de amônio, Trióxido de molibdênio, Molibdato de Cálcio, Fritas (MALAVOLTA, 2006).

4.8.3 Molibdênio na cafeicultura

O Mo é necessário para formação da enzima Redutase do Nitrato, que reduz nitratos a amônio na planta. Este micronutriente é vital para ajudar leguminosas a formarem nódulos que são indispensáveis ao processo de fixação simbiótico de N. O Mo também é essencial para converter o P inorgânico em formas orgânicas na planta (COELHO; VERGENLIA, 1973).

De acordo com Guimarães e Mendes (1997), os sintomas de deficiência aparecem primeiro em folhas velhas, essas folhas ficam com manchas verde-amareladas no sentido das nervuras secundárias um pouco distantes das margens. Folhas se curvam para baixo até as margens se tocarem.

4.9. Cloro

4.9.1. Solo

XU ET AL. (2000) embora alguns mieraais do solo possuam cloro, sua contribuição para a nutrição da planta é muito pequena. Maiores são as devidas “sal cíclico”, o NaCl vindo do mar e qua cai no solo com a água da chuva, e o KCl usado como adubo que representa 90-95% do K_2O adicionando para alimentar as culturas. A contribuição da chuva vai de 1kg/há por ano longe do ocenato até 175 perto da costa. Em média uns 20kg são depositados anualmente.

As contribuições do “sal cíclico” e do cloreto de potássio usado como adubo aparecem explicar a pouca atenção dada ao cloro: no livro por FERREIRA ET AL. (2001) há apenas meia dúzia de curtas menções a esse elemento.

4.9.2.Planta

4.9.2.1. Absorção, transporte, redistribuição

A absorção de Cl^- da solução do solo do solo obedece ao padrão duplo, em função da concentração externa. A primeira hipérbole tem no máximo de absorção na faixa 0,1 – 0,2mM. A segunda isoterna externa ocorre somente quando os níveis de Cl^- São iguais ou maiores do que 0,5mM (ELZAM e EPSTEN, 1965).O processo é ativo, controlado metabolicamente e sensível à temperatura e a inibidores metabólicos. A absorção aumenta quando o PH

aumenta a 5,5 devido principalmente a participação de um carregador poltronado. A luz aumenta a absorção, devido, acredita-se, ao suprimento adicional de ATP vindo da fosforilação fotossintética. Os íons Br, NO, e SO_2 inibem competitivamente a absorção (FIXEN, 1993).

Altas concentrações de Ca^{2+} no meio alimentam a tolerância, talvez por ajudar a preservar a integridade funcional das membranas (LAUCHLI & EPSTEIN, 1984).

As folhas têm capacidade de absorver Cl e, se o teor do mesmo na água de irrigação for elevado pode haver dano ao tecido.

O Cl – tem alta capacidade de mobilidade dentro da raiz e para o transporte a longa distância. O teor foliar de Cl parece estar sob controle tanto através da raiz, que regula a absorção, como por restrição inscrita no transporte (XU ET.al., 2000).

4.9.2.2. Papéis fisiológicos

A Capacidade que o Cl tem para se mover através de suas membranas celulares e sua inércia bioquímica, escreve MAAS (1988) são as duas propriedades importantes que o fazem particularmente adequado para servir como um produto osmótico chave de planta.

O Cl entrando na célula faz com que o potencial dentro da mesma se torne mais baixo que o do exterior, estabelecendo um gradiente de potencial H_2O_1 a “concentração” a concentração interna da mesma fica mais baixa que a externa. Em consequência a água entra atravessando o plasmalema e empurrando a parede celular que o torna a célula mais túrgida. O transporte do Cl através de outras membranas celulares contribui para o balanço osmótico de outras organelas como os cloroplastos e mitocôndrios.

Na prática se houver um déficit não pronunciado de umidade no solo a presença do Cl melhora a economia de água na planta aumentando o crescimento e a produção (JENSEN & TOPHOJ, 1985). RENA & CORDEIRO (1944) mostraram que a pulverização de KCl nas folhas do cafeeiro aumenta

o potencial hídrico diminuindo a transpiração. Por sua vez, UEXKULL (1992) mostrou que na seca o coqueiro deficiente em Cl apresentava murchamento e morte precoce das palamas.

4.9.3. Formação da colheita

Como se verá em outro item o Cl está relacionado com a supressão ou tolerância a várias doenças da raiz ou da parte aérea o que, evidentemente, contribuiu para o crescimento e a formação da colheita. Entretanto, as suas funções demonstram a participação em vários processos mais diretamente relacionados com a produção: (1) absorção iônica (2) fotossíntese -vegetação , maior relação fonte/dreno; (3)economia de água; (4) crescimento celular via maior plasticidade da parede. (MALAVOLTA, 2006)

4.9.4. Relação com qualidade

Há poucas referências positivas entre Cl e qualidade dos produtos agrícolas, provavelmente porque o elemento é conhecido como KCl e um eventual efeito favorável é contabilizado para o K.

- (1) É comum a referência ao conhecido Cl na combustividade do fumo, isto é, adiminuição do tempo que o charuto permanece aceso.
- (2) XU ET AL. (2000) relatam que a matéria seca e o teor de vitamina C do repolho chinês caem quando a água de irrigação tenha menos de 150mg/L de Cl.

4.9.5. Relação com doenças e pragas

Possíveis explicações para o efeito favorável de cloro são oferecidas por UEXKULL (1990) e MALAVOLTA (1998)

(1) Inibição biológica

A adição de Cl pode estimular microorganismos do solo antagonísticos do crescimento e virulência de certos patógenos.

(2) Osmótica

A redução do potencial de água devido a acumulação de Cl no tecido pode dificultar a capacidade do patógenos para infeccionar e permanecer no hospedeiro.

Menos água nas plantas deficientes em cloro significa menos transporte de carboidratos da folha para outros órgãos entre outros.

(3) Absorção iônica

O estímulo de ATPase das membranas aumenta a absorção iônica impedindo a acumulação de metabólicos que servem de substrato para patógenos (AC[ucares, aminoácidos).

(4) Integração com o nitrogênio

O Cl afeta direta e indiretamente a forma de N absorvida pelas plantas através de dois mecanismos diferentes – competição entre Cl – e NO; por isso sítios do carregador ou por locais nos canais aniônicos, inibição de nitrificação, ZAMBOLIM (1998) apresenta uma lista de 10 doenças cuja severidade aumenta quando NO é fonte N aplicada.

4.9.6. Adubação

4.9.6.1. Critérios para doses

O Cl é semelhante ao NO; na solubilidade e mobilidade no solo o que exige a amostragem em profundidade maior que 15 cm. A profundidade de 60 cm é geralmente adequada. Ao que parece o trigo não a adubação de Cl quando o solo tem mais de 602kg de profundidade de 0-60 cm que corresponde a cerca de 10mg/dm³ (HALSTEAD, 1991). FIXEN (1993) classifica os teores na profundidade de 60 cm embaixo, médio e alto quando correspondem, respectivamente a menos de 34, entre 35 e 67 e mais 67kg/há. Estabeleceu a equação para o calculo a dose aplicada: Cl adicionar = 67- Cl no solo em 0-60cm, e em kg/há.

Obviamente o aparecimento dos sintomas de deficiência é uma indicação da necessidade de usar Cl na adubação. Tais sintomas podem sofrer uma variação de uma espécie para outra. Tem, porém, o denominador comum de se iniciarem como murchamento e depois de amarelecimento. FIXEN (1993).

Na interpretação dos teores foliares é necessário, como acontece com os demais elementos, levar em conta a variedade, época de amostragem e folha colhida por análise de FIXEN (1993).

CATANI ET AL. (1996) analisaram o 3^o ou o 4^o par de folhas do cafeeiro durante a fase de vegetação de crescimento dos frutos (verão), amostrando-os em um ensaio de adubação no qual o KCl foi aplicado nas doses 0, 100, 200 e 400 g de K₂O por planta. Os teores de Cl, em PPM, foram, respectivamente de 843, 4476, 4812 e 549. Ao que parece, o cafeeiro apresenta uma certa capacidade de excluir Cl do processo de absorção.

4.9.6.2. Produtos e aplicação

De acordo com o FIXEN (1993) todas as fontes usuais de Cl – são de igual eficiência: KCl, NH₄Cl. CA Cl₂ e NA Cl que contem respectivamente, 44, 66,65,74 e 38% de cloro. Outros produtos contendo Cl usados na absorção, especialmente via foliar são os cloreto de Co, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni e Zn. XU ET. AL. (2000) informam que o uso do sal de cozinha Na e Cl, e da própria água do

mar na adubação do coqueiro é hábito antigo e muito comum em várias partes do mundo.

Há muita flexibilidade na aplicação de adubos com cloro: a lanço antes do plantio, em faixas e cobertura para cereais deram o mesmo resultado. Entretanto, devido ao risco de dano pela salinidade, as doses maiores não podem ser usadas no plantio, exceto a uma distância segura da semente para que o fluxo de massa seja atenuado. (FIXXEN, 1993)

4.9.7 Cloro na Cafeicultura

O Cl é essencial para o crescimento das plantas, mas pouco se sabe sobre as suas funções. Existem suspeitas de que ele interfira na absorção de P e intensifique a maturação de pequenos grãos em alguns solos. Felizmente, ele é raramente limitante no solo. Os cloretos não são retidos no solo e, conseqüentemente, são sujeitos a uma alta taxa de lixiviação, e lixiviam mais intensidade em solos arenosos (LOPES, 1989). Não se conhece os sintomas de deficiência no cafeeiro e sintomas de toxidez só aparecem em casos extremos, quando se encontram teores foliares acima de 5000 a 10000 ppm. A toxidez pode ser induzida por algum exemplo por aplicações excessivas de cloreto de potássio em solos de drenagem impedida, quando as plantas passam a apresentar sintomas como folhas com secamento nas pontas e margens e queda de frutos (GUIMARÃES; MENDES, 1997).

5 Metodologia

Revisão de literatura

6 Considerações Finais

A elevação do nível tecnológico dos cafeicultores, sobretudo, relacionado á nutrição das plantas, sugere o incremento no uso dos nutrientes, onde se predomina as formulações NPK. Assim, a aplicação e o balanço no uso de micronutrientes na cafeicultura cafeeira é indispensável para a obtenção de maiores produtividades, melhorando a rentabilidade do produtor.

Esses nutrientes que muitas vezes são esquecidos ou negligenciados, são de baixo custo e podem fazer a diferença para que o agricultor saia do prejuízo ao lucro na lavoura cafeeira.

Referências Bibliográficas

- ABADIA, J.; M TAGLIAVINI; R. GRASA; R. BELKHODIA, A. ABADIA; M.SANZ, E.A.FARIA, C.TSIPOURIDIS & B. MSRANGONI. 2000. . **J. Plant Nutr.** Using the flower Fe concentration for estimating chlorosis status in fruit tree orchards.
- ANDRADE, V.M.M. 1973. **Influência do Cobre no Crescimento, Morfologia e Anatomia da Folha e na composição Mineral do Cafeeiro.** 1993, 72 f .Universidade Estadual de São Paulo. Tese (Doutorado). FCA/UNESP. Jaboticabal.
- ADRIANO, D.C. 1986. **Trace Elements in the Terrestrial Environment.** Springer-Verlag. Nova Iorque. 533 p.
- BARBOSA FILHO, M. P.. **Cereais. In: Micronutrientes na Agricultura.** POTAFOS/CNPq. Piracicaba 1991, 734 f .
- BAKER, D. E. Copper. **Heavy Metals in soils.** London: Blackie & Sons Ltd., 1993 151–176.
- BERETTA, M.J.G; M. FOGAÇA & W.B.C. MORAES. 1986. **Indução experimental de obstruções típicas de declínio em citrus e sua possível associação com fatores do solo.** Pesq. agropec. bras. (Brasília) 21 (12): 1261-1265.
- BERGER, K.C. & P.F. PRATT. 1953. **Advances in secondary and micronutrient fertilization. Em: Fertilizer Technology and Usage.** P. 287-340. M.H. McVickar, G.L. Bridger & L.B. Nelson, eds. Soil Sci. Soc. Amer. Madison. 464 p.
- BRASIL SOBRINHO, M.O.C. 1965. **Levantamento do Teor de Boro ou Alguns Solos do Estado de São Paulo.** Tese de Livre Docência, E.S.A. "Luiz de Queiroz", USP. Piracicaba. 135 p.
- BROWN, J.C. & V.D. JOLLEY. Strategy I and Strategy II mechanisms affecting iron availability to plants may be established too narrow or limited. **J. Plant Nutr.**, v. 11, p.1077-1098, 1988.
- BROWN, P.H. & H. HU. 1996. **Phloem mobility of boron is species dependent: evidenced fofo phloem mobility in sorbitol rich species.** Ann. Bot, 77: 497-505.

BROWN, RH. & H. HU. 1996. **Phloem mobility of boron is species dependent: evidence for phloem mobility in sorbitol rich species.** Ann. Bot. 77:497-505. Campineiro de Ensino Agrícola, 1973.

CAMPBELL L. C. ; NABLE R. O. ; Manganèse et physiologie de la croissance. Interactions milieu-manganèse. Métabolisme et manganèse **Physiological functions of manganese in plants.** 1988, p. 139-154.

CARVALHO, J.G. **Efeitos de aplicações Foliares de Oxidoreto de Cobre Em Cafeeiro.** Escola Superior de Agricultura de Lavras. 1980, 53 p. Tese (Mestrado). ESAL. Lavras.

CATANI, R. A.; J. R. GALLO. A extração do manganês e suas formas De ocorrência em alguns solos do Estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, 1951.

CATANI, R.A.; D. PELEGRINO; V.C. BITTENCOURT, A.O. JACINTHO & C.A.F.GRANER. 1967. **A concentração e a quantidade de micronutrientes e de alumínio no cafeeiro, Coffea arábica L., variedade Mundo Novo (B. Rode) Choussy aos dez anos de idade.** . An. E.S.A. "Luiz de Queiroz", USP(Piracicaba) 24:97-106.

COELHO, F.S.; VERGENLIA, F. **Fertilidade do solo.** 2. ed. Campinas: Instituto

DANTAS, J.P. 1991. Boro. Ba: **Micronutrientes na Agricultura**, p. 113-130. M.E.

DUGGER, W.M. 1983. **Boron in plant metabolism.** Em: **Inorganic Plant Nutrition. Encyclopedia of Plant Physiology. New Ser.** Vol. 15B: 628-650. A. Lauchli & R.L. Bielecki, eds. Springer-Verlag. Berlin, ' Heidelberg, Nova Iorque, Tóquio. 870 p.

ELZAM, O.E. & E. EPSTEIN. 1965. **Absorption of chloride by barley roots: kinetics and selectivity.** Plant Physiol. 40:620-624.

EMBRAPA/SOJA. 2000. **Recomendações Técnicas para a Cultura da Soja na Região Central do Brasil 2000/01.** EMBRAPA/SOJA. Londrina. 245 p.

EMBRAPA SOJA. **Tecnologia de Produção de Soja Região Central do Brasil 2003.** Londrina: EMBRAPA, 2003. 199p.

FAGERIA, N. K.; V.C. BALIGAR & R. B. CLARK. 2002. **Micronutrientes in crop production.** Adv. Agron. 77:

FAQUIN, V. **Nutrição mineral de plantas.** Lavras: ESAL/FAEPE, 1994. 227p.

FAQUIN, V. **Nutrição Mineral de Plantas.** Lavras: UFLA/FAEPE, 2005. 183p.

FERREIRA, M.E.;M.C.P. CRUZ; B. VANRAIJ&C.A. ABREU (Eds.). 2001. **Micronutrientes e Elementos Tóxicos na Agricultura.** CNPq/FAPESP/POTAFOS. Jaboticabal. 599 p.

FIXEN, P. E. 1993. **Crops response to chloride.** Adv. Agron. 50:107 -150.

FLEMING, GA. 1980. **Essential micronutrients I: boron and molybdenum.** Em: Applied Soil Trace Elements. P. 155-198. B.E. Davies, ed. John Wiley & Sons Ltd. Chesheter, Nova Iorque, Brisbane, Toronto, 481.

GALRÃO, E.Z. & D.M.G.SOUSA. Resposta do trigo à aplicação de cobre Em um solo orgânico. **R. Brás. Ci. Solo**, v.9, p.149-153, 1985.

GILKES R. J. ; MCKENZIE R. M. ; **Geochemistry and mineralogy of manganese in soils.** 1988, vol. 33, p. 23-35.

GOLDBERG, S. & R.A. GLAUBIG 1985. **Boron adsorption on aluminum and iron oxide minerals.** Soil Sei. Soe. Amer. J. 42:1374-1379.

GUIMARÃES, R.J.; MENDES, A.N.G. **Nutrição Mineral do Cafeeiro.** Lavras:

HALSTEAD, E.H.; J.D. BEATON; J.C.W. KENG & M. WANG. 1991. **Chloride: new understanding of this important plant nutrient.** Em: Proc. International Symp. On the Role of Sulphur, Magnesium and Micronutrients in Balanced Plant Nutrition: 314-325. S. Portch, ed. HongKong.418 p.

HEUWINKEL, H.; E.A. KIRKBY; J. LEBOT & H. MARSCHNER. 1992. **Phosphorus deficiency enhances molybdenum uptake by tomato plants.** **J. Plant Nutrition** 15 (5): 549-568.

HODGSON, J.F. 1963. **Chemistry of the micronutrient elements in soils.** Adv. Agron. J. 119-159.

JENSEN, C.R. & H. TOPHOJ. 1985. **Potassium induced improvement of yield response in barley exposed to soil water stress.** Irrig.Sci.6:117-129 (cit. em FIXEN, 1993).

KANNAN, S. & S. RAMONI. 1978. **Studies on molybdenum absorption and transport in beans and rice.**

KIEKENS.L. 1993. **Zinc. Em: Heavy Metals in Soils.** p. 261-278. B.J.Alloway, ed. Blackie & John Wiley & Sons, Inc. Glasgow. 338 p

KOCHIAN, L. V. 1991. **Mechanisms of micronutrient uptake and translocation in plants.** Em: Micronutrients in Agriculture, 2ª ed., p. 229-296. J.J. Mortvedt, ed. Soil Sei. Soe. Amer. Madison. 760 p.

KOCHIAN, L. V. 1991. **Mechanisms of micronutrient uptake, translocation, and interactions in plants.** Em: Micronutrients in Agriculture, 2^a ed., p. 229-296. J J. Mortvedt, ed. Soil Sei. Soe. Amer. Madison. 760P

KRAUSKOPF, K.B. 1972. **Geochemistry of micronutrients.** Em: Micronutrients in Agriculture. P. 7-40. J J.Mortvedt, P.M.Giordano & W.L. Lindsay, eds. Soil Sei. Soe. Amer., Inc.. Madison. 666 p.

LAUCHLI, A. & EPSTEIN. 1984. **Mechanisms of salt tolerance in plants.** Calif. Agric. 38(10): 18-20.

LIDON, F.C.; BARBEIRO, M. G.; HENRIQUES, F.S. Interactions Between biomass production and ethylene biosynthesis in copper Treated rice. **J. Plant Nutrition**, Nova Iorque, v.16 (6): 1301-1414. 1995.

LINDSAY, W.L. Inorganic phase equilibria of micronutrients in soils. In :Micronutrient in Agriculture, **Soil Sci. Soc. America**, Inc. Madison, 1972, p. 41-58.

LONERAGAN, J.F. 1975. **The availability and absorption of trace elements in soil - plant systems and their relation to movement and concentration of trace elements in plants.** Em: Trace Elements in Soil – Plant Animal Systems. P. 109-134. D.J.D. Nicholas & A.E. Egan, eds. Academic Press, Inc. Londres. 417 p.

LOPES, A. S. **Manual de Fertilidade do Solo.** São Paulo: ANDA/POTAFOS, 1989. 153p.

LOPES, A.S. 1998. **Micronutrientes Filosóficos de Aplicação e Eficiência Agronômica.** Bol. Tec. 8. ANDA. São Paulo. 70 p.

LOUÉ, A. 1993. **Oligoelements en Agriculture.** SCPA - Nathan. Paris 577 p.

MALAVOLTA, E. **Adubação mineral e sua relação com doenças das plantas.** Piracicaba: POTAFOS, 1998. 60p.

MALAVOLTA, Eurípedes. **Manual de nutrição mineral de plantas** São Paulo: Agronômica Ceres, 2006.

MALAVOLTA, E. & AMARAL, F.A.L. 1978. **Nutritional efficiency of 104 bean varieties (*Phaseolus vulgaris* L.).** In: Plant Nutrition 1978. 81th Internatl. Coll. Plant Analysis and Fertilizer Problems (Auckland) New Zealand. Dept. of Scientific and Industrial Research Information Series. 134:313-318.

MALAVOLTA, E. 1976. **Manual de Química Agrícola - Nutrição de Plantas e Fertilidade do Solo.** Ed. Agronômica Ceres. Ltda. São Paulo. 528 p.

MALAVOLTA, E.; HAAG, H. P.; JOHNSON, C. M. **Estudos sobre alimentação mineral do cafeeiro.** VI. Efeitos das deficiências de micronutrientes em *Coffea*

arabica L. var. Mundo Novo cultivado em solução nutritiva. **Anais da ESALQ**, Piracicaba, p.147-167, 1961.

MALAVOLTA, E.; SANTOS, J.C.F. **Efficiency of the use of nutrients in acid soils: management of soil, fertilizer and crop**. Piracicaba: CENA USP, 1996. 110 p.

MARINHO, M.L.; G.A C. ALBUQUERQUE, 1978. **Calibration of extractable Phosphorus in soils for sugarcane in Alagoas, Brazil. Cgr. Internatl. Sugar Cane Technol .** (São Paulo)

MARINHO, M.L. **Respostas das culturas aos micronutrientes ferro, manganês e cobre.**In: **Enxofre e Micronutrientes na Agricultura Brasileira**. 1988. p. 239-265.

MARSCHNER, H. 1995. **Mineral Nutrition of Higher Plants**. 2a ed. Academic Press. San Diego. 889 p.

MARSCHNER, H.; DELL, B. Nutrient in mycorrhizal symbiosis. **Plant And Soil**, v.159 : 89-102, 1994.

MARTENS, C.D. & D.T WESTERMANN. 1991. **Fertilizer applications for correcting micronutrient deficiencies. Em : Micronutrients in agriculture, 2ª ed.** p. 549-592. J.J. Mortvedt, ed. Soil Sci. Soc. Amer. Inc. Madison, 760 p.

MATIELLO, J. B. (Coord.) **Cultura de café no Brasil: manual de recomendações**. Rio de Janeiro: IBC, 1974. 261p.

MATIELLO, J. B. **O Café: do cultivo ao consumo**. São Paulo: Globo, 1991. 320 p.

MATIELLO, J.B. et. al **O cobre na proteção e nutrição do cafeeiro**. Editora Bom Pastor, Varginha-MG, 2007, 20p.

MATIELLO, J.B., et. al, **Cultura de café no Brasil-Novo manual de recomendações.**, Editora Bom Pastor, Varginha-MG, 2005, 434p.

MAURICE, J.. 1973. **Correlation entre le bore total des sois cultives et le bore total des roches du massif armoricain**. Ann. Agron. 24(4): 465-475

. MENGEL, K. Iron availability tissues: iron chlorosis on calcareous soils. **Plant and Soil**. v.165: 275-283, 1994.

MIFFIN, B.J. Crop biotechnology. Where now? **Plant Physiol**, 2000, p. 17-27,.

MOORE, D.P. 1972. **Mechanisms of micronutrient uptake by plants.** Em: Micronutrient in Agriculture, p. 171-199. J.J. Mortvedt, P.M. Giordano & W.L. Lindsay, eds. Soil Sci. Soc. America, Inc. Madison. 666 p.

MOURÃO FILHO, F.A.A. 1994. **Importância da adubação na qualidade dos Citros.** Em: Importância da Adubação na Qualidade dos Produtos Agrícolas. p.115-132. M.E. de Sá & Buzzeti, coord. Ícone Editora. São Paulo. 437 p.

NORVELI, W.A. 1988. **Inorganic reaction of manganese in soils.** Em :Manganese in Soils and Plants. p. 37-58. R.D. Graham, R.J. Hannam & N.C. Uren, eds. Kluwer Academic Publ. Dordrecht. 344 p.

PASCOLATI, S.F.; G. HADDAD; M. ALVES; S.R. SILVA; M.F.G. LOSSO & W. B.C. MORAES. **Soil and Fertilizer Phosphorus in Crop Nutrition.** 1986. 492 p.

RAIJ, B. VAN & O.C. BATAGLIA. 1991. **Análise química do solo.** Em: **Micronutrientes na Agricultura**. 333-335. M.E. Ferreira & M.C.P. Cruz eds. POTAFOS/CNPq. Piracicaba 734 p.

RAIJ, B. van; ROSAND, P.C.; LOBATO, E. **Adubação fosfatada no Brasil: apreciação geral, conclusões e recomendações.** In: OLIVEIRA, A.J.; LOURENÇO, S.; GOEDERT, W. J. (Eds.) Adubação fosfatada no Brasil Brasília: EMBRAPA/DID, 1982. p.9-28.

RAINS, D.W. 1976. **Mineral metabolism.** Em: Plant Biochemistry. p. 561-598.3^a ed. J. Bonner & J. Varner, eds. Academia Press. Nova Iorque. 925 p.

RENA, A.B. & A.T. CORDEIRO. 1994. **Aspectos fisiológicos da nutrição mineral do cafeeiro.** Em: **Importância da Adubação n Qualidade dos Produtos Agrícolas**, p. 99-114. M.E. Sá & Buzzeti, coords. ícone. São Paulo. 437 p.

RIBEIRO, A.C., P.T.G. GUIMARÃES & U.H. ALVAREZ (Eds.) 1999. **Recomendações para o Uso de Correnvose Fertilizantes em Minas Gerais.** 5^a aprox. CFSEMG Viçosa. 359 p.

RICHTER, G. 1993. **Metabolisme dès Vegetaux. Tra. E adap. De G. Raymond.** 1993 ,526 p. Presses Polytechniques et. Universitaress Romandes, Lausanne.

ROMHELD, V. & H. MARSCHNER. 1991. **Function of micronutrients in plants.** Em; Micronutrients in Agriculture. 2^a ed. p. 297-328. J.J. Mortvedt; ed. Soil Sei. Soe. America, Inc. Madison. 760 p.

ROSOLEM, C.A.; J.A. QUAGGIO & N.M. SILVA. 2001. **Algodão, amendoim e soja.** Em: **Micronutrientes e Elementos Tóxicos na Agricultura**, p. 319-354. M.E. Ferreira, M.C.P. Cruz, B. van Raij & C.A. Abreu, eds. CNPq/FAPESP/POTAFOS. Jaboticabal. 596 p.

SHARMA, P.N.; C. CHATTERJEE; S.C. AGARWALA & C.P. SHARMA. 1990. **Zinc deficiency and pollen fertility in Maite (Zeamays)**. Plant Soil 124:221-225.

SHORROCKS, V.M. 1982. **Boron deficiency, its prevention and cure**. Bórax Ltd. Londres. 43 p. 312

SILLANPAA, M. 1972. **Trace elements in soils and agriculture**. Soils Bull. FAO. Roma. 67 p.

SILVA, Bruno Ferreira. **Teores de Boro e Zinco no Cafeeiro Recepado em diferentes em Diferentes Concentrações e Fontes de P₂O₅**. 2008. 35 f. Trabalho de Conclusão do Curso Superior de Tecnologia em Cafeicultura (Graduação) - Escola Agrotécnica Federal de Muzambinho, MG, 2008.

SIMS, J.T. & V. JOHNSON. 1991. **Micronutrient soil tests**. Em: Micronutrients in Agriculture, 2ª ed., p. 427-476. J.J.Mortvedt, ed, Soil Sci. Soc. Amer. Inc., Madison. 760 p.

STEVENSON, F.J. 1991. **Organic matter –micronutrient reactions in soil**. Em: Micronutrients in Agriculture, 2ª ed. P. 145-186. J.J.Mortvedt, ed. Soil Sci. Soc. Amer. Inc. Madison. 760 p.

THONGBAI, R; R.J. HANNAM; R.D. GRAHAM & M.J. WEBB. 1993. **Interaction between zinc nutritional status of cereals and Rhizoctonia root severity**. Plant Soil. 152:207-214.

TIFFIN, L.O.1972. **Translocation of micronutrients in plants**. Em: Micronutrient in Agriculture, p. 199-230.

WALLACE, A. **Regulation of the Micronutrient Status of Plants by Chelating Agents and Other Factors**. Los Angeles: UCLA, 1971. 307p.

UEXKULL, H.R. VON 1990. **Chloride in the nutrition of coconut and oil palm**. **Trans. 14th International Congr. Soil Sci.**, (Kyoto) vol. IV: Comm. IV: 134-139.

UEXKULL, H.R. VON. 1992: Oil palm (*Elaeis grineensis* Jacq.). Em: IFA World Fertilizer use Manual, p. 245- 253. IFA. Paris. 632 p.

VOLKWEISS, S.J. 1991. Fontes e métodos de aplicação. Em: Micronutrientes na Agricultura p. 391-412. M.E. Ferreira & M.C.P. Cruz eds. POTAFOS/CNPq. Piracicaba 734 p

WELCH. R.M. 1995. **Micronutrient nutrition of plants**. *Critical Rev. in Plant Sciences* 14(1): 49-82.

WOJCIK, P. 2000. **Behavior of soil boron and boron uptake by M.26 apple rootstock as affected by application of different forms and nitrogen rates**. *J. Plant Nutrition* 22(9): 1227-1239.

NICHOLAS, D.J.D. 1975. **The functions of trace elements in plants.** Em: Trace Elements in Soil - Plant -Animal Systems. P. 181-198. D.J.D. Nichoias & A.R. Egan, eds. AcademicPress,Inc. Londres. 417p.

XU, G; H. MAGEN; 5. TARCHITZKY & U. KAFKAFI. 2000. **Advances in chloride nutrition of plants.** Adv. Agron. 68:97-150.

ZAMBOLIM, L. 1998. **Estratégia de manejo integrado de doenças. Workshop AInterface Solo-Raiz (Rizosfera) e Relações com a Disponibilidade de Nutrientes, a Nutrição e as Doenças das plantas. potafos.** Piracicaba. 40 P.

PRADO, R. M. Café. 2004. Disponível em: <http://www.nutricaoodeplantas.agr.br/site/culturas/cafe/introducao.php>. Acesso em: 20 DE NOVEMBRO DE 2009.